МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут післядипломної освіти
Кафедра екології та охорони довкілля

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: Вплив автотранспорту на стан повітряного басейну міста Одеса

Виконав (ла) студент V курсу групи E-V
спеціальності 101 – Екологія
Гречка Микола Валерійович

Керівник: доктор філософії з екології
Михайленко Владислав Іванович

Консультант д-р геол.мінер. наук, проф.
Сафранов Тамерлан Абісалович

Рецензент к.геогр.н
Докус Ангеліна Олександрівна

Одеса 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут післядипломної освіти
Кафедра *екології та охорони довкілля*
Рівень вищої освіти *бакалавр*
Спеціальність *101 – Екологія*
Освітньо-професійна програма *Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *екології та охорони довкілля*
_____ *Сафранов Т.А.*
"*27*" *квітня* 20*23* року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Гречки Миколи Валерійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Вплив автотранспорту на стан повітряного басейну міста Одеса*
Керівник роботи *Михайленко Владислав Іванович, доктор філософії з екології*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від "*29*" *березня* 20*23р.* №33 "С"
2. Строк подання студентом роботи *14 червня 2023 року*
3. Вихідні дані до роботи Обсяги використання органічного палива пересувними джерелами в м. Одеса
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): визначити *загальну специфіку забруднення довкілля автомобільним транспортом, визначено основні види та напрямки забруднення, розрахунок емісії забруднюючих речовин, які утворюються від спалювання традиційних видів органічного палива у м. Одесі, аналіз методик, які дозволяють провести такий розрахунок, перелік рекомендацій щодо зменшення екологічного навантаження на довкілля від автотранспорту, які можуть бути використані як інструмент екологізації даного джерела забруднення довкілля*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

_____
_____
_____
_____
_____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	*Сафранов Т.А., професор*	*01.05.23*	*08.05.23*
2	*Сафранов Т.А., професор*	*09.05.23*	*21.05.23*
3	*Сафранов Т.А., професор*	*22.05.23*	*26.06.23*
4	*Сафранов Т.А., професор*	*27.05.23*	*05.06.23*

7. Дата видачі завдання__*27 квітня 2023 року* _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	*Оформлення супровідних документів та анотації до роботи. Складення змісту. Написання вступу.*	*27.04.23-30.04.23*	74	добре
2	*Розділ 1. Автомобільний транспорт як джерело забруднення довкілля*	*01.05.23-08.05.23*	74	добре
3	*Розділ 2. Загальні характеристики основних видів органічного палива в сфері транспорту*	*09.05.23-16.05.23*	74	добре
4	*Розділ 3. Розразунок викидів забруднюючих речовин, які утворюються при спалюванні органічного палива автомобільним транспортом у м. Одеса*	*16.05.23-21.05.23*	74	добре
	Рубіжна атестація	***22.05.23-26.05.23***	***74***	***добре***
5	*Розділ 4. Шляхи зменшення екологічного навантаження на довкілля від автотранспорту*	*27.05.23-05.06.23*	74	добре
6	*Узагальнення отриманих результатів. Складення висновків та переліку посилань. Підготовка презентаційних слайдів і доповіді до захисту.*	*06.06.23-13.06.23*	74	добре
7	*Подання роботи керівнику на перевірку. і підпис. Встановлення ступеня оригінальності та оформлення протоколу. Складення висновку керівником. Укладення авторського договору на розміщення роботи в репозитарії ОДЕКУ.*	*14.06.23-18.06.23*	-	-
8	*Подання КРБ на перевірку завідувачу кафедри.*	*19.06.23-21.06.23*	-	-
9	*Подання КРБ в інститут післядипломної освіти. Рецензування роботи.*	*(не пізніше 5 днів до дати захисту)*	-	-
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		74,0	

(до десятих)

Студент _____ Гречка М.В._____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Михайленко В.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Вплив автотранспорту на стан повітряного басейну міста Одеса. М.В. Гречка

Актуальність теми: Автомобільний транспорт є основним джерелом забруднення атмосферного повітря у великих містах. До прикладу, відсоток даного джерела у забрудненні атмосферного повітря міста Київ складає до 90%, для міста Одеси – до 80%. Такі обсяги та масштаби забруднення роблять питання взаємодії системи «автотранспорт – навколишнє середовище» важливим та актуальним науковим питанням.

Метою роботи є дослідження впливу автомобільного транспорту на атмосферне повітря та здоров'я людини, розрахунок річних обсягів надходження полютантів у довкілля, та можливості зменшення негативного впливу на довкілля, який здійснюється автотранспортом.

Задачі дослідження. Для досягнення поставленої мети проведено аналіз впливу автотранспорту на довкілля та здоров'я людини на основі сучасних досліджень з теми та здійснено розрахунок мас забруднюючих речовин, які утворюються при спалюванні основних видів органічного палива автотранспортом у м. Одеса. Наведено перелік рекомендацій щодо зменшення такого впливу.

Об'єктом дослідження є процес утворення забруднюючих речовин та специфіка їх впливу на довкілля м. Одеси.

Предметом дослідження є визначення особливостей забруднення довкілля м. Одеса автомобільним транспортом.

Методи дослідження. Використано державну «Методику розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів від транспортних засобів» (яка не є дійсною, але є єдиним державним інструментом розрахунку) та європейську EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook (2019).

Результати дослідження, їх новизна, теоретичне та практичне значення. Аналіз літературних даних підтверджує, що автотранспорт є основним джерелом забруднення атмосферного повітря у великих містах, зокрема – у м. Одеса. В ході роботи вичерпно доведено негативні наслідки для здоров'я людей, а особливо дітей, які перебувають у зоні постійного забруднення довкілля автотранспортом. Вказано, що автотранспорт є джерелом не лише хімічного (компонентного) забруднення довкілля, а і фізичного, зокрема – шумового. Встановлено, що в Україні немає методики для розрахунку забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом. Лише використання застарілої української та оновленої європейської методик дають змогу отримати приблизну картину щодо обсягів утворення забруднюючих речовий при спалювання органічного палива автотранспортом. В роботі пораховані маси полютантів, які утворюються при спалюванні органічного палива пересувними джерелами.

Рекомендації щодо використання результатів роботи з зазначенням галузі застосування. Контроль за справністю автопарку Одеси та покращення інфраструктури руху і якості дорожніх покриттів матимуть значний внесок у мінімізацію забруднення довкілля автотранспортом. Даний розрахунок може стати основою для загальної оцінки надходження забруднюючих речовин в атмосферний басейн м. Одеси.

Структура та обсяг роботи. Складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань із 46 найменувань. Робота містить 5 рисунків, 6 таблиць. Загальний обсяг роботи – 59 сторінок.

Ключові слова: автотранспорт, забруднення, паливо, коефіцієнт емісії, двигун внутрішнього згоряння.

ЗМІСТ

ВСТУП 7

1 АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ ЯК ДЖЕРЕЛО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ 9

1.1 Загальна характеристика впливу автомобільного транспорту на людину і довкілля 9

1.2 Загальна характеристика забруднюючих речовин, які утворюються при спалюванні органічного палива автотранспортом 14

1.3 Вплив викидів автомобільного транспорту на здоров'я людини 24

2 ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНИХ ВИДІВ ОРГАНІЧНОГО ПАЛИВА В СФЕРІ ТРАНСПОРТУ 28

3 РОЗРАЗУНОК ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН, ЯКІ УТВОРЮЮТЬСЯ ПРИ СПАЛЮВАННІ ОРГАНІЧНОГО ПАЛИВА АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ У М. ОДЕСА 34

4 ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ ВІД АВТОТРАНСПОРТУ 44

ВИСНОВКИ 50

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 51

ВСТУП

Використання автомобільного транспорту в сучасному світі є не примхою, а об’єктивною необхідністю. Проте разом із усіма позитивними сторонами використання автотранспорту, існує і негативна сторона, яка полягає у забрудненні вихлопними газами автотранспорту навколишнього середовища. За даними статистики, у великих містах відсоток забруднення атмосферного повітря автотранспортом може складати до 90% від загального надходження полютантів. До прикладу, для Одеси цей показник складає до 80%.

Тому важливим завданням є дослідження впливу автотранспорту на довкілля, розуміння номенклатури сучасним видів органічного палива, які використовуються в двигунах внутрішнього згоряння, широкого спектру та обсягу хімічних речовин, які утворюються при спалюванні цього палива, а також специфіку фізичного забруднення довкілля.

Метою роботи є дослідження впливу автомобільного транспорту на атмосферне повітря та здоров’я людини, розрахунок річних обсягів надходження полютантів у довкілля, та можливості зменшення негативного впливу на довкілля, який здійснюється автотранспортом.

В першому розділі нами розглянуто загальну специфіку забруднення довкілля автомобільним транспортом, визначено основні види та напрямки забруднення, дано стислу характеристику компонентів викидів та впливу цих полютантів на здоров’я людини та стан довкілля на основі аналізу сучасних публікацій за темою.

В другому розділі наведено номенклатуру органічних видів палива, які визначені законодавством України та використовуються та/або можуть використовуватися як паливо для автомобільних засобів.

Третій розділ присвячено розрахунку емісії забруднюючих речовин, які утворюються від спалювання традиційних видів органічного палива у м. Одесі, проведено аналіз методик, які дозволяють провести такий розрахунок.

В четвертому розділі наведено перелік рекомендацій щодо зменшення екологічного навантаження на довкілля від автотранспорту, які можуть бути використані як інструмент екологізації даного джерела забруднення довкілля.

1 АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ ЯК ДЖЕРЕЛО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

1.1 Загальна характеристика впливу автомобільного транспорту на людину і довкілля

Транспорт є центральною опорою економічного та соціального розвитку нації. Незважаючи на своє значення для економічного процвітання, інтенсивне використання спалюваного викопного палива в цьому секторі також сприяє критичній довгостроковій деградації навколишнього середовища: глобальному потеплінню. 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») [1].

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.

До позитивних впливів транспортного засобу можна віднести:

- 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.

Але, не дивлячись на перелік позитивних сторін використання автотранспорту, він має низку негативних впливів на довкілля:

- 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 [2].

Основні негативні впливи транспортного комплекту на НС можна представити у вигляді рис. 1.1.

Рис. 1.1 – Основні негативні впливи транспортного комплекту на НС [2]

Якщо оцінювати внесок автомобільного транспорту в загальне забруднення атмосферного повітря в Україні, то його частка за оксидом вуглецю становитиме 49 %, за вуглеводнями - 32 %, за оксидами азоту - 20 %. Разом з тим в багатьох містах України викиди автотранспорту становлять від 60 до 90 % загальної кількості викидів.

Тому в Україні, виходячи з досвіду інших країн, також слід очікувати в недалекому майбутньому різкого зростання парку автотранспортних засобів. Для того, щоб цей процес не призвів до критичної ситуації, з огляду безпеки руху, забруднення навколишнього середовища та витрат палива, до нього потрібно готуватись вдосконаленням конструкції автомобілів і рівня їх експлуатації.

Шкідливий вплив автомобільного транспорту на довкілля багатосторонній рис. 1.2).

Рис. 1.2 – Шкідливий вплив автомобільного транспорту на довкілля [2]

Цей прояв відбувається під час руху автомобілів, їх технічного обслуговування, а також у зв’язку з існуванням інфраструктури, що забезпечує функціонування автомобільного транспорту.

Найбільш шкідливими є фактори першої групи, а серед них - викиди шкідливих речовин автомобільними двигунами. Щоб довести вагомість шкідливого впливу автомобільного транспорту як штучного джерела забруднення навколишнього середовища, достатньо навести такі дані: згідно з різними дослідженнями, світовий парк автомобілів щорічно викидає в навколишнє середовище 480-800 млн тонн оксиду вуглецю, що становить близько 19 % світових викидів як природними, так і штучними джерелами; 19-29 млн тонн метану (7 %), 32-48 млн тонн інших вуглеводнів (4 %), 17-21 млрд тон диоксиду вуглецю (2 %), 36-76 млн тонн диоксиду азоту (20-50 %), 162-198 млн тонн диоксиду сірки (45 %).

За розрахунками вчених за всю свою історію автотранспорт спожив 170 млрд $м^3$ кисню і викинув в атмосферу 250 млрд $м^3$ CO_2 що складає 60-70 % від діяльності людини за останні 100 років. Низька швидкість і режим «стоп-рух» на дорогах із заторами призводять до посилення вихлопних газів автомобіля [3, 4] і згодом підвищують вплив токсичних забруднювачів повітря, про які також повідомлялося в попередні дослідження для великих міст [5].

Дослідження попереджають, що вуглекислий газ (CO_2), поряд з додатковими викидами парникових газів (ПГ), включаючи метан (CH_4), закис азоту (N_2O) і хлорфторвуглеці (ХФВ), є основною причиною ефекту глобального потепління. Незважаючи на останні технологічні досягнення в автомобілях і електромобілях з низьким рівнем викидів, транспорт залишається сферою з найшвидшим зростанням споживання енергії та викидів ПГ у всьому світі. Він забезпечує майже п’яту частину світової енергії, тому не дивно, що на нього також припадає близько чверті загальних пов’язаних з енергетикою викидів CO_2. Крім того, згідно з даними Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), автомобільний транспорт відповідає за 75% загальних викидів у транспортному секторі в усьому світі. Викиди CO_2 від автомобільного транспорту, з іншого боку, спричинили дві третини загальних викидів, пов’язаних зі спалюванням нафти [5].

Особливе занепокоєння викликає велика кількість PM_{10} (частинки, що вдихаються, аеродинамічні діаметри ≤10 мкм) і $PM_{2,5}$ (частинки, які можна вдихати, аеродинамічні діаметри ≤2,5 мкм), а також PM вуглецевих компонентів сажі (BC) і органічного вуглецю (OC). від дизельних двигунів. Вихлопні гази транспортних засобів також містять діоксид сірки (SO_2) і оксиди азоту (NO_x), монооксид вуглецю (CO), леткі органічні сполуки (ЛОС) і велика кількість парникових газів (ПГ) вуглекислого газу (CO_2), метану (CH_4) і закису азоту (N_2O). Транспортні викиди також містять кілька важливих прекурсорів

вторинних забруднювачів повітря, наприклад, ЛОС та NO_x для утворення тропосферного озону, який є токсичним і фітотоксичним забруднювачем повітря, а також сильним ПГ. Подібним чином NO_x, SO_x і ЛОС є важливими прекурсорами для утворення вторинних неорганічних і органічних частинок.

До прикладу, у 2020 році автомобільний транспорт був найбільшим джерелом твердих частинок (31% PM_{10}) і оксидів азоту (55% викидів NO_x) і другим за величиною джерелом дрібних твердих частинок (23% $PM_{2,5}$) в Брюселі [6]. Це в основному наслідок повсюдного поширення дизельних двигунів у секторі [7].

1.2 Загальна характеристика забруднюючих речовин, які утворюються при спалюванні органічного палива автотранспортом

Тверді частинки (PM), англійскою Particulare Matter — дрібний пил, який складається з найдрібніших твердих і рідких частинок, які розділені на групи в залежності від фракцій. Зараз вони не фіксуються українським законодавством, тому інформацію про них можна знайти здебільшого в закордонних джерелах.

PM 10 – це тверді частинки діаметром 10 мікрометрів або менше, PM 2,5 – це тверді частинки діаметром 2,5 мікрометрів або менше. PM2,5 зазвичай описується як дрібні частинки. Для порівняння, людська волосина становить близько 100 мікрометрів, тому на її ширину можна помістити приблизно 40 дрібних частинок. Частинки діаметром до 10 мкм (PM10) називаються твердими частинками. Ці частинки розміром від 3 до 10 мкм осідають в носі і гортані. Частки розміром близько 2,5 мкм (PM2.5)

потрапляють в легені при вдиху. Частки розміром менше 1 мкм (PM1) потрапляють на альвеоли і далі в кровоносну систему. PM 10 і PM 2,5 не використовуються для будь-якого застосування.

Для кращого розуміння розміру цих частинок, в європейський джерелах наводять ілюстрацію, в якій порівнюють діаметр твердої частинки з діаметром волосся людини (рис. 1.3).

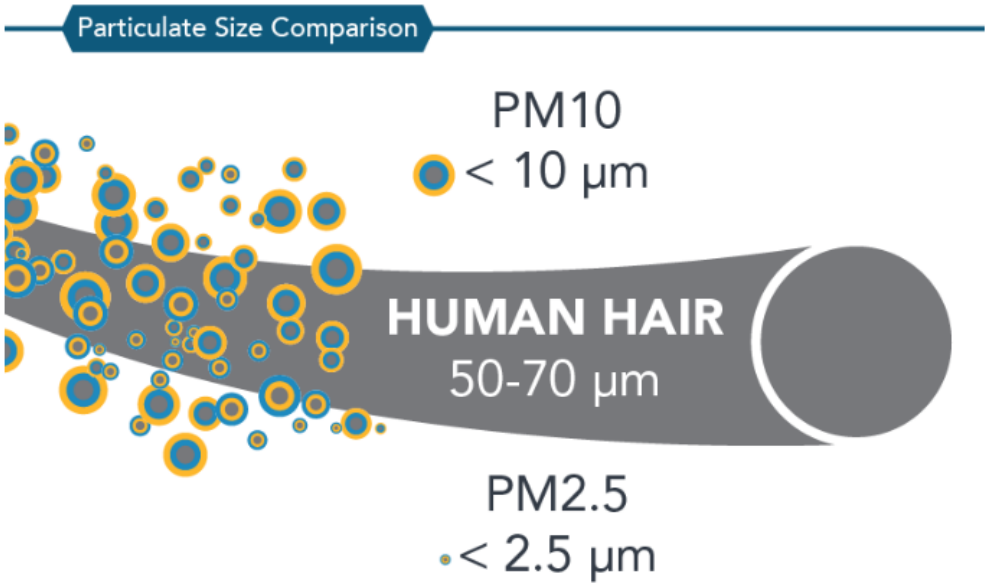

Рис. 1.3 – Діаметр твердих частинок [8]

Нещодавні епідеміологічні дослідження свідчать про те, що не існує порогу, за якого не виникає наслідків для здоров’я. Вплив на здоров'я включає:

- токсичні ефекти через поглинання токсичного матеріалу в кров (наприклад, свинцю, кадмію, цинку)
- алергічні ефекти або ефекти підвищеної чутливості (наприклад, деякі види деревини, борошно, хімічні речовини)
- бактеріальні та грибкові інфекції (від живих організмів)
- фіброз (наприклад, азбест, кварц)

- рак (наприклад, азбест, хромати)
- подразнення слизових оболонок (наприклад, кислоти та луги)
- посилення респіраторних симптомів, загострення астми та передчасна смерть. Ризики найбільші для чутливих груп, таких як люди похилого віку та діти [8].

Фактори, які можуть впливати на вплив частинок на здоров'я, включають:

- хімічний склад і фізичні властивості частинок
- масова концентрація частинок у повітрі
- розмір частинок (менші частинки можуть бути пов'язані з більш несприятливими ефектами, оскільки вони можуть вдихатися глибше в легені)
- тривалість опромінення (короткострокова та довгострокова, можливо, у роках) [8].

Частинки розміром PM10 зазвичай присутні в повітрі та можуть потрапляти в організм із кожним вдихом. У легенях частинки можуть справляти прямий фізичний вплив і/або поглинатися в кров. Частинки в повітрі, а не тільки фракція PM 10 , також можуть осідати в роті, горлі або носі та потрапляти всередину.

Саме значна кількість PM у викидах дизельних двигунів автомобілів. привела до фактичної їх заборони використання в легкових автомобілях у країнах Західної Європи і Америки, але ж великі вантажівки ще залишились, також будівельна, дорожня і сільськогосподарська техніка є джерелом викиду твердих частинок.

Науковцями проведені дослідження згідно яких з легкового автомобіля з чотирьох колес, до стадії «лисої шини» у ході експлуатації зтирається,

надходить у повітря до 15 кг гумового пилу, а з великих фур, автобусів. тролейбусів до 80,0 кг. Канцерогенна фарба розмітка на дорогах майже кожен рік мільонами тонн наносяться на дорогу, а потім усе перетворюється в PM і надходить до наших легенів.

Оксиди азоту являють собою суміші газів, які складаються з азоту та кисню. Двома найбільш токсикологічно значущими сполуками є оксид азоту (NO) і діоксид азоту (NO_2). Іншими газами, що належать до цієї групи, є монооксид азоту (або закис азоту, N_2O) і п'ятиоксид азоту (NO_5).

Діоксид азоту виробляють для виробництва азотної кислоти. Більшість азотної кислоти використовується у виробництві добрив, тоді як деяка кількість використовується у виробництві вибухових речовин для військових і гірничих цілей.

Низькі рівні оксидів азоту можуть дратувати очі, ніс, горло та легені, що може призводити до кашлю, задишки, втоми та нудоти. Вплив також може призвести до накопичення рідини в легенях протягом 1-2 днів після впливу. Вдихання високих рівнів оксидів азоту може викликати швидке печіння, спазми та набряк тканин у горлі та верхніх дихальних шляхах, зниження оксигенації тканин, накопичення рідини в легенях і, можливо, навіть смерть.

Попадання на шкіру або очі високої концентрації оксидів азоту або рідкого діоксиду азоту може призвести до серйозних опіків. Оксиди азоту можуть вдихатися або потрапляти через шкіру.

При короткочасній концентрації, що перевищує 200 мікрограмів на кубічний метр, діоксид азоту вважається токсичним газом, що викликає значне запалення дихальних шляхів. NO_2 є основним джерелом нітратних аерозолів, які утворюють невеликі фракції частинок. Основним джерелом викидів NO_2 є процес згоряння (опалення, виробництво електроенергії, транспортні засоби та судна). Епідеміологічні дослідження показують, що симптоми бронхіту у

дітей з астмою наростають після тривалого впливу NO_2. Зниження функції легенів також пов’язане з NO_2. При взаємодії оксидів азоту з парами води (при значній атмосферній вологості) утворюються пари азотної і азотистої кислот, що руйнують легені людини справляють значний негативний вплив на флору і фауну. При спалюванні в енергетичних установках утворює так званий « лисячий рижий хвіст» з димової труби [9].

Діоксид сірки, або сірчистий ангідрид(сірчистий газ). Сірка потрапляє в атмосферу в результаті багатьох природних процесів, у тому числі випари бризок морської води, розвівання сірковмісних грунтів в аридных районах, емісії газів при виверженнях вулканів і виділення біогенного сірководня(H_2S).

Найбільш широко поширене з'єднання сірки - сірчистий ангідрид(SO_2) - безбарвний газ, що утворюється при згоранні сірковмісних видів палива(в першу чергу вугілля і важких фракцій нафти), а також при різних виробничих процесах, наприклад плавці сульфідних руд.

Сірчистий газ особливо шкідливий для дерев, він призводить до хлорозу(пожовтінню або знебварвленню листя) і карликовості. У людини цей газ дратує верхні дихальні шляхи, оскільки легко розчиняється в слизі гортані і трахеї. Постійна дія сірчистого газу може викликати захворювання дихальної системи, що нагадує бронхіт. Сам по собі цей газ не завдає істотного збитку здоров'ю населення, але в атмосфері реагує з водяною парою з утворенням вторинного полютанта - сірчаної кислоти(H_2SO_4).

Краплі кислоти переносяться на значні відстані і, потрапляючи в легені, сильно їх руйнують. Найбільш небезпечна форма забруднення повітря спостерігається при реакції сірчистого ангідриду із зваженими частками, що супроводжується утворенням солей сірчаної кислоти, які при диханні проникають в легені і там осідають.

Діоксид сірки знижує опірність до респіраторних захворювань. При впливі на організм подразнює верхні дихальні шляхи, викликаючи запалення слизових оболонок носоглотки, бронхів. Високі концентрації оксиду сірки в повітрі викликають у людини задишку, можуть призвести до утрати свідомості. При надані першої медичної допомоги, постраждалого слід винести на свіже повітря, інгаляція киснем, промивання очей і носоглотки 2 відсотка розчином питної соди. Для захисту від парів оксиду сірки використовуються промислові протигази марки "У". Дегазують (знезаражують) його лугами, аміаком, гашеним вапном.

Важливою екологічною проблемою стало випадання кислотних дощів. Щорічно при спалюванні палива в атмосферу надходить до 15 млн. т двоокису сірки, який, сполучаючись з водою, утворює слабкий розчин сірчаної кислоти, що разом з дощем випадає на землю. Кислотні дощі негативно впливають на людей, врожай, споруди і т. ін.

Ці дощі мають шкідливу дію на фактори навколишнього середовища:

- врожайність багатьох с/г культур знижується на 3-8% внаслідок ушкодження листя кислотами;
- кислі опади спричинюють вимивання з грунтів кальцію, калію та магнію, що веде до деградації флори і фауни;
- деградують і гинуть ліси;
- отруюється вода озер і ставків, у яких гине риба і численні види комах;
- зникнення комах у водоймах призводить до щезання птахів і тварин, які ними живляться;
- зникнення лісів у гірських районах зумовлює збільшення кількості гірських зсувів і селей;

- різко прискорюється руйнування пам'ятників архітектури, житлових будинків;
- вдихання людьми повітря, забрудненого кислотним туманом, спричинює захворювання дихальних шляхів, подразнення очей тощо [10].

При спалюванні газоподібного палива утворюються **карбон (IV) оксид та карбон (II) оксид.** CO — це безбарвний правильний без запаху, токсичний. Він здатний реагувати з гемоглобіном крові і швидкістю майже в 200 разів перевищує швидкість зв'язування кисню з гемоглобіном. CO — несолетвірний оксид, не взаємодіє з водою, кислотами, лугами. При високих температурах він використовується як відновник багатьох оксидів метал. Карбон (II) оксид утворюється при спалюванні вуглеводневих палив як з недоліком, так і з надлишком кисню тільки в першому випадку CO є кінцевим продуктом, а в другому проміжним.

При повному спалюванні вуглеводів на початковій ділянці горіння відбувається накопичення CO, а потім його доопалення по довжині факела. Наприклад, при горінні метану у факелі на відстані 0–2d звичайно міститься 2–3 відсотки CO, а на відстані 10d — 0,1–0,01 % в залежності від інтенсивності перемішування компонентів горіння і відводу продуктів згорання. В загальному вигляді хімічна реакція утворення CO при спалюванні вуглеводів виглядає:

$$C_m H_n \frac{m}{2} O_2 \rightarrow mCO + \frac{n}{2} H_2$$

У дійсності ця реакція має ланцюгових характер з утворенням проміжних продуктів. Концентрація CO значною мірою залежить від температури. Суха суміш CO з киснем поводиться інертно, і нагріта до 700 ºC, практично не

реагує. Однак добавлення у цю суміш водяних парів призводить до різкого зростання швидкості реакції, тому, що в цьому випадку утворюються проміжні компоненти (Н і ОН) [11].

Природні джерела дають близько 3800 млн. тонн СО на рік, природний рівень його концентрації в атмосфері становить менше 0,0001%. У вихлопних газах відносний вміст СО2 може досягати 12%. Норми гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин розроблені для різних груп населення. Для повітря населених місць середньодобова норма становить 3,0 мг/м 3 ; в атмосферному повітрі максимальна разова гранично допустима концентрація – 5,0 мг/м 3 (при 20-30-хвилинному впливі). У повітрі робочої зони допустима наявність 20,0 мг/м 3 , тобто приблизно 0,002% СО (протягом усього робочого дня). Клас небезпечності – 4. Нестерпні і смертельні для людини концентрації чадного газу в суміші з повітрям становлять 1% СО при часі впливу 3 хвилини; 0,2% С за 60 хвилин; 0,3-04% СО при 30-хвилинному впливі газу. Слід твердо пам’ятати, що оксид вуглецю не затримується ні сухою, ні вологою тканиною, ні респіратором, ні навіть звичайним протигазом, і в цьому він схожий з киснем і вуглекислим газом тому необхідно негайно залишити загазоване приміщення. При отруєнні чадним характерні певні симптоми, а саме: погіршення зору, зниження слуху, легкий біль в ділянці чола, запаморочення, відчуття пульсації у скронях, зниження координації дрібних точних рухів і аналітичного мислення. При легкому ступені труєння спостерігається шум у вухах, головний біль, спрага, відчуття тривоги та страху. При середньому ступені отруєння характерними є неадекватна поведінка, почервоніння обличчя, підвищення температури тіла до 38-40 °С, втрата свідомості, але людина одразу приходить до тями, якщо її винести на свіже повітря. При важкому отруєнні людина втрачає свідомість на тривалий час, виникає порушення ритмічності дихання, воно стає поверхневим (іноді зупиняється

взагалі). Шкіра стає блідо-синюшною. Невідкладна допомога при отруєнні чадним газом повинна бути швидкою і кваліфікованою [12].

Метан – це парниковий газ, другий за вагомістю впливу на зміну клімату після двоокису вуглецю. Хоча метан затримується в атмосфері менше часу, ніж CO2, він в середньому у 30 разів сильніше впливає на глобальне потепління. У багатьох країнах витоки метану від діяльності людини ніяк не регулюються. Цей газ важко виявити та виміряти, але запобігти його витокам – одне з найпростіших та найдешевших кліматичних рішень, яке не потребує серйозних технологічних розробок.

Саме тому США та ЄС запустили глобальну ініціативу зі скорочення викидів метану. За оголошеними цими країнами розрахунками, це може допомогти попередити зростання глобальної середньої температури на 0,2ºC, а отже, і наблизити можливість виконання мети Паризької кліматичної угоди. Серед оголошених підписантів ініціативи, окрім її ініціаторів, також Бразилія та ОАЕ, які мають великі викиди метану. Росія, Китай та Індія, які спільно відповідальні близько за третину глобальних викидів метану, не долучилися до ініціативи [13].

Бензопірен - речовина першого класу небезпеки, зміни, які він викликає, незворотні, це сильний канцероген і мутаген. Тобто він може викликати онкологічні захворювання і генетичні проблеми у майбутніх дітей. Особливо важливий той факт, що бензопірен при потраплянні в організм з нього не виводиться, а накопичується.

Найчастіше бензопірен утворюється при горінні і сильному нагріванні матеріалів - під час пожеж, роботи транспорту, куріння, в розплавленому на спеці асфальті. Крім того, що людина вдихає бензопірен з повітрям, вона ще й вживає його з їжею і водою - туди бензопірен теж запросто мігрує.

Серед харчових продуктів найвища концентрація бензопірену трапляється в копчених продуктах (у тому числі - в шпротах), м`ясних і рибних продуктах, консервах, зерні - там навіть дозволений мінімальний вміст цієї речовини (до 0,001 мг кг - 0,03 г/кг).

В інших продуктах, згідно з правилами, бензопірену не має бути, але на практиці перевірки показують, що він часто міститься в смаженому насінні, соняшниковій олії, майонезі, сухофруктах, шоколаді.

Методів «очищення» організму від цієї речовини немає, тому єдиний спосіб уникнути його шкідливого впливу - уникати. Допоможе відмова від копчених продуктів, м`ясних і рибних виробів (особливо консервів) промислового виробництва, майонезу, нерафінованої олії [14].

Свинець (Pb) та його сполуки утворюються під час використання етилованого бензину, який містить антидетонаційну присадку – тетраетил свинець. Сполуки свинцю застосовуються для підвищення октанового числа бензину, яке забезпечує отримання високих показників потужності та економності бензинових двигунів.

Після викиду з двигуна тетраетил свинець руйнується, утворюючи токсичні свинцеві сполуки: бромистий свинець, окис свинцю, хлористий свинець, фосфат свинцю, сульфат свинцю.

Близько 70% свинцю, який міститься в бензині, викидається в атмосферу; з них 30% осідає на поверхню землі, а 40% залишається в повітрі в завислому стані

Уздовж автомобільних доріг може затримуватися до 50% усього свинцю, який потрапляє в повітря під час руху автотранспорту. Один автомобіль виділяє в середньому 1 кг свинцю протягом року.

Забруднення свинцем навколишнього середовища відбувається поетапно. Після виходу з двигунів автомобілів він міститься в атмосферному повітрі у вигляді аерозолю. Надалі осідає як важкий метал на грунт і рослини.

Свинець надходить не лише з вихлопної труби автомобіля, а й безпосередньо коли бензин випаровується з паливного бака й карбюратора.

В атмосфері свинець швидко зв'язується зі слідами йоду й утворює стабільну сполуку PbJ_2, яка перешкоджає проходженню сонячної радіації. Сполуки свинцю затримуються в повітрі протягом 1–4 тижнів. Тривалість їх перебування в повітрі залежить від розмірів часток: чим більші частки, тим швидше вони осідають на землю.

Дослідження, проведені останніми роками, свідчать, що вміст свинцю як у ґрунті, так і в рослинах зменшується по мірі віддалення від автошляхів. У ґрунті й рослинності пришляхової смуги свинець значно перевищує гранично допустиму концентрацію для ґрунтів 20 мг/кг сухої маси. Підвищені концентрації свинцю в ґрунті й рослинах призводить до отруєння травоїдних тварин, а потім за біологічним ланцюгом і людей.

1.3 Вплив викидів автомобільного транспорту на здоров'я людини

Тверді частинки (PM), діоксид азоту (NO_2) і приземний озон (O_3) вважаються найшкідливішими забруднювачами з точки зору здоров'я людини [15] і спричинили понад 364 000 передчасних смертей у 2019 р. в ЄС (Європейське агентство з навколишнього середовища, 2021 р .). Окрім передчасної смертності за найгіршим сценарієм, ці забруднювачі мають широкий спектр шкідливих впливів на здоров'я людини, головним чином

спричиняючи серцево-судинні та легеневі розлади. Є ряд досліджень, що пов'язують проблеми зі здоров'ям людини (серцеві та легеневі розлади) з життям поблизу автомагістралей.

Згідно з дослідженням [16] , з 489 (11%) із 4492 осіб, про які були дані, померли протягом періоду спостереження, саме серцево-легенева смертність була пов'язана з проживанням поблизу великої дороги. Смертність ж від несерцево-легеневого раку не була пов'язана із забрудненням повітря для проживання поблизу головної дороги. Дані дослідження узгоджуються з результатами [17].

З'являється все більше доказів чіткого набору свіжих забруднювачів повітря, що викидаються від основних шосе і автомагістралей. Люди, які живуть або іншим чином проводять значну частину часу в межах приблизно 200 м від автомагістралей, піддаються впливу цих забруднювачів більше, ніж люди, які живуть на більшій відстані, навіть порівняно з мешканцями жвавих міських вулиць. Докази небезпеки цих забруднювачів для здоров'я виникають у результаті досліджень, які оцінюють близькість до автомагістралей, фактичний вплив забруднюючих речовин або обидва. У цілому дослідження здоров'я показують підвищений ризик розвитку астми та зниження функції легенів у дітей, які живуть поблизу головних магістралей. Дослідження твердих частинок (ТЧ), які показують зв'язок із серцевою та легеневою смертністю, також вказують на підвищення ризику в міру вивчення невеликих географічних територій, припускаючи локалізовані джерела, які, ймовірно, включають головні магістралі. Незважаючи на те, що зв'язок між раком легенів і автомагістралями перевірено менше, наявні дослідження також свідчать про зв'язок. Незважаючи на те, що наявні значні докази зв'язку між впливом на дорогу та несприятливими наслідками для здоров'я, залишається ще багато роботи, щоб зрозуміти точну природу та масштаби ризиків [18].

Особливу занепокоєність складає вплив автотранспорту на здоров'я дітей. Зокрема, у світі проводяться чисельні дослідження залежності забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом. Згідно з дослідженням [19] діти, які жили в межах 500 м від автомагістралі (автомагістралі), мали значний дефіцит повітря у 8-річному віці у легеневій системі порівняно з дітьми, які жили щонайменше за 1500 м від автостради. Спільні моделі показали, що як місцевий вплив автомагістралей, так і регіональне забруднення повітря мали згубний і незалежний вплив на розвиток легеневої функції. Виражений дефіцит досягнутої легеневої функції у віці 18 років був зареєстрований для тих, хто живе в межах 500 м від автостради.

Біологічно вірогідні механізми пов'язують забруднення повітря, пов'язане з транспортом, із метаболічними розладами та потенційно з ожирінням. Забруднення транспорту було позитивно пов'язане зі зростанням індексу маси тіла (ІМТ). Величина ефекту показала приблизно 13,6% збільшення щорічного зростання ІМТ від впливу забруднення повітря, що призвело до збільшення майже на 0,4 одиниці ІМТ від досягнутого ІМТ у віці 10 років. Забруднення транспорту було позитивно пов'язане зі зростанням ІМТ у дітей віком 5–11 років. Забруднення транспорту можна контролювати за допомогою обмежень на викиди; зміни у землекористуванні, які сприяють збалансованості робочих місць і житла та користуванню громадським транспортом і, отже, зменшують пробіг транспортних засобів; просування транспортних засобів з нульовим рівнем викидів; програми транзиту та каршерингу; або шляхом обмеження руху транспорту із високим рівнем забруднення, наприклад дизельних вантажівок, із житлових районів або місць, де діти граються просто неба, таких як школи та парки. Ці заходи можуть мати сприятливий ефект у плані зниження формування ожиріння у дітей [20].

Більший рівень забруднення повітря в школах та навколо них впливає на когнітивний розвиток дітей [21], нижча працездатність і розвиток [22], підвищена поширеність респіраторних захворювань і чутливість до алергенів [23].

2 ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНИХ ВИДІВ ОРГАНІЧНОГО ПАЛИВА В СФЕРІ ТРАНСПОРТУ

Пальне — нафтопродукти, скраплений газ, паливо моторне альтернативне, паливо моторне сумішеве, речовини, що використовуються як компоненти моторних палив, інші товари, зазначені у підпункті 215.3.4 статті 215 Податкового Кодексу України1.

Пальне — це речовина, що є джерелом енергії при спалюванні в двигунах, котельних та інших енергетичних установках. Пальне (на відміну від решти видів палива) використовують переважно для засобів пересування (автомобілів, локомотивів, плавзасобів, літаків, ракет тощо), тому воно повинно складати достатньо малу частину об'єму і ваги засобу пересування, щоб забезпечити його високу ефективність.

Іноді вживається термін хімічне пальне, щоб підкреслити той факт, що енергія виділяється в процесі хімічної реакції окиснення (горіння).

Рис. 2 – Рідкі види палива

Нафтопродукт — продукт, отриманий під час перероблення нафти, газового конденсату або їх суміші, за винятком продуктів нафтохімії. Моторні палива — ті види палива, що використовуються в двигунах внутрішнього згоряння [24, 25].

Основним сировинним джерелом отримання моторних палив є нафта та газовий конденсат. Найчастіше в розрізі використання транпортом розглядають такі види палива, як бензин; дизельне паливо; скраплений газ; біопаливо.

Бензин — нафтове паливо для використання у поршневих двигунах з іскровим запалюванням [26].

Автомобільний бензин — бензин для використання в автомобільних двигунах внутрішнього згоряння.

Відповідно до ДСТУ 4839:20073, залежно від октанового числа, встановлено такі марки автомобільних бензинів:

- А-92-Євро — з октановим числом за дослідним методом не менше ніж 92;
- А-95-Євро — з октановим числом за дослідним методом не менше ніж 95;
- А-98-Євро — з октановим числом за дослідним методом не менше ніж 98.

За вмістом сірки бензини ділять на два види:

- I — вміст сірки не більше ніж 10 мг/кг;
- II — вміст сірки не більше ніж 50 мг/кг [27].

Дизельне паливо — нафтове паливо для використання у двигунах внутрішнього згоряння із запалюванням від стискання.

Згідно з ДСТУ 7688:20155, за кліматичними умовами використання встановлено такі марки дизельного палива [28]:

- Л — літнє, що використовують за температури повітря не нижче ніж 5°С;
- З — зимове, що використовують за температури повітря від 5°С до мінус 20°С;
- Арк. — арктичне, що використовують за температури повітря нижче ніж мінус 20°С.

За рівнем екологічної безпеки встановлено такі екологічні класи дизельного палива: Євро-3, Євро-4, Євро-5.

Вуглеводневі гази (ВГ) — це суміші природних аліфатичних вуглеводнів різної будови, які знаходяться у порах і пустотах гірських порід, розчинені у нафті і пластових водах або розсіяні у ґрунті.

Природні вуглеводневі гази або природні гази (ПГ) (англ. — natural gas або NG) — це природна суміш різних газових компонентів, які перебувають у газоподібному агрегатному стані.

Зріджений вуглеводневий газ (ЗВГ) (англ. — liquefied natural gas або LNG) — це природний вуглеводневий газ, який за нормальних значень тиску і температури навколишнього середовища (pc = 0,101325 МПа, tc = 20oC) перебуває в газоподібному стані, але в разі зниження температури до t = -160°С і підвищення тиску переходить у рідкий стан, що полегшує його зберігання й перевезення. Під час зрідження об'єм природного газу зменшується у 600 разів.

Скраплений вуглеводневий газ (СВГ) (англ. — liquefied petroleum gas або LPG) — пропан-бутанова газова суміш, яка за нормальних значень тиску і температури навколишнього середовища (pc = 0,101325 МПа, tc = 20oC) перебуває в газоподібному стані, але за певної зміни умов: незначному

збільшенні тиску і сталій температурі або незначному зниженні температури і сталому тиску переходить у рідинний стан. СВГ має широку сферу використання — у комунально-побутовому споживанні, як паливо для двигунів внутрішнього згоряння, як сировина хімічної промисловості тощо. Хімічний склад СВГ відрізняється і залежить від джерела їх отримання. Пропан і бутан — це зріджені вуглеводневі гази, які отримують з попутних нафтових і газоконденсатних родовищ.

Основні переваги СВГ:

- висока теплотворна здатність;
- повне згоряння газової суміші;
- при згорянні не утворюється шкідливих речовин і домішок;
- можливість використання в місцях, де немає можливості використання
- природного газу, в т.ч. у двигунах автомобілів;
- використання як основного, резервного або аварійного палива.

В Україні з 02.01.2018 діє національний стандарт ДСТУ EN 589:2017 «Палива автомобільні. Газ нафтовий скраплений. Технічні вимоги та методи контролювання» [29], який є ідентичним EN 589:2008+A1:2012 «Automotive fuels - LPG - Requirements and test methods» [30].

Компримований (стиснений) природний газ (КПГ або CNG від англ. Compressed natural gas) — природний газ (метан (CH_4), стиснений на компресорній станції до тиску 200-250 бар (196-245 кг/см2) для використання в якості палива в двигунах внутрішнього згоряння. Компримування газу проводиться на автомобільних газонаповнювальних компресорних станціях, куди газ поставляється від магістральних трубопроводів. КПГ використовується на легкових автомобілях, пасажирському та легкому

вантажному транспорті та комунальній техніці. Його якість повинна відповідати ДСТУ ГОСТ 27577:2005 «Газ природний паливний компримований для двигунів внутрішнього згоряння» [31].

Метанове паливо має більш високе октанове число і питому теплоту згоряння ніж нафтове паливо або зріджені вуглеводневі гази і не змінює фізико-хімічні властивості при низьких температурах. Октанове число компримованого природного газу знаходиться в діапазоні 110-125 і при згорянні виробляє 48500 кДж/кг.

Моторне біопаливо — альтернативний вид палива, який отримують в результаті переробки сільськогосподарських культур із можливістю додавання домішок тваринної сировини, органічних промислових відходів і продуктів життєдіяльності.

Біодизель (біодизельне паливо) — метилові та/або етилові етери вищих органічних кислот, отриманих з рослинних олій або тваринних жирів, що використовуються як біопаливо або біокомпонент. Закон України «Про альтернативні види палива»

Біоетанол — спирт етиловий зневоджений, виготовлений з біомаси або спирту етилового-сирцю для використання в якості біопалива. Його прийнято відносити до біопалива першого покоління. Біоетанол — це звичайний етанол (етиловий спирт), але, на відміну від харчових спиртів, він виробляється за технологією укороченої дистиляції і не містить води. Крім того, він у великих кількостях містить метанол і сивушні масла, тому повністю непридатний для вживання людиною. Основна перевага біоетанолу перед бензином як джерела енергії — його порівняно низька вартість і відсутність шкідливих викидів в атмосферу. Для виробництва біоетанолу використовують сільськогосподарські культури з високим вмістом цукру або крохмалю (наприклад, цукрова тростина, цукровий буряк та кукурудза).

Бензин та дизельне паливо отримують, головним чином, у результаті переробки нафти. Первинна переробки нафти як для бензину, так і для дизельного палива передбачає очищення від пластової води, домішок неорганічних речовин. Далі нафта підлягає прямій перегонці, у результаті чого отримують бензинову, гасову, дизельну, масляну фракції та мазут.

Наступний етап — вторинна переробка нафти. Для бензину така переробка в основному передбачає каталітичний риформінг4 і каталітичний крекінг5 фракцій, які були отримані при первинній перегонці. У результаті здійснення таких процесів отримується бензин з октановим числом 92-95. Фактично у процесі каталітичного риформінгу отримується високооктановий компонент автомобільних бензинів з низькооктанових важких бензинових фракцій, а у процесі крекінгу здійснюється очищення від домішок сірки.

Після цього, виділені установками бензинові фракції і кілька інших компонентів змішуються. В підсумку виходить кінцевий товарний продукт. Якщо ж виготовляється дизельне паливо, то основним методом етапу вторинної переробки нафти є термічний або каталітичний крекінг. Також може застосовуватись гідрокрекінг, для організації якого необхідний водень [32].

3 РОЗРАЗУНОК ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН, ЯКІ УТВОРЮЮТЬСЯ ПРИ СПАЛЮВАННІ ОРГАНІЧНОГО ПАЛИВА АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ У М. ОДЕСА

Оскільки автомобільний транспорт є постійно діючим джерелом забруднення повітряного басейну, то вибір більш екологічно-безпечного виду палива може сприяти суттєвому зменшенню техногенного навантаження на складові довкілля міст. Проте в Україні відсутні будь-які дієві механізми заохочення населення до вибору автотранспорту з більш безпечним видом двигуну внутрішнього згорання. Зокрема Законом України «Про внесення змін до Податкового кодексу України та деяких законодавчих актів України щодо податкової реформи» [33], який набрав чинності з 01.01.2015 року, припинено оподаткування викидів полютантів в атмосферу пересувними джерелами забруднення екологічним податком.

В той самий час, національна (українська) методика 2008 року [34], яка дозволяла розрахувати викиди забруднюючих речовин та парникових газів від автотранспортних засобів втратила чинність 19.02.2015 р., і до сьогодні немає методики, яка б дозволила провести цей розрахунок. Таким чином, негативний вплив від викидів автомобільного транспорту на законодавчому рівні фактично не регулюється з 2015 року. Більш того, навіть колішня методика 2008 року, яка втратила чинність, не враховувала ПХДД, а якість статистичної інформації не дозволяє використовувати сучасні європейські методики розрахунку. Це обумовлює актуальність питання оцінки впливу автомобільного транспорту на довкілля з врахуванням токсичності ПХДД і ПХДФ.

У роботах [35-37] авторами доведено необхідність використання декількох методик для більш повної оцінки викидів ЗВ у АП від автомобільного транспорту – української [34] та європейської [38]. Зокрема у роботах продемонстровано необхідність врахування не тільки класичних полютантів, а ї специфічних – таких як стійкі органічні полютанти (СОП), які роблять значний внесок у токсичність вихлопних газів автомобільного транспорту [39, 40].

Тому визначення кількості продукування полютантів, у тому числі і СОП, при спалюванні органічного палива автотранспортними засобами в Одесі проведено нами на основі двох методик: національної (української). Це зроблено з метою порівняння найкращих з існуючих в Україні підходів з актуальним європейським, який можливо використовувати виходячи з якості статистичної інформації в Україні. Розрахунок емісії полютантів здійснюється за наступною формулою:

$$Ei = ΦEi \cdot M, \tag{4.1}$$

де $ΦEi$ – фактор (коефіцієнт) емісії i-го полютанту;

Mi – маса спаленого органічного палива, т;

Ei – емісія i-го полютанту, г

TE – токсикологічний (діоксиновий) еквівалент

Враховуючи, що спалювання органічного палива автотранспортними засобами є одним з основних джерел ненавмисного утворення СОП, зокрема ПХДД і ПХДФ, нами було доповнено використані методики розрахунками цих токсичних речовин. Для цього використано відповідні коефіцієнти з європейської методики [38].

Враховуючи сьогоднішній стан справ у питанні впливу автотранспорту на навколишнє середовище, а також наміри України відповідати жорстким вимогам Європейського екологічного законодавства, доцільним буде провести розрахунок продукування забруднюючих речовин при спалюванні органічного полива у ДВС за державною [34] та за Європейською [38] методиками, оцінити повноту отриманих даних та зробити відповідні висновки про готовності України відповідати вимогам екологічного законодавства ЄС. Розрахунки будемо проводити на прикладі міста Одеса.

В Україні наказом Держкомстату №452 від 13 листопада 2008 року [34] затверджено державну «Методику розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів від транспортних засобів», яка встановлює порядок проведення розрахунків обсягів надходження у повітря забруднюючих речовин та парникових газів, до яких, зокрема, належать: оксид вуглецю, аміак, метан, оксид азоту, сажа, діоксид азоту, діоксид сірки, свинець, вуглекислий газ, неметанові леткі органічні сполуки, бенз(а)пірен.

Базовою інформацією для розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів є статистична інформація щодо обсягів використання пересувними транспортними засобами палива, передбачена державними статистичними спостереженнями, та питомі викиди забруднюючих речовин і парникових газів в атмосферу від споживання однієї тони палива, рекомендовані колишнім Міністерством охорони навколишнього природного середовища (на сьогодні – Міністерство екології та природних ресурсів України) [34].

На відміну від [34], методика ЄС [38] передбачає 3 рівні розрахунку, які залежать від повноти вихідної інформації. Відповідно, рівень 3 дає найбільш повну картину та найбільш точні результати розрахунку утворення забруднюючих речовин, але вимагає наявності інформації про кілометраж та

середню швидкість руху транспорту відповідно до способу руху та технології двигуна. Нажаль, якість вихідної інформації в Україні знаходиться на дуже низькому рівні, і тому в даних умовах можливо використання лише Рівню 1, для якого необхідні лише статистичні дані використання або продажу певного виду палива.

З іншого боку, фактори емісії для Рівню 1 мають дещо вищі значення, ніж для рівню 2 і 3. Це пов'язано з тим, що при встановлені коефіцієнтів для рівню 2 і 3 використовувалися дані для автомобільного парку, який відповідає більш новим екологічним стандартам (тобто вище Євро 2), а для Рівню 1 використовуються данні транспортної діяльності за 1995 рік з метою адаптації методики розрахунку до реалій країн з більш старим автопарком. Так як середній вік автомобілів в Україні складає 20 років, то використання коефіцієнтів Рівню 1 у нашому випадку є навіть більш бажаним для визначення загальної кількості утворених забруднюючих речовин.

Також варто відмітити, що складнощі представляє пошук вихідної інформації для розрахунку. Зокрема, з 2017 року інформація по обсягам використання автомобільного палива подається тільки для Одеської області, що унеможливлює розрахунок для м. Одеса. Проте, згідно з [41] частка міста в обласному підсумку споживання бензину складає 85%, а у споживанні дизельного палива – 44.5.

Тому ми можемо порахувати обсяги використання органічного палива автотранспортом у м. Одеса з використанням офіційних статистичних даних [43]. Результати розрахунків за державною методикою наведено у таблицях 3.1, 3.2.

Таблиця 3.1 – Викиди забруднюючих речовин при спалюванні бензину автотранспортом, Одеса, 2022 рік (українська методика)

Забруднююча речовина	М пал, т	ФЕ, кг/т	Е, кг
CO	110500	201,8	22298900
НМЛОС	110500	53	5856500
Сажа (ТЧ)	110500	0	0
NO2	110500	21	2320500
CH4	110500	0,94	103870
NH3	110500	0,004	442
B(a)P	110500	0	0
Pb	110500	0,013	1436,5
CO2	110500	3183	351721500

Таблиця 3.2 – Викиди забруднюючих речовин при спалюванні дизельного палива автотранспортом, Одеса, 2022 рік (українська методика)

Забруднююча речовина	М пал, т	ФЕ, кг/т	Е, кг
CO	171000	36,2	6190200
НМЛОС	171000	3,08	526680
Сажа (ТЧ)	171000	3,85	658350
NO_2	171000	31,4	5369400
CH_4	171000	0,083	14193
NH_3	171000	0	0
B(a)P	171000	0,03	5130
Pb	171000	0	0
CO_2	171000	3138	536598000

Як ми бачимо, при спалюванні дизельного палива дійсно викидається значно більше твердих продуктів горіння органічного палива, проте фактично відсутні викиди важких металів. У свою чергу при спалюванні бензину показники по твердим частинкам значно менші, ніж при спалюванні дизелю.

Аналогічні розрахунки проведено за європейською методикою, результати наведено у таблицях 3.3 і 3.4.

Таблиця 3.3 – Викиди забруднюючих речовин при спалюванні бензину автотранспортом, Одеса, 2022 рік (методика ЄС)

Забруднююча речовина	М пал, т	ФЕ, кг/т	Е, кг
CO	110500	152,3	16829150
НМЛОС	110500	14,59	1612195
ТЧ	110500	0,02	2210
NOx	110500	13,22	1460810
N_2O	110500	0,186	20553
NH_3	110500	0,667	73703,5
B(a)P	110500	0,0000042	0,4641
Pb	110500	0,000033	3,6465
CO_2	110500	3180	351390000

Таблиця 3.4 – Викиди забруднюючих речовин при спалюванні дизельного палива автотранспортом, Одеса, 2022 рік (методика ЄС)

	М пал, т	ФЕ, кг/т	Е, кг
CO	171000	7,4	1265400
НМЛОС	171000	1,54	263340
Сажа (ТЧ)	171000	1,52	259920
NO_2	171000	14,91	2549610
CH_4	171000	0,056	9576
NH3	171000	0,038	6498
B(a)P	171000	0,0000158	2,7018
Pb	171000	0,000052	8,892
CO_2	171000	3140	536940000

З отриманих розрахунків видно, що більша кількість значень емісії ЗР в діючій українській державній методиці вища за аналогічні значення у Європейській методиці. Це може бути пов’язано з тим, що коефіцієнти емісії в державній методиці були встановлені досить давно і враховували стан автопарку, який був актуальним на період складання методики. Варто відмітити, що таке перевищення спостерігається навіть враховуючи те, що для розрахунку було використаного значення коефіцієнтів Рівня 1 методики ЕМЕП, яка враховує специфіку автопарку країн ЄС на 1995 рік.

Одним з головних недоліків української державної методики є значення фактору емісії «0» для таких забруднюючих речовин як бенз(а)пірен та свинець. Це є абсолютно неприпустимим, враховуючи специфіку та клас небезпеки цих речовин. Більш того, саме автотранспорт є головним джерелом

забруднення навколишнього середовища міста важкими металами та одним в головних забруднювачів міського середовища бенз(а)піреном.

Згідно з державною методикою, при спалюванні бензинового палива не утворюється таки продукт неповного згоряння палива як сажа, що є помилковим твердженням, так як при спалюванні бензину у двигунах внутрішнього згоряння, особливо старого зразку, тверді продукти згоряння присутні у вихлопних газах. Більш того, саме сажа є головним носієм важких металів, які утворюються у вихлопних газах та осідають на поверхню разом із нею. Тому врахування у державній методиці розрахунку сажі та свинцю взаємопов'язане.

Розглянута Європейська методика на Рівні 1 не враховує утворення метану при спалюванні органічного палива, на відміну від методики [44]. Розглядання утворення метану від пересувних джерел дозволяє більш точно представити картину утворення парникових газів на території України та приймати більш ґрунтовні рішення по скороченню їх продукування, що є головною умовою Паризької угоди.

Вищеперераховані суттєві недоліки української державної методики вказують на необхідність її повного оновлення. Дуже важливо відмітити, що навіть оновлення коефіцієнтів емісії не вичерпним оновленням методики, адже у країнах ЄС та багатьох країнам колишнього СНД методики є більш конкретними та дозволяють враховувати не лише вид використаного палива, а і інтенсивність руху транспорту, технологію спалювання тощо. Але для цього кроку необхідно також організувати якісну систему збору статистичної інформації, яка, нажаль, на сьогоднішній день в Україні знаходиться у вкрай незадовільному стані.

Враховуючи отримані результати, доцільно порівняти екологічну безпечність доступних видів органічного палива. Через відсутність вихідної

інформації використання газового палива автотранспортними засобами в Одеській ПМА за 2017 рік, нами було порівняно умовні питомі викиди від спалювання 1 т кожного виду органічного палива з використанням факторів емісії коефіцієнтів відносної небезпеки для цих видів палива. Відмітимо, що розрахунок робився за методикою (EMEP,2019), яка, виходячи з вище проведених розрахунків, є більш точною за номенклатурою полютантів та рівнями розрахунку. Також при розрахунку враховано, що витрати палива для дизельного палива в середньому на 20% меншими, ніж бензинового, а витрати газу – на 10% більшими, ніж витрати при спалюванні бензину [39]. Результати розрахунку представлено у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Питомі викиди від спалювання 1 т кожного виду органічного палива з використанням факторів емісії для дизельного і бензинового палив, зрідженого та стиснутого газів

ЗР	ФЕ, кг/т				Е, кг			
	дизель	бензин	зрідж.газ	ст.газ	дизель	бензин	зрідж.газ	ст.газ
CO	7.4	152.3	84.7	5.7	1.95	50.26	30.75	2.07
НМЛОС	1.54	14.59	13.64	0.26	0.83	9.78	10.05	0.19
ТЧ	1.52	0.02	0	0.02	24.32	0.40	0.00	0.44
NO_x	14.91	13.22	15.2	13	298.20	330.50	418.00	357.50
N_2O	0.056	0.186	0.089	Н/В	0.75	3.10	1.63	-
NH_3	0.038	0.667	0.08	Н/В	0.76	16.68	2.20	-
БП	$1.58*10^{-5}$	$4.2*10^{-6}$	$2*10^{-6}$	Н/В	12.64	4.20	0.22	-
Pb	$5.2*10^{-5}$	$3.3*10^{-5}$	Н/В	Н/В	0.14	0.11	-	-
ПХДД/Ф	$1*10^{-10}$	$2.2*10^{-09}$	0	0	0.16	4.40	0.00	0.00

Відмітимо, що методика не дає можливість розрахувати питомі маси таких полютантів, як N_2O, NH_3 та бенз(а)пірен для стиснутого природного газу,

а також *Pb* для зрідженого та стиснутого газів. Також варто зазначити, що фактори емісії для стиснутого газу в методиці наведені на основі дослідження викидів вантажного автобусного транспорту. Однак, оскільки відсоток внеску у токсичність вихлопних газів від даних речовин є відносно невеликий, отримані результати дають змогу порівняти дані види палива між собою. На рис. 3.1 наведено порівняльну гістограму сумарних питомих викидів від спалювання різних видів органічного палива.

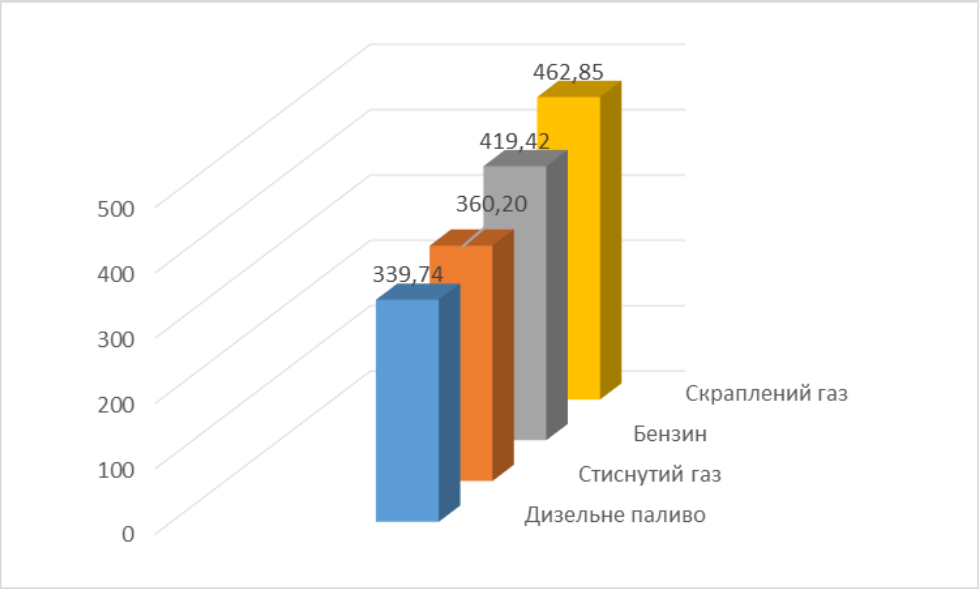

Рисунок 3.1 – Гістограма сумарних питомих викидів від спалювання різних видів органічного палива.

Як видно з рис. 3.1, найменші сумарні викиди спостерігаються при спалюванні дизельного палива та стиснутого природного газу через менші значення факторів емісії для NO_x. Проте при виборі виду органічного палива слід також враховувати не лише сумарну токсичність викидів, а і викиди кожної конкретної забруднюючої речовини. Проте для більш повної картини необхідно мати методику, яка буде містити оновлені фактори емісії та дозволить розрахувати утворення всіх ЗР. На сьогодні, на жаль, така методика в Україні відсутня.

4 ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ ВІД АВТОТРАНСПОРТУ

Для кожного типу двигуна (карбюраторного або дизельного) при рівних умовах кількість забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу, пропорційна витраті палива. Тому за умови залишення без змін автопарку Одеси економія палива є еквівалентом скорочення викидів токсичних речовин. В цьому аспекті першочергове значення має технічний стан автомобільного й автобусного парків. Повністю справний автомобіль витрачає менше палива і вже цим сприяє зниженню рівня забруднення повітря. При цьому увагу має бути сконцентровано на справності паливної апаратури та системи запалювання. Для наочності види несправностей у автомобілях та їх вплив на використання палива наведено у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Вплив технічного стану автомобіля на витрати палива [43]

Несправність у автомобілі	Збільшення використання палива (у відсотках)
Одна непрацююча свіча в двигуні	10—15%
Зниження температури охолоджувальної рідини до 35—40^{0}С	10— 12%
Несправний регулятор випередження запалювання	6—10%
Наявність нагару в камерах згоряння	7—8%
Несправність однієї форсунки в дизельному двигуні	22—28%

Також існує залежність розладів у різних системах карбюраторних двигунів та збільшення токсичності їх викидів, що наведено у таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Вплив несправностей окремих систем карбюраторного двигуна на токсичність вихлопних газів автомобіля [11, 44].

Система двигуна, в якій виявлено несправність	Збільшення токсичності вихлопних газів (у відсотках)
Система живлення двигуна	30—40 %;
Система запалювання	25—30 %;
Механічна частина двигуна	20—25 %;
Трансмісія і ходова частина	15 %

Контроль токсичності транспортного засобу проводиться на підприємствах транспорту у процесі технічного обслуговування. Проте, забезпеченість транспортних підприємств апаратурою контролю токсичності, як правило, дуже низька. Для легкових автомобілів у містах мають організовуватися пости екологічного експрес-контролю та експрес-сервісу. Мають діяти пересувні лабораторії, що проводять перевірки якості палива на автозаправних станціях. У локомотивних депо мають організовуватися пункти екологічного контролю відпрацьованих газів дизелів на димність, вміст оксидів вуглецю та азоту.

У процесі експлуатації транспортних засобів необхідно проводити роботи по знепилюванню перевантажувальних комплексів та доріг. Найбільш часто необхідність знепилювання виникає на дорогах з гравійним, щебеневим та ґрунтовим покриттям. Для них характерна наявність товстого шару покривного пилу.

Важливим аспектом підвищення екологічної безпеки транспортних процесів є заходи з охорони грунтів. Захист грунтів у смугах відведення автомобільних доріг має здійснюватися шляхом:

- лісонасадження;

- рекультивації земель шляхом підсипання родючого шару ґрунту.

Висаджування дерев і чагарників уздовж доріг служить засобом снігозатримання, сприяє зниженню транспортного шуму і забруднення атмосферного повітря на придорожніх територіях, підвищує естетичну привабливість ландшафтів.

Важливим є також зменшення шумового впливу автотранспорту. Шумове забруднення в містах переважно спричинюється рухомим складом транспорту. На головних магістралях великих міст рівень шуму перевищує 90 дБА і має тенденцію до посилення щорічно на 0,5 дБА. Це є однією з найбільших небезпек для навколишнього середовища в районах великих транспортних магістралей.

Основними заходами, що допомагають зменшити рівень шуму автотранспорту є:

- поліпшення конструкції доріг та їх трасування;

- регулювання транспортних потоків;

- застосування шумових екранів і бар’єрів;

- перегляд загальних концепцій землекористування поблизу основних транспортних магістралей.

Одним з найбільш очевидних способів зменшення шуму автомобільного транспорту, здавалося б, є зниження інтенсивності руху в результаті розподілу транспортного потоку. Проте його розподілення, наприклад, навпіл, в загальному випадку веде до зниження рівня транспортного шуму тільки на 3 дБА. Це пояснюється тим, що зменшення інтенсивності руху зазвичай

пов’язане зі зростанням швидкості руху, тому очікуваного значного результату від зниження інтенсивності руху не досягається.

На зниження шуму автомобільного транспорту також направлено обмеження числа важких вантажних автомобілів у транспортному потоці. Це, зазвичай, приймає форму заборон на в’їзд вантажних автомобілів у певний район або на в’їзд до міста всіх автомобілів вище певної вантажопідйомності, а також обмежень в’їзду в певні моменти часу, зазвичай в нічні години, суботні та недільні дні.

Для зниження аеродинамічного шуму, що створює зовнішня поверхня кузова автомобіля при контакті з набігаючими потоками повітря, потрібно проводити розробки нових форм кузовів автомобілів, на вантажних автомобілях застосовувати обтічники, на вантажних автопоїздах встановлювати тенти між тягачем і напівпричепом для створення закритого буферного простору.

Останнім часом розвивається новий напрямок боротьби з шумом – акустичний тюнінг. Це дообладнання внутрішнього простору салону автомобіля для захисту від шуму в салоні авто. При цьому встановлюються панелі шумоізоляції на двері, кришки капота і багажника, додатково закріплюються елементи оббивки салону, панелі приладів, сидіння та ін. Для цієї ж мети наносяться на елементи конструкції вібропоглинаючі та антикорозійні пасти.

Для зниження автодорожнього шуму створюють дорожні покриття із звукопоглинальними властивостями. Наприклад, в таких країнах, як Голландія, Бельгія, Німеччина, Великобританія використовується дорожнє покриття, що удвічі знижує рівень шуму від автомобільних шин. Воно складається з суміші асфальту, кварцу, базальту та наноситься з утворенням

мікроскопічних внутрішніх порожнеч. Створене таким чином пористе покриття має ефект поглинання звукових хвиль [2].

Також одним з можливих шляхів поліпшення ситуації на демку деяких дослідників є альтернативні палива з підвищеним вмістом водню (природний газ, спиртові палива, а також композитні палива з використанням спиртових палив і водню як додаткові енергоносії), які є в даний час і на найближчий період ефективними замінниками нафтових палив, що забезпечують не тільки зниження споживання нафтових палив, але й одночасне підвищення екологічної безпеки енергоустановок за рахунок більшого КПД [45].

До прикладу, Серед багатьох варіантів альтернативних видів палива кращі шанси замістити традиційний бензин і дизельне паливо має природний газ і спирт, насамперед через свою відносно низьку собівартість і існуючі технології та потужності виробництва. З огляду на сучасні технології одержання спирту, перспективним як паливо слід вважати етиловий і метиловий спирт (етанол, метанол та інш).

Переваги використання етанолу:

- запаси сировини різноманітні й практично необмежені;
- багатий досвід експлуатації двигунів, що працюють на спирті (Бразилія, Австралія);
- низька токсичність вихлопних газів.

Недоліки використання етанолу:

- необхідність конструктивних змін системи живлення;
- знижується потужність двигуна, а витрата пального збільшується;
- через гігроскопічність спирту погіршуються пускові властивості двигуна;
- дороге виробництво біоетанолу [46].

Також існує думка про використання ржідженого та скрапленого газів як альтернативних, проте розрахунки питомого викиду ЗР, які проведені нами у розділі 3, ставлять під сумнів такий підхід.

Також варто відмітити, що зниження хімічного і фізичного забруднення довкілля в місцях активної експлуатації автомобільного транспорту можу бути досягнуто поступовим переходом від автомобілей на двигунах внутрішнього згоряння на електричні. Це питання є також дискусійним з точки зору екології, проте таких підхід є доцільним при вирішенні питань локального та регіонального забруднення довкілля.

ВИСНОВКИ

– Автотранспорт є основним джерелом забруднення атмосферного повітря у великих містах, зокрема – у м. Одеса;

– Вичерпно доведено негативні наслідки для здоров'я людей, а особливо дітей, які перебувають у зоні постійного забруднення довкілля автотранспортом. Зокрема, у дітей спостерігаються вади інтелектуального та фізичного розвитку, а загальними наслідками є хвороби легеневої та серцевої систем, а також підвищений ризик ожиріння;

– Автотранспорт є джерелом не лише хімічного (компонентного) забруднення довкілля, а і фізичного, зокрема – шумового;

– Номенклатура органічних видів палива є досить широкою, і законодавством України передбачено широкий перелік цих видів палива. Проте здебільшого у нас використовуються дизельне паливо та бензин;

– В Україні немає методики для розрахунку забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом. Лише використання застарілої української та оновленої європейської методик дають змогу отримати приблизну картину щодо обсягів утворення забруднюючих речовий при спалювання органічного палива автотранспортом;

- В роботі пораховані маси полютантів, які утворюються при спалюванні органічного палива пересувними джерелами. Даний розрахунок може стати основою для загальної оцінки надходження забруднюючих речовин в атмосферний басейн м. Одеси;

- Контроль за справністю автопарку Одеси та покращення інфраструктури руху і якості дорожніх покриттів матимуть значний внесок у мінімізацію забруднення довкілля автотранспортом.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Закон України «Про транспорт». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1994, № 51, ст. 446. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/232/94-%D0%B2%D1%80#Text (дата звернення: 3.06.2023);
2. Транспортна екологія: навчальний посібник / О. І. Запорожець, С. В. Бойченко, О. Л. Матвєєва, С. Й. Шаманський, Т. І. Дмитруха, С. М. Маджд; за заг. редакцією С. В. Бойченка. – К.: НАУ, 2017. – 507 с.
3. N.T. Kim Oanh, M.T. Thuy Phuong, D.A. Permadi. Analysis of motorcycle fleet in Hanoi for estimation of air pollution emission and climate mitigation co-benefit of technology implementation. Atmos. Environ., 59 (2012), pp. 438-448
4. T.T. Trang, H.H. Van, N.T.K. Oanh. Traffic emission inventory for estimation of air quality and climate co-benefits of faster vehicle technology intrusion in Hanoi, Vietnam Carbon Manag., 6 (3–4) (2015), pp. 117-128, 10.1080/17583004.2015.1093694
5. V.T. Tai, N.T. Kim Oanh, E.R. Rene, T.N. Binh. Analysis of roadside air pollutant concentrations and potential health risk of exposure in Hanoi. Vietnam. J. Environ. Sci. Health A., 55 (8) (2020), pp. 975-988, 10.1080/10934529.2020.1763091
6. L. Duprez, G. Bastin, S. Dierckx, C. Banken, C. Ceustermans, S. Dehouck, M. Henrard, T. de Vos, F. Goor, A. Gérard, S. Hollander, N. Sergeant, B. Willocx, B. Dewulf. Evaluation de la zone de basses émissions - rapport 2021 (2021).

7. J.L. Breuer, R.C. Samsun, R. Peters, D. Stolten. The impact of diesel vehicles on NOx and PM10 emissions from road transport in urban morphological zones: A case study in North Rhine-Westphalia, Germany, 727, Science of the Total Environment (2020), 10.1016/j.scitotenv.2020.138583
8. Inhalable Particulate Matter and Health (PM2.5 and PM10). URL: https://ww2.arb.ca.gov/resources/inhalable-particulate-matter-and-health (дата звернення: 3.06.2023)
9. Основні забруднювачі атмосферного повітря : характеристики, вплив на організм людини. Товариство Автоекоприлад. URL: http://eco.aep.kiev.ua/novini/osnovni-zabrudnyuvachi-atmosfernogo-povitrya-harakteritstiki-vpliv-na-organizm-lyudini/ (дата звернення: 3.06.2023)
10. Вплив діоксид сірки на організм людини та НПС. Нова екологія. URL: http://www.novaecologia.org/voecos-376-1.html (дата звернення: 3.06.2023)
11. Енерготехнологія хіміко-технологічних процесів у виробництві кераміки та скла. Паливо і його характеристики. Розрахунки горіння палива.: навч. посіб. Для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Н. В. Жданюк, М.М. Племянніков. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 62 с.
12. Чадний газ: вплив на організм людини. Самбірська міська рада. Офіційний сайт. URL: https://sambircity.gov.ua/2021/11/23/chadnij-gaz-vpliv-na-organizm-lyudini/ (дата звернення: 3.06.2023)
13. Україна долучилася до Глобальної ініціативи зі скорочення викидів метану. Що це означає? URL: https://ecoaction.org.ua/global-methane-pledge.html#:~:text=%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BD

%20%E2%80%93%20%D1%86%D0%B5%20%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9%20%D0%B3%D0%B0%D0%B7%2C%20%D0%B4%D1%80%D1%83%D0%B3%D0%B8%D0%B9,%D1%81%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96%D1%88%D0%B5%20%D0%B2%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%94%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%B3%D0%BB%D0%BE%D0%B1%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B5%20%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%8F. (дата звернення: 3.06.2023)

14. Бензопірен у продуктах: чим він небезпечний. URL: https://charivne.info/news/benzopiren_u_produktakh_chim_vin_nebezpechniy (дата звернення: 3.06.2023)
15. European Environment Agency (EEA) Air quality in Europe - 2020 report EEA Report (Issue No 09/2020). URL: https://www.eea.europa.eu//publications/air-quality-in-europe-2020-report (дата звернення: 3.06.2023)
16. Gerard Hoek, Bert Brunekreef, Sandra Goldbohm, Paul Fischer, Piet A van den Brandt, Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study, The Lancet, Volume 360, Issue 9341, 2002, Pages 1203-1209, https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)11280-3
17. B. Brunekreef, G. Hoek, L. Schouten, S. Bausch-Goldbohm, P. Fischer, B. Armstrong, E. Hughes, M. Jerrett, R. Beelen, P. van den Brandt. Effects of long-term exposure to traffic-related air pollution on respiratory and cardiovascular mortality in the Netherlands: the NLCS-AIR study

Research report (Health Effects Institute) (Issue 139) (2009) http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19554969

18. Doug Brugge, John L Durant & Christine Rioux. Near-highway pollutants in motor vehicle exhaust: A review of epidemiologic evidence of cardiac and pulmonary health risks. Environmental Health volume 6, Article number: 23 (2007). https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-069X-6-23#Tab1 (дата звернення: 3.06.2023)
19. W James Gauderman, Hita Vora, Rob McConnell, Kiros Berhane, Frank Gilliland, Duncan Thomas, Fred Lurmann, Edward Avol, Nino Kunzli, Michael Jerrett, John Peters, Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age: a cohort study, The Lancet, Volume 369, Issue 9561, 2007, Pages 571-577, https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)60037-3
20. Michael Jerrett, Rob McConnell, Jennifer Wolch, Roger Chang, Claudia Lam, Genevieve Dunton, Frank Gilliland, Fred Lurmann, Talat Islam & Kiros Berhane. Traffic-related air pollution and obesity formation in children: a longitudinal, multilevel analysis. Environmental Health volume 13, Article number: 49 (2014). https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-069X-13-49
21. J. Sunyer, M. Esnaola, M. Alvarez-Pedrerol, J. Forns, I. Rivas, M. López-Vicente, E. Suades-González, M. Foraster, R. Garcia-Esteban, X. Basagaña, M. Viana, M. Cirach, T. Moreno, A. Alastuey, N. Sebastian-Galles, M. Nieuwenhuijsen, X. Querol. Association between Traffic-Related Air Pollution in Schools and Cognitive Development in Primary School Children: A Prospective Cohort Study. PLoS Medicine, 12 (3) (2015), pp. 1-24, 10.1371/journal.pmed.1001792

22. L. Trasande, G.D. Thurston The role of air pollution in asthma and other pediatric morbidities Journal of Allergy and Clinical Immunology, 115 (4) (2005), pp. 689-699, 10.1016/j.jaci.2005.01.056
23. U. Krämer, T. Koch, U. Ranft, J. Ring, U. Kramer, T. Koch, U. Ranft, J. Ring, H. Behrendt. Linked references are available on JSTOR for this article : Traffk ’ Related Air Pollution Is Associated with Atopy in Children Living in Urban Areas. Epidemiology, 11 (1) (2017), pp. 64-70
24. Інструкція про порядок приймання, транспортування, зберігання, відпуску та обліку нафти і нафтопродуктів на підприємствах і організаціях України затверджена спільним наказом Міністерства палива та енергетики України, Міністерства економіки України, Міністерства транспорту та зв'язку України, Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики від 20 травня 2008 року N 281/171/578/155 https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0805-08
25. Моторні палива: властивості та якість [текст] підручник / Сергій Бойченко, Андрій Пушак, Петро Топільницький, Казимир Лейда; за заг. ред. проф. С. Бойченка. – К. : «Центр учбової літератури», 2017. – 324 с.
26. ДСТУ 3437-96 Державний стандарт України. Нафтопродукти. Терміни та визначення
27. ДСТУ 4839:2007. Бензини автомобільні підвищеної якості (33987). URL: https://dnaop.com/html/33987/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_4839_2007 (дата звернення: 3.06.2023)
28. Національний стандарт Екраїни паливо дизельне “вро. Технічні умови. ДСТУ 7688:2015

29. ДСТУ EN 589:2017 «Палива автомобільні. Газ нафтовий скраплений. Технічні вимоги та методи контролювання»
30. EN 589:2008+A1:2012 «Automotive fuels - LPG - Requirements and test methods». URL: https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/212f6501-4cbc-4cdf-a652-2d8c6bf11630/en-589-2008a1-2012 2007 (дата звернення: 3.06.2023)
31. ДСТУ ГОСТ 27577:2005 «Газ природний паливний компримований для двигунів внутрішнього згоряння». URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=55443 (дата звернення: 3.06.2023)
32. Закон України «Про альтернативні види палива». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2000, № 12, ст. 94. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14#Text (дата звернення: 3.06.2023)
33. Закон України Про внесення змін до Податкового кодексу України та деяких законодавчих актів України щодо податкової реформи. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2015, № 7-8, № 9, ст.55. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/71-19#Text (дата звернення: 12.06.2023)
34. Про затвердження Методики розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів. Державний Комітет Статистики України. Наказ N 452 від 13.11.2008. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0452202-08#Text (дата звернення: 12.07.2022)
35. Mykhailenko V., Safranov T. Estimation of Input of Unintentionally Produced Persistent Organic Pollutants into the Air Basin of the Odessa

Industrial-and-Urban Agglomeration. Journal of Ecological Engineering. 2021; 22(9): 21–31. DOI: https://doi.org/10.12911/22998993/141479

36. Михайленко В. І., Шаніна Т. П. Вплив суперекотоксикантів на токсичність вихлопних газів. Регіональні проблеми охорони довкілля : матеріали міжнар. наук. конф. молодих вчен., м. Одеса, 30 трав. – 1 черв. 2018 р. Одеса, 2018. С. 153–156.
37. Михайленко В. І. Оцінка повноти отриманих результатів емісії забруднювальних речовин від пересувних джерел за українською державною методикою. Prospects for the development of natural sciences in EU countries and Ukraine : International scientific and practical conference, Wloclawek, 21–22 December 2018. Republic of Poland, 2018. P. 61–64.
38. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook. Technical guidance to prepare national emission inventories. 2019. URL: https://www.eea.europa.eu//publications/emep-eea-guidebook-2019 (дата звернення: 12.07.2022).
39. Mykhailenko V., Safranov T. The problem of evaluation of individual Persistent Organic Pollutants emissions from road transport (illustrated by the case of Odessa Industrial-And-Urban Agglomeration). Environmental Problems. 2022; 7(1): 39-46. https://doi.org/10.23939/ep2022.01.039 …
40. Михайленко В. І., Сафранов Т. А., Шаніна Т. П. Аналіз ситуації зі стійкими органічними забруднювальними речовинами в Україні (на прикладі Одеси). Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія». 2018; 18: 90-96. https://doi.org/10.26565/1992-4259-2018-18-09
41. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2017 році. Одесса, 2018. 270 с.

42. Головне управління статистики в Одеській області. URL: http://www.od.ukrstat.gov.ua/ (дата звернення: 3.06.2023)
43. Автосервіс в Одесі. EvoCars | ЕвоКарс URL: https://evocars.com.ua/?gclid=Cj0KCQjw1rqkBhCTARIsAAHz7K1KwG6429b8sIuTqBDTgBc3bTtIh2uJpo7ztHxmKj56K0a1glPStqMaAkePEALw_wcB (дата звернення: 3.06.2023)
44. Гутаревич Ю.Ф. та ін. Екологія та автомобільний транспорт. Навчальний посібник.- К.: Арістей, 2006 – 292 с.
45. Н.В. Внукова, М.В. Барун Альтернативне паливо як основа ресурсозбереження і екобезпеки автотранспорту. URL: https://core.ac.uk/reader/268399120 (дата звернення: 3.06.2023)
46. В.М. Кропівний, М.В. Красота. Перспективи використання альтернативних видів палива для автомобілів. URL: http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/2255/1/20.pdf (дата звернення: 3.06.2023)