

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Факультет комп'ютерних наук та кібернетики

Кафедра Обчислювальної Математики

**Дипломна робота**

За спеціальністю 113 "Прикладна математика"

на тему:

**Моделювання розповсюдження  
шкідливих викидів у атмосфері**

Виконав студент 4-го курсу

Коломієць Микола

Науковий керівник:

Затула Дмитро

Київ, 2024

# ЗМІСТ

<b>1</b>	<b>Забруднення</b>	<b>3</b>
1.1	Основні викиди . . . . .	3
1.2	Тверді частинки (PM) . . . . .	3
1.3	Оксиди азоту (NO <sub>x</sub> ) . . . . .	4
1.4	Сірчастий газ (SO <sub>2</sub> ) . . . . .	5
1.5	Озон(O <sub>3</sub> ) . . . . .	6
1.6	Методи вимірювання забруднення . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Вирішення задачі</b>	<b>8</b>
2.1	Місце та період дослідження . . . . .	8
	<b>Бібліографія</b>	<b>9</b>

## **ВСТУП**

Забруднення повітря є дуже важливим питанням для здоров'я людей та навколишнього середовища. Воно може бути викликане різними факторами, такими як викиди транспорту, промисловості та сільського господарства. На стан повітря певної місцевості також може впливати вітер, температура та географія самого міста. Велика кількість забруднюючих речовин може викликати різні захворювання та проблеми зі здоров'ям, тому це є важливим фактором для вибору місця проживання і відповідно важливою проблемою для влади міста, яка піклується про добробиток населення міста.

Моніторинг і можливість прогнозування забруднення повітря є необхідним у сучасному світі. Для забезпечення здоров'я та комфорту населення міста важливо мати точні дані, щодо забруднення та його динаміки. Також важливо мати можливість прогнозувати забруднення задля вивчення аномалій та можливості вчасно реагувати на різкі зміни у стані повітря. Відмінності між реальним станом повітря і прогнозованим може бути наслідком появи нового чинника забруднення або впливу зміни клімату і за допомогою аналізу подібних відмінностей ці чинники можуть бути визначені. Крім того моделі можуть продемонструвати, як на стан повітря вплинули покращувальні заходи, що дозволить з меншими похибками визначати, які з методів є кращими.

# РОЗДІЛ 1 ЗАБРУДНЕННЯ

## 1.1 Основні викиди

До основних викидів, що забруднюють атмосферу, належать:

- Тверді частинки (PM)
- Оксиди азоту
- Сірчастий газ
- Озон
- Вуглекислий газ
- Чадний газ

## 1.2 Тверді частинки (PM)

PM (particulate matter) це особлива категорія викидів в атмосферу, що включає в себе всі не газоподібні забруднювачі з малим розміром частинок. Частинки мають різноманітний хімічний склад і деякі можуть бути токсичними.

Ці викиди класифікують за розміром частинок. Найпоширенішими групами є PM<sub>10</sub> та PM<sub>2.5</sub>, що відповідають частинкам з діаметром менше 10 та 2.5 мікронів відповідно. Подібні частинки можуть долати великі відстані в атмосфері за допомогою вітру. Тож деяка частина цих викидів прилітає зза кордону.

Невелика частина забруднення має природний характер (пил, морські частинки, вулканічний попіл) і більшість забруднення мають антропогенні джерела. Для PM це може бути викиди від спалення палива в транспорті, промисловості або пожеж в лісах. В великих містах значна частина PM з'являється від зношених шин та дисків автотранспорту.

Концентрація РМ в повітрі моніториться організаціями з охорони здоров'я і граничні допустимі норми регулюються законодавством, задля цього був створений індекс якості повітря відносно РМ.[2]

Індекс якості повітря	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>
Добрий	0	0
Задовільний	12	54
Шкідливий для групи ризику	35	154
Шкідливий	55	254
Дуже шкідливий	150	354
Небезпечний	250	424

Таблиця 1.1: Індекс якості повітря відносно РМ у  $\frac{\text{мкг}}{\text{м}^3}$

Підвищена РМ зазвичай спостерігається біля доріг з інтенсивним рухом транспорту та біля зони зони підприємств у великих містах. Як вже зазначалося, ці частинки можуть переноситися вітром тож великі концентрації зауроднення спостерігаються лише в дні з слабким вітром або у місцевості де вітер не виносить забруднення за межі міста.

Частинки через дихання потрапляють у кровообіг і можуть осідати у внутрішніх органах, таким чином частинки менші 10 мікронів можуть спричинити проблеми з диханням та впливати на роботу серця.[1]

### 1.3 Оксиди азоту (NO<sub>x</sub>)

Більша частина оксидів азоту утворюється в результаті з'єднання кисню з азотом у полум'ї. Менша частина є результатом горіння сполук азоту в паливі. Природньо NO<sub>x</sub> утворюється в наслідок блискавки і незначною мірою мікробних процесів в ґрунті.

Антропогенні викиди оксидів домінують серед інших викидів за масою. Лише в британції ці викиди становлять близько 2.2 мільйонів тон кожного року. З них половина припадає на транспорт, чверть на електростанції і решта на інші промислові та побутові процеси спалювання.

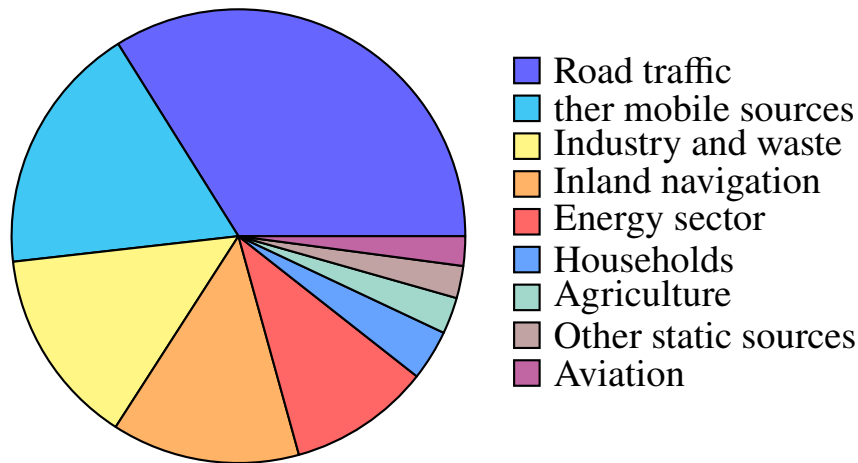


Рис 1.1 Діаграма чинників викидів оксидів азоту за 2022 рік по світу

Основними забруднювачами данного типу є оксид азоту  $\text{NO}$  та меншою мірою діоксид азоту  $\text{NO}_2$ . Протягом дня ці оксиди в атмосфері перетворюються один в одного. Оксид азоту окислюється в атмосфері до  $\text{NO}_2$  за участю озону протягом десятків хвилин, а діоксид розщеплюється під діє ультрафіолетового випромінювання на  $\text{NO}$  та атом оксигену, що утворює озон з киснем. Таким чином ці гази існують у квазірівноважному стані за участі світла. Згодом діоксид азоту окислюється до азотної кислоти, яка швидко поглинається під час контакту з поверхнями, назважаючи на це самі оксиди зникають повільно і можуть подорожувати на великі відстані до розкладу на кислоту або нітрати. Тож забруднення однієї країни спричиняють забруднення і в сусідніх. Найбільша концентрація спостігається в районах великих міст через які проходять автомагістралі з інтенсивним рухом.

Високий рівень діоксиду азоту може спричинити пошкодження дихальних шляхів та підвищити вразливість людини до респіраторних інфекцій і астми. Тривалий вплив може спричинити хронічні захворювання легенів.

#### 1.4 Сірчастий газ ( $\text{SO}_2$ )

Діоксид сірки виділяється при спалюванні палива, що містить сірку, тож основними джерелами даних викидів є виробництво електроенергії, промислове та побутове спалення палива. Міжнародні організації зменшують кількість викидів сірчастого газу за допомогою законів і врегулювань. Також було розроблене обладнання для очищення димових газів від сірки і завдяки йому викиди продовжують зменшуватись, не зважаючи на збільшення

використання вугілля з 2000-них років. Агенством з охорони навколишнього середовища був створений індекс якості повітря відносно сірчистого газу, що дозволяють визначити наскільки небезпечна концентрація викидів для здоров'я людини:

Індекс якості повітря	Частка в повітрі (ppm)
Добрий	0
Задовільний	0,1
Шкідливий для групи ризику	0,2
Шкідливий	1,0
Дуже шкідливий	3.0
Небезпечний	5.0

Таблиця 1.2: Індекс якості повітря відносно SO<sub>2</sub> у ppm (мільйонна частка)

Короткостроковий контакт з викидами може спричинити проблеми з дихальною системою людини. Особливо небезпечними подібні контакти для групи ризику - люди з астмою або діти. Також викиди діоксиду спричиняють формуванню інших оксидів сірки, що в наслідок реакції з іншими компонентами атмосфери можуть перетворитись на тверді частки (PM), що в свою чергу вже мають свої наслідки для здоров'я людини.

Коли сірковий газ реагує з повітрям і водою, утворюється корозійна рідина - сіркова кислота, це одна з головних компонент кислотних дощів, що спричиняють велику шкоду навколишньому середовищу. На додачу сам сірковий газ сповільнює ріст рослин і пошкоджує листя.

При взаємодії сіркового газу з карбоном утворюються сульфатні аерозолі, що збільшують життя хмар сприяючи глобальному потеплінню.

## 1.5 Озон(O<sub>3</sub>)

Озон корисний високо, поганий поблизу. Озоновий шар, який знаходиться високо у верхніх шарах атмосфери, захищає нас від значної частини ультрафіолетового випромінювання Сонця. Проте забруднене озоном повітря на рівні землі, де ми можемо ним дихати, спричиняє серйозні проблеми зі здоров'ям. Озон агресивно атакує легеневу тканину, вступаючи з нею в хімічну реакцію.

Приземний озон утворюється в атмосфері з газів, які викадуються із вихлопних труб, димових труб, фабрик та багатьох інших джерел забруднення. Коли ці гази контактують із сонячним світлом, вони реагують і утворюють озоновий дим. Для утворення озону необхідні оксиди азоту, легкі органічні сполуки та сонячне світло. Утворення оксидів азоту було розглянено в одному з попередніх підрозділів. Легкі органічні сполуки викидаються в повітря з деяких звичайних споживчих товарів, таких як фарба, і коли випаровуються побутові хімікати, такі як розріджувачі фарб і розчинники. Вони також викидаються від автомобілів, хімічних заводів, нафтопереробних заводів, фабрик і автозаправних станцій. За присутності цих газів в правильних умовах утворюється озон і згодом вітер може рознести утворені викиди на великі відстані. Високий рівень озону частіше спостерігається влітку через високі температури і оскільки підвищення рівня даного виду викидів сприяє потеплінню це утворює циклічну залежність.

У Галвестоні, Техас, було проведене дослідження, яке показало, що навіть короточасний вплив озону може погіршити здоров'я дрослих людей. Дослідження показало, що рятувальники мали більшу обструкцію легенів наприкінці дня, коли рівень озону був високий.

Групи ризику для впливу озону:

- вагітні жінки;
- діти;
- люди старші за 65 років;
- люди з астмою або іншими захворюваннями дихальних шляхів;
- Люди з нижчим соціально-економічним статусом;
- люди, які працюють або займаються спортом надворі.

Деякі конраверсійні дослідження показують більший вплив саме на жінок, але на даний момент відсутній остаточний консенсус стосовно цього питання.

## **1.6 Методи вимірювання забруднення**



## **РОЗДІЛ 2 ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ**

### **2.1 Місце та період дослідження**

## БІБЛІОГРАФІЯ

- [1] Dusts | air pollution information system.
- [2] Метеопост - Що таке PM2.5 та PM10. <https://meteopost.com/info/PM/>.