

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

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач випускової кафедри  
\_\_\_\_\_ В.Ф. Фролов  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА  
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 101 «ЕКОЛОГІЯ»

ОПП: «ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

**Тема: «Оцінка аерозольного забруднення атмосферного повітря  
м.Києва»**

Виконавець: студентка групи ЕК-201м Лук'яненко Любов Вікторівна  
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: к.ф.-м.н., доцент кафедри екології Гай Анжела Євгенівна  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу «Охорона праці»: \_\_\_\_\_ Кажан К. І.  
(підпис) (П.І.Б.)

Нормоконтролер: \_\_\_\_\_ Явнюк А. А.  
(підпис) (П.І.Б.)

КИЇВ 2020

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра екології

Напрямок (спеціальність, спеціалізація): спеціальність 101м «Екологія»,

ОПІ «Екологія та охорона навколишнього середовища»

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Фролов В.Ф.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ

### на виконання дипломної роботи

Лук'яненко Любові Вікторівни

1. Тема роботи «Оцінка аерозольного забруднення атмосферного повітря м.Києва» затверджена наказом ректора від «11» жовтня 2019 р. № 2364/ст.

2. Термін виконання роботи: з 14 жовтня 2019 р. по 4 лютого 2020 р.

3. Вихідні дані роботи: літературні джерела, матеріали отримані під час проходження екологічної та переддипломної практик, аналіз літературних даних та законодавчих документів. результати експериментальних досліджень.

4. Зміст пояснювальної записки: вступ, фізико-хімічні властивості аерозолів, вплив аерозолів на зміну клімату, динаміка забруднення аерозолями поблизу ТЕЦ-6 та рекомендації по зменшенню впливу на населення Києва, висновки.

5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: таблиці, рисунки, діаграми.

## 6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Складання літературного огляду по темі	18.10.2019-26.10.2019	
2	Аналіз актуальності теми для дипломної роботи	27.10.2019-15.11.2019	
3	Опрацювання закордонних та вітчизняних літературних джерел	16.11.2019-28.11.2019	
4	Опрацювання матеріалів дипломної роботи (групування, побудова схем, графіків)	29.11.2019-05.12.2019	
5	Обробка і оформлення вихідних матеріалів дипломної роботи	05.12.2020-16.12.2020	
6	Передзахист дипломної роботи (I етап)	17.12.2019	
7	Формування висновків і рекомендацій	18.12.2019-10.01.2020	
8	Оформлення дипломної роботи згідно вимог діючих стандартів	10.01.2020-23.01.2020	
9	Передзахист дипломної роботи (II етап)	24.01.2020	
10	Захист дипломної роботи	04.02.2020	

## 7. Консультація з окремого(мих) розділу(ів):

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Доцент кафедри БЖД, Кажан К.І.		

8. Дата видачі завдання: «11» жовтня 2019 р.

Керівник дипломної роботи (проекту): \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Гай А.Є.  
(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: \_\_\_\_\_  
(підпис випускника)

Лук'яненко Л.В.  
(П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Оцінка аерозольного забруднення атмосферного повітря м.Києва»: 104 с., 34 рис., 9 табл., 54 літературних джерела.

Об'єкт дослідження - процес забруднення аерозолями атмосферного повітря в м.Києві

Предмет дослідження – забруднювальні речовини, аерозольне забруднення, вплив ТЕЦ-6 на стан аерозольного забруднення повітря

Мета роботи – оцінити якість повітря в м.Києві під час роботи ТЕЦ-6, оцінити вплив аерозольного забруднення на стан здоров'я населення та навколишнє середовище.

Методи дослідження – аналіз, синтез, систематизація, узагальнення теоретичних, наукових і дослідних даних, спостереження та вимірювання.

В дипломній роботі визначено та оцінено стан забруднення аерозолями атмосферного повітря в м.Києві, сформульовано висновки та запропоновано рекомендації.

АЕРОЗОЛІ, АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ, ТЕЦ-6, ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ, РМ 2.5, РМ 10.

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....</b>	<b>7</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>8</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АЕРОЗОЛІВ.....</b>	<b>12</b>
1.1. Загальні відомості про аерозольне забруднення.....	12
1.2. Класифікація аерозолів за розміром та властивостями.....	14
1.3. Кількісний розподіл аерозолів в атмосфері.....	17
1.4. Утворення аерозолів природним шляхом.....	21
1.5. Джерела надходження аерозолів в атмосферу.....	23
1.6. Висновки до розділу.....	29
<b>РОЗДІЛ 2. ВПЛИВ АЕРОЗОЛЕЙ НА КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ.....</b>	<b>30</b>
2.1. Вплив аерозолів на екосистему і якість біосфери вцілому.....	30
2.2. Внесок антропогенної діяльності на стан кількості аерозолів в повітрі.....	35
2.3. Оцінка впливу аерозолів на стан здоров'я.....	41
2.4. Загальний аерозольний фон планети та України вцілому.....	47
2.5. Висновки до розділу.....	51
<b>РОЗДІЛ 3. ДИНАМІКА ЗАБРУДНЕННЯ АЕРОЗОЛЯМИ ПОБЛИЗУ ТЕЦ-6 ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ НА НАСЕЛЕННЯ КИЄВА.....</b>	<b>53</b>
3.1. Динаміка забруднення повітря частинкам PM <sub>2.5</sub> та PM <sub>10</sub> .....	53
3.2. Екологічна оцінка впливу роботи ТЕЦ-6 на стан довкілля.....	57
3.3. Методи дослідження аерозольних частинок в атмосфері.....	63
3.4. Оцінка метеорологічної ситуації поблизу ТЕЦ-6.....	65
3.5. Характеристика рельєфу розташування ТЕЦ-6.....	79
3.6. Розрахунки концентрації аерозолів в зоні ТЕЦ-6 та аналіз отриманих результатів.....	81
3.7. Рекомендації для зменшення впливу роботи ТЕЦ-6 на населення Києва.....	84
3.8. Висновки до розділу.....	86

<b>РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....</b>	<b>87</b>
4.1. Перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів.....	87
4.2. Засоби індивідуального захисту від аерозолів .....	91
4.3. Засоби колективного захисту при аваріях в зоні підвищення концентрації аерозолів.....	94
4.4. Захист приміщень від проникнення токсичних аерозолів.....	96
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>99</b>
<b>СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>101</b>

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ**

TSP- тверді суспендовані частки;

PM(ЗЧ)- зважені частки;

ЗКА- загальна кількість аерозолів;

PAN- пероксиацилнітрат;

ТЕЦ-теплова електроцентраль;

ІЗА - індекс забруднення атмосфери;

ГДК<sub>с.д.</sub> – середньодобова гранично допустима концентрація;

ЦГО- центральна геофізична обсерваторія;

Rfc- реферний концентрація;

NAAQS- американський національний стандарт якості атмосферного повітря;

ГДК<sub>м.р.</sub> – максимальноразова гранично допустима концентрація;

ВНО- всесвітня організація охорони здоров'я;

RTECS- реєстр токсичних ефектів хімічних сполук;

ЦМР- цифрова модель рельєфу;

ІСАО- міжнародна організація громадської авіації;

ВМО- Всесвітня метеорологічна організація;

ДЗЗ- дані дистанційного зондування;

ЦКШ- циркулюючий киплячий шар;

ЗІЗОД- засоби індивідуального захисту органів дихання;

НХР- небезпечна хімічна речовина;

K<sub>з</sub>-коефіцієнт захисту;

K<sub>пр</sub>- коефіцієнт проникнення;

ХНО-хімічно небезпечний об'єкт ;

ЦО- цивільна оборона;

СЗЗ- санітарно захисна зона;

ЄН-Європейські норми.

## ВСТУП

*Актуальність проблеми* можливого впливу аерозолей на клімат визвала великий інтерес до цієї проблеми і породила цілу серію досліджень, присвячених приблизним оцінкам впливу аерозолей.

Актуальність теми дослідження обумовлено тим, що наростаюче забруднення атмосфери в багатьох регіонах Землі є однією з найбільш гострих проблем сучасності. У цьому сенсі будь-які вдалі спроби, пов'язані з розробкою ефективних і технологічних методів визначення стандарту чистого повітря, відкривають унікальну можливість проведення постійного моніторингу крупних міст (як свідомо потужних антропогенних джерел забруднення), який дозволить встановити відносні тенденції зміни хімічного і дисперсного складу аерозольних забруднень. Це у край необхідно як для науково обгрунтованої санітарно-гігієнічної оцінки якості середовища проживання людини, так і для планування і розробки стратегії зниження забрудненості повітря в містах.

Однак, відсутність адекватних даних про планетарний аерозоль та його характеристики (концентрація, мікроструктура, форма часток, хімічний склад, оптичні параметри) роблять поки що нездійсненні спроби достатньо надійного опису і прогнозу впливу аерозолію на клімат.

Атмосферне повітря, яке є основним середовищем існування для всього людства та біосфери, належить до класу невичерпних ресурсів, однак істотна антропогенна діяльність негативно впливає на повітряний басейн, тому виникає гостра потреба в охороні навколишнього середовища в цілому.

Атмосфера являє собою повітряну оболонку земної кулі, яка складається із суміші різних газів. Вміст азоту в повітрі — 78,08%, кисню — 20,9, аргону — 0,93, вуглекислого газу — 0,03%. На частку інших газів (неон, гелій, ксенон, радон) припадає приблизно 0,01% [1].

Для нормальної роботи організму найважливішим є надходження якісного та чистого повітря, але людина без продуктів харчування може існувати близько 5



тижнів, без питної води майже 5 днів, а без повітря, всього лиш, 5 хвилин.

Саме, на початку XIX ст. кількість кисню доволі зменшилась, головною причиною є різкий ріст паливно-енергетичного комплексу та розвиток транспортної галузі, яка щодня забруднює повітря вуглекислим газом. Всім відомо, що порушує стабільність вмісту в атмосфері CO<sub>2</sub>, саме активний процес спалювання різних видів палива.

Підраховано, що на спалювання різного виду палива за рік витрачається 23% кисню, що утворюється при фотосинтезі. Відомий приклад, який ілюструє інтенсивність витрати кисню: реактивний лайнер, перелітаючи за 8 годин з Європи в Америку, витрачає його 50—75 т, така кількість кисню виробляється за той же час на території 25—50 тис. га лісу [2].

В основному, саме за рахунок того, що щороку в атмосферу надходить велика кількість окислів азоту, який утворюється саме при спалюванні мінерального палива в теплових двигунах, значно збільшився вміст в атмосфері молекулярного і зв'язного азоту, а також значимо збільшився вміст окислів азотів при денітрифікації хімічних добрив в ґрунтах. Для країн з розвинутою промисловою складовою середня кількість окислів азотів складає близько 50 млн. тонн.

На даний момент, спостерігається максимальне «запилення» повітряного середовища — збагачення його аерозолями. За останні майже 30 років запиленість атмосфери зросла майже в десять разів, саме за рахунок дисперсних забруднювачів, в ході антропогенної діяльності. Маса аерозолів, яка надходить протягом року в атмосферу, саме внаслідок діяльності людини, становить від 1 до 6 млн. т, що в середньому дорівнює близько 10—20% загальної кількості аерозольних часток, які власне потрапляють у атмосферу. Основними джерелами забруднення атмосфери аерозолем — газопилові викиди промислових підприємств та вихлопні гази від роботи автомобілів. До складу аерозолу входять сполуки азоту, сульфати, свинець, цинк, миш'як, ртуть, фтор, мідь, молібден, марганець [3].

Особливої уваги варто приділяти радіоактивним речовинам, які надходять в атмосферу саме з димовими газами теплових електростанцій, при газопилових викидах деяких великих виробництв, при надзвичайних аварійних випадках, на

атомних електростанціях, експериментах з ядерною зброєю.

Як відомо, радіоактивні речовини повертаються на Землю саме з атмосферними опадами, а атмосфері вони живуть аж протягом 3-9 років, у тропосфері всього лиш декілька місяців.

В залежності від маси викидів забруднювачів у атмосферу, їх фізико-хімічних властивостей, повторюваності викидів, метеорологічних умов та рельєфу місцевості, залежать масштаби та локальність забруднення повітряного середовищами газоподібними продуктами та аерозолями. Забруднювачі у повітряному середовищі розподіляються саме так: над промисловими районами найбільша концентрація — 87%, над містами — 12,9%, над сільською місцевістю і над океанами найменша концентрація — 0,1%.

Головними джерелами надходження  $\text{CO}_2$  в атмосферу протягом року є: природні процеси 70 млрд. т; спалювання твердого, рідкого і газоподібного палива 15 млрд. т, внаслідок чого саме його вміст в атмосфері досить інтенсивно зростає. Встановлено, що саме за 100 років вміст  $\text{CO}_2$  в атмосферному повітрі значно зріс від 0,027 до 0,032%; а за 10 наступних років концентрація  $\text{CO}_2$  збільшилася приблизно до 0,033% і нині перевищує 0,034%, стрімко зростаючи на 2—4 десятитисячних відсотки за рік. У ХХІ ст. можна очікувати значне збільшення надходження  $\text{CO}_2$  в атмосферу, а саме на 80% [4].

Також варто звернути увагу на забруднення атмосферного повітря фреонами, які можуть нести серйозні наслідки, в середньому саме від викидів і випаровувань в атмосферу надходить приблизно 0,8 млн т фреонів, доведено, що їх вміст у атмосфері збільшилась майже на 10%, саме через збільшення його концентрації починає руйнуватись озоновий шар і тоді вже проблема набуває глобального значення. Вирахувано, що якщо інтенсивність надходження фреонів в атмосферу буде інтенсивно рости, то вже в наступному столітті концентрація озонового шару знизиться приблизно на 10%, відповідно збільшиться шкідлива дія ультрафіолетового випромінювання на живий світ [5].

Важливим аспектом в забруднені атмосфери є збільшення запиленості повітря, однією причиною з яких є масове танення вікових льодовиків та снігів, які

століттями збирали на собі осідаючий пил, який знижує здатність снігів відбивати сонячну радіацію.

За рахунок, стрімкого розвитку антропогенної діяльності, місця де зосередженні великі концентрації забруднюючих речовин, утворюються вогнища надзвичайно забрудненого повітря, це максимально негативно впливає на природне середовище та продуктивність сільськогосподарських культур в цілому.

**Наукова новизна.** Наука про аерозолі надзвичайно важлива, хоч багато хто вважає, що вона не відіграє вагомої ролі в природі. Аерозолі можуть впливати на всі спектри життя людини, а саме на здоров'я та самопочуття в цілому, так і несуть внесок в зміну в клімат, як на локальному так і на глобальному рівнях.

Основними джерелами вогнищових забруднень атмосфери є газопилові викиди підприємств хімічної, металургійної й машинобудівної промисловостей, теплових електростанцій і транспортних засобів [6].

**Практичне значення.** Важливим є вивчення аерозолей, зокрема:

- 1) як фактора забрудненості атмосфери;
- 2) як фактора, що впливає на радіаційні та енергетичні процеси в атмосфері;
- 3) як фактора, що впливає на стан здоров'я людини;
- 4) вплив аерозолію на електричні властивості атмосфери.

# РОЗДІЛ 1

## ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АЕРОЗОЛІВ

### 1.1. Загальні відомості про аерозольне забруднення

Останнім часом серед світової спільноти на перший план постає проблема збереження якісного навколишнього середовища, одним з найбільш забруднених його складових є атмосферне повітря.

Зміна якісного стану довкілля визначається впливом на нього різних природних та антропогенних чинників, а також присутності аерозолей різного походження. Такі впливи, як короточасні, так і довгострокові, дуже різні за результатами та шкідливими наслідками для екосистем. Тому оцінка екологічного збитку залежить від наявності у атмосферному повітрі забруднювальних речовин, в тому числі аерозолей. Враховуючи той факт, що аерозолі впливають на стан екосистем, кількість сонячної радіації, стан здоров'я людини, на біоту тощо, необхідні знання про джерела надходження аерозолей, склад і розмір часток, характер розповсюдження їх у просторі у вваженому стані, протікання фізико-хімічних процесів їх утворення та трансформації у повітрі.

Колообіги аерозолей тісно пов'язані із особливостями гідрологічних процесів у атмосфері внаслідок суттєвої взаємодії аерозолей та різних метеорологічних явищ та процесів. Так, наприклад, переноси атмосферних мас та опади відіграють важливу роль у накопиченні, трансформації та видаленні аерозолей із атмосферного повітря. З іншого боку, наявність аерозолей впливає на мікрофізичні процеси у метеорологічних явищах, і як наслідок, на процеси теплообміну та масообміну у атмосфері.

Можна сказати, що обґрунтовані побоювання щодо збільшення кількості аерозолей антропогенного походження, які можуть суттєво впливати на зміну радіаційного балансу Землі та значно впливати на гідрологічні цикли у атмосфері і як наслідок призвести до так званої моделі «ядерної зими».

Враховуючи, що просторово-часові зміни характеристик аерозолей дуже сильні, тому такий фактор ускладнює виділення антропогенної компоненти. На сьогодні дуже актуальною проблемою постає визначення та дослідження мінливості атмосферних аерозолей. Роль атмосферних аерозолей в аспектах глобальних змін клімату дуже різна, і не обмежується лише ефектом похолодання (такий ефект найбільш чітко проявляється у верхніх шарах атмосфери). Суттєво вплив природних аерозолей проявляється у стратосфері, зазвичай утворюються в результаті виверження вулканів, у вигляді потужних та довгострокових змін радіаційного режиму, що призводить до кліматичних змін [6].

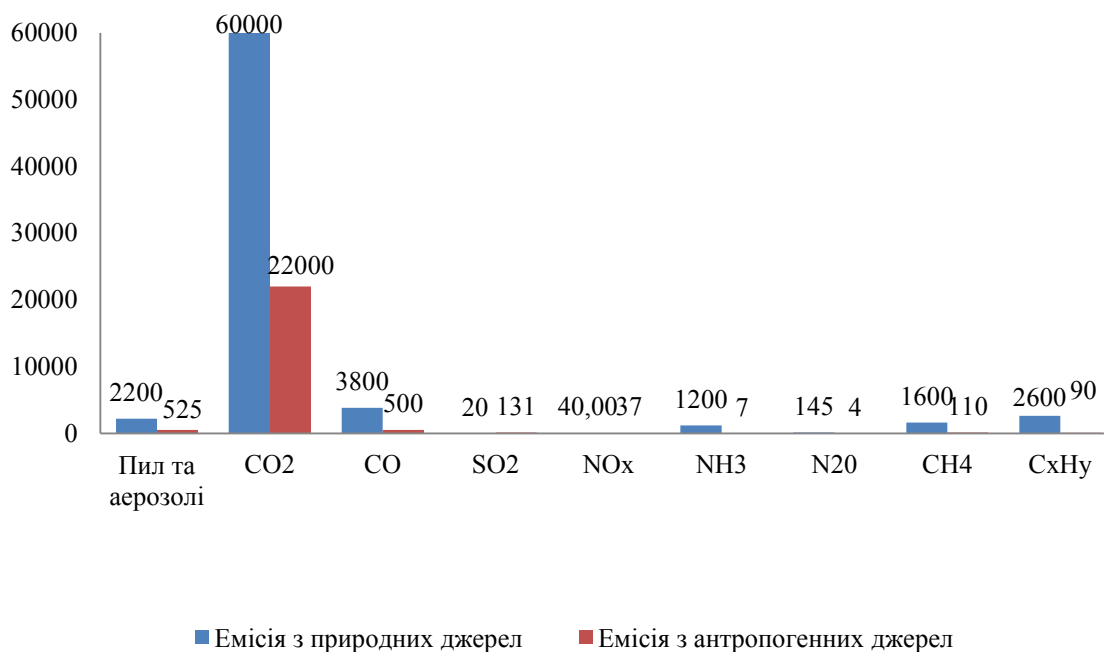


Рис. 1.1. Надходження найважливіших забруднювачів з природних та антропогенних джерел на територію України (млн.т/рік)

Вирізняють вторинне забруднення атмосферного повітря, суть якого полягає в тому, що забруднювальні речовини багаторазово потрапляють у атмосферу із підстильної поверхні адсорбовані на поверхні пилових часток. Такі речовини дуже часто відрізняються за складом та властивостями від початкового стану, а також значна частина аерозолів утворюється при взаємодії між собою та атмосферою вологою. Така ситуація ускладнює розрахунки екологічних збитків та оцінки впливу

на атмосферне повітря забруднювальних речовин.

Таким чином, можна відмітити, що відбувається «запилення» атмосфери та збагачення його аерозолями різного походження. За результати дослідження науковців спостерігається неупинне зростання забруднення атмосфери саме дисперсними сполуками. За оцінками фахівців, у повітряне середовище надходить від одного млн.т до шести млн.т антропогенних аерозолей (10-20% від загальної кількості аерозолей різного походження).

## **1.2. Класифікація аерозолів за розміром та властивостями**

Аерозолі представляють дисперсну систему, в якій дисперсійним (суцільним) середовищем виступає газова компонента, наприклад, повітря, а дисперсним середовищем - тверді або рідкі частинки. Більш дрібні частинки - сувимірні із розмірами молекул, а частинки великих розмірів - знаходяться в діапазоні від 100мкм до 200 мкм і можуть перебувати тривалий час у зваженому стані.

Аерозолі - це тверді чи рідкі частки, що знаходяться у зваженому стані в повітрі. Значна частина аерозолів утворюється в атмосфері при взаємодії твердих і рідких часток між собою чи з водяною парою.

Існує два способи утворення аерозолей: конденсаційний та дисперсний. Різниця полягає в тому, що конденсаційні аерозолі утворюються в результаті об'ємної конденсації насиченого пару та газових реакцій, як наслідок утворення нелетких сполук, наприклад, сажа. А дисперсійні аерозолі утворюються під час процесів подрібнення та розпилення твердих та нетвердих тіл та при переході порошкоподібних речовин у зважений стан. Такі переходи відбуваються під дією висхідних потоків.

У більшості випадків у атмосферному повітрі промислових центрів та мегаполісів фіксуються аерозолі з включеннями дисперсійних часток (пил) так і конденсаційних часток (зола, сажа, крапельки вологи тощо). Такі аерозолі за своїми властивостями не можна віднести ні до одного типу з існуючих класифікацій. Тому для них запропоновано особливу назву – смог.

Отже, можна сказати, що аерозолі представляють собою різномірну суміш органічних та неорганічних сполук, які відмінні за генезисом і знаходяться у повітряному середовищі у зваженому стані.

Аерозолі природного походження утворюються шляхом процесів конденсації та сублімації атмосферної вологи та наявності у атмосфері значної кількості пилу, продуктів горіння лісових масивів, вивітрювання гірських порід, випаровування з акваторій морів та океанів тощо.

Джерелами антропогенних аерозолей є викиди промислових підприємств, викиди транспорту, кар'єри та відвали ТЕЦ, видобування та використання будівельних матеріалів, перевезення сипучих речовин, спалювання відходів, вибухові роботи тощо.

Для вивчення і дослідження впливу аерозолей на екосистеми і людину, використовують такі властивості, як густина пилу, дисперсність часток (визначається важлива характеристика – швидкість осідання часток, яка залежить від розміру часток і різниться для промислового пилу і часток природного походження), визначається здатність часток до злипання (або адгезійна здатність), абразивність часток, змочуваність часток (гідрофільні, гідрофобні, абсолютно гідрофобні). Однією із важливих властивостей часток аерозолів є здатність вбирати вологу, що залежить від хімічного складу, нерівностей поверхні часток, їх розмірів і форми, називається гігроскопічність.

Електрична провідність залежить від структури шару пилу аерозолей та характеристик газового потоку і оцінюється за питомим електричним опором аерозольного пилу. Може бути низькоомною, середньоомною та високоомною і характеризує процеси осідання, розрядження часток та процес утворення ізолюючого шару.

Електрична зарядженість аерозольних часток залежить від фізико-хімічних властивостей, джерел утворення та від різних властивостей сполук, з якими ці частки контактують. Саме показник електричної зарядженості має значний вплив на вибухонебезпечні властивості часток та на їх адгезійні властивості.

Дуже важливе значення у аспектах екологічної безпеки є здатність

аерозольних часток до утворення вибухонебезпечних сумішей та процесів самоспалаху. Особливо небезпечним є промислові аерозолі, які утворюються при виробництві та переробці великої кількості речовин, наприклад, пластмас, штучних волокон, побутової хімії тощо.

Дуже часто при дослідженнях аерозолів використовують їх аеродинамічні властивості. Ці властивості є визначальним під час процесів перенесення часток, їх осідання та можливість видалення із повітряного середовища. Аерозольні частки характеризуються великою швидкістю переміщення часток у просторі (від 5 см/с до 30 см/с) на незначною швидкістю осідання часток – до 0,01 см/с.

Такі аеродинамічні властивості аерозольних часток зазвичай зручно виражати через аеродинамічні діаметри аерозолів [8]:

- TSP – сума всіх аерозольних часток, що одночасно знаходяться у атмосферному повітрі або у приміщеннях і можуть бути у вигляді суспендованих твердих часток та у зваженому стані;
- ЗЧ<sub>10</sub> – органічні та неорганічні тверді суспендовані мікрочастинки з аеродинамічним діаметром менше 10 мкм;
- ЗЧ<sub>2.5</sub> - органічні та неорганічні тверді суспендовані мікрочастинки з аеродинамічним діаметром менше 2,5 мкм;
- груба фракція - органічні та неорганічні тверді суспендовані мікрочастинки з аеродинамічним діаметром менше 10 мкм та більше ніж 2,5 мкм;
- найдрібніші частки - органічні та неорганічні тверді суспендовані мікрочастинки з аеродинамічним діаметром менше ніж 0,1 мкм;

Верхня межа розмірів аерозольних часток визначається через можливість їх тривалого існування в атмосфері і оцінюється через показники швидкості осідання [9].

Форма часток аерозолей та їх фазовий стан зумовлений через механізми їх утворення.

Так, для рідких часток аерозолей характерна сферична форма, а твердим часткам зазвичай притаманна неправильна форма.

Можна спостерігати, що форма рідких аерозольних частинок туманів



формується у вигляді невеличких кульок, тобто мають сферичну форму. А форма твердих аерозольних часток характеризується дуже різними геометричними і неправильними формами, наприклад, тверді частки можуть приймати вигляд зірочок, набору пластинок, острогольчату тощо. Для аерозолів характерна агрегатна нестабільність, тобто вони непостійні у просторово-часовому вимірі, можуть переходити із одного агрегатного стану в інший.

Для грубодисперсних систем, які кінетично нестійкі, характерне швидке осідання аерозольних часток, тому зони відносної стійкості таких аерозолів встановлюються в межах значень:  $10^{-7} - 10^{-4}$  м [10].

### **1.3. Кількісний розподіл аерозолів в атмосфері**

Останнім часом спостерігається тенденція швидкого зростання вмісту аерозолей в усіх шарах атмосфери: тонкодисперсних фракцій в середніх і верхніх шарах атмосфери, а аерозолей органічного походження та утворених вторинних аерозолей – в нижніх шарах атмосфери. Сумарні ефекти від одночасної присутності різних типів аерозолей помітно відрізняються від суми ефектів окремих типів аерозольних часток. Деяка невизначеність та складність в оцінці впливу атмосферних аерозолей на екологічний стан навколишнього середовища, його зміни, виникають в результаті недостатньої інформації про просторово-часові зміни концентрації аерозолей різних типів на локальному, регіональному та глобальному рівнях.

Як відомо, до складу атмосферного повітря входять постійні та змінні компоненти. Саме змінні компоненти, до складу яких і входять аерозолі, негативно впливають на якість атмосферного повітря.

Найбільш небезпечними, з точки зору впливу на біоту, екосистеми і людину, є:

- пи́л органічного та неорганічного походження;
- викиди від енергетичних установок у вигляді диму, сажі, попелу тощо;
- продукти згоряння від пожеж, особливо від лісових пожеж, які останнім часом часто виникають та охоплюють значні території лісових масивів, тяжко

піддаються гасінню, тому відбуваються протягом дуже довгого часу;

- речовини, які утворилися в результаті прояву різних природних процесів, наприклад, виверження вулканів, пилові бурі тощо;

- аерозольні частки, які утворилися в результаті процесів конденсації та сублімації у атмосферних шарах;

- органічні речовини, мікроорганізми, спори грибів, рослинний пилок тощо;

- космічний пил та матеріали, що потрапляють у атмосферу щорічно порядку 1 млн.т.

Найбільш небезпечним на сучасному етапі є потрапляння у атмосферне повітря радіоактивних речовин антропогенного походження, які утворюються в результаті використання ядерних матеріалів, при розробці уранових родовищ, збагаченні і переробці уранової руди, аваріях на об'єктах атомної енергетики, при використанні джерел іонізуючого випромінювання тощо. Приблизно 95% часток радіоактивних аерозолей мають розміри, радіуси яких менші ніж 5 мкм і лише незначний відсоток складають частки з більшими розмірами. Очищення атмосферного повітря від таких речовин відбувається, в основному, за рахунок протікання природних метеорологічних процесів, наприклад, такі частки приєднуються до водяних крапель, сніжинок, туману і видаляються з атмосферного повітря [11]. Найбільше таких аерозольних часток міститься у нижніх шарах атмосфери тому, що джерелом їх утворення є земна поверхня планети.

Надзвичайно гостро постає проблема щодо якості повітря у великих містах і мегаполісах. Звичною картиною вже є утворення смогів різного походження, що спонукає мешканців великих міст користуватися захисними масками. Окрім присутності шкідливих газів у значних концентраціях ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  тощо), фіксується десятки тисяч аерозольних часток на кожний кубічний метр, що на рік складає сотні тонн атмосферних аерозолів на 1 кв.км площі міст. На жаль тенденція щодо збільшення кількості потрапляння аерозольних часток з атмосфери тільки збільшується.

Для сільської місцевості і невеличких районних центрів кількість аерозольних домішок у приземному шарі повітря населених пунктів вираховується кількостями у

тисячах в кубічному сантиметрі, а над океанічними акваторіям лише тільки сотнями, а це нам показує наскільки забруднені великі міста, мегаполіси та промислово напружені райони.

Якщо розглянути аерозольний градієнт, то з висотою кількість аерозольних часток зменшується: на висотах 5-10 км їх усього десятки на кубічний сантиметр.

Отже, якщо представити атмосферу у розрізі, то над кожним квадратним сантиметром від земної поверхні міститься 108-109 аерозольних часток, загальною масою понад 108 т.

Фізико-хімічні властивості атмосфери є нестабільними, постійно змінюються і залежать від концентрації різних забруднювальних речовин, в тому числі і атмосферних аерозолей, їх масової кількості. Наявність таких речовин і сполук призводить до різних небезпечних змін у атмосфері, наприклад, змінюється прозорість атмосфери, що призводить до порушень процесів розсіювання і трансформації сонячної радіації, яка є основним фактором для фотосинтеза, можуть проявлятися різні оптичні явища тощо.

Завдяки переносу повітряних мас, аерозольні частки швидко переносяться у просторі. Внаслідок виникнення піщаних бур, характерних для південних районів, особливо пустель, зареєстровано випадіння піщаного пилу в районах Південної та Середньої Європи.

Продукти згоряння, внаслідок пожеж лісових масивів на території Канади, в результаті переносу повітряних мас в тропосфері у високих концентраціях потрапляли через Атлантичний океан до районів Європи.

Через потужні вулканічні виверження, вивержений вулканічний матеріал (попіл, газові компоненти тощо) потрапляв у високі шари атмосфери і розповсюджувався на великі відстані. В результаті таких проявів атмосфера забруднювалася шкідливими речовинами, причому в глобальному масштабі [12].

Зміна фізико-хімічного складу атмосфери проявлялася протягом тривалого часу, викликаючи необоротні зміни в екосистемах.

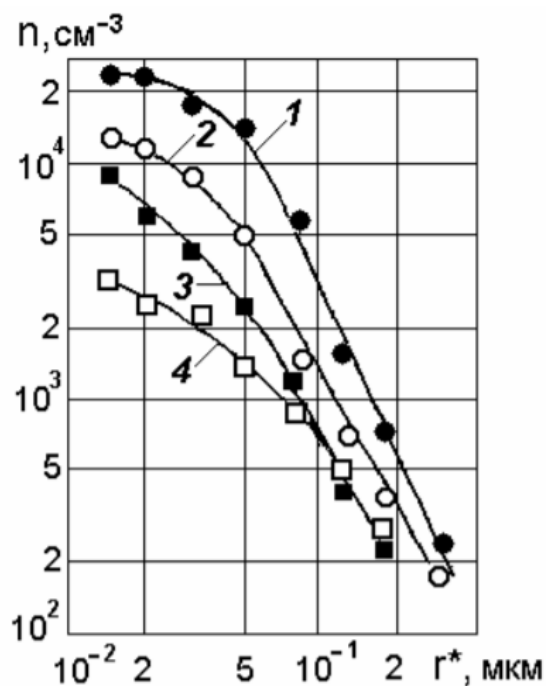


Рис. 1.2. Залежність концентрації і спектра розмірів атмосферного аерозолію від метеорологічних умов: 1 – задимлене повітря, 2 – помірна хмарність, 3 – дощова погода, 4 – туман

Залежність 1 на графіку відповідає випадку, коли у повітрі за відсутності вітру концентрувався дим в результаті спалювання листя. Залежність 2 характеризує отримані результати звичайного осіннього дня з помірною хмарністю, залежність 3 – вимірювання проходили в умовах дощової погоди, залежність 4 показує результати досліджень в умовах ранкового туману [13].

Отже, за результатами спостережень у різні години доби і в різних метеорологічних умовах, акцентуємо увагу на те, що за наявності газової складової (дим від спалювання листя) збільшується концентрація аерозольних часток. Завдяки утворенню туманів і дощу, значно знижується концентрація атмосферного аерозолію, причому, формування туману особливо впливає на високодисперсні фракції аерозолів.

#### 1.4. Утворення аерозолів природним шляхом

Утворення аерозолів природним шляхом відбувається дуже різноманітними методами, але в результаті протікання і прояву хімічних процесів утворюються тверді або рідкі часточки аерозолію з невеликою дисперсністю пари.

Аерозолі, які утворюються в результаті конденсації насиченої атмосферної вологи або в результаті фізико-хімічних процесів, формують тонкодисперсні і відносно однорідні за ступенем дисперсності фракції аерозолів. Це всім відомий метод конденсації [14].

Атмосферні аерозолі у природному середовищі також можуть утворюватися диспергуванням твердих речовин/сполук при шахтних обвалах, виверженні вулканів, вивітрюванні та вітрової і водної ерозії ґрунтів.

Отже, доцільно акцентувати, що атмосферні аерозолі утворюються завдяки наявності двох методів, а саме це – конденсація і диспергування.

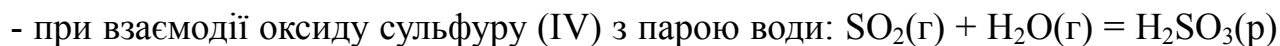
При використанні метода конденсації, атмосферні аерозолі утворюються при конденсації перенасиченої пари, яку отримують під час охолодження будь-якої системи, або як продукт, що отриманий внаслідок протікання хімічної реакції. Тому, розрізняють і фізичну конденсацію, і хімічну (хемоконденсацію).

Конденсаційні процеси можуть відбуватися без обміну тепла з навколишнім середовищем (наприклад, адіабатичним розширенням газу). В такому випадку утворюються хмари як наслідок підйому теплих мас атмосферного повітря у високі шари атмосфери.

Якщо розглядати фізичний процес утворення аерозолію, то фізична конденсація відбувається при взаємодії з охолодженою поверхнею, або при змішуванні з охолодженими газовими компонентами. Таке явище характерне при утворенні різного типу туманів.

Утворення атмосферних аерозолів хімічним шляхом характеризується ще більшими діапазонами, наприклад, під час згоряння палива внаслідок окиснення виникають димові гази, що містять речовини з незначним тиском пари і при змішуванні з холодним повітрям, конденсуються і утворюють топковий дим [15].

Димний аерозоль утворюється також при взаємодії газоподібного амоніаку з хлороводнем:



та під час перебігу інших реакцій [16].

Методи конденсації.

Можна сказати, що процеси утворення конденсаційних атмосферних аерозолей дуже поширені в природному середовищі, відбуваються постійно, а при значних концентраціях забруднювальних речовин формуються штучним шляхом.

Методи диспергування.

Для диспергаційних аерозолей характерні більші за розмірами частинки і менш однорідні за ступенем дисперсності. Такі частинки утворюються в результаті механічного дроблення, розпилення твердих речовин та матеріалів, тертям твердих тіл, промислових та стихійних вибухах тощо.

Вирізняють найпоширеніші методи отримання атмосферних аерозолів з рідкою дисперсною фазою [17]:

- пневморозпилення: рідина під тиском подається у форсунку, де вона підхоплюється висхідним високошвидкісним потоком газу, що подрібнює струмінь рідини на окремі потоки, а ті в свою чергу диспергуються на окремі краплинки;

- розпилення рідин стисненим повітрям проводиться за участі аерозольних балончиків та розпушувачів (пульверизаторів) за необхідністю різних структурних конструкцій і використовується для отримання косметично-парфумних аерозолей, лікарських препаратів у вигляді аерозолей (наприклад, для інгаляцій), інсектицидів для боротьби з небажаними комахами як у побуті, так і у сільському господарстві тощо;

- ультразвукове розпилення (джерело ультразвуку занурюють у резервуар з рідиною), яке дає змогу отримати аерозолі з високою концентрацією дисперсної фази і розміром краплинок  $(2^{-5}) \cdot 10^{-6}$  м для використання при розпиленні лікарських препаратів;

- електродинамічне розпилення (до металевого капіляра з невеликим діаметром при умові, що гідростатичний тиск урівноважується силами поверхневого натягу (тобто, рідина не протікає крізь нього) прикладається висока напруга (20-30 кВ), то з кінця капіляра отримуємо найдрібніші монодисперсні заряджені краплинки, кожна з яких має радіус менший за  $1 \times 10^{-6}$  м і несе до 1000 елементарних зарядів), як один із інноваційних методів для отримання рідких аерозолів, який дає можливість утворювати найдрібніші та високо заряджені і однакового заряду (уніполярні) краплинки;

- механічне розпилення рідин здійснюють в промислових цілях за допомогою механічних насадок та дисків, швидкість обертання яких є дуже високою [18].

Але можемо спостерігати, коли атмосферні аерозолі утворюються в результаті накладання двох процесів – диспергаційних та конденсаційних.

Як приклад, можна розглянути наступний процес: якщо на тонку дротинку подати електричний розряд від конденсатора, то вона вибухне яскравим спалахом, в результаті чого одна частка речовини буде випаровуватися з проявом конденсації, інша - буде диспергована вибухом. Тому, аерозолі, що утворюються за таких умов, складаються з двох фракцій: більша фракція дисперговано – конденсаційна, а менша фракція подрібнено – диспергаційна [19].

### **1.5. Джерела надходження аерозолей в атмосферу**

Як зазначалося вище, за умовами формування прийнято вирізняти первинні та вторинні аерозолі.

Первинні аерозолі потрапляють у атмосферне повітря в результаті різних природних процесів, наприклад, вітрова і водна ерозія ґрунтів, та в результаті діяльності людини – спалювання викопного палива в енергетичних установках.

Причиною утворення вторинних аерозолів є результати хімічних реакцій газоподібних речовин у атмосфері, наприклад, з двооксиду сірки, який утворюється в результаті спалювання палива, утворюються сульфатні аерозолі.

Надходження аерозолів у атмосферу може спричинюватися як природними,

так і антропогенними чинниками.

До атмосфери також можуть потрапляти різноманітні аерозолі органічного походження, наприклад, пилок рослин, спори грибів, бактерії, продукти життєдіяльності тварин, віруси тощо.

Антропогенні і природні аерозолі дуже важко розрізнити між собою, але слід зазначити, що у антропогенному аерозолі за вмістом переважають дрібні сульфатні включення та сажа, а в аерозолях природного походження – більш грубіші частки природного пилу та морської солі. Так як у атмосферному повітрі зазвичай присутні аерозолі різного походження, то чітко їх вирізнити можна лише за допомогою спеціальної апаратури.

Але для формування атмосферних процесів і прояву метеорологічних явищ та для розуміння глобальних кліматичних змін, важливо дослідження про вплив аерозолів природного і антропогенного походження.

Джерелами аерозолів антропогенного походження є:

- газові викиди промислових підприємств, електростанцій та систем опалення тощо;
- пил, що утворюється при добуванні, транспортуванні та переробці корисних копалин;
- аерозольні частки у викидах вантажного, автомобільного та залізничного транспорту;
- пил, що утворюється при механічній обробці матеріалів, шліфуванні поверхні матеріалів, подрібненні, пакуванні, перевезенні подрібнених матеріалів тощо;
- пил, який через вентиляційні системи із робочої зони потрапляє у атмосферне повітря тощо.

Властивості аерозолів залежать від розмірів частинок. Так, колоїднодисперсні аерозолі (з розмірами частинок менше  $10^{-7}$  м) седиментаційно (кінетично) достатньо стійкі, тому що швидкість протікання процесу дифузії перешкоджає їх осіданню.

Тоді як аерозолі з більшими розмірами частинок відносять до мікрогетерогенних систем, вони седиментаційно нестійкі і мають високу швидкість



осідання на поверхню.

В хмарах, де присутні аерозолі великих об'ємів, відбувається стратифікація частинок з висотою: важкі і більші за розмірами частки концентруються в нижній частині, а дрібніші в нижних шарах.

Для створення штучного дощу, що особливо важливо для посушливих районів, важливі умови для утворення рідкої та твердої фази аерозолів [20].

Отже, аерозолі є одними із забруднювальними компонентами атмосферного повітря. Обсяги надходження пилу та аерозолів до нижніх шарів атмосфери (тропосфери) оцінюються в 990-2700 млн.т/рік, при цьому понад 80% цього обсягу в результаті протікання природних процесів, з яких 22% припадає на процеси вітрової та водної ерозії ґрунтів (наприклад, щорічний пиловий винос з пустелі Сахара досягає 100-200 млн.т ).

### Природні джерела

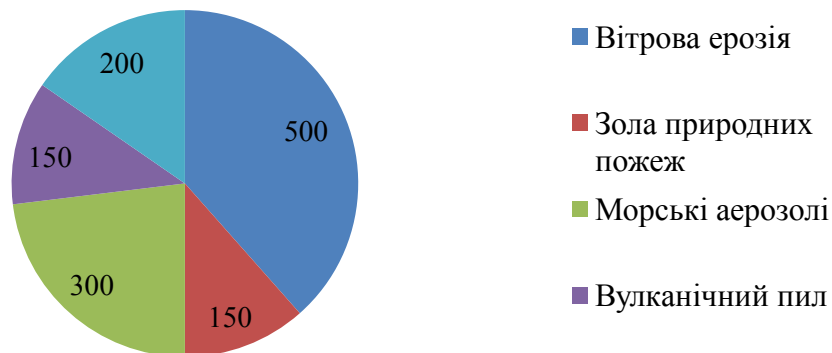


Рис. 1.3. Обсяги надходження аерозолів від природних джерел до атмосфери Землі протягом року, млн. т/рік

### Антропогенні джерела

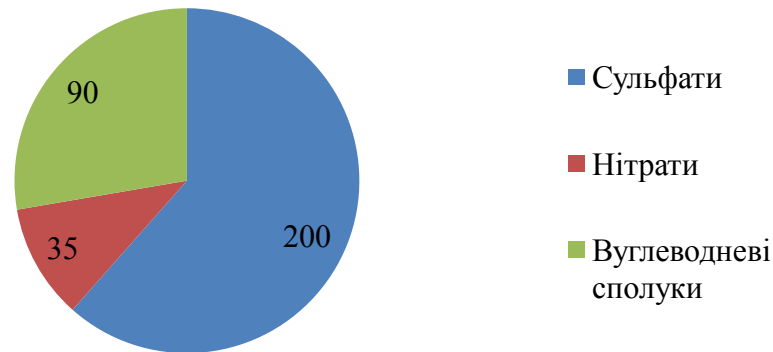


Рис. 1.4. Обсяги надходження аерозолів від антропогенних джерел до атмосфери Землі протягом року, млн. т/рік

*Природні джерела* аерозолів у більшості випадків призводять до зміни якості навколишнього середовища в результаті таких чинників:

- вітрова ерозія ґрунтів;
- виверження вулканів;
- потрапляння рослинного пилку, насіння рослин, спорів грибів, бактерій, продуктів життєдіяльності тварин тощо;
- випаровування з водних акваторій, особливо, з морських;
- продукти горіння, в результаті природних пожеж;
- потрапляння космічного матеріалу у атмосферу.

Обсяги потрапляння забруднювальних речовин від таких джерел оцінюються мільярдами тон речовини щорічно, тільки надходження космічного пилу складає 22 тис. т/рік. Слід сказати, що вплив від природних джерел забруднень, поряд з постійною дією, має також і періодичний характер, що може значно у певні моменти підсилювати забруднювальний ефект [21].

*Вплив від антропогенних джерел* за обсягами та масштабами забруднення атмосферного повітря значно поступається природним. Але, на локальному рівні саме антропогенний вплив може призводити до значного зниження якості навколишнього середовища і погіршення умов проживання людини.

До основних джерел антропогенного походження є сумарні викиди первинних речовин і органічних та неорганічних сполук у вигляді твердих суспендованих часток (мікрочастинки та волокна):

- згоряння викопного палива на стаціонарних енергетичних установках (40-55 %);
- технологічні процеси в промисловості, в результаті яких через вентиляційні системи надходять шкідливі речовини у атмосферне повітря (15-30 %);
- викиди від різного типу транспорту (10-25 %) [21].

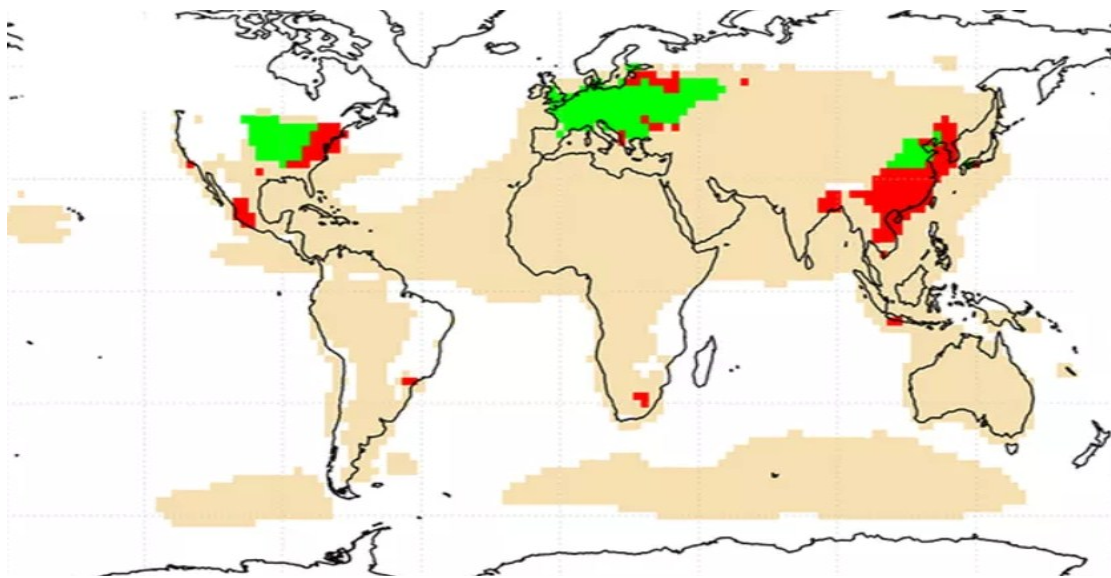


Рис. 1.5. Просторовий розподіл природних чинників (коричневий) утворення пилу та аерозолів, індустриальних (червоний) та сільськогосподарських (зелений) антропогенних джерел

Джерелом зважених часток великого та середнього діаметру є деструкція твердих часток ще більшого діаметру. Ці частки можуть включати в себе пил, який утворюється в результаті згоряння твердих видів палива, діяльності гірничодобувних, будівельних та металургійних підприємств, процесів експлуатації дорожньо-транспортного комплексу, агротехнічної обробки ґрунту тощо.

Компоненти в складі ЗЧ та їх джерела [22]

Компоненти	Джерела/утворення
Аніони: сульфат, нітрат, аміак	Всі основні джерела сірки діоксидів та оксидів азоту: опалення в домах, вироблення енергії, металургійне виробництво, транспорт, сільськогосподарська діяльність (вторинні частки виникають під час хімічних реакцій при переносі повітрям)
Елементарний вуглець	Так званий чорний дим (сажа) утворюється при спалюванні вугілля, нафти, природного газу, біомаси
Органічний вуглець	Міститься у вихлопах автотранспорту та джерел згорання палива, а також продукт окислення летких органічних сполук
Важкі метали: свинець, кадмій, ртуть, нікель, хром, цинк, марганець	Виникають під час металургійних процесів (виробництво сталі), в результаті процесів механічного стирання
Мінерали: алюміній, кремній, залізо, кальцій	Мінерали земної кори (тверда порода, ґрунт), виникають при роботі кар'єрів, будівництві, з пилом, що переноситься вітром
Органічні сполуки	Утворюються в процесі згорання палива, русі автотранспорту. Джерелом можуть бути рослини: хвойні породи дерев, тощо.
Вода	Деякі водорозчинні компоненти (сульфати та нітрати амонію, хлорид натрію) поглинають воду з повітря.
Хлорид натрію	Морська сіль

Слід зауважити, що вторинні аерозольні частки утворюються в повітрі у результаті протікання хімічних реакцій, наприклад, діоксид сірки у повітрі трансформується на сірчану кислоту; діоксид азоту – на азотну кислоту, яка може вступати в реакцію з аміаком з подальшим формуванням нітрату амонію [23].

Саме основу найдрібніших аерозольних часток у атмосферному повітрі і складають вторинні сульфати та нітрати. Спалювання викопних видів палива та різних типів бензинів, може призводити до утворення більших за розмірами зважених аерозольних часток (наприклад, зола) та дрібніших аерозольних часток в результаті протікання процесів конденсації речовин, випаровування та реакцій окислення сірки та азоту тощо.

## **1.6. Висновки до розділу**

1. Отже, аерозолі впливають на клімат як у місцевому, так і в глобальному масштабі, а отже і на життя людини. В атмосфері міститься велика кількість аерозолів, при цьому існує їх постійна циркуляція.

2. Важливим впливом аерозолів є властивість конденсувати воду. Проте, вони можуть викликати зміну клімату, тому вивчення аерозолів та їх впливу на навколишнє середовище має велике значення.

3. Аерозолем називається дисперсна система, яка складається з газоподібного дисперсійного середовища й твердої або рідкої дисперсної фази. За походженням аерозолі поділяються на аерозолі природного та антропогенного походження. Атмосферні аерозолі поділяють також на тропосферні (до 10 км) та стратосферні (від 10 до 50 км). В стані спокою часточки аерозолу підтримуються гравітаційним полем завдяки їх власному тепловому руху.

4. На атмосферні аерозолі діють горизонтальні і вертикальні потоки повітря. Горизонтальні потоки повітря пов'язані з циркуляцією атмосфери, переміщенням баричних утворень (циклонів антициклонів) і є наслідком нерівномірного прогріву атмосфери, а вертикальні потоки пов'язані з турбулентністю в атмосфері.

5. Прозорість атмосфери, що обмежує доступ сонячної радіації до земної поверхні, і таким чином визначає клімат планети, залежить від вмісту аерозолів в повітрі. Аерозолі атмосферного походження становлять більше 20 % від загальної кількості аерозолів. Вони забруднюють атмосферу, негативно впливаючи як на діяльність тваринних і рослинних угруповань, так і на діяльність самої людини.

## РОЗДІЛ 2

### ВПЛИВ АЕРОЗОЛЕЙ НА КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ

#### 2.1. Вплив аерозолів на екосистему і якість біосфери в цілому

Аерозолі впливають на клімат двома основними способами: змінюючи кількість тепла, яке потрапляє в атмосферу або виходить з неї, і впливаючи на те, як утворюються хмари.

Деякі аерозолі, як і багато видів пилу, які надходять від подрібнених каменів, мають світлий колір і навіть трохи відбивають світло. Коли на них падають сонячні промені, вони відображають промені назад з атмосфери, запобігаючи потраплянню цього тепла на поверхню Землі. Але цей ефект може носити і негативний відтінок: виверження вулкана Пінатубо на Філіппінах в 1991 році було викинуто в стратосферу таку кількість дрібних частинок, яке було еквівалентно площі в 1,2 квадратних миль, що згодом викликало охолодження планети, яке не припинялося протягом двох років. А виверження вулкана Тамбора в 1815 році стало причиною надзвичайно холодної погоди в Західній Європі і Північній Америці в 1816 році, через що його прозвали «Рік без літа» - він був таким холодним і похмурым, що навіть надихнув Мері Шеллі на написання її готичного роману «Франкенштейн».

Але, інші аерозолі, такі як маленькі частинки чорного вуглецю від згорілого вугілля або дерева, працюють навпаки, поглинаючи тепло від сонця. В кінцевому підсумку це зігріває атмосферу, хоча і охолоджує поверхню Землі, гальмуючи промені сонця. В цілому, цей ефект, ймовірно, слабший, ніж охолодження, викликане більшістю інших аерозолів - але, поза сумнівами, він теж робить свій вплив, і чим більше вуглецевого матеріалу накопичується в атмосфері, тим більше нагрівається атмосфера.

Аерозолі також впливають на формування і зростання хмар. Краплі води легко зливаються навколо частинок, тому багата частками аерозолів атмосфера сприяє утворенню хмар. Білі хмари відбивають падаючі промені сонця, запобігаючи їх

попаданню на поверхню і нагрівання землі і води, але вони також поглинають постійно випромінене планетою тепло, затримуючи його в нижніх шарах атмосфери. Залежно від типу і розташування хмар, вони можуть або обігрівати околиці, або охолоджувати їх.

Аерозолі мають складний набір різних впливів на планету, і люди безпосередньо впливають на їх присутність, кількість і розподіл. Хоча кліматичні наслідки складні і непостійні, наслідки для здоров'я людей очевидні: чим більше в повітрі дрібних частинок, тим більше це шкодить здоров'ю людини.

На сучасному етапі розвитку світової економіки значно зростають антропогенні викиди вуглекислого газу, метану, оксиду азоту (I) і хімічно активних газів, таких як діоксид сірки, оксиди азоту, монооксид вуглецю і вуглеводні, які б утворенню вторинних забруднювачів, включаючи аерозольні частинки і тропосферний озон [7]. Внаслідок цього природні біогеохімічні цикли істотно змінюються, а нелінійне взаємодія між кліматичної та біогеохімічної системами Землі може як посилювати, так і послаблювати обурення, що виникають внаслідок господарської діяльності людини.

В одному з перших оглядів про стан українських досліджень в області атмосферної хімії [8] детально описуються гетерогенні процеси в тропосфері, що грають ключову роль в утворенні кислотних дощів і в зміні параметрів озонового шару Землі. Зокрема, розглядається можливість аерозольних часток не тільки народжувати озоноруйнівні компоненти, а й сприяти збереженню озонового шару при одночасному руйнуванні фтор і хлорорганічних сполук. Величезне значення для розуміння і опису локальних і регіональних кліматичних і екологічних складових має вивчення хімії атмосфери над урбанізованих територій - викид в атмосферу промисловими підприємствами, транспортом та іншими об'єктами міського господарства широкого спектру хімічних сполук в газовій, рідкій і твердій фазах призводить до розвитку надзвичайно складного комплексу фізико-хімічних процесів, впливають на місцевий клімат.

В даний час вивчення формування та динаміки не тільки регіонального, але й глобального клімату, прогноз екстремальних метеорологічних явищ і розробка

методів їх зниження, оцінка екологічних наслідків кліматичних і погодних змін вже неможливі без урахування хімічних процесів в атмосфері. Для розуміння динаміки клімату важливі також знання про геохімічних процесах в літосфері і Світовому океані і про біогеохімічних процесах, що регулюють цикли вуглекислого газу, метану та інших кліматично активних домішок.

При описі і класифікації аерозольних ефектів в атмосфері слід мати на увазі, що ці ефекти дуже сильно залежать не тільки від властивостей аерозолів, але і від тимчасових і просторових масштабів досліджуваних процесів. Навіть безпосередні впливи аерозолів на атмосферні процеси різних просторових і часових масштабів призводять до різних ефектів - аж від запобігання опадів до потенційно можливої «ядерної зими». Все це викликає певні труднощі при дослідженні впливу аерозолів на клімат і погоду.

Для чисельного моделювання динаміки клімату і прогнозу погоди потрібні моделі освіти і трансформації аерозолію на відповідних тимчасових і просторових масштабах. Розробка таких моделей - надзвичайно важке завдання враховуючи необхідність враховувати не тільки гідродинамічні і фізичні процеси, а й хімічні реакції, що протікають в такій складній гетерогенній середовищі як атмосфера.

Дія аерозолів, що викликає метеорологічні і кліматичні ефекти, має двоякий напрямок: вплив на процеси хмаро- і дощеутворення шляхом зміни мікроструктури хмарних частинок; вплив на процеси перенесення сонячної і теплової радіації в атмосфері і тим самим на температурний режим кліматичної системи Землі.

Вперше можливість аерозольного впливу на хмари з утворенням опадів була досліджена в 1946 році Бернардом Воннегуттом. Він виявив, що мікроскопічні кристали йодиду срібла можуть служити ядрами конденсації водяної пари і сприяти утворення крижаних кристалів [4, 5]. Йодид срібла досі найбільш широко використовується для так званого засіву хмар, хоча тепер це вже далеко не єдиний препарат, що викликає штучне утворення опадів. Для генерації крижаних часток при температурах нижче - 40 ° С можуть бути використані також сухий лід і рідкий вуглекислий газ, рідкий азот, рідкий пропан та ін. Вони розпорошуються з літаків у верхній частині хмарності. Засів теплих хмар йодидом срібла і сухим льодом



малоефективний в разі відносно високих температур повітря. У 1951 році Ленгмюр запропонував для формування дощових крапель впорскувати в теплі хмари аерозолів гігроскопічних речовин, наприклад NaCl, з розмірами частинок близько 25 мкм [6].

Штучний дощ з теплих хмар і туманів можна викликати шляхом впливу на них аероіонів, які утворюють аерозольні ядра конденсації.

На метеорологічні і кліматичні процеси в регіональному та глобальному масштабах особливо сильний вплив мають фотохімічні смоги в випадку інтенсивно сильних виробничих газових викидів, збільшення пилових виносів, лісових та нафтових пожеж, вулканічних вивержень, повітряних і наземних ядерних вибухів.

У глобальному масштабі аерозолі є головним, після хмар (які є теж аерозольними утвореннями), регулятором потоків сонячної радіації в земній атмосфері. Аерозольні шари поглинають також теплове (власне) випромінювання атмосфери і підстильної земної поверхні, надаючи додатковий вплив на енергетичний баланс кліматичної системи Землі.

За останні два з половиною століття (з доіндустріальних часів) в атмосфері Землі не тільки сильно збільшилася концентрація парникових газів (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> і ін.), а й істотно змінився склад і зміст аерозолю, що впливає на радіаційні потоки в атмосфері.

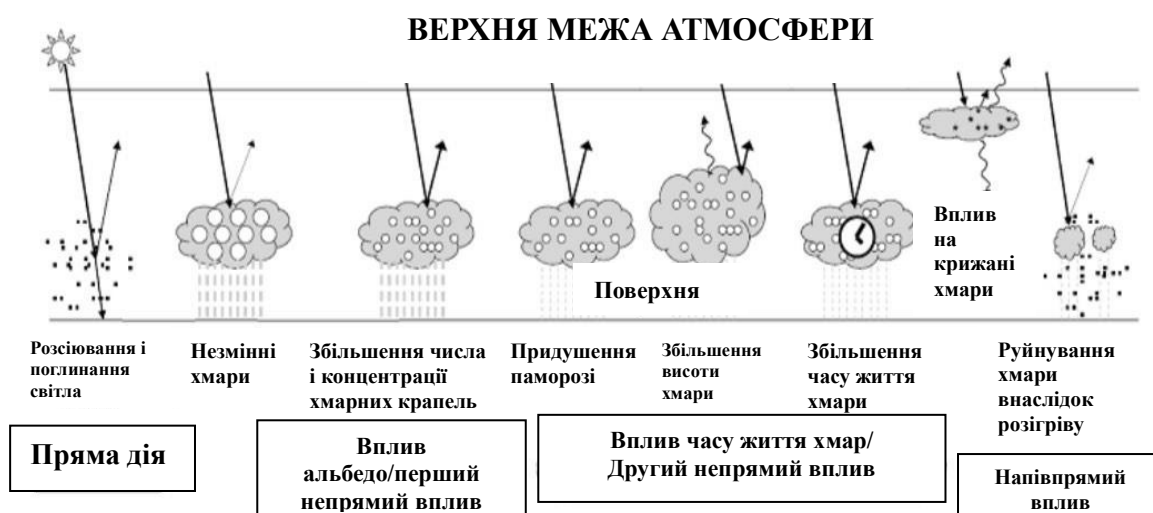


Рис. 2.1. Механізм впливу аерозолей на утворення хмар і радіаційного впливу

Маленькі чорні точки - аерозольні частинки, великі відкриті білі кружки - хмарні краплі; прямі лінії - падаюче і відбите сонячне випромінювання, хвилясті

лінії - теплове випромінювання; вертикальним пунктиром зображені опади.

З точки зору оцінки антропогенного впливу на кліматичні процеси, наприклад на уповільнення і навіть на компенсацію глобального потепління, особливий інтерес представляє вивчення хімії сульфатного аерозолі. Сульфатний аерозоль складається з частинок сіркової кислоти, частково або повністю нейтралізованих аміаком в рідкій і частково в кристалічній фазах. Сульфати утворюються в ході окислення  $\text{SO}_2$  при газофазних реакціях і при конденсаційному зростанні часток, а також в результаті реакцій, що протікають всередині хмарних крапель. Дослідження останніх років показують, що глобальне потепління клімату, обумовлене зростанням вмісту вуглекислого газу в атмосфері, частково компенсується розсіюванням і відблиском в космос сонячної радіації сульфатним аерозолем, високодисперсна фракція якого служить також ядрами конденсації при утворенні додаткового числа дрібних хмарних частинок. Таким чином, сульфатний аерозоль додатково збільшує альбедо хмарності і впливає на хмароутворення.

В останні десятиліття ХХ століття було здійснено ряд міжнародних програм по глобальній інвентаризації викидів і стоків сірки [15]. Сумарні придатні викиди сірки у вигляді  $\text{SO}_2$  складають близько 90 Мт S в рік, з цієї кількості приблизно 67 Мт доводиться на антропогенні викиди, більше 2 Мт - від спалювання біомаси, 8 Мт - продукти виверження вулканів, 12 Мт - продукти процесів окислення. Середньорічний стік практично дорівнює сумі викидів за рік (на рівні точності вимірювань і розрахунків). На компоненти стоку припадає: трохи більше 40 Мт - сухе осадження,  $\sim 1,5$  Мт - вологе осадження,  $\sim 8$  Мт - окислення в газовій фазі, майже 40 Мт - окислення в водній фазі.

Цікаво відзначити, що за останні два десятиліття загальні викиди  $\text{SO}_2$  в 25 країнах Європи знизилися радикально, з 18 до 4 Мт S в рік, а в США з 12 до 8 Мт S в рік. За цей же час викиди  $\text{SO}_2$  в Азії істотно зросли і становлять зараз 17 Мт S в рік.

За деякими даними загальносвітове зниження антропогенних викидів  $\text{SO}_2$  знизилися з 73 до 54 Мт S в рік. Регіональний зрушення викидів походить від Північної Америки, Європи і Росії в Південно-Східну Азію.

Оптичні властивості сульфатних аерозолів добре відомі. Вони є практично

чисто розсіюючим середовищем у видимій частині спектру (альbedo = 1) і слабо поглинає середовищем в інфрачервоній частині спектра сонячного випромінювання. Однак сульфати можуть змішуватися з сажею, органічним вуглецем, нітратами і пилом, утворюючи аерозольні частинки складного хімічного складу і з різними оптичними властивостями. Мікрофізичної і хімічні процеси утворення і трансформації багатокomпонентних частинок вивчені поки дуже слабо.

## **2.2. Внесок антропогенної діяльності на стан кількості аерозолів в повітрі**

При врахуванні показника забруднення повітря в місті Києві та показниками датчиків «Монітор якості повітря AIRKEY» найбільше перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) спостерігається саме у Солом'янському, Деснянському та Дарницькому районах. Саме за рахунок інтенсивності автотранспорту, кількість яких більше 1,6 млн., показник забруднення зростає дуже стрімко, можна зазначити що найменша кількість оксидів вуглецю виділяється саме при помірній швидкості 60 км/год. Також не менш вагомим джерелами забруднення в Києві є продукти викидів сміттєспалювального заводу «Енергія», ТЕЦ-6 та ТЕС – 5 [31]

Основною частиною забруднені атмосфери є саме антропогенні джерела забруднення, які можна поділити на:

– опосередкований вплив на окремі компоненти біосфери, що у свою чергу призводить до забруднення та зміни властивостей атмосфери.

– безпосередні викиди хімічних речовин, пилу та аерозолів.

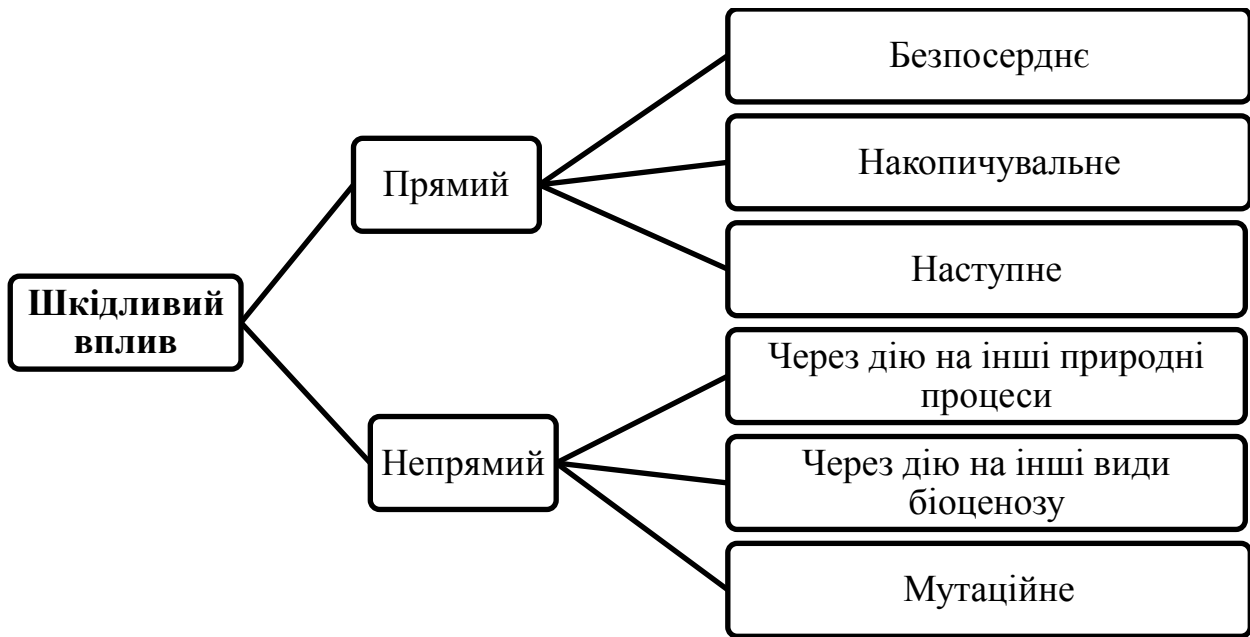


Рис. 2.2. Шляхи антропогенного впливу людини на природу

Вплив аерозолів зазвичай підрозділяється на пряме і непряме. Прямий вплив полягає в тому, що аерозолі розсіюють і поглинають сонячне і теплове випромінювання і тим самим змінюють радіаційний баланс атмосфери та підстильної поверхні.

Істотний прямий вплив на потоки сонячного і теплового випромінювання надають аерозолі, що містять сульфати, органічний вуглець і сажу від спалювання палива і біомаси, а також пил, що потрапляє в атмосферу і на поверхню Землі в результаті господарської діяльності.

Наявність в атмосфері розсіюваних аерозолів призводить до негативного радіаційного ефекту, тобто до охолодження поверхні Землі.

Непрямий кліматичний вплив аерозолів проявляється переважно в зміні під їх впливом радіаційних властивостей (поглинання і відображення) хмар, а також часу їх життя в атмосфері.

Мікрофізичний вплив аерозолів на концентрацію і розміри хмарних крапель при фіксованому змісті крапельної вологи, що змінює альbedo хмар, іноді називається першим непрямим ефектом, або ефектом Тумей [1]. Цей ефект полягає в тому, що збільшення в повітрі концентрації аерозольних ядер конденсації по-різному впливає на альbedo оптично тонких і оптично щільних хмар.

Хмари з великою оптичною товщиною в відсутність аерозольних часток самі мають високе альbedo, тому додавання в хмари всередині поглинаючих сонячних випромінювань ядер конденсації (наприклад, сажі) зменшує їх відбивну здатність.

Основними джерелами безпосереднього забруднення атмосфери є промислові викиди індивідуальних котлів опалення житла (майже 30 %). На другому місці очікувано містяться викиди транспорту 24%, з яких переважають викиди автотранспорту. Промислові джерела дають понад 11% викидів серед яких провідне місце посідають викиди теплової енергетики (спалювання вугілля забезпечує до 30%, чорна металургія - 25% всіх індустріальних викидів пилу . Слід зазначити, що побутові джерела та автотранспорт за негативними наслідками для людини є більш суттєвим, оскільки промислові об'єкти зазвичай розташовують подалі від житлової забудови [32].

Опосередкованими чинниками забруднення є руйнування рослинного покриву, перевипас, вирубування лісів, що призводять до посилення руйнування верхнього шару ґрунту та його подальшої вітрової ерозії.

До забруднюючих газових та аерозольних викидів об'єктів енергетики відносяться викиди різного характеру, що порушують рівновагу природного середовища в локальних (місцевих), регіональних та глобальних масштабах, а також умови проживання живих організмів.

Найбільш ймовірні забруднюючі викиди при роботі енергетичного об'єкта є  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{CO}$ .

Ланцюги впливів можна зафіксувати тільки при поглибленому дослідженні, якщо проводити його систематично протягом тривалого часу. Навіть нефахівці відносно легко фіксують деякі прояви в їхньому ранньому стані.

Непряму шкідливу дію складніше фіксувати та реєструвати результати її компенсації, виявляти необхідність та мету природоохоронних заходів, отримувати деяку віддачу від їх реалізації.

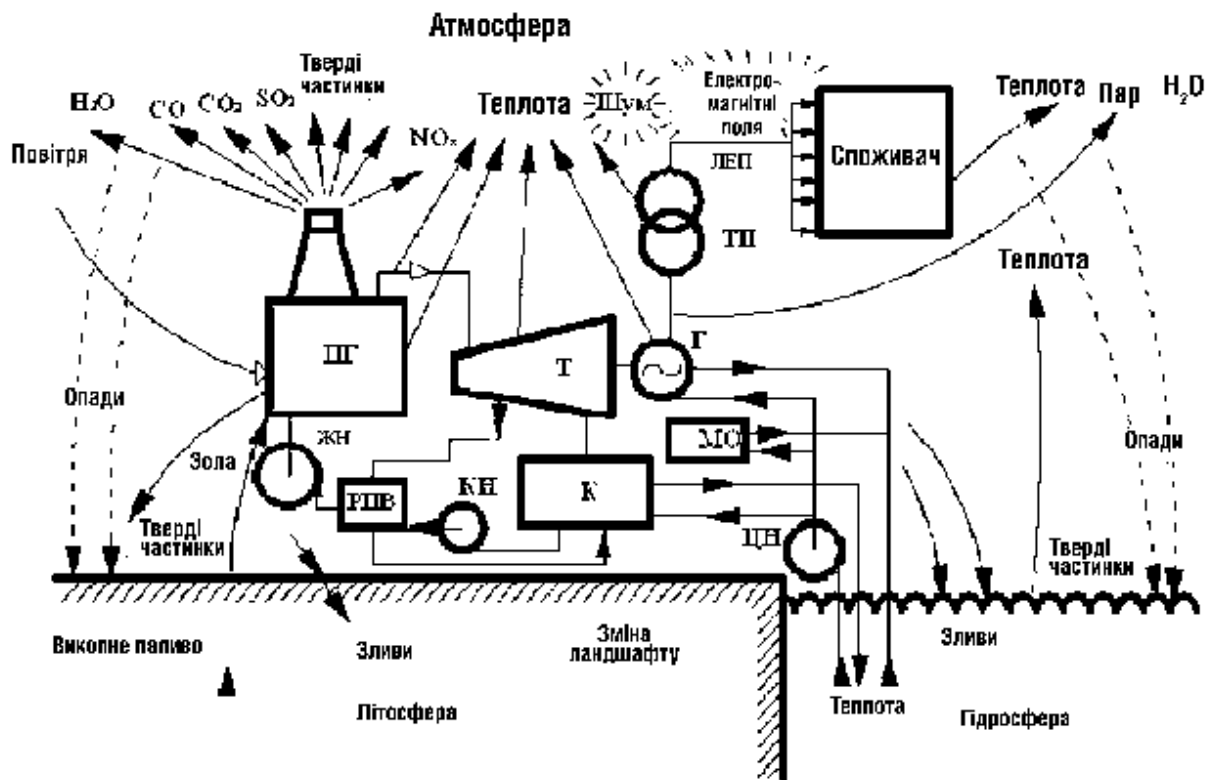


Рис. 2.3. Схема взаємодії ТЕЦ з навколишнім середовищем: ПГ – парогенератор; Т – турбіна; К – конденсатор; ЖН, КН, ЦН – відповідно живильні, конденсаторні та циркуляційні насоси; РПВ – регенеративний підігрів живильної води; Г – генератор електричного струму; МО – масоохолоджувач; ТП – трансформаторна підстанція; ЛЕП – лінії електропередач

Схема взаємодії ТЕЦ з навколишнім середовищем представлена на рис 2.3. Як видно, при роботі ТЕЦ мають місце різні негативні впливи на всі компоненти біосфери: атмосферу, гідросферу та літосферу.

Аналізуючи в цілому зміст малюнка, можна прийти до висновку, що слід вести роботу, спрямовану на видалення прямого шкідливого впливу теплоенергетики на навколишнє середовище, оскільки в його результатах немає неважливих і тому задача компенсування їх комплексу є також комплексною та поетапною. До забруднюючих газових та аерозольних викидів об'єктів енергетики відносяться викиди різного характеру, що порушують рівновагу природного середовища в локальних (місцевих), регіональних та глобальних масштабах, а також умови проживання живих організмів.

Газові та аерозольні забруднюючі викиди та їх шкідливі впливи. При

спалюванні рідкого та твердого палива відбуваються викиди у вигляді твердих частинок, які, потрапляючи в атмосферу, утворюють так звані аерозолі. Аерозолі можуть бути нетоксичними, порівняно малотоксичними та токсичними, наприклад частинки вуглецю, на поверхні яких може адсорбуватися бензопірен ( $C_{20}H_{12}$ ) – сильнодіюче канцерогенне з'єднання [34].

Аерозолі та тверді частинки можуть потрапити в атмосферу сформованими (пил, зола, сажа). Значна ж їх частина утворюється безпосередньо в атмосфері в результаті хімічних реакцій між газоподібними, рідкими і твердими речовинами, включаючи пари води. Вони утворюються в результаті природних процесів, хоча чимала їх частка має антропогенне походження. Із 1–3 млрд. т рік частинок різного хімічного складу розміром менше 1 мкм, які утворюються над поверхнею Землі, приблизно 20% – результат практичної діяльності людини (пил, насичені речовини, токсичні метали: свинець, ртуть, кадмій та ін.; пестициди). Вуглеводні включають в себе дуже різні органічні сполуки, хімічне перетворення яких в природних умовах розширює число вуглеводневих частинок, небезпечних для людини, біосфери.

Аерозолі техногенного походження, подібно  $CO_2$ , спроможні впливати на клімат Землі, але лише у протилежному напрямку.

Тверді частинки розсіюють сонячне світло, так що значна частина його не досягає поверхні Землі. В результаті тепловий баланс зміститься у бік зниження температури. Отже, техногенно можливо впливати на температур Землі: як нагріти (вуглекислий газ), так і охолодити (аерозоль) Землю.

У матеріальних балансах процесів горіння твердого та рідкого палива певну роль відіграють тверді продукти згорання – зола. Зольністю палива називають баласт в розрахунку на суху масу палива. Вона залежить від природи палива та якості його вироблення. Розрізняють первинну золу – залишки мінеральних домішок, що входили до складу палива при його обробці, вторинну золу – сторонні мінеральні речовини, рівномірно розподілені в горючій масі палива, та породу – мінеральні речовини, які потрапили в паливо при його видобутку. Зміст первинної золи в сухій масі палива зазвичай не перевищує 1–1,5%, породи – 2–2,5%. Характеристиками золи з точки зору впливу на навколишнє середовище є дисперсність, змішуваність,

сипучість, щільність, абразивність і електропровідність.

Різноманітні викиди теплових електростанцій можна кваліфікувати залежно від розмірів частинок: пил – тверді частинки розміром 1–150 мкм; туман – тверді або рідкі частинки розміром 0,2–1 мкм; дим – частинки розміром 0,001–0,1 мкм; аерозолі – в основному скупчення газоподібних молекул з розмірами від сотих часток до десятків мікрометрів.

Газові викиди також можуть бути токсичними ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{CO}$  та інші) і нетоксичними ( $\text{CO}_2$  та  $\text{H}_2\text{O}$ ). Всі трьохатомні гази ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  та особливо  $\text{CO}_2$ ) належать до «парникових газів», оскільки вони характеризуються селективною поглинальною здатністю в інфрачервоній області теплового випромінювання та сприяють створенню парникового ефекту [35].

Газові викиди, потрапляючи в атмосферу, чинять складний фізико-хімічний (на першій стадії) та біологічний (на наступних стадіях) вплив на живі організми (перш за все на людину), рівень та характер якого залежать від їх концентрації у повітрі.

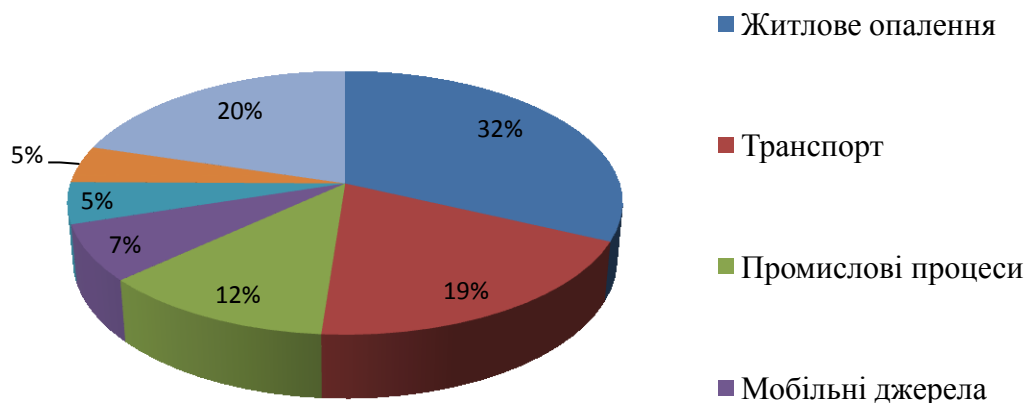


Рис. 2.4. Основні антропогенні джерела забруднення атмосфери  $\text{PM}_{2,5}$  в Києві (станом на 2019 р.)

Хімічний склад пилу та аерозолів антропогенного походження є значно різноманітнішим за природні компоненти. Крім безпосереднього надходження пилу під час процесів подрібнення, різки або спалювання матеріалів, найважливішими



антропогенними чинниками є аерозолі - вторинні забруднювачі. Обсяги емісії деяких є порівнюваними з масштабами природних процесів (наприклад, утворення сульфатів). Іншим специфічним видом аерозолів є елементарний вуглець (так званий «чорний вуглець»), що утворюється при неповному згоранні органічного палива. Робота двигунів внутрішнього згорання супроводжується викидами аерозолів у вигляді «смоляних кульок» - конденсованих продуктів неповного згорання нафтового палива. Ці специфічні забруднювачі є надзвичайно важливими агентами зміни клімату та погіршення стану здоров'я населення.

Під впливом навіть відносно невеликого фізичного і тим більше хімічного активного впливу на атмосферні і кліматичні процеси, природний хід еволюції клімату може бути порушений і в подальшому розвиватися як в бажаному, так і в небажаному для людства напрямку.

Рішення про доцільність втручання в фізичні та хімічні атмосферні процеси можна приймати тільки на основі довгострокових междуна- рідних і міждисциплінарних досліджень, що включають у себе фундаментальні теоретичні та експериментальних робіт, натурні вимірювання і числове моделювання цих процесів.

При досягненні наукового консенсусу рішення про спробу збереження сучасного клімату або його модифікації може бути прийнято тільки всім мировим співтовариством.

### **2.3. Оцінка впливу аерозолей на стан здоров'я**

На підставі проведених досліджень, у 2010 році ВООЗ був проведений останній перегляд рекомендацій щодо якості атмосферного повітря, відносно критеріїв гігієнічного нормування зважених часток в атмосферному повітрі, було представлено наступні величини, а саме для [26]:

- TSP – середньорічна концентрація  $100 \text{ мкг/м}^3$ , середньодобова концентрація  $300 \text{ мкг/м}^3$ ;

- $PM_{10}$  – середньорічна концентрація  $20 \text{ мкг/м}^3$ , середньодобова концентрація  $50 \text{ мкг/м}^3$ ;
- $PM_{2,5}$  – середньорічна концентрація  $10 \text{ мкг/м}^3$ , середньодобова концентрація  $25 \text{ мкг/м}^3$  (перевищення не повинно спостерігатися більше ніж 3 дні на рік);

Представлені вище нормативи за останні 7 років були науково обґрунтовані та ще раз підтвержені, але слід підкреслити про відсутність запасу безпеки, так як дані величини відображали рівні, близькі до нижніх порогів функції „концентрація-ефект”, які мали місце на той момент. На сьогодні ВООЗ висунуто пропозиції щодо перегляду величини середньодобової концентрації, лише для  $PM_{2,5}$  та рекомендовано знизити її рівень в атмосферному повітрі до  $20 \text{ мкг/м}^3$  (внесено до розділу додатку D Директиви 2008/50/ЕС). Інші гігієнічні нормативи для зважених часток – залишити без змін.

Що стосується України, яка є стороною ряду міжнародних угод та конвенцій, то наукові дослідження щодо оцінок інгаляційного впливу зважених часток (особливо з діаметром менше  $10 \text{ мкм}$ ) майже не проводяться та носять несистематичний, спорадичний характер. Це пояснюється відсутністю гігієнічних критеріїв щодо нормування в атмосферному повітрі  $ЗЧ_{10}$  та  $ЗЧ_{2,5}$  (існують нормативи лише для TSP) та єдиної стратегії моніторингових досліджень атмосферного повітря [32, 35, 36, 37].

Аналізуючи вищевикладене, проведення в Україні досліджень щодо оцінок соціальних втрат здоров'я населення (смертей), обумовлених викидами зважених часток менше  $10 \text{ мкм}$  від різних груп промислових підприємств є актуальним та своєчасним. Це дозволить не тільки, впровадити та розширити моніторингові програми вимірювання пилу ( $ЗЧ$  з діаметром часток менше  $10 \text{ мкм}$ ) в повітрі населених пунктів, але й переглянути та узгодити гігієнічні нормативи для  $ЗЧ$ , відповідно до рекомендацій та вимог ВООЗ, шляхом дотримання директив та нормативних документів ЄС, учасником яких є Україна.

У багатьох країнах європейського регіону, в яких здійснює свою діяльність Європейська комісія Організації Об'єднаних націй (ЄЕК ООН), якість атмосферного повітря в останні десятиліття, трохи покращилася. Це було досягнуто завдяки

впровадженню цілого ряду заходів щодо зниження шкідливих викидів в атмосферне повітря, в тому числі заходів, передбачених різними протоколами до Конвенції про транскордонне забруднення повітря на великі відстані [19, 24, 25]. Проте, є переконливі докази того, що існуючі рівні забруднення повітря, як і раніше представляють значну загрозу для навколишнього середовища та здоров'я людини. Особливо, це стосується викидів речовин у вигляді твердих суспендованих часток (мікрочастинки та волокна) / зважених часток ( $Z\text{Ч}$ ,  $Z\text{Ч}_{10}$ ,  $Z\text{Ч}_{2.5}$ ), про що свідчать моніторингові та епідеміологічні дослідження проведені в багатьох країнах світу (ЄС, США, Росія, Білорусь, Казахстан), які доводять негативні ефекти для здоров'я, в тому числі захворювання та смерть від респіраторної та серцево-судинної патології [24]. Встановлено, що близько 83 % населення Європейського союзу, проживає у містах, де рівні зважених часток в атмосферному повітрі, перевищують гігієнічні критерії та рекомендації, скорочуючи при цьому тривалість життя в середньому по Європі майже на 9 місяців [19].

Повітряне середовище виробничих приміщень, в якій містяться шкідливі речовини у вигляді аерозолів, робить істотний вплив на здоров'я працівників. Найбільш частим захворюванням, що викликається дією пилу та аерозолів є бронхіт. У бронхах накопичується мокрота, і хвороба хронічно прогресує. Є безпосередній зв'язок між кількістю, концентрацією, хімічним складом пилу в робочій зоні і виникаючими професійними захворюваннями працівників.

Найбільш небезпечні для людини аерозолі, що складаються з дуже дрібних частинок (розміром від 0,5 до 10 мкм), які легко проникають в легені і затримуються там в альвеолах. Чим дрібніше частинки пилу, тим довше вони знаходяться в повітрі у вигляді аерозолію і тим легше в процесі дихання потрапляють в організм людини.

Пилкові частинки з зазубреними гострими краями (металева, мінеральна пил) потрапляють в дихальні шляхи у великій кількості, можуть травмувати слизові оболонки. Затримуючись в легенях, вони призводять до розвитку сполучної тканини в повітрообмінній зоні і рубцювання (фіброзу) легенів.

Характер впливу пилу на організм людини залежить від її хімічного складу і токсичності (отруйності). Потрапляючи в організм людини, частки токсичного пилу

взаємодіють з кров'ю і тканинною рідиною. В результаті протікання хімічних реакцій утворюються отруйні речовини.

Тривала дія пилу на органи дихання може привести до професійного захворювання - пневмоконіоз. Пневмоконіоз характеризується розростанням сполучної тканини в дихальних шляхах.

У запиленому повітрі подих стає утрудненим, насичення крові киснем погіршується, що призводить до легневих захворювань.

Пил, що потрапляє на слизові оболонки очей, викликає їх роздратування, кон'юнктивіт. Осідаючи на шкірі, пил забиває пори шкіри, перешкоджаючи терморегуляції організму, і може привести до дерматитів, екзем.

Концентрація ТЧ є часто використовуваним непрямим показником рівня забруднення повітря. Вони чинять негативний вплив на більше число людей, ніж будь-який інший забруднювач повітря. Основними компонентами ТЧ є сульфати, нітрати, аміак, хлористий натрій, сажа, мінеральна пил і вода. Вони складаються зі складної суміші твердих і рідких органічних і неорганічних речовин, присутніх в підвищеному стані в повітрі. Частинки діаметром менше 10 мікрон ( $\leq$  ТЧ10) здатні проникати глибоко в легені і осідати в них. Ще більш руйнівний вплив на здоров'я надають частинки діаметром менше 2,5 мікрон ( $\leq$  ТЧ2,5). Вони можуть долати аерогематичний бар'єр і потрапляти в кровоносну систему. Хронічний вплив твердих частинок посилює ризик розвитку серцево-судинних і респіраторних захворювань, а також раку легенів.

Якість повітря зазвичай оцінюється в денних або річних рівнях концентрації ТЧ10 в одному кубічному метрі повітря ( $\text{м}^3$ ). При проведенні регулярних оцінок якості повітря рівні концентрації ТЧ зазвичай вимірюють в мікрограмах ( $\mu$ ) /  $\text{м}^3$ . При наявності досить чутливих вимірювальних інструментів реєструються також рівні концентрації дрібних твердих частинок (ТЧ2,5-менш).

Є тісний кількісна взаємозв'язок між впливом як щоденним, так і накопиченим з плином часу, високих рівнів концентрації дрібних частинок (ТЧ10 і ТЧ2,5) і підвищеними смертністю і захворюваністю. І навпаки, при зниженні рівнів концентрації дрібних і найдрібніших твердих частинок знижується також пов'язана з

ними смертність за умови, що інші фактори залишаються незмінними. Це дозволяє особам, що формують політику, прогнозувати поліпшення здоров'я населення, які можна очікувати при зниженні рівнів забруднення повітря твердими частинками

Забруднення повітря деякими твердими частинками впливає на здоров'я навіть при дуже низьких рівнях концентрації, в дійсності не встановлена така порогове значення, нижче якого шкоди для здоров'я не спостерігається. Тому керівні принципи ВООЗ 2005 року було націлені на досягнення, за можливості, найнижчих рівнів концентрації ТЧ.

Рівні, рекомендовані в керівних принципах ВООЗ;

Тонкодисперсні тверді частинки (ТЧ<sub>2.5</sub>)- середньорічний рівень 10  $\mu\text{g} / \text{m}^3$   
середньодобовий рівень 25  $\mu\text{g} / \text{m}^3$

Крупнодисперсні тверді частинки (ТЧ<sub>10</sub>)- середньорічний рівень 20  $\mu\text{g} / \text{m}^3$   
середньодобовий рівень 50  $\mu\text{g} / \text{m}^3$

Крім рекомендованих рівнів керівні принципи за якістю повітря містять проміжні цілі щодо рівнів концентрації ТЧ<sub>10</sub> і ТЧ<sub>2,5</sub>, що сприяють поступовому переходу від високих до низьких рівнів концентрації.

При досягненні цих проміжних цілей можна очікувати значного зниження ризиків розвитку гострих і хронічних наслідків для здоров'я в результаті забруднення повітря. Проте, кінцевою метою має бути досягнення рекомендованих рівнів.

Вплив ТЧ на здоров'я відбувається при рівнях впливу, яке відчуває в даний час багатьма людьми як в міських, так і в сільських районах розвинених і країн, що розвиваються, проте на сьогоднішній день вплив у багатьох швидко розвиваються містах часто буває набагато більш значним, ніж вплив в розвинених містах такого ж розміру.

За оцінками «Керівних принципів щодо якості повітря», зниження середньорічних рівнів концентрації твердих частинок (ТЧ<sub>2,5</sub>) з 35 мікрограмів на кубічний метр - поширений рівень у багатьох країнах, що розвиваються містах - до рекомендованих ВООЗ 10 мікрограмів /  $\text{m}^3$  може сприяти зниженню смертності, пов'язаної з забрудненням повітря, приблизно на 15%.

Однак навіть в Європейському союзі, де рівні концентрації ТЧ в багатьох містах відповідають рекомендованим рівням, за оцінками, середня очікувана тривалість життя могла б бути на 8,6 місяці більше, якби не було впливу ТЧ з антропогенних джерел.

У країнах з низьким і середнім рівнем доходів вплив забруднювачів в будинках і біля них в результаті спалювання забруднюють повітря видів палива на відкритому вогні або в традиційних печах, з метою приготування їжі, обігріву приміщень або використання для освітлення, підвищує ризик розвитку гострих інфекцій нижніх дихальних шляхів, розвитку серцево-судинних захворювань, хронічної обструктивної хвороби легень і раку легенів.

Серйозний ризик для здоров'я представляє не тільки вплив ТЧ, але і вплив озону ( $O_3$ ), двоокису азоту ( $NO_2$ ) і двоокису сірки ( $SO_2$ ). Як і в разі ТЧ, найбільш високі рівні концентрації спостерігаються в міських районах країн з низьким і середнім рівнем доходу. Озон є одним з основних факторів ризику захворюваності та смертності від астми, в той час як двоокис азоту і двоокис сірки можуть також бути причетними до розвитку астми, бронхіальних симптомів, запалення легенів і до зниження функції легень.

У залежності від фізіологічного впливу на організм людини пил буває токсичним або переважно фіброгенної дії.

Пил переважно фіброгенної дії проявляє себе шляхом накопичення в бронхах та легенях людини. Частково, дякуючи деяким властивостям слизових оболонок, цей пил виводиться з організму людини. Але якщо людина довгий час перебуває в сильно запиленому повітрі ці властивості втрачаються, що може привести до значного накопичення пилу та розвитку хвороб верхніх дихальних шляхів та легенів.

Найпоширеніші серед цих хвороб – пилові бронхіти та пневмоконіози. Останні, як легеневі захворювання, в залежності від виду пилу прийнято ділити на силікоз (виникає під впливом пилу із значним вмістом діоксиду кремнію), карбоконіоз (пил з вмістом вуглецю), металококоніоз (пил металів та їх оксидів), сілікатоз (пил азбесту) тощо. Ці захворювання, особливо при їх несвоєчасному виявленні, протікають дуже тяжко, а деякі із них, наприклад силікоз, практично не

виліковуються і можуть привести до смертельних наслідків. Як правило, такі захворювання професійні і їх виникнення спостерігається у робітників працюючих тривалий час в сильно запыленій атмосфері, наприклад у гірників, шліфувальників тощо.

Контроль вмісту пилу, як правило, здійснюють гравіметричним методом. Сутність його полягає в тому, що через чистий фільтр з відомою вагою за допомогою аспіраторів протягують певний об'єм забрудненого повітря, зважують забруднений фільтр, а потім розраховують концентрацію пилу за формулою:  $C = \frac{M_3 - M_4}{Q}$ , де  $M_3$   $M_4$  – відповідно маса забрудненого та чистого фільтрів;  $Q$  - об'єм протягнутого через фільтр повітря.

#### **2.4. Загальний аерозольний фон планети та України вцілому**

Визначною особливістю аерозолів є швидкість осідання, відзначено, що аерозолі більшого розміру швидше осідають, ніж ті, які мають менший радіус, вони можуть значно довше триматись в атмосфері.

Як відомо, аерозолі є антропогенного та природного походження, але саме аерозолі, які утворились в ході людської діяльності є більш небезпечні, оскільки вони мають невелику висоту викиду та значну вагу, тому можна спостерігати, як вони швидко виносять з атмосфери.

Існує маса дослідження за динамікою перенесення аерозолей над поверхнею, одним із таких методів є наземні та супутників станції збору даних забруднення атмосфери.

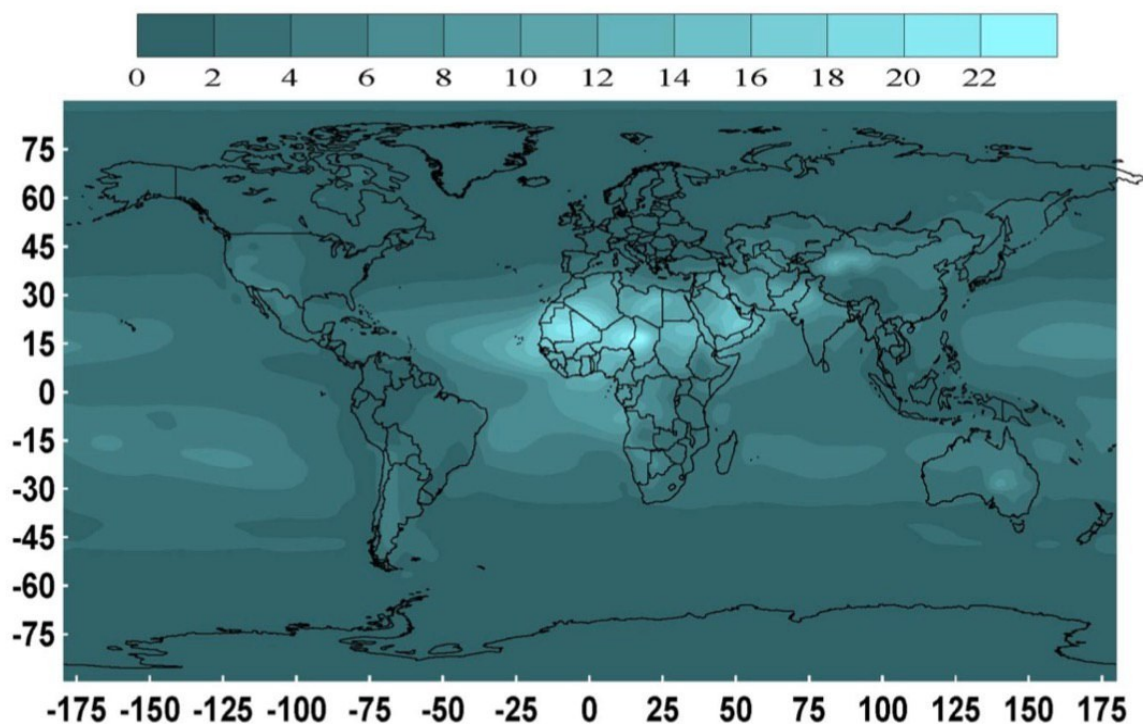


Рис. 2.5. Глобальний розподіл аерозолей на планеті

На рис. 2.5. зображена тенденція розвитку аерозольного забруднення на всій планеті. Виходячи з цього зображення, можна зробити висновки, що :

- середнє значення індексу змінюється зонально, а саме від найбільшого (більше 20)- тропіки, до найменшого (близько 0)- помірні та полярні широти;
- існує смуга підвищеного рівня аерозольного забруднення, яка характеризується підвищенням концентрації над океаном та зниженням над материками;
- особливо уваги надають концентраціям над пустелями, а саме над Західною Сахарою.

Ці особливості є визначними в формуванні глобального розподілу аерозолей, можна відмітити, що ґрунтовий аерозоль добре фіксується у маловітряну та безхмарну погоду. Також, можна відмітити, що підвищення концентрацій аерозолей повністю співпадає з розташуванням головних океанічних течій.



Що стосується України, то можна відмітити, що розподіл аерозольного забруднення збільшується зонально з півночі на південь від 0,7 до 2,3. Можна відмітити, що середній вміст аерозолу над Києвом лежить в межах 1,3-1,5.

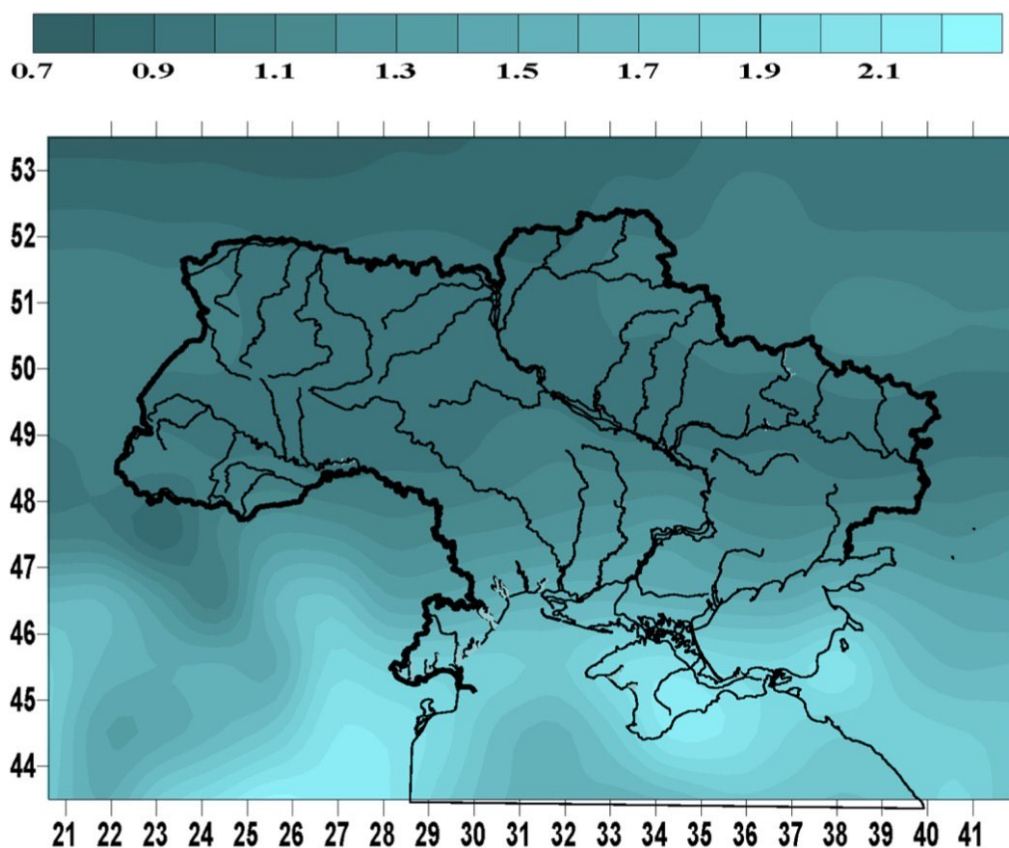


Рис. 2.6. Географічний розподіл концентрації аерозолей над Києвом

За даними, супутникового спостереження, можна відмітити різке коливання даних аерозольного забруднення, також можна виділити два головних періода коливання, в першому можна попачити стабільність концентрацій аерозолей, а інший характеризується різкими скачками, за рахунок виверження вулкана Ель-Чічон і Пінатубо. Також, можна відмітити, що продукти виверження вулканів довгий час знаходяться на певних висотах і тільки протягом пару місяців мають можливість опускатись, за рахунок процесів конденсації, сублімації та коагуляції.

Також можна відзначити пряму дію над забруднення аерозолями та підвищенням рівня антропогенної діяльності, варто відмітити, що взимку над Києвом спостерігається поле зниженого тиску, яке завдяки низхідним рухам повітря запобігає перенесенню аерозолей в високі шари атмосфери і таким чином посилює

зимовий вміст аерозолей. Влітку, все навпаки, а саме потужні висхідні рухи повітря виносять аерозоль в високі шари атмосфери і посилюють літній мінімум, але незважаючи на цей факт, кількість аерозолей може значно зростати, за рахунок спалювання листя, збільшення перенесення природних аерозолей на поверхню.

Загалом аерозольний фон на містом Києвом є цілком очікуваний, проте основні сезонні зміни є наслідком зміни концентрацій аерозолей, також варто відмітити, що активна людська діяльність, а саме робота теплових електростанцій є вагомим джеролом надходження аерозолей в атмосферу.

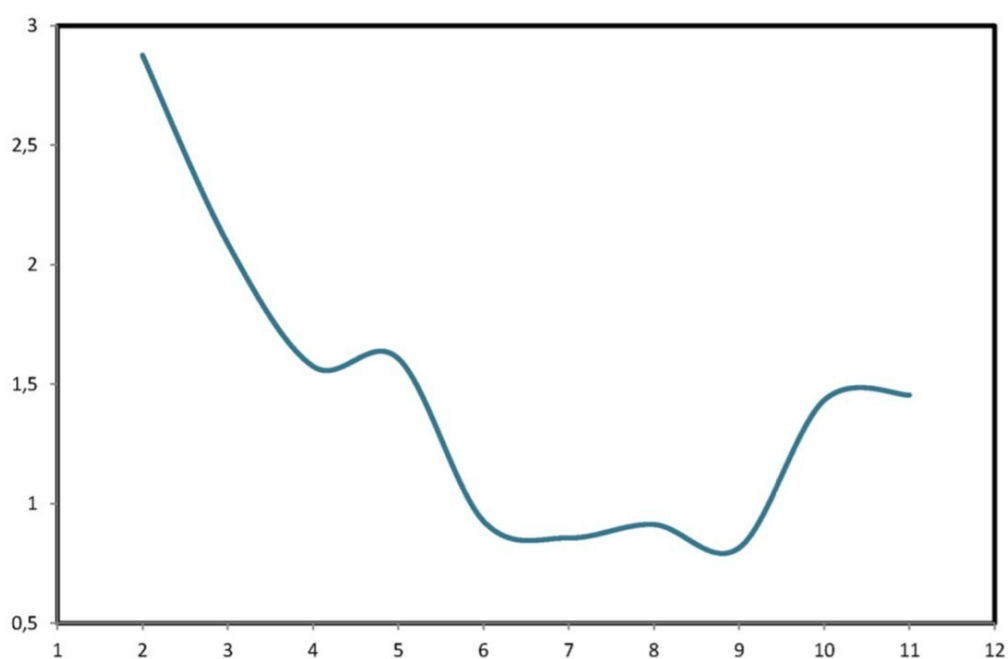


Рис. 2.7. Сезонна концентрація аерозолей над місто Київ

На рис. 2.7. представлено сезонний хід аерозольної оптичної товщі (АОТ) в місті Києві за період з березня 2019 до листопада 2019 включно. Середні показники АОТ над містом Києвом становлять 0,212, а розмах коливань 0,2. Максимальні значення спостерігаються взимку та навесні, мінімальні – восени. Такий сезонний хід пов'язаний з атмосферною циркуляцією і є наслідком переважання циклонічної погоди взимку. При порівнянні отриманих даних з кліматичними нормами, було виявлено істотне співпадіння конфігурації сезонного ходу, проте існують відмінності в абсолютних показниках. Так, для сучасного періоду характерним є менший розмах сезонних коливань та менші абсолютні значення АОТ.

## 2.5. Висновки до розділу

1. Отже, великих часток в атмосфері немає, а є лише частки, які добре розсіюють ультрафіолетове та видиме випромінювання. Нижні шари атмосфери пропускають інфрачервоне випромінювання. Як результат, атмосферний аерозоль може послабити приток сонячного тепла, але не заважає випромінюванню земного тепла у світовий простір.

2. Хімічний склад аерозольних часток визначається природою та потужністю різних джерел часток, а також механізмом виведення часток різного походження в атмосфері. Фотохімічні та хімічні реакції можуть зумовлювати виникнення дрібнодисперсної фракції аерозолів. Виведення аерозолів з атмосфери здійснюється, в основному за рахунок вимивання хмарами.

3. Збільшення вмісту аерозолів в атмосфері змінює радіаційний баланс в бік похолодання клімату. Антропогенні викиди сірки, які збільшувались у Північній півкулі протягом останнього століття як результат згорання палива, почали утворюватись аерозолі, які впливають на оптичні властивості хмар, що викликає охолодження Землі, про величину цього впливу важко робити висновки, проте можна припускати, що в нашому столітті він порівняний із парниковим ефектом, іншими словами, якби не сіркові викиди, то підвищення температури було б від 0,3 до 0,6 градусів Цельсія, яке ми зараз спостерігаємо.

4. Вплив на клімат антропогенних викидів сірки не слід розглядати як можливий вклад у послаблення глобального потепління, а лише як частину вирішення проблеми. Викиди двоокису сірки, які викликають утворення центрів конденсації хмар, сприяють процесу збільшення вмісту аерозольних часток кислоти в атмосфері.

5. Наслідком впливу техногенних аерозолів є підвищення рівня захворюваності, значного зниження середньої тривалості життя населення. Техногенні аерозолі викликають такі захворювання як: бронхіальну астму, рак легенів, серцево-судинні захворювання, хвороби органів дихання, передчасні пологи, вроджені дефекти, і передчасну смерть. Їх дія поширюється на дітей і

дорослих і на цілий ряд алергенних груп населення.

6. Було доведено, що ризик виникнення різних захворювань зростає пропорційно зростанню концентрації аерозолів в атмосфері, і практично не існує порогу концентрації, нижче якого можна було б припускати відсутність негативного впливу на здоров'я.

7. Вміст аерозолей на Києвом характеризується його глобальним розподілом і є близьким до очікуваного.

8. За останні роки ріст аерозолей значно збільшився та має тенденцію до росту.

## РОЗДІЛ 3

### ДИНАМІКА ЗАБРУДНЕННЯ АЕРОЗОЛЯМИ ПОБЛИЗУ ТЕЦ-6 ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ НА НАСЕЛЕННЯ КИЄВА

#### 3.1. Динаміка забруднення повітря частинками PM<sub>2.5</sub> і PM<sub>10</sub>

Для визначення забруднення повітря у місті Києві за жовтень було відібрано і проаналізовано 6806 проб. Визначалась 20 забруднювальних домішок. Основні – завислі речовини, діоксид сірки, оксид вуглецю, діоксид азоту і оксид азоту. З специфічних домішок визначались сірководень, фенол, фтористий водень, хлористий водень, аміак, формальдегід, 8 важких металів. Їх склад визначався в залежності від викидів шкідливих речовин в атмосферу від підприємств, які розташовані в зоні поста спостережень [41].

Оцінка стану забруднення атмосферного повітря проводилась шляхом порівняння з відповідними гранично допустимими концентраціями (ГДК) речовин у повітрі населених міст. ГДК розподіляються на середньодобові (ГДКс.д.), і з ними порівнюються середні концентрації, та максимально разові (ГДКм.р.), з ними порівнюються разові максимальні концентрації шкідливих речовин [5].

Для оцінки якості повітря використовується індекс забруднення атмосфери (ІЗА), який розраховується як сума поділених на ГДК середніх концентрацій забруднювальних речовин. За допомогою нескладних розрахунків величина ІЗА приводиться до величини концентрацій діоксиду сірки у долях ГДК.

Згідно існуючих методів оцінки рівень забруднення вважається низьким, якщо ІЗА нижче 5,0; підвищеним – при ІЗА від 5,0 до 7,0; високим – при ІЗА від 7,0 до 14,0; дуже високим – при ІЗА рівним 14,0 та більше.

У жовтні за ІЗА загальний рівень забруднення по місту і на тринадцяти постах характеризувався, як високий. На одному посту рівень забруднення характеризувався, як низький. На двох постах ІЗА не розраховувався тому, що

визначалась лише одна домішка.

Загалом по місту у жовтні середньомісячні концентрації чотирьох забруднювальних речовин (другого та третього класу небезпеки) перевищували ГДКс.д.: діоксиду азоту – у 2,8 рази, фенолу – у 2,3 рази, формальдегіду – у 2,0 рази, діоксиду сірки – у 1,7 рази. Середньомісячний вміст оксиду азоту був на рівні 1,0 ГДКс.д [41].

Найбільші середньомісячні концентрації відмічені: на вулиці Каунаській – 4,3 ГДКс.д., на Бессарабській площі, проспекті Перемоги та вулиці Семена Скляренка – 3,5 ГДКс.д., на Оболонському проспекті та площі Перемоги – 3,0 ГДКс.д. На інших постах середній вміст діоксиду азоту становив 2,3-2,8 ГДКс.д., на ПСЗ № 5 (пр.Науки, район Багринової гори) – 0,5 ГДКс.д. Максимальний вміст цієї домішки на рівні 1,5-1,6 ГДКм.р. зафіксовано на проспекті Перемоги, Деміївській площі, вулицях Скляренка та Каунаській. Ще на восьми постах максимальний вміст діоксиду азоту досягав 1,0-1,4 ГДКм.р. Найбільша кількість випадків перевищення ГДКм.р. з діоксиду азоту спостерігалась на вулицях Каунаській та Скляренка – 38,5% та 31,8% відповідно; загалом по місту вона становила 11,3% (в минулому місяці – 6,7%) [41].

За інтегральним показником – ІЗА найбільш забрудненими у жовтні були райони Оболонського проспекту та вулиці Каунаської, де рівень забруднення повітря характеризувався, як високий. Високим рівнем забруднення характеризувалось також повітря на вулицях Семена Скляренка, Олександра Довженка (поблизу метро «Шулявка»), Бессарабській площі, проспекті Перемоги, Деміївській площі, вулиці Академіка Стражеска, бульварі Лесі Українки, площі Перемоги, вулицях Попудренка, Інженера Бородіна (район ДВРЗ) та район Гідропарку поблизу мосту метро та автомагістралі [42].

На проспекті Науки, у "зеленій зоні" поряд з метеомайданчиком обсерваторії, повітря характеризувалось низьким рівнем забруднення.

Загалом у жовтні, порівняно з попереднім місяцем, спостерігалось деяке підвищення середнього вмісту фенолу та оксиду азоту, зниження вмісту формальдегіду.

У порівнянні з жовтнем 2018 р. загальний рівень забруднення повітря в Києві дещо підвищився. Зафіксовано суттєве зростання вмісту діоксиду сірки та фенолу, зниження вмісту формальдегіду та окислів азоту [41].

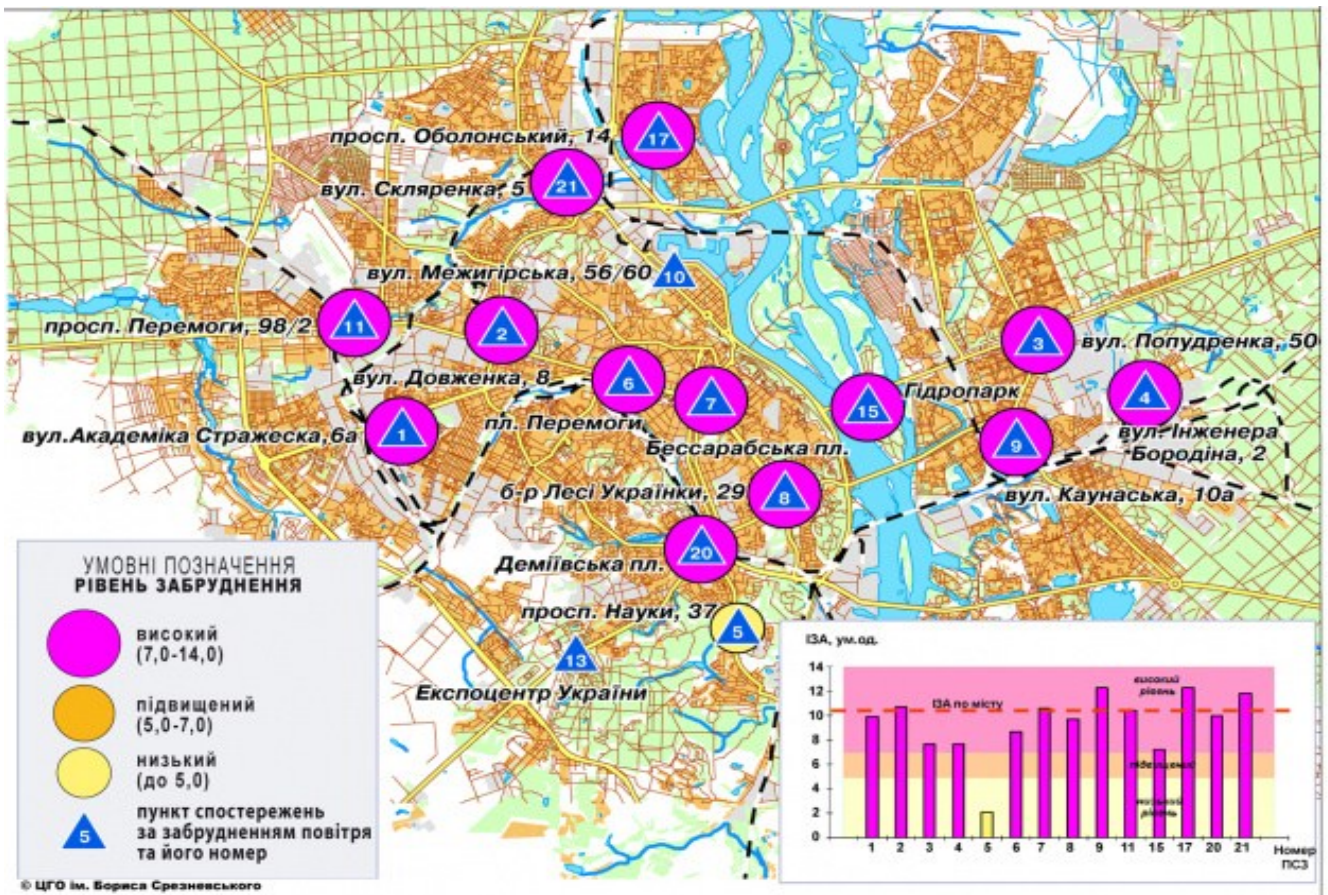


Рис. 3.1. Рівні забруднення атмосферного повітря на постах спостереження у м. Києві у жовтні 2019 р. за ІЗА

На якість повітря впливає ціла низка факторів — від вмісту забруднювальних речовин до температури та вологості. Найбільше його забруднюють мікроскопічні частинки PM2.5 і PM10. Їх джерелом є вихлопні гази, дим від спалювання деревини, нафти чи вугілля, пил.

Озон також погіршує якість повітря. Його основним джерелом є вихлопи автомобілів та промислові підприємства. Іншими забруднювачами повітря є також чадний газ, оксид сірки та діоксид азоту.

За якістю повітря в Києві стежить Центральна геофізична обсерваторія (ЦГО). У місті встановлено 16 стаціонарних постів зі спеціальними пробовідбірниками, які здійснюють відбір проб повітря для газового аналізу та аналізу на запиленість.

Шість разів на тиждень співробітники обсерваторії відвозять ці проби в лабораторію, де і роблять обчислення. Рівень забруднення повітря визначається за 20 показниками [43].

У рамках проекту *Managing Air Quality* в Києві було розпочато моніторинг якості повітря на сучасному обладнанні. У восьми районах столиці забір здійснює пересувна лабораторія, а на smart-вулиці на Салютній, 2 та на Ревуцького, 35 були встановлені дві стаціонарні станції. Це перші датчики в Україні, що передають інформацію із супутника Sentinel-5p та наземних джерел інформації.

У червні 2019р. міська ініціатива *Kyiv Smart City* запустила проект *Managing Air Quality*, метою якого є моніторинг якості повітря в Києві. В режимі реального часу на платформі [air.kyivsmartcity.com](http://air.kyivsmartcity.com) можна побачити рівень таких показників: дрібнодисперсного пилу PM2.5 і PM10, оксиду азоту (NO), діоксиду сірки (SO<sub>2</sub>), озону (O<sub>3</sub>), бензолу (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), діоксиду азоту (NO<sub>2</sub>), чадного газу (CO) [43].

Також датчики вимірюють вологість, тиск і температуру. Дані надходять із супутника Sentinel-5p та наземних джерел інформації.

Згідно з даними платформи [air.kyivsmartcity.com](http://air.kyivsmartcity.com), найгірша екологічна ситуація склалася в Солом'янському та Дарницькому районах столиці. Індекс якості повітря там становить 61 і 41, тоді як найкращим вважається індекс у 100 одиниць. Він вимірюється з огляду на щільність забруднювальних часток у повітрі: чим вона вища, тим нижчий індекс.

У районах з найнижчим індексом якості повітря було зафіксовано перевищення норми вмісту чадного газу, діоксиду азоту, озону та монооксид азоту. Висока концентрація цих речовин у повітрі становить небезпеку для здоров'я людини, зокрема шкодить органам дихання, слизовим оболонкам носа та очей, а також шкірі. Причиною забруднення повітря є інтенсивний автомобільний рух, близьке розташування промислових підприємств і погодні умови. Наприклад, коли вологість повітря досягає 70%, то концентрація формальдегіду зростає на 40%.

Для нормалізації всіх показників, за якими вимірюється якість повітря, і потрібен постійний моніторинг. Аби жителі Києва могли стежити за перевищенням норми вмісту забруднювальних часток, а міська влада — вжити необхідних заходів.



Найчистішим повітрям дихають жителі Оболонського, Подільського, Деснянського, Шевченківського, Святошинського та Дніпровського районів, де індекс дорівнює вище 85[43].

### **3.2. Екологічна оцінка вплив роботи ТЕЦ-6 на стан довкілля**

Енергетика – це галузь господарства, що охоплює енергоресурси, добування, перетворення, передачу та використання різних видів енергії. Основою електроенергетики є теплові електростанції (ТЕС).

Енергетичні об'єкти є одним з головних факторів життєзабезпечення міста, які чинять найбільший вплив на довкілля, як в межах території, так і поблизу міста. На 80 % усієї електроенергії, що виробляють теплові електростанції (ТЕС), припадає майже 30 % шкідливих викидів від усіх стаціонарних джерел країни.

Ступінь забруднення атмосферного повітря викидами ТЕС залежить від якості палива, технології спалювання та відбувається на всіх стадіях добування та використання палива, перетворення та передачі енергії.

Теплоелектроцентраль №6 „Київенерго” (ТЕЦ-6), розташована у Деснянському районі м.Києва за адресою: м. Київ-660, вул. Пухівська, 1-а.

Територія промайданчику межує з заходу на відстані 5 км з житловим масивом „Троєщина”, зі сходу, півдня та півночі – з лісовим масивом.

На території підприємства розташовані наступні підприємства: філія Київенерго „Енергоавтотранс”, філія „Енергоремонт”, філія Київенергоремонт” та банкотно-монетний двір НБУ.

Підприємство здійснює виробництво теплової та електричної енергії для потреб м. Києва.

На досліджуваному підприємстві має місце 51 джерело викидів представлені спектром 27 найменувань хімічних сполук, що надходять в атмосферу у кількості 2249,07 г\с та 9342,843 т\рік (дані звіту інвентаризації викидів забруднюючих речовин).

Основними джерелами викидів забруднюючих речовин на досліджуваному

об'єкті, що підлягають обстеженню є:

Котлоагрегати енергетичні ТГМП-344 „А” N1, N2 котлотурбінного цеху при спалюванні палива (газ природний, мазут та суміші газ+мазут) утворюють димові гази. Основні забруднюючі речовини (азоту оксиди, сажа, ангідрид сірчистий, вуглецю оксид, ванадію п'ятиоксид) та парникові гази, що викидаються в атмосферу через димову трубу висотою 270 м з діаметром гирла 13,5 м – джерело викиду №18.

Основні забруднюючі речовини (азоту оксиди, вуглецю оксид) та парникові гази викидаються в атмосферу через димову трубу висотою 70 м з діаметром гирла 2,8 м – джерело викиду №17.

Темою диплому є дослідження впливу роботи ТЕЦ-6 на стан забруднення аерозолями м. Києва, чи можна вважати вплив суттєвим на стан здоров'я населення та навколишнього середовища в цілому.

Проведені розрахунки можуть дати не тільки просторову та часову характеристику забруднення та рівнів ризику для здоров'я населення на досліджуваній території, але й визначити прогностичні розрахунки значень середньорічних, добових та годинних концентрацій та оцінити досліджувану територію, згідно міжнародних гігієнічних стандартів впливу забруднюючих речовин та аерозолів на здоров'я населення, що підпадає під експозицію ТЕЦ-6.

Ступінь небезпечності забруднення атмосферного повітря оцінюється за двома основними класами речовин – канцерогенними речовинами, здатними викликати злоякісні новоутворення, та не канцерогенними речовинами. Ряд канцерогенних речовин впливає і на спадковість, індукуючи генетичні ефекти – збільшення частоти ряду генетично обумовлених захворювань. Канцерогенні та генетичні ефекти тісно взаємопов'язані та співпадають за величиною.

*Діоксид сірки.* У результаті впливу на організм людини діоксиду сірки ( $\text{SO}_2$ ) та споріднених з нею сполук може виникати цілий ряд хронічних та гострих наслідків для здоров'я.

У газоподібній формі  $\text{SO}_2$  може викликати подразнення органів дихання, а у випадку короткотермінового впливу високих доз в залежності від індивідуальної чутливості може спостерігатися зворотній ефект на функцію легень.

Вторинний продукт  $\text{H}_2\text{SO}_2$  в основному здійснює свій вплив на функцію дихання. Такі його сполуки, як поліядерні аміачні солі та сульфат органічні речовини, здійснюють механічний вплив на альвеоли та, будучи легкорозчинними хімічними сполуками, вільно проникають через слизові оболонки дихальних шляхів в організм.

Було виявлено, що аерозолі твердих речовин, утворені при хімічній взаємодії молекул газів, що знаходяться в атмосфері (тобто вторинні домішки), асоціюються з багатьма ефектами на здоров'я.

Рекомендовані гігієнічні критерії щодо  $\text{SO}_2$  виглядають наступним чином: 500 мкг/м<sup>3</sup> для 10-хвилинної експозиції, 125 мкг/м<sup>3</sup> для 24-годинний період осереднення, 50 мкг/м<sup>3</sup> для експозиції за річний період осереднення [1]. Референтна концентрація RfC (добовий вплив хімічної речовини на протязі життя, що не призводить до виникнення неприйнятної ризику для здоров'я чутливих груп населення) для діоксиду сірки 50 мкг/м<sup>3</sup> (NAAQS американські національні стандарти якості атмосферного повітря).

Що стосується гігієнічного нормування в Україні, то гігієнічні критерії забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, представлені максимально-разовою та середньодобовою гранично допустимими концентраціями. Для діоксиду сірки ГДК<sub>м.р.</sub> = 500 мкг/м<sup>3</sup>, ГДК<sub>с.д.</sub> = 50 мкг/м<sup>3</sup> [2].

*Діоксид азоту.* Оксид азоту (NO) є завжди супутнім з двоокисом азоту; сполучення NO та NO<sub>2</sub> прийнято називати оксидами азоту (NO<sub>x</sub>).

При дуже високих концентраціях, що спостерігаються лише при серйозних аваріях на промислових підприємствах, експозиція по NO<sub>2</sub> може призвести до важкого та тяжкого ураження легень. Накопичені дані доводять, що експозиція по цьому забруднювачу у навколишньому середовищі може призводити як до гострих, так і до хронічних ефектів на здоров'я, особливо у чутливої частини населення, наприклад у астматиків.

NO<sub>2</sub> в основному відіграє роль окислювального агента, здатного порушити цілісність клітинних мембран та білків. При високих концентраціях можуть виникати гострі запалювальні процеси в області дихальних шляхів. Крім цього, при

короткостроковому впливі може проявлятися сприйнятливість до підвищеного ризику виникнення респіраторної інфекції.

У випадку гострої експозиції лише надто високі концентрації ( $>1880$   $\text{мкг/м}^3$ ) чинять негативний вплив на здорове населення; однак, особи з астмою або хронічним обструктивним захворюванням легень у більшому ступені сприйнятливі до більш низьких концентрацій. На основі найкращих доступних клінічних даних був встановлений погодинний гігієнічний критерій, що дорівнює  $200$   $\text{мкг/м}^3$  [1].

За даними епідеміологічних досліджень навколишнього середовища і токсикологічних дослідів над тваринами було встановлено, що тривала експозиція по  $\text{NO}_2$  може обумовити послаблення захисної реакції легень організму та призвести до виражених змін у структурі легеневої тканини. З цієї причини з метою попередження впливу таких хронічних ефектів на здоров'я населення в цілому був встановлений середньорічний критерій на рівні  $40$   $\text{мкг/м}^3$  [1]. Референтна концентрація  $\text{RfC}$  для діоксиду азоту  $40$   $\text{мкг/м}^3$  (WHO - всесвітня організація охорони здоров'я).

Що стосується гігієнічного нормування в Україні, то гігієнічні критерії забруднюючих речовин в атмосферному повітрі для діоксиду азоту  $\text{ГДКм.р.} = 85$   $\text{мкг/м}^3$ ,  $\text{ГДКс.д.} = 40$   $\text{мкг/м}^3$  [2].

*Оксид вуглецю.* В результаті зв'язування мон оксиду вуглецю (CO) гемоглобіном з утворенням карб оксигемоглобіну ( $\text{HbCO}$ ) здатність крові по доставці кисню знижується, а процеси зв'язування CO з іншими білками крові чинять прямий вплив на зміну функцій таких пригнічених при цьому органів і систем, як головний мозок, серцево-судинна система, скелетні м'язи, а також на розвиток плоду. При пікових концентраціях, що набагато перевищують звичайний рівень вмісту CO у навколишньому повітрі, настає смерть.

Рівень концентрації  $\text{HbCO}$  не повинен перевищувати 2,5%, щоб запобігати гострим приступам ішемічної хвороби серця у осіб середнього та похилого віку із встановленою або латентною формою коронарної хвороби серця і розвиток небажаної гіпоксії плоду вагітної жінки.

Рекомендовані гігієнічні критерії щодо CO:  $100$   $\text{мг/м}^3$  за 15 хвилин,  $60$   $\text{мг/м}^3$  за

30 хвилин,  $30 \text{ мкг/м}^3$  за 1 годину та  $10 \text{ мкг/м}^3$  за 8 годин [1]. Референтна концентрація RfC для оксиду вуглецю  $3000 \text{ мкг/м}^3$  (RTECS - реєстр токсичних ефектів хімічних сполук Національного інституту професійної безпеки та здоров'я США).

Що стосується гігієнічного нормування в Україні, то гігієнічні критерії забруднюючих речовин в атмосферному повітрі для оксиду вуглецю ГДКм.р.=  $5000 \text{ мкг/м}^3$ , ГДКс.д.= $3000 \text{ мкг/м}^3$  [2].

*Сажа.* Тверда, дрібнодисперсна, вуглецева сполука, яка утворюється в камерах згоряння в результаті піролізу та окисного крекінгу вуглеводнів та неуглеводневих домішок в тих зонах, де кисню недостатньо. Утворення сажі головним чином, залежить від організації процесу згоряння, якості розпилювання палива й однорідності складу суміші. Також, сажа представляє велику небезпеку для організму людини, так як виступає абсорбентом отруйних речовин (тобто зв'язує на своїй поверхні канцерогенні речовини (важкі метали, азбест, хром, бенз(а)пірен та ін.) та переносить їх до організму). Викиди сажі впливають на органи дихання та шкіру. Референтна концентрація RfC для сажі  $50 \text{ мкг/м}^3$  [3]. Що стосується гігієнічного нормування в Україні, то гігієнічні критерії забруднюючих речовин в атмосферному повітрі для сажі ГДКм.р.=  $150 \text{ мкг/м}^3$ , ГДКс.д.= $50 \text{ мкг/м}^3$  [2].

*Ванадій п'ятиоксид.* Викиди ванадію п'ятиоксиду чинять вплив на органи дихання. Референтна концентрація RfC для ванадію п'ятиоксиду  $0,07 \text{ мкг/м}^3$  публікації [4]. Що стосується гігієнічного нормування в Україні, то гігієнічні критерії забруднюючих речовин в атмосферному повітрі для сажі ГДКс.д.= $2 \text{ мкг/м}^3$  [2].

*Аерозолі PM 2.5, PM10.* На підставі проведених досліджень, у 2005 році ВООЗ був проведений останній перегляд рекомендацій щодо якості атмосферного повітря, відносно критеріїв гігієнічного нормування зважених часток в атмосферному повітрі, було представлено наступні величини, а саме для [26]:

TSP – середньорічна концентрація  $100 \text{ мкг/м}^3$ , середньодобова концентрація  $300 \text{ мкг/м}^3$ ;

PM10 – середньорічна концентрація  $20 \text{ мкг/м}^3$ , середньодобова концентрація

50 мкг/м<sup>3</sup>;

PM<sub>2,5</sub> – середньорічна концентрація 10 мкг/м<sup>3</sup>, середньодобова концентрація 25 мкг/м<sup>3</sup> (перевищення не повинно спостерігатися більше ніж 3 дні на рік);

Робота ТЕЦ-6 негативно впливає на всі компоненти біосфери: атмосферу, гідросферу та літосферу. Негативний вплив ТЕЦ на навколишнє природне середовище складний і включає як забруднення атмосферного повітря газовими й аерозольними викидами так і викиди теплової енергії в навколишнє середовище, забруднення ґрунтових вод тощо. Через негативний вплив енерговиробництва, яке постійно зростає, у багатьох регіонах уже сьогодні створилася небезпечна екологічна обстановка, основними ознаками якої можна вважати таке:

1. Повітряний басейн забруднено газовими й аерозольними викидами (CO<sub>2</sub>, поліциклічні ароматні вуглеводні, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, зола, сажа та інші). Усе це призводить до таких незворотних процесів, як руйнування озонового шару; виникнення парникового ефекту (селективне поглинання триатомними газами інфрачервоного випромінювання поверхні Землі); утворення «льодовикового» ефекту (накопичення в стратосфері дрібних твердих частинок, які відбивають сонячне випромінювання і визначають «недогрів» земної кулі).

2. Викиди теплової енергії в навколишнє середовище є причиною теплового забруднення, що призводить до зміни клімату в локальних енергонасичених районах і великих містах.

3. Забруднення ландшафту, знищення лісів, рослинності, диких тварин, плодоносного шару та ін., що впливає на безпеку життєдіяльності людей.

4. Акустичне (шум), електромагнітне й електростатичне забруднення навколишнього середовища.

Тому необхідно постійно проводити екологічний контроль діяльності об'єктів ТЕЦ-6, і зокрема відокремленого підрозділу «Теплова електроцентраль №6» та вживати відповідних природоохоронних заходів для зменшення негативного впливу станції на навколишнє природне середовище і здоров'я населення м.Києва і області в цілому.

### 3.3. Метод дослідження аерозольних частинок в атмосфері

Розробка методів моніторингу і контролю оптичних, мікро-фізичних і метеорологічних характеристик атмосфери має важливе значення для вивчення процесів і складу атмосфери.

Застосування класичних методів контролю повітря має велику кількість принципових недоліків, таких як: трудомісткість (для кожної вимірюваної компоненти свій метод і прилад), тривалість обробки проби, мала кількість і недоступність (як правило, висотних) точок спостереження. Все це обмежує можливість здійснення моніторингу забруднення великих об'ємів атмосфери тільки класичними методами. А такий моніторинг необхідний у великих промислових центрах, містах, регіонах для вирішення завдань метеорології, кліматології, трансграничного переносу забруднень, охорони навколишнього середовища тощо. Тому в залежності від специфіки завдання застосовуються лідарні системи.

Лідарні систем володіють сукупністю таких властивостей, як:

- експресність (можливість безперервного контролю в режимі реального часу);
- висока інформативність (можливість одержання масиву даних, які дозволяють виявляти основні закономірності забруднення міста, промислового району, заповідника тощо);
- висока просторова (до декількох метрів) роздільна здатність вимірюваних параметрів;
- далеко дія порядку метеорологічної дальності видимості (до 2-30 км.) по всьому об'єму контролю;
- неконтактність і скритність (інформацію про характер забруднення об'єму атмосферного повітря можна отримувати на великій відстані і без дозволу адміністрації виробництва).

Прилад, яким виконувався дослід - портативний вимірювач запиленості повітря Con Tec Personal Dust Monitor (Італія). Вміст зважених часток різного аеродинамічного діаметру (PM10, PM2,5) реєстрували за допомогою портативного аналізатора зважених часток Portable Fine Dust Monitoring Unit P-DustMonit.

Діапазон вимірювань  $0,001 - 1,0 \text{ мг/м}^3$ ;  $\delta = \pm 20,0 \%$ . Метеорологічний сенсор WS-600; температура  $0 - 100 \text{ оС}$ ,  $\Delta = +1 \text{ оС}$ ;  $\delta = \pm 10,0 \%$ .



Рис. 3.2. Прилад Personal Dust Monit

Лідар в загальному випадку складається з наступних основних частин: лазера, передавальної оптичної схеми, приймального телескопа, спектроаналізатора, фотоприймача і електронної вимірювальної системи. Імпульс лазерного випромінювання, сформований оптикою (телескопом або іншим об'єктивом для зменшення розсіювання променя), спрямовується на мішень.

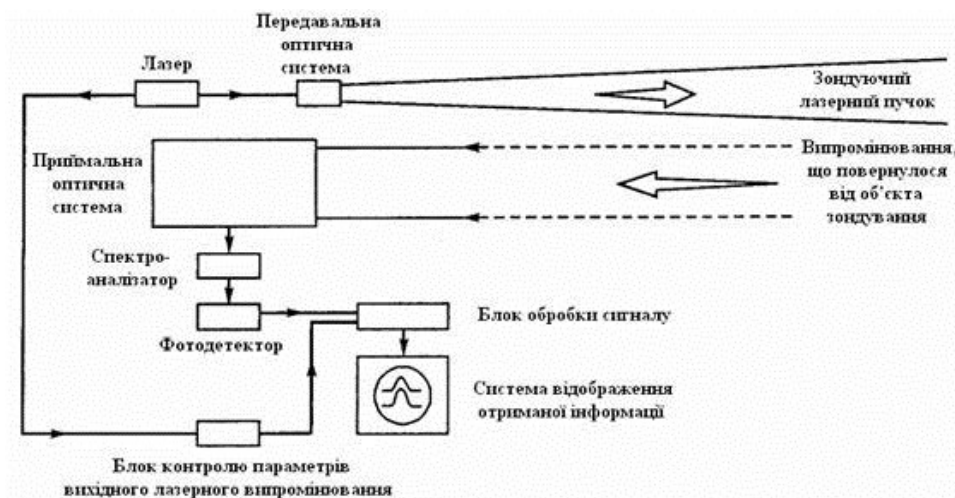


Рис. 3.3. Схема роботи лідарного приладу Personal Dust Monit



Частина лазерного випромінювання використовується для створення опорного сигналу і для контролю довжини хвилі в тих випадках, коли це необхідно. Опорний сигнал задає початок відліку часу, а його амплітуда – енергію лазерного імпульсу. Випромінювання, розсіяне мішенню назад, збирається приймальним телескопом і через спектроаналізатор потрапляє на фотоприймач. Вибір фотоприймача визначається спектральною областю вимірювань, яка залежить від використовуваного лазера і методу зондування. Електричний сигнал з фотоприймача обробляється вимірювальною системою по заданому алгоритму. Спектроаналізатор призначений для виділення інтервалу довжин хвиль, в якому проводяться вимірювання, і відсічки фонового випромінювання на інших довжинах хвиль. Він може бути виконаний у вигляді монохроматора, поліхроматора або вузькосмугового інтерференційного світлофільтру.

### **3.4. Оцінка метеорологічної ситуації поблизу ТЕЦ-6**

Однією із причин змін вмісту аерозолів у стовпі атмосфери над місцем спостереження є перенесення їх повітряними потоками. Для досліджень такого вітрового переносу аерозольних частинок створені спеціальні моделі руху повітряних мас і алгоритми розрахунків, які дозволяють обчислювати траєкторії переміщення елементарного (пробного) об'єму повітря протягом відносно тривалого проміжку часу (від годин до декількох днів). Ці методи широко використовуються в метеорології, кліматології, екології при дослідженнях процесів переміщення атмосферних домішок та виявлення напрямів і джерел їхнього надходження, див. напр. [22, 4, 5]. Одним із таких методів виявлення джерела надходження аерозолів у місце спостережень є так званий метод зворотних траєкторій, за яким траєкторія руху елементарного об'єму повітря обчислюється назад у часі починаючи від моменту спостережень.

Вихідними даними для проведення розрахунку забруднюючих речовин на досліджуваній території стали дані спостережень метеорологічної станції аеропорту м. Києва. За міжнародною класифікацією Міжнародної організації громадянської

авіації (ICAO) дана метеорологічна станція має код UKKK з номером Всесвітньої метеорологічної Організації (WMO) №33345. Розрахунок метеорологічних параметрів (передпроцесінг) був виконаний за допомогою програмного продукту RAMMET View v.5.7.0. компанії Lakes Environmental. Для передпроцесінгу було використано метеорологічні дані з інтервалом в одну годину та коефіцієнти, що є специфічними для даної території та характеризують специфіку вертикального перемішування нижніх шарів атмосфери.

За даними спостережень протягом 2019 р. У м. Києві (або 8 760 год.) штиль спостерігався протягом 9,44 % часу спостереження (або 827 год.), а середня швидкість вітру склала 3,3 м\с. Переважаючими напрямками вітру протягом 2019 року були східний [E] (361 год. або 4.10%) та північно-східний [SE] (382 год. або 4.4 %), які характеризувалися швидкістю від 4-5 м/с і 1.5-3 м/с.

Таблиця 3.1

Повторюваність напрямків та швидкостей вітру у годинах у 2019р.

	Швидкість вітру в м/с									разом
	0.5-1.5	1.5-3.0	3.0-4.0	4.0-5.0	5.0-6.0	6.0-7.0	7.0-8.0	8.0-11.1	>=11.1	
N	118	203	262	128	83	29	32	32	3	890
NE	214	382	268	174	90	55	26	21	1	1231
E	149	246	345	361	284	205	152	137	2	1881
SE	55	137	220	200	136	92	56	24	0	920
S	50	138	176	149	65	42	23	20	0	663
SW	62	140	159	163	111	35	33	22	0	725
W	160	206	151	129	76	47	16	10	0	795
NW	154	217	205	113	71	35	15	18	0	828
<b>разом</b>	962	1669	1786	1417	916	540	353	284	6	7933

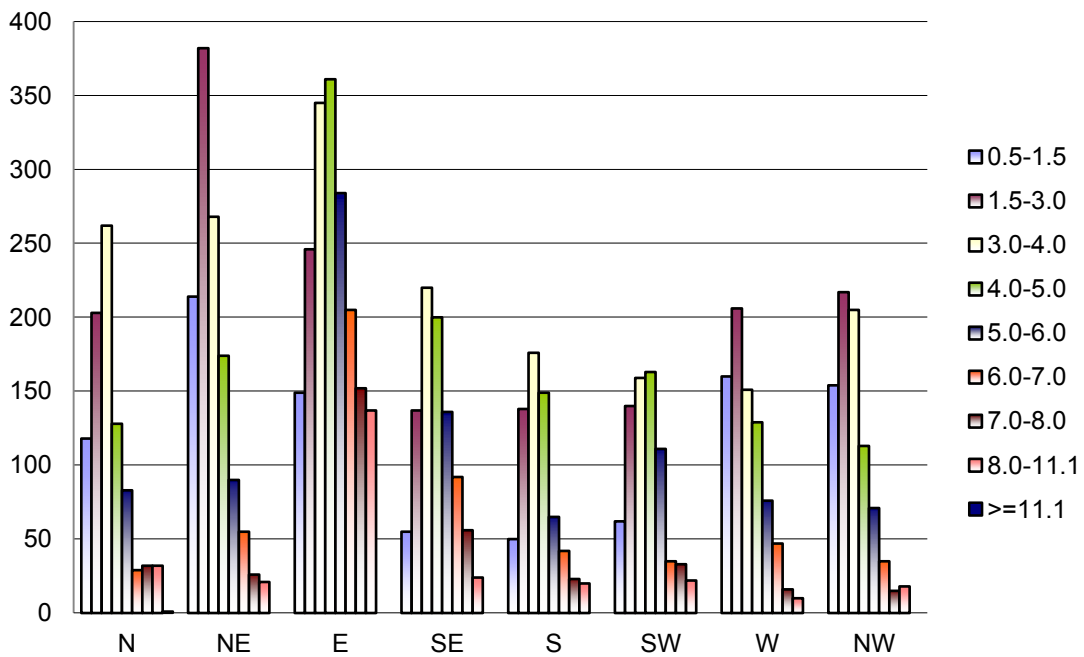


Рис. 3.4. Діаграма повторюваності напрямку та швидкості вітру протягом 2019 р. у м. Києві

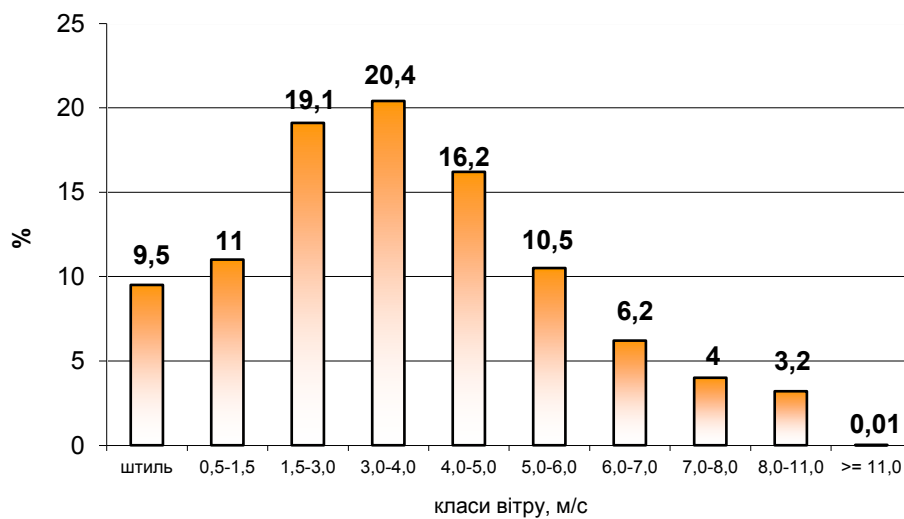


Рис. 3.5. Розподіл швидкостей вітру у м. Києві, %

На рис. 3.5. представлено загальнорічну розу вітрів, яка добре ілюструє переважаючі напрями вітру, які мали місце протягом року у м. Києві.

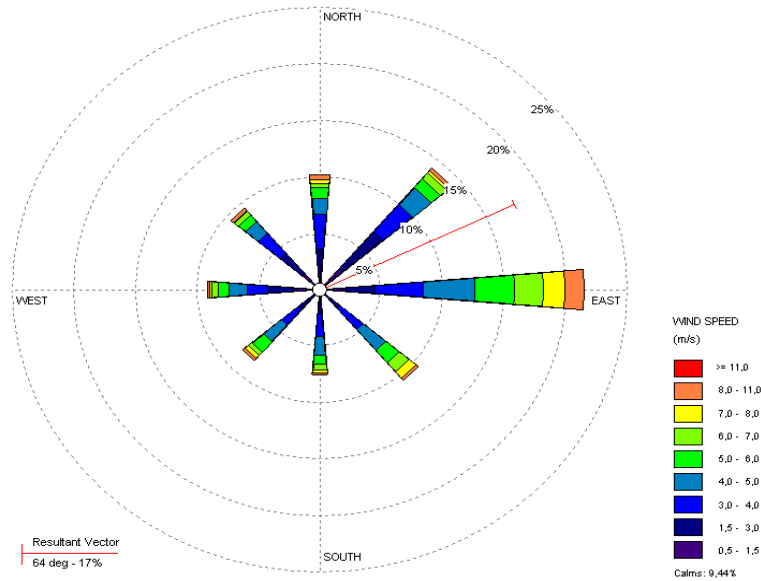


Рис. 3.5. Загальнорічна роза вітрів у м.Києві у 2019 р.

Класифікація різних метеорологічних станів атмосфери відносно можливості розсіювати та переносити забруднювачі (категорії стабільності атмосфери) поділяється за ключовими характеристиками, що визначають швидкість вітру, рівень сонячної інсоляції, хмарність та ін. В моделях ВООЗ стабільність атмосфери класифікується за Паскуїллом-Гіффордом-Тернером і представлена 6-ма категоріями стабільності від А до F (табл. 3.2).

Таблиця 3.2.

#### Категорії стабільності атмосфери

категорія стабільності	клас	природні стани	найбільш схожий період дня	найбільш схожа пора року
<b>A</b>	максимально нестабільний	сильна температурна нестабільність, яскраве сонце	від пізнього ранку до опівдня	весна-літо
<b>B</b>	середньо нестабільний	перехідні періоди, спокійне	денні переходи	протягом року

<b>C</b>	помірно нестабільний	перехідні періоди, незначне перемішування	денні переходи	протягом року
<b>D</b>	нейтральний	сильний вітер, суцільна хмарність, переходи день-ніч	денна та нічна хмарність, сильний вітер, світанок та захід	протягом року
<b>E</b>	помірно стабільний	перехідні періоди, нічні помірні вітри	нічні переходи	протягом року
<b>F</b>	середньо стабільний	чисте небо опівночі, дуже обмежене вертикальне перемішування	ніч з чистим небом, слабкий вітер	протягом року

Як видно з діаграми (рис.3.6.) майже більшу половину часу або 57,7 % атмосфера на даній території протягом 2019 р. знаходилася в нейтральному стані (D), майже однаковий час в помірному (E-11,1%), помірно нестабільному (C-9%) та середньостабільному (F-9,8%). Найменше часу атмосфера перебувала в середньо нестабільному стані (B – 2,9%).

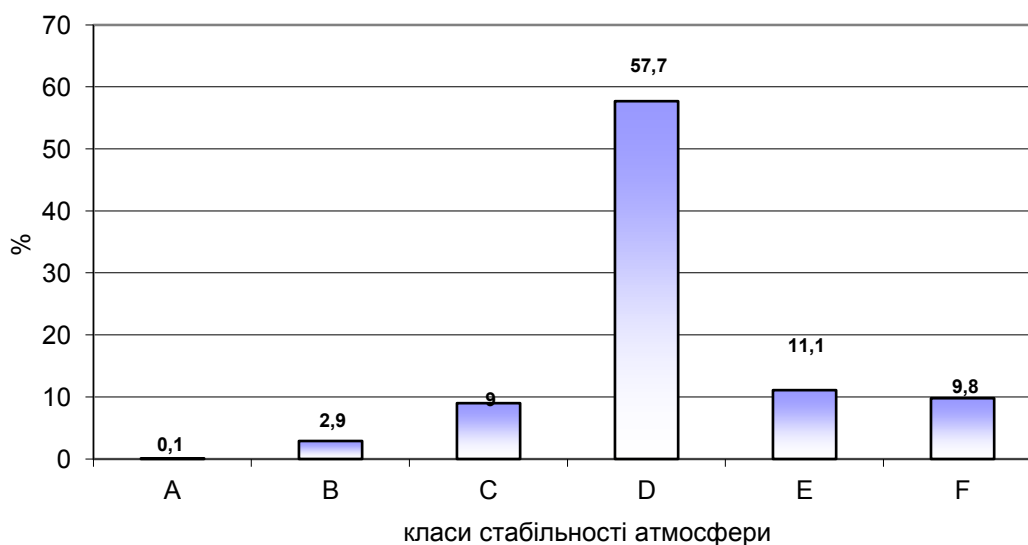


Рис. 3.6. Класи стабільності атмосфери у 2019 році у м. Києві.

**Весняний сезон.** За даними спостережень протягом весняного періоду 2019 р.

у м. Києві (березень, квітень, травень) (2 208 год.) штиль спостерігався протягом 6,2 % часу спостереження (136 год.). Середня швидкість вітру склала 3,54 м/с. Переважаючим був вітер східного напрямку [E] (392 год. або 17,8 %) з середньою швидкістю 4-5 м/с (71 год. або 3,2%). Досить часто спостерігалися також вітри північно-східного [NE] (89 год. або 4 %) та північно-західного [NW] (66 год. або 3 %) напрямків зі швидкістю 1,5-3 м/с.

Таблиця 3.3.

Повторюваність напрямків та швидкостей вітру протягом весняного сезону 2019 р. у годинах

	Швидкість вітру в м/с									разом
	0.5-1.5	1.5-3.0	3.0-4.0	4.0-5.0	5.0-6.0	6.0-7.0	7.0-8.0	8.0-11.1	>=11.1	
N	9	69	57	29	37	23	18	37	0	279
NE	8	43	41	44	43	28	19	28	2	256
E	8	32	48	40	46	30	32	23	1	260
SE	10	59	37	21	23	30	14	16	1	211
S	5	53	58	41	21	23	12	7	1	221
SW	15	63	81	40	32	19	11	5	0	266
W	13	59	78	43	34	26	28	24	0	305
NW	15	50	34	25	19	14	15	6	0	178
<b>разом</b>	83	428	434	283	255	193	149	146	5	1976

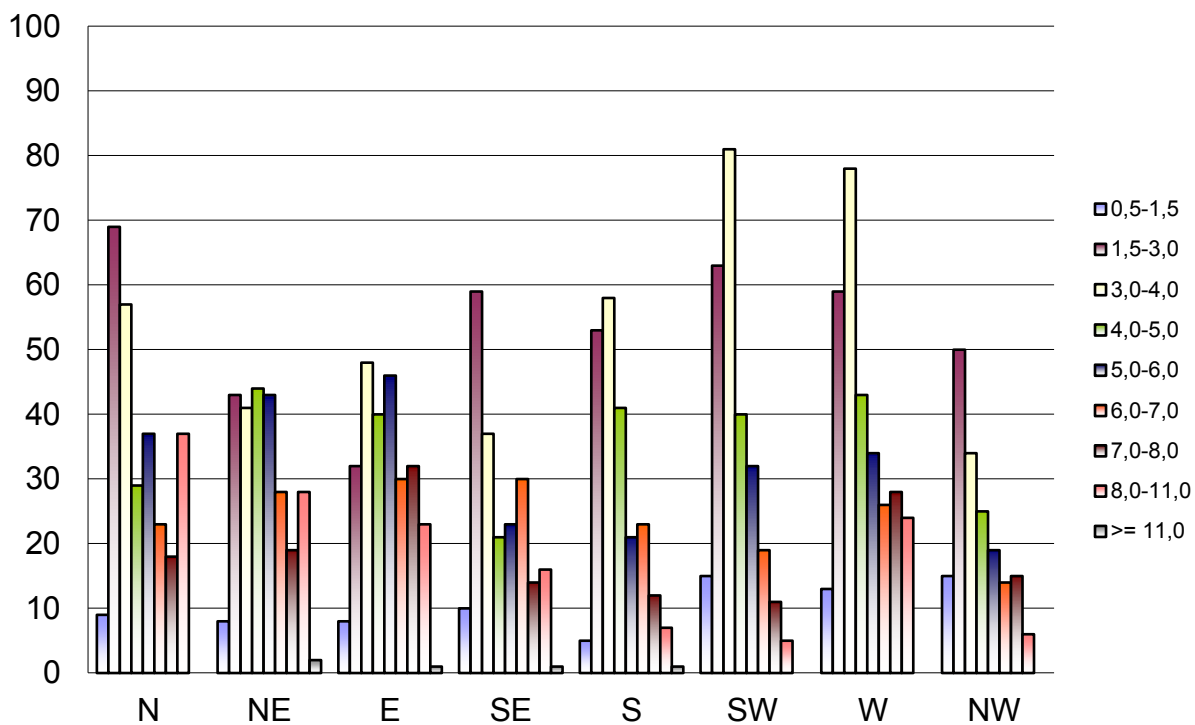


Рис. 3.7. Діаграма повторюваності напрямку та швидкості вітру протягом весняного сезону 2019 р. . у м. Києві

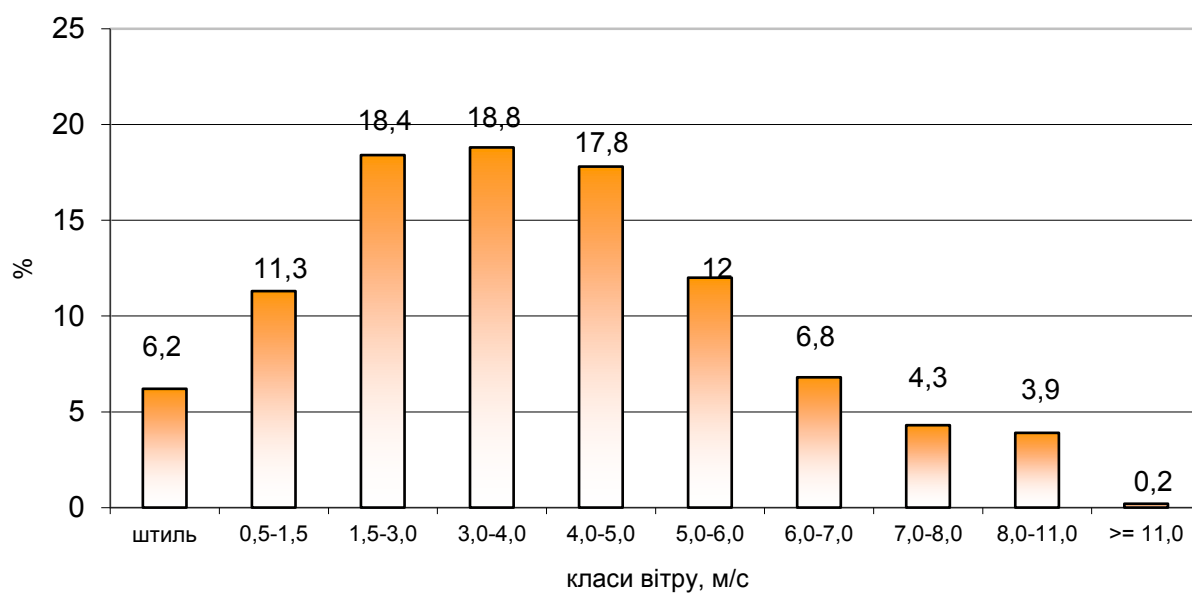


Рис. 3.8. Розподіл швидкостей вітру за весняний сезон 2019 р., %

На рис. 3.9 представлено розу вітрів, яка добре ілюструє переважаючі напрямки вітру протягом весняного періоду у м. Києві у 2019 році.

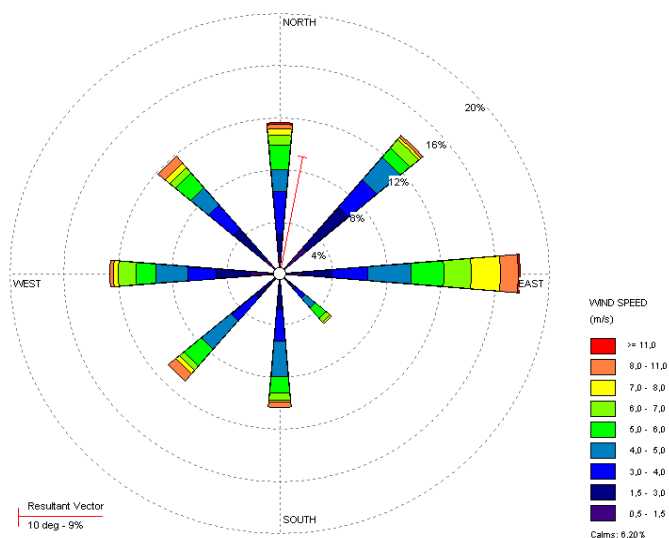


Рис. 3.9. Роза вітрів для весняного сезону 2019 р.

Користуючись таблицею класифікації класів стабільності атмосфери за Паскуїлло-Гіффордом-Тернером (таблиця 3.2), були визначені домінуючі класи стабільності атмосфери протягом весняного сезону 2019 р.

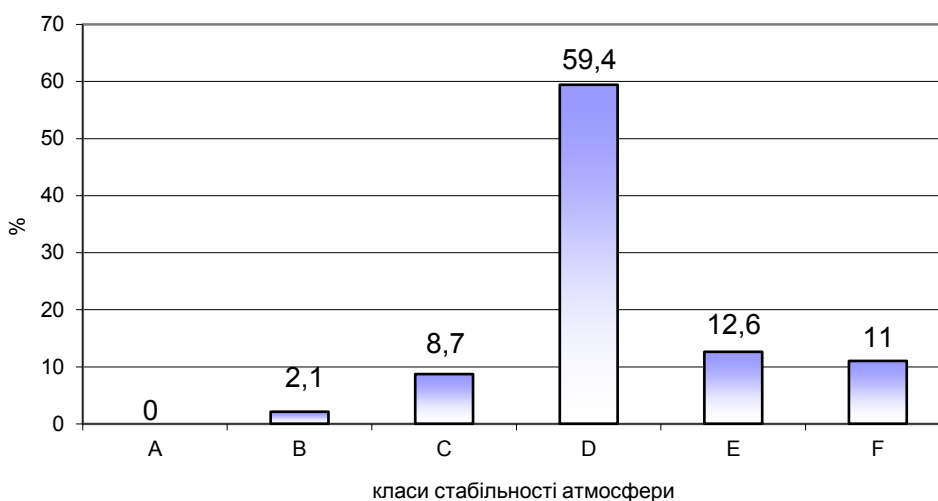


Рис. 3.10. Класи стабільності атмосфери за весняний сезон 2019 р., %

Як видно з діаграми (рис.3.10) більшу половину часу або 59,4% атмосфера на даній території протягом весняного сезону 2019 р. знаходилася в нейтральному стані (D), значно менше часу – в помірностабільному (E-12,8%) та середньостабільному



(F-11.0%), та помірно нестабільному (С-8.7%). Найменше часу атмосфера перебувала в середньонестабільному (В-2.1%).

**Літній сезон.** За даними спостережень протягом літнього періоду 2019 р. у м. Києві (червень, липень, серпень) (2 208 год.) штиль спостерігався протягом 16.94% часу спостереження (374 год.). Середня швидкість вітру склала 2.75 м/с. Переважаючим був вітер східного напрямку [E] (75 год. або 3.4%) з середньою швидкістю вітру від 4-5 м/с. Досить часто спостерігалися також вітри північно-східного напрямку [NE] (66 год. або 3%) зі швидкістю 1.5-3 м/с. (таблиця 5 та рис. 13, 14).

Таблиця 3.4.

Повторюваність напрямків та швидкостей вітру протягом літнього сезону 2019 р. у годинах

	Швидкість вітру в м/с									разом
	0.5-1.5	1.5-3.0	3.0-4.0	4.0-5.0	5.0-6.0	6.0-7.0	7.0-8.0	8.0-11.1	>=11.1	
N	10	30	16	12	9	14	4	5	0	100
NE	11	36	42	28	26	20	6	9	0	178
E	13	44	38	31	32	21	12	4	0	195
SE	9	91	103	68	59	32	28	14	0	404
S	13	52	99	69	39	19	6	4	0	301
SW	21	76	145	101	52	39	24	5	0	463
W	13	74	70	49	24	10	7	2	0	249
NW	13	27	18	13	4	2	2	0	0	79
<b>разом</b>	103	430	531	371	245	157	89	43	0	1969

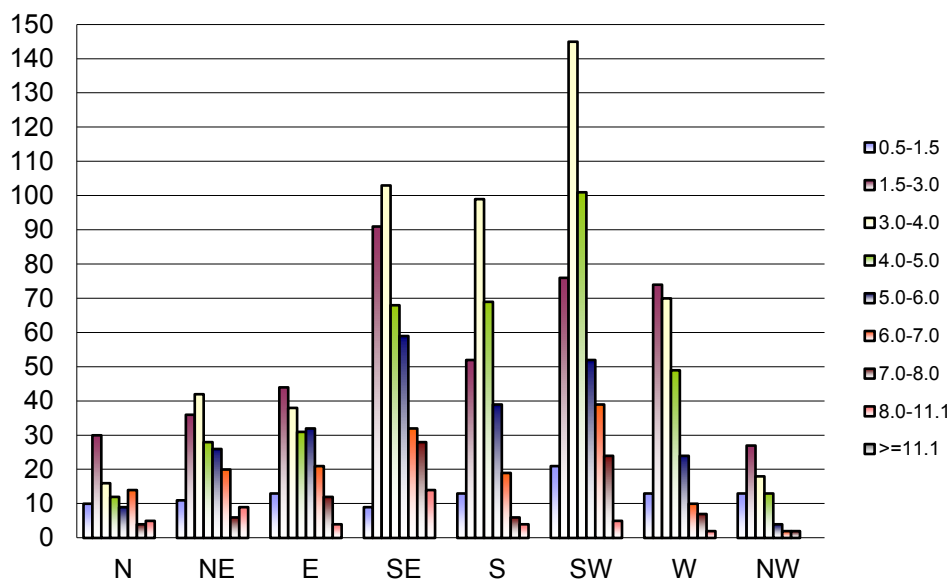


Рис. 3.11. Діаграма повторюваності напрямку та швидкості вітру протягом літнього сезону 2019 р. у м. Києві

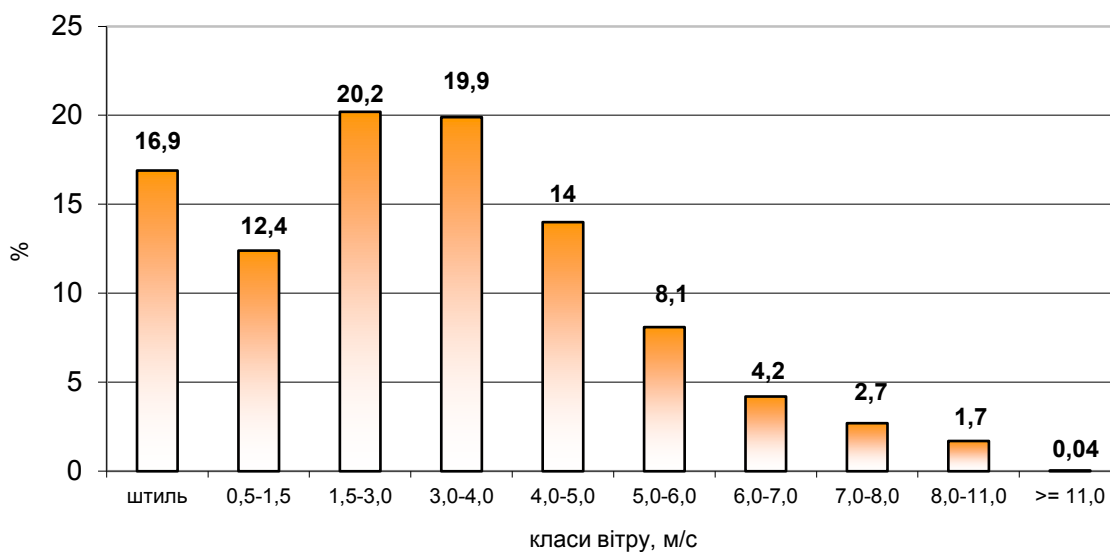


Рис. 3.12. Розподіл швидкостей вітру за літній сезон 2019 р., %

На рис. 3.13. представлено розу вітрів, яка добре ілюструє переважаючі напрямки вітру протягом літнього періоду у м. Києві у 2019 році.

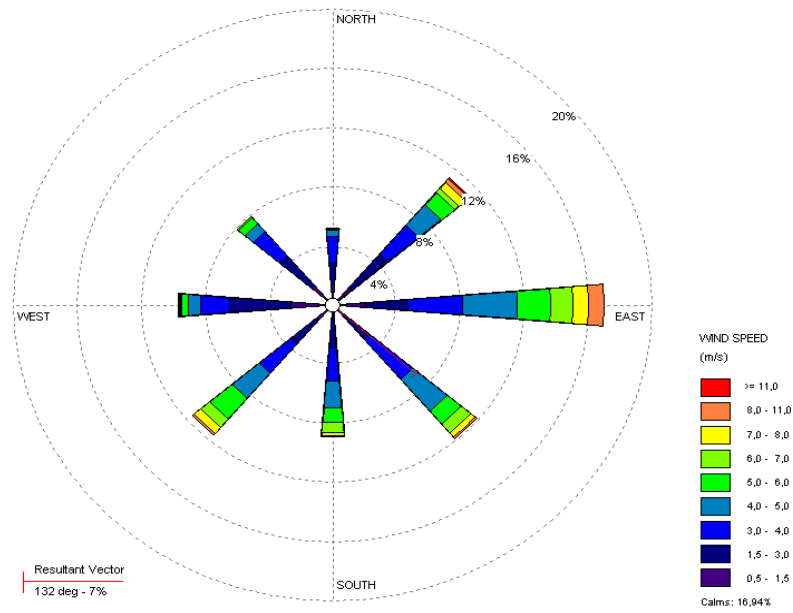


Рис. 3.13. Роза вітрів для літнього сезону 2019 р.

Користуючись таблицею класифікації класів стабільності атмосфери за Паскуїлло-Гіффордом-Тернером (таблиця 3.2), було визначено домінуючі класи стабільності атмосфери протягом літнього сезону у м. Києві у 2019 р. (рис.3.14).

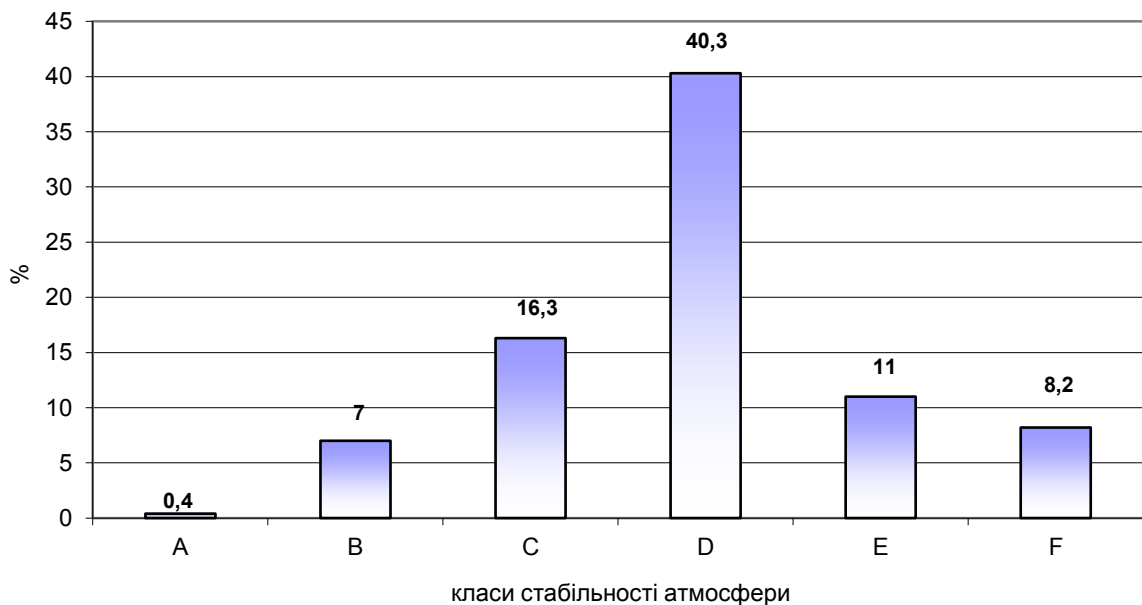


Рис. 3.14. Класи стабільності атмосфери за літній сезон 2019 р., %

Як видно з діаграми (рис.3.14) більшу половину часу або 40.3% атмосфера на даній території протягом літнього сезону 2019р. знаходилася в нейтральному стані (D), значно менше часу – в помірнонестабільному (C-16.3%), помірностабільному (E-11%) та середньостабільному (F -8.2%). Найменше часу атмосфера перебувала в середньонестабільному (B–7%) та максимально нестабільному (A-0.4%) станах.

**Осінній сезон.** За даними спостережень протягом осіннього періоду 2019р. (вересень, жовтень, листопад) (2 184 год.) штиль спостерігався протягом 9.94% часу спостереження (217 год.). Середня швидкість вітру склала 3.05 м/с. Переважаючим був вітер східного напрямку [E] (516 год. або 23.6%) з середньою швидкістю вітру від 3-4 м/с (118 год. або 5.4%). Досить часто спостерігалися також вітри північного напрямку [N] (119 год. або 5.4%) зі швидкістю від 3-4 м/с. На рисунку 19 наведено розу вітрів для осіннього сезону 2019р.

Таблиця 3.5.

Повторюваність напрямків та швидкостей вітру протягом осіннього сезону 2019 р. у годинах

	Швидкість вітру в м/с									
	0.5-1.5	1.5-3.0	3.0-4.0	4.0-5.0	5.0-6.0	6.0-7.0	7.0-8.0	8.0-11.1	>=11.1	разом
N	34	98	119	60	27	4	0	0	0	342
NE	61	103	69	41	16	8	4	2	0	304
E	37	73	118	100	67	51	30	40	0	516
SE	14	32	57	50	33	23	23	10	0	242
S	12	31	36	20	9	6	3	2	0	119
SW	13	24	23	21	18	5	7	3	0	114
W	46	37	37	12	6	2	0	0	0	140
NW	48	57	63	19	1	1	1	0	0	190
<b>разом</b>	265	455	522	323	177	100	68	57	0	1967

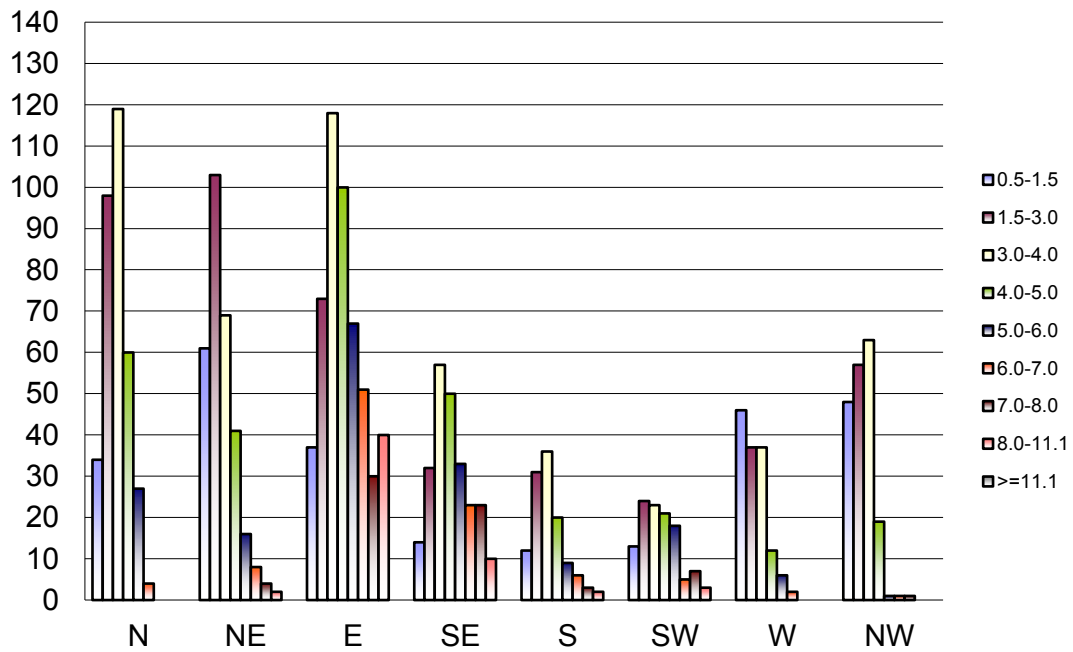


Рис. 3.15. Діаграма повторюваності напрямку та швидкості вітру протягом осіннього сезону 2019 р. у м. Києві

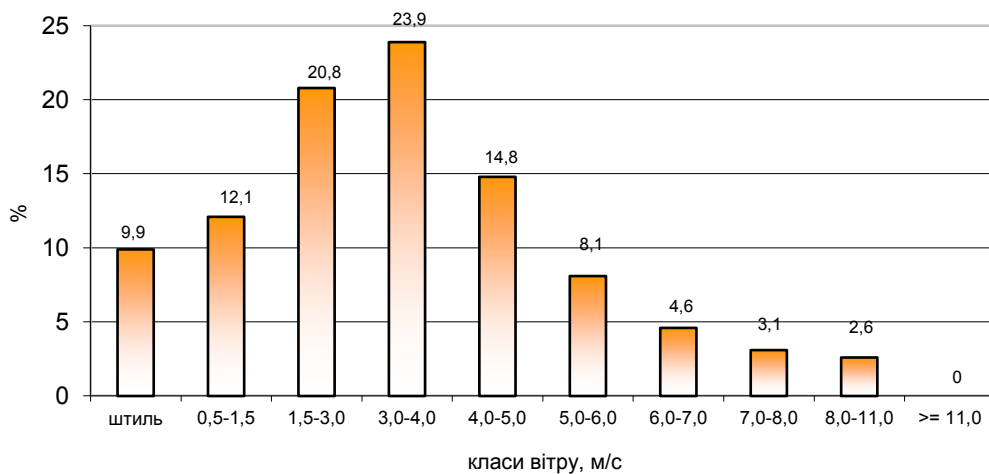


Рис. 3.16. Розподіл швидкостей вітру за осінній сезон 2019 р., %

На рис. 3.17. представлено розу вітрів, яка добре ілюструє переважаючі напрямки вітру протягом осіннього періоду 2019 року.

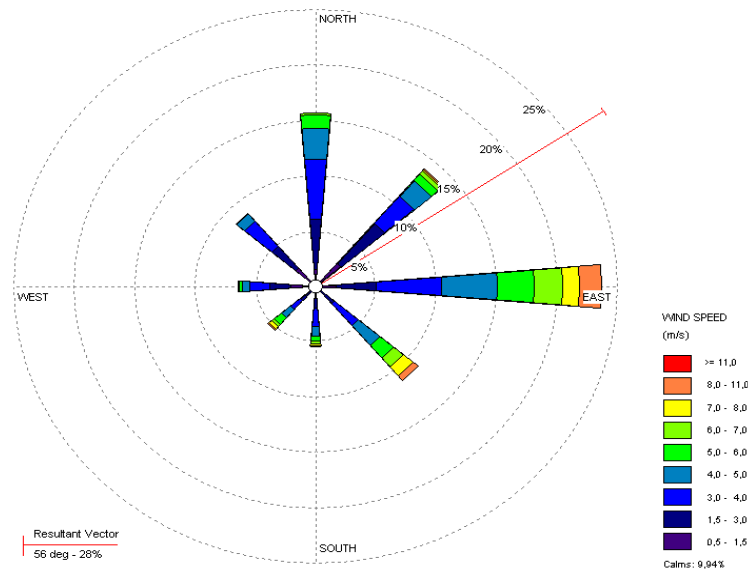


Рис. 3.17. Роза вітрів для осіннього сезону 2019 р.

Користуючись таблицею класифікації класів стабільності атмосфери за Паскуїлло-Гіффордом-Тернером (таблиця 2), було визначено домінуючі класи стабільності атмосфери протягом осіннього сезону 2019 р. (рис. 3.18.).

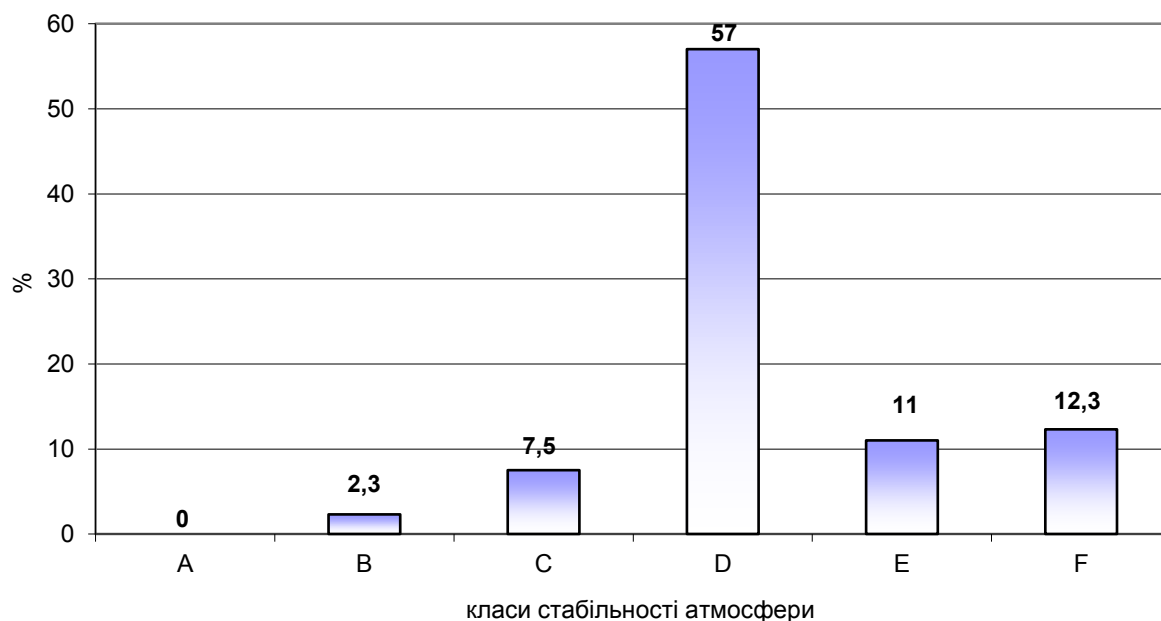


Рис. 3.18. Класи стабільності атмосфери за осінній сезон 2019 р., %

Як видно з діаграми (рис. 3.18) більшу половину часу або 57% атмосфера на

даній території протягом осіннього сезону 2019 р. знаходилися в нейтральному стані (D), значно менше часу – в середньостабільному (F –12.3%) та помірностабільному (E-11%)., Найменше часу атмосфера перебувала в помірнонестабільному (C-7.5%) та середньонестабільному (B–2.3%) станах.

Метеорологічні умови є одним з визначальних чинників, що мають вплив на розповсюдження забруднюючих речовин на досліджуваній території. Варіації метеорологічних параметрів (тиск, хмарність, атмосферна вологість, температура, швидкість вітру та ін.) впливають на формування специфічних станів атмосфери, класи стабільності атмосфери, які визначають умови поширення забруднювачів. Можливість найгіршого варіанту розвитку ситуації складається тоді, коли високі концентрації викидів припадають на маловітряний період, який характеризується класами стабільності атмосфери F та E (11,1% та 9,8% протягом року). Періоди сильних вітрів, клас D (57,7% протягом року), сприяють активній дисперсії та поширенню забруднюючих речовин на значні відстані.

Оскільки на території м. Києва у 2019 році переважаючими напрямками вітру були східний [E] та північно-східний [NE] у поєднанні з нейтральним класом стабільності атмосфери D, то забруднюючі речовини від стаціонарних джерел викидів будуть поширюватися у відповідному напрямку.

### **3.5. Характеристика рельєфу розташування ТЕЦ-6**

У геологічному відношенні м. Київ з прилеглими до нього територіями розташований у зоні стику двох регіональних структур північно-східного схилу Українського щита та південно-західного борту Дніпровсько-Донецької западини. Межею між ними слугує Дніпровська зона розломів північно-західного простягання. Осадкові породи, що залягають над кристалічним фундаментом, складені пісками, глинами, мергелями.

Вихідними даними для побудови цифрової моделі рельєфу (ЦМР) був набір топографічних даних GTOPO30 - E020N90. Інструментом Terrain Processing програми ISC-Aermod цей набір даних було зконвертовано в картографічну проекцію WGS84 проекції UTM 36N, яка відповідає картографічному фото

зображенню території дослідження.

Висотні відмітки рельєфу для даної території коливаються в межах від 86 м до 135,6 м над рівнем моря (рис. 3.19).

Висотні відмітки для стаціонарних джерел викидів на промайданчику досліджуваного об'єкту (ТЕЦ-6) вивчення склали від 92,16 до 99,37 м над рівнем моря.



Рис. 3.19. Рельєф території дослідження

Положення стаціонарних джерел викидів забруднюючих речовин було уточнено за допомогою даних дистанційного зондування поверхні Землі (ДЗЗ) високої роздільної здатності, зокрема Quick Bird, які повністю задовольняють своєю, як якістю так і точністю.



### 3.6. Розрахунки концентрації аерозолів в зоні ТЕЦ-6 та аналіз отриманих результатів

Зважаючи на викладене у попередніх розділах, у контексті рішення задач оцінки експозиційних навантажень, обумовлених забрудненням атмосфери, враховуючи дані метеорологічних спостережень, топографії та характеристики землекористування на досліджуваній території для розрахунку концентрацій була використана програма ISCST3 Aermод.

В результаті проведених розрахунків середньорічних, добових та годинних концентрацій аерозолів на досліджуваній території в приземному прошарку атмосфери для основних забруднювачів ТЕЦ-6 атмосферного повітря: діоксиду азоту, оксиду вуглецю, сірчистого ангідриду, сажі та ванадію п'ятиоксиду, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> були отримані наступні рівні експозиційних навантажень.

Мінімальна середньодобова концентрація (табл. 3.6) для аерозолу PM<sub>2,5</sub>, яка спостерігалася на досліджуваній території склала 21,5 мкг/м<sup>3</sup>, максимальна 30,4 мкг/м<sup>3</sup>. Отримані значення концентрацій перевищують критерії гігієнічного нормування зважених часток в атмосферному повітрі.

Таблиця 3.6.

Середньодобова концентрація аерозолів PM<sub>2,5</sub> та PM<sub>10</sub>

Назва речовини	ГДК с.д., мкг/м <sup>3</sup>	Концентрація забруднюючої речовини			
		Середньодобова			
		мкг/м <sup>3</sup>		Частка ГДК	
		min	max	min	max
PM <sub>2,5</sub>	25	21,5	30,4	0,01	0,0008
PM <sub>10</sub>	50	46,3	59,4	0,010	0,0008

На рис. 3.20 зображена динаміка концентрацій аерозолів PM<sub>2,5</sub> протягом всього часу дослідження.

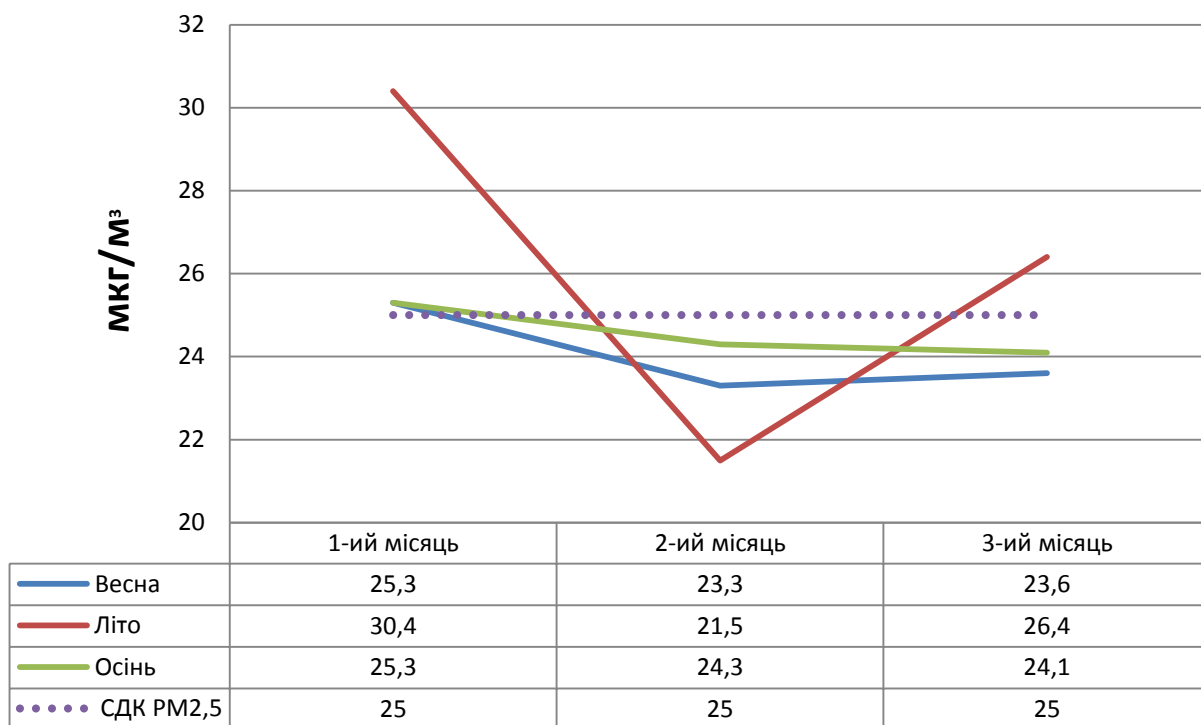


Рис. 3.20. Динаміка аерозолей PM2,5 протягом року на досліджуваній території

На рис. 3.21. зображена динаміка концентрацій аерозолей PM10 протягом всього часу дослідження.

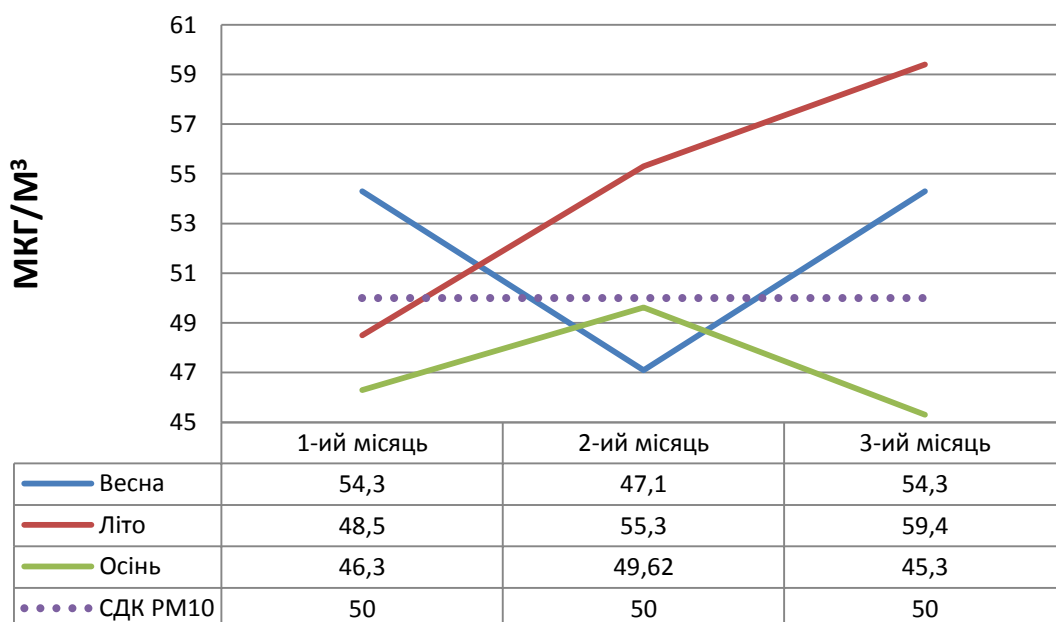


Рис. 3.21. Динаміка аерозолей PM10 протягом року на досліджуваній території

Використання середньомісячних значень полегшує аналіз і виявлення особливостей динаміки аерозолію на тривалих проміжках часу. Зокрема з рис.3.20 та 3.21 видно, що існує сезонна закономірність у змінах вмісту аерозолів над ТЕЦ-6, а саме його зростання у весняно-літній період і зменшення протягом осені-зими. Причина цього очевидна – улітку у атмосферу надходить значно більше аерозольних частинок як природного (біологічного походження, головним чином унаслідок горіння рослинності, пилок) і антропогенного (пил від транспорту, сільськогосподарських робіт і т.п.). Як правило спостерігаються два “пікових” періоди: весна (квітень-травень) і друга половина літа (липень-серпень). Характерною особливістю Києва є те, що весняний “пік” як правило перевищує літній, лише у 2018 р. ця закономірність порушилася – вміст аерозолію у серпні був значно вищим, ніж навесні.

Можна зазначити, що при безвітряній погоді концентрація мікропилу зростає. Заміри проводились під самою ТЕЦ-6 і виявили перевищення по РМ 2,5 та РМ10. Також, можна зробити висновок, що золу постійно потрібно зволожувати, бо її може розносити вітром на ближні міста, зокрема Київ. Також привернули увагу вагони на які відгружають золу. Вони не захищені від розвіювання золи вітром, тому при перевезенні можуть добре напилити.

При комплексній оцінці впливу зазначених аерозолей виникає ймовірність виникнення шкідливих ефектів для здоров'я населення, що не підпадає під експозицію ТЕЦ-6, пропорційно зростанню розрахункового коефіцієнту на досліджуваній території, що потребує додаткових досліджень на етапах повної оцінки території.

Таким чином, на підставі аналізу проектних та розрахункових матеріалів встановлено, що діяльність ТЕЦ-6 за проведеними розрахунками на досліджуваній території створює у вибраних контрольних точках від джерел викидів підприємства рівнів забруднення атмосферного повітря вище гігієнічних нормативів.

### **3.7. Рекомендації для зменшення впливу роботи ТЕЦ-6 на населення Кисва**

1. Реконструкція ТЕЦ-6 з установкою котлоагрегатів з технологією спалювання в циркулюючому киплячому шарі (ЦКШ) замість котлів ТПП-312 в комірці існуючого блоку.

Крім котлоагрегату необхідно виконати:

1.1 Реконструкцію турбіни з системою регулювання, що відповідає світовим стандартам;

1.2 Заміну генератора на модернізований, який забезпечує номінальну електричну потужність 320-360 МВт;

1.3 Установку вискоелективних електрофільтрів, що дозволить понизити вміст золи у виносках до 50 мг/нм.куб;

1.4 Заміну автоматичної системи керування технологічними процесами енергоблоку на оновлену, яка забезпечить контроль, захист, управління і регулювання агрегатів і механізмів блоку за допомогою сучасних програмних цифрових систем автоматичного управління процесами і реєстрацію подій з центральним обслуговуванням на моніторі.

Така реконструкція дозволить отримати:

- подовження ресурсу енергоблоків на 15-20 років;
- підвищення потужності блока на 20-60 МВт;
- швидкість зміни навантаження в регульовальному режимі 6% за хвилину;
- величину витрат умовного палива на відпущений кіловат електроенергії не вище 345 г.у.п/кВт год;
- підвищення ККД енергоблоку в цілому близько 4-6%;
- зменшення викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище до рівня Європейських норм.

1.5. Переведення ТЕЦ-6 на спалювання бурого вугілля в котлах типу ЦКШ

2. Використання вапняку в якості сорбенту. З метою збільшення поверхні реагування, оскільки  $SO_2$  зв'язується не карбонатом кальцію, а оксидом  $CaO$  або

гідрооксидом кальцію  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , частинки вапняку при попаданні в котел піддаються термічному розкладу (кальцинації) з утворенням частинок негашеного вапна  $\text{CaO}$ . Час кальцинації становить близька 0,5 с. Надалі протікає процес хімічного зв'язування молекул  $\text{SO}_2$  на поверхні частинок вапна.

3. Регулювання процесом очищення за рахунок подачі сорбенту в камеру золоочисної установки.

4. Регулювання роботою котлоагрегату та сухих електрофільтрів без введення сторонніх компонентів;

5. Забезпечення сіркоочищення безпосередньо в скруберах та мокрих електрофільтрах;

6. Виключення попадання вологи в сухі електрофільтри;

7. Підвищення ступеня очищення двоступеневою установкою при вловлюванні твердих частинок.

8. При встановленні концентратора вловлений в установці продукт можливо реалізувати підприємствам будіндустрії, а частину води повернути в процес без відправлення на золовідвал.

9. Ліквідація пиління золовідвалу.

10. Контроль викидів золи, оксидів сірки та азоту у відхідних димових газах.

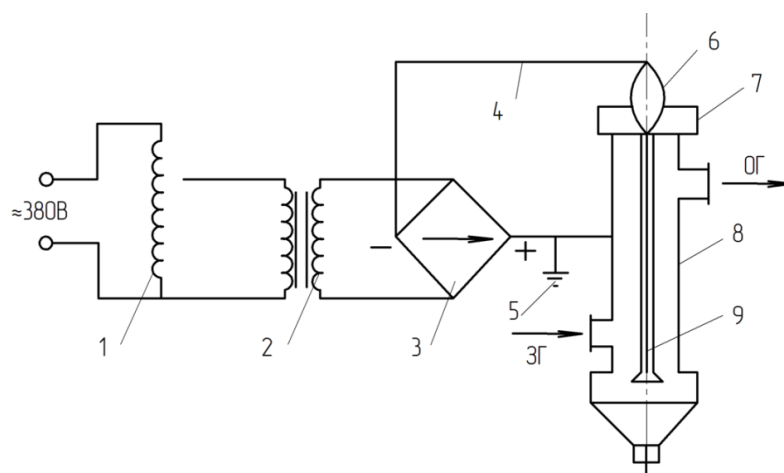


Рис. 3.22. Схема електрофільтраційної установки:

1 – регулятор напруги; 2 – підвищувальний трансформатор; 3 – високовольтний випрямляч; 4 – високовольтний, кабель; 5 – заземлення; 6 – ізолятор; 7 – електрофільтр; 8 – осаджувальний електрод; 9 – коронувальний електрод

### 3.8. Висновки до розділу

Отже, за результатами виконаної роботи можна зробити наступні висновки:

1. Найбільшими джерелами аерозольного забруднення атмосфери в області є ТЕС-6 у м.Київ. Згідно даних Державної установи "Інститут гігієни та медичної екології ім О.М.Марзєєва Національної академії медичних наук України" викиди ТЕЦ-6 становлять понад 70 % від викидів усіх стаціонарних джерел області. Крім газового забруднення, спостерігається постійне "запилення" повітряного середовища, внаслідок збагачення його аерозолями.

2. Досліджено аерозольне забруднення приземного шару атмосферного повітря на території ТЕЦ-6 та її золошлаковідвалу у м. Київ. Проведено вимірювання концентрації дрібнодисперсних фракцій аерозолів (PM10 і PM2.5 та інші)

3. Проведений розрахунок розсіювання для атмосферних поллютантів (азоту оксиду, ангідриду сірчастого, вуглецю оксиду, ванадію п'ятиоксиду, аерозолей PM2,5 та PM10), характерних для діяльності підприємства ТЕЦ № 6 м. Києва.

4. На території м. Києва у 2019 році переважаючими напрямками вітру були східний [E] та північно-східний [NE] у поєднанні з нейтральним класом стабільності атмосфери D, то забруднюючі речовини від стаціонарних джерел викидів будуть поширюватися у відповідному напрямку.

5. Висотні відмітки для стаціонарних джерел викидів на промайданчику досліджуваного об'єкту (ТЕЦ-6) вивчення склали від 92,16 до 99,37 м над рівнем моря.

6. Згідно з проведеними розрахунками, Діяльність ТЕЦ-6 на досліджуваній території у вибраних контрольних точках від джерел викидів підприємства створює рівень забруднення атмосферного повітря вище гігієнічних нормативів.

7. Розроблені природоохоронні заходи і рекомендації з метою запобігання впливу техногенних аерозолів на здоров'я населення.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 4.1. Перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Для осіб, що проводять оцінку аерозольного забруднення методом відбору проб (ДСТУ EN 12341:2018 (EN 12341:2014, IDT) Атмосферне повітря. Стандартний гравіметричний метод вимірювання масової концентрації аерозольних частинок PM10 або PM2,5), виділяють небезпеку ймовірності осадження частинок в дихальних шляхах, яка залежить від середньої ймовірності осадження вдихнутої частки певного діаметру на якій-небудь ділянці дихальних шляхів. Загальна ймовірність осадження складається із суми ймовірностей осадження частинок в конкретній області дихальних шляхів. Зазвичай виділяють три головні анатомічні області:

- екстраторокальну область, в якій відбувається осадження в носових проходах, в роті, гортані і глотці;
- трахеобронхіальна область, що складається з трахеї і бронхів, з яких обкладені частки віддаляються циліарним впливом;
- альвеолярну область, що охоплює дихальні бронхіоли, альвеолярні ходи і альвеоли.

Місце і інтенсивність осадження частинок в дихальних шляхах людини визначаються механізмами фізичних процесів, а також морфологічними і фізіологічними параметрами дихальних шляхів суб'єкта, який вдихає частки.

Історично склалося, що вплив аерозолів характеризували масовою концентрацією часток, пов'язаної з характерним фракційним складом, відповідним різним областям осадження в респіраторній системі. Однак є докази того, що знання однієї тільки масової концентрації не забезпечує виявлення відповідних ризиків для здоров'я, пов'язаних з вдиханням деяких аерозолів. Багато токсикологічні дослідження свідчили, що при вираженні дози речовин через масу деякі

ультрадрібні вдихувані нерозчинні частинки можуть бути більш токсичними, ніж більші аналогічного складу [4] - [11]. Результати епідеміологічних досліджень аерозолів в навколишнє середовище з початку 1990-х рр. показали, що частинки розміром менше 2,5 мкм небезпечніше для здоров'я населення, ніж частинки розміром менше 10 мкм, при вираженні дози по масі [12] - [22].

Хоча в даний час вплив вдихання дуже дрібних частинок на здоров'я працівників промислових підприємств вивчено мало, є підстави вважати, що вплив, пов'язаний з вдиханням таких частинок буде більше, ніж могла б показати його оцінка на основі маси [23], [24]. При спільному розгляді цей факт вказує на наявність ризику для здоров'я працівників промислових підприємств при вдиханні аерозолів, ступінь якого залежить від розміру часток і не може бути відповідним чином охарактеризована тільки за допомогою масової концентрації.

Швидкість осадження залежить від розміру частки і структури турбулентного прикордонного шару потоку біля поверхні. При невеликому розмірі частинок і в застійному повітрі дифузний прикордонний шар утворюється тільки за рахунок броунівського руху частинок. Градієнт змісту в цьому випадку більш рівний в порівнянні із середнім градієнтом змісту, що виникають в турбулентних умовах. В даному випадку завихрення турбулентного потоку проникають в ламінарний прикордонний шар випадково, переносячи частки ближче до стін, таким чином, зменшуючи відстань, на якому частинки могли бути захоплені броунівський дифузією перед тим, як досягти стіни. З цієї причини швидкість осадження частинок буде більше для турбулентного потоку повітря.

Однак в цілому для наночастинок (і ультрадрібних частинок) буде характерна дуже низька швидкість осадження на поверхнях. Таким чином, один раз потрапивши в повітря, наночастинок в робочій зоні будуть довго в ньому перебувати.

Застосування альтернативних показників впливу аерозолів необхідно розглядати в тих випадках, коли між впливами на здоров'я і властивостями аерозолу існують інші взаємозв'язки, крім залежності від масової концентрації. Деякі з цих діючих величин важко виміряти прямим методом, і може знадобитися їх визначення шляхом оцінки інших легко вимірюваних величин. Застосування більшості методів



обмежена тривалістю проведення вимірювань, наприклад, робочої зміни. Більш того, більшість наявних засобів вимірювальної техніки і пристроїв відбору проб не зовсім придатні для використання в якості індивідуальних пристроїв.

Оскільки оцінку впливу на конкретного працівника переважно проводять за даними, отриманими з використанням стаціонарних пробовідбірників, повинні бути враховані деякі фактори до і під час проведення оцінки впливу. У таблиці 4.1 наведені ці фактори і приклади придатних приладів.

Таблиця 4.1.

Фактори, що розглядаються до і під час проведення відбору проб

Фактор	Мета	Кошти
Джерело	Ідентифікація та визначення місцезнаходження в робочій зоні одного / декількох джерела(ів) освіти наноаерозолей або ідентифікація аерозолів, що потрапляють в робочу зону з навколишнього середовища для вибору місць(а) відбору проб	Конденсаційні лічильники частинок (CPC); реєстрація спостережень за діяльністю, що приводить до виділення наноаерозолей
Умови вентиляції	Реєстрація характеристик потоку повітря і переміщення аерозолів в робочій зоні	Димова трубка; анемометри; індикаторний газ. Реєстрація спостережень за відкриттям дверей і т.д.
Діяльність в робочій зоні	Інтерпретація даних, отриманих за допомогою приладів з прямим відліком для виявлення змін	Протоколи спостереження: реєстрація спостережень за діяльністю, що приводить до утворення наноаерозолей;

Діяльність працівника	Інтерпретація відмінностей в змісті аерозолів в просторі з урахуванням часу їх знаходження в різних місцях	Протокол спостереження: реєстрація спостережень за місцезнаходженням працівників щодо джерела виділення наноаерозолей / місця відбору проб
-----------------------	--	--

Вибір відповідного місця або місць відбору проб є основним фактором для надійної інтерпретації даних при оцінці впливу на конкретного працівника. По-перше, повинні бути ідентифіковані джерела виділення наноаерозолей, що знаходяться в робочій зоні. При наявності поодиноких і множинних джерел необхідно встановити зв'язок між виділенням аерозолу і діяльністю, що здійснюється в робочій зоні. Крім того, необхідно перевірити, чи впливають зовнішні джерела (наприклад, промислова діяльність, дорожній рух) на вміст аерозолів в повітрі замкнутого приміщення. Слід визначити фонове зміст аерозолів. З цією метою можна використовувати портативні засоби вимірювань рахункової концентрації часток, такі як конденсаційні лічильники, за умови, що існує гарне співвідношення між генеруються аерозолем з розмірами частинок в межах робочого діапазону в повітрі.

При оцінці впливу спостерігають за всіма видами діяльності в робочій зоні для отримання додаткової інформації, яка може бути корисною при інтерпретації результатів, отриманих з використанням стаціонарних пробовідбірників. Додаткова інформація може ставитися до інших видів діяльності, що приводить до утворення наночастинок, наприклад використання ручного інструменту, вихлопи двигуна автотранспорту з вилковим захватом, куріння або вторинні джерела, такі як повторне потрапляння аерозолів в повітря в результаті рухів працівника, його дій чи рухів повітря, викликаних автотранспортним засобом. Хоча повторно в повітря будуть потрапляти щодо більші частки, вони можуть брати участь в захопленні наночастинок з нього.

І нарешті, слід контролювати зміни в положенні працівника щодо джерела і

пробовідбирача під час перерв у відборі проб. Усереднені результати багаторазових відборів проб в декількох точках можуть бути використані для оцінки впливу на конкретного працівника.

#### **4.2. Засоби індивідуального захисту від аерозолів**

Засоби індивідуального захисту в залежності від призначення поділяються на: костюми ізолюючі; засоби захисту органів дихання; засоби захисту рук, ніг, голови, очей, обличчя та інше.

Засоби індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) поділяються на фільтруючі, що забезпечують захист в умовах достатнього вмісту вільного кисню в повітрі (не менше 16%) і обмеженого вмісту шкідливих речовин, та ізолюючі, що забезпечують захист в умовах недостатнього вмісту кисню і необмеженого вмісту шкідливих речовин.

Фільтруючі ЗІЗОД розділяються на три типи:

- протипилові, для захисту від аерозолів;
- протигазові, для захисту від пароподібних шкідливих речовин;
- газопилозахисні, для захисту від парогазоподібних шкідливих речовин і аерозолів, які знаходяться у повітрі одночасно.

Ізолюючі ЗІЗОД поділяються на два типи:

- шлангові, що забезпечують подачу повітря, придатного для дихання, з чистої зони;
- автономні, що забезпечують подачу дихальних сумішей з індивідуального джерела повітропостачання.

Для захисту рятувальників від високих концентрацій парів НХР, а також в умовах високої димозагазованої атмосфери після пожеж, вибухів і запалення речовин, використовуються ізолюючі ЗІЗОД. Вони застосовуються, коли склад і концентрація речовин невідомі; за вмісту вільного кисню в повітрі менше 16% (об'ємної частки); коли час захисної дії інших ЗІЗОД недостатній для виконання завдань у зоні зараження.

Автономні ЗІЗОД забезпечують людину дихальною сумішшю з балонів (зі стиснутим повітрям або киснем) або за допомогою кисневмісних продуктів за рахунок регенерації повітря, що видихається.

У шлангових ЗІЗОД чисте повітря подається до органів дихання по шлангу від повітродувки або компресорів.

Під час ліквідації наслідків аварій, пов'язаних з викидом (протокою) НХР, основними засобами для забезпечення захисту рятувальників є автономні ЗІЗОД.

Дихальні апарати оснащені металевими балонами з запасом стиснутого повітря (кисню) і клапанами для регулювання його подачі до органів дихання.

Ізольовані протигази оснащені регенеративними патронами, у яких кисень знаходиться в гранульованому продукті (надперекису лужних металів – натрію і калію) і виділяється при реакції поглинання двоокису вуглецю і водяної пари, що видихуються людиною.

Ізольований дихальний апарат АСП-2 призначений для захисту органів дихання в атмосфері високих концентрацій НХР. Він складається з маски, системи шлангів, що подають повітря з балонів до органів дихання, балонів (2 шт.) із запірним вентилям, редуктора, манометра, легеневого автомата для відключення і включення надлишкового тиску. Обсяг повітря 1600 л. Маса 16,4 кг, робочий інтервал температур – від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $40^{\circ}\text{C}$ , час захисної дії за середнього навантаження 30 л/хв – 45 хвилин.

Ізольовані дихальні апарати є засобами багаторазової дії з можливістю кількаразової заміни балонів або регенеративних патронів.

Фізичне навантаження, температура навколишнього середовища і запас повітря (кисню) або кисневмісних речовин є основними факторами, що визначають показник часу захисної дії дихальних апаратів (протигазів) при безперервній роботі в них.

Фільтруючий промисловий протигаз складається зі спорядженої коробки, лицьової частини (маски) зі з'єднувальною трубкою і сумки. Фільтруюча коробка призначена для очищення повітря, що вдихається людиною, від отруйних речовин і шкідливих домішок. У залежності від складу цих домішок вона може містити один

або кілька спеціальних поглиначів або поглинач і аерозольний фільтр.

При цьому принцип захисної дії заснований на очищенні забрудненого повітря, що вихається шляхом сорбції, хемосорбції, каталітичного окислювання або фільтрації при проходженні його під час вдихання через фільтр.

Фільтри позначають відповідно: протипилові/протиаерозольні – ФП/ФЕ; протигазові – ФГ/ФГ; протипило захисні/протигазоаерозольні – ФГП/ФГЕ.

За захисною ефективністю фільтри поділяють на три ступені з аерозолів:

1 – є вищою; коефіцієнт захисту більше 100;

2 – середньої; коефіцієнт захисту менше 100 – більше 10;

3 – нижчої; коефіцієнт захисту менш 10.

Коефіцієнт захисту – кратність зниження концентрації шкідливих речовин що забезпечується ЗІЗОД, визначає умови за яких гарантується надійний захист людини від впливу шкідливих речовин.

Коефіцієнт захисту ( $K_3$ ) з аерозолів визначається за коефіцієнтом проникання ( $K_{пр}$ ) тест-аерозолів (діаметром часток 0,28–0,34 мкм) з наступної формули:  $K_3 = 100/K_{пр} \%$ , де  $K_{пр}$  – це показник, що визначає частку тест-аерозоля в %, яка пройшла через ЗІЗОД або його елементи (фільтр, клапан і т. ін.) за певних умов випробувань (на випробуваному, на лійці при постійному або пульсуючому потоці повітря). Значення коефіцієнтів проникання фільтруючих ЗІЗОД наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2.

Значення ступенів захисту фільтруючих ЗІЗОД у залежності від коефіцієнтів проникання тест-аерозолів

Показники	Значення ступеня захисту		
	1	2	3
Коефіцієнт проникання через ЗІЗОД %	Менше 1	Менше 10	Від 10 до 20

Що стосується класів шкідливих речовин, що знаходяться в повітрі робочої зони у вигляді пари, газу, аерозолів, то їх у європейських стандартах умовно поділяють на класи, що позначають наступними буквами:

- органічні речовини (гази і пари органічних речовин з температурою кипіння вище 65°C) – клас А;

- неорганічні речовини, що у залежності від дисоціації молекул у воді на іони поділяють на:

- нейтральні (неорганічні гази, такі як хлор, фтор, бром, сірководень, сірковуглець, хлорциан, галогени) – клас В;

- кислі (кислі гази, як двоокис сірки, водень бромистий, кислоти мурашина, оцтова, пари азотної кислоти) – клас Е;

- основні (аміак і аміни) – клас К;

- аерозолі (високо-, середньо-, низькодисперсні) – клас Р.

Марки фільтруючих коробок (патронів) у залежності від класів шкідливих речовин представлені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3.

Маркування фільтруючих коробок (патронів) по Європейських нормах (ЕН)

Класи шкідливих речовин	Клас	Марка фільтруючої коробки	Маркування кольором
Аерозолі у вигляді часток пилу, диму, туману, пари, а також бактерії	Протипилові фільтри	Р	Білий

### **4.3. Засоби колективного захисту при аваріях в зоні підвищення концентрації аерозолів**

Після отримання повідомлення необхідно виконати такі рекомендації:

1. Вжити термінові заходи по захисту органів дихання (прикрити органи дихання змоченою водою пов'язкою) та покинути заражену місцевість.

2. Коли немає можливості покинути зону зараження, необхідно лишатися в приміщенні, захистити органи дихання, а приміщення загерметизувати. Для цього щільно закрити вентиляційні люки, димарі, вікна та двері. Щілини у вікнах закрити

за допомогою плівки, лейкопластиря чи звичайного паперу. На входні двері повісити змочену, водою ковдру або іншу щільну тканину. Потім діяти згідно з вказівками, отриманими при наступних повідомленнях органів місцевої влади.

3. На випадок неможливого подальшого перебування в приміщенні необхідно його залишити та вийти з зони зараження. Якщо напрямок виходу невідомий, необхідно рухатись в одну із сторін перпендикулярно напрямку вітру (бажано в ту сторону, яка підвищена та добре провітрюється).

При переміщенні по зараженій території необхідно рухатися швидко, але не бігти, щоб не знімати куряви. При переході уникати понижених місць (тунелі) де може бути застій та накопичення токсичних речовин.

Після виходу з зони зараження необхідно водою промити очі та відкриті ділянки тіла, в великій кількості випити теплого чаю або молока та виключити будь-яке фізичне навантаження.

При підозрі на отруєння токсичними речовинами необхідно звернутися в лікарняний заклад, щоб уникнути будь-якого ускладнення.

При отруєнні хлором потерпілому необхідно надіти протигаз, а в разі його відсутності органи дихання захистити ватно-марлевою пов'язкою, змоченою водою або 2 % розчином питної соди, а при отруєнні аміаком - 5 % розчином лимонної кислоти, та вивести його з зони зараження.

При отруєнні аміаком потерпілого заводять в тепле та спокійне місце. Шкірні покриви, очі, ніс та рот промивають водою у великій кількості. Після цього в очі закапати дві-три краплі 30% розчину альбуциду, а в ніс - оливкового масла. Робити штучне дихання при отруєннях аміаком забороняється.

При отруєннях хлором, коли у потерпілого зупинилося дихання, необхідно вжити заходів до його відновлення. Шкірні покриви, рот та ніс рясно промити 2% розчином питної соди.

При ураженні фосгеном потерпілого винести з небезпечної зони, забезпечити йому повний спокій та тепло. Розстебнути комір, пояс та всі гудзики, а при можливості зняти верхній одяг, тому що він може бути забруднений парами фосгену. Дати випити гарячого чаю.

#### **4.4. Захист приміщень від проникнення токсичних аерозолів**

Рекомендації щодо поведінки населення після отримання сигналу про аварію на хімічно небезпечному об'єкті.

Під час перебування в приміщенні слід загерметизувати приміщення, щільно закрити вікна та двері, димоходи, вентиляційні люки.

Вхідні двері “зашторити”, використовуючи ковдру або щільну тканину. Заклеїти щілини у вікнах, стики рам плівкою, лейкопластирем або звичайним папером. За можливості потрібно використати індивідуальні засоби захисту органів дихання. Виходячи з приміщення, вимкнути електроенергію та газ, одягнути засоби індивідуального захисту.

Під час перебування поза приміщенням не можна знаходитися у низьких місцях, не переховуватися на перших поверхах багатоповерхових будинків та у напівпідвальних приміщеннях.

Під час забруднення середовища хлором треба піднятися вище п'ятого поверху будинку. Виходити із зони забруднення необхідно у напрямку, перпендикулярному до напрямку вітру.

Під час евакуації транспортом необхідно знати час і місце посадки. Після виходу із зони забруднення перед входом до приміщення зняти верхній одяг для дегазації, прийняти душ, вмитися з милом, пити чай та молоко. Необхідно уникати будь-яких фізичних навантажень.

Санітарно-гігієнічні та медико-профілактичні заходи:

1. Створення санітарно-захисних зон (СЗЗ). Для хімічно небезпечних об'єктів передбачається створення санітарно-захисних зон, у яких забороняється розміщення житлових будинків, дитячих та лікувально-оздоровчих установ та інших об'єктів, які не відносяться до хімічно небезпечних.

Відповідно до ДСП 173-96 “Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів” радіус СЗЗ для хімічно небезпечного об'єкта повинен бути не меншим ніж 300 м, а для хімічно небезпечного об'єкта який має об'єм хімічно небезпечної речовини більше 8000 м<sup>3</sup>, – не менше 1000 м. За наявності у



населених пунктах поруч з хімічно небезпечним об'єктом місць масового скупчення людей (стадіони, базари тощо) – ця відстань подвоюється.

2. Дотримання населенням гігієни харчування, контроль за чистотою продуктів та питної води.

*Заходи щодо захисту населення та територій у разі виникнення аварії на ХНО.*

Оцінка фактичного хімічного стану в районі аварії за допомогою приладів та систем контролю хімічного стану, прогнозування його розвитку.

Прийняття рішення щодо заходів захисту населення під час аварії. Основним способом захисту населення під час аварій на ХНО є його укриття в захисних спорудах цивільної оборони та в герметизованих приміщеннях, з одночасним використанням засобів індивідуального захисту. Найбільш ефективною може бути термінова евакуація населення, проведена до наближення первинної хмари хімічно небезпечної речовини.

Оповіщення персоналу хімічно небезпечного об'єкта та населення про аварію.

Ліквідація аварії. Під час ліквідації аварії проводяться аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи, які враховують специфіку надзвичайної ситуації та локалізацію аварії.

Аварійно-рятувальні роботи включають: контроль за виконанням населенням необхідних заходів захисту; виявлення потерпілих, вивезення їх із забруднених територій, надання першої медичної допомоги, санітарне оброблення людей, очищення продовольства та води, дегазація транспорту, споруд та місцевості.

Отже, результати великого числа досліджень показують, що наночастинки і наноструктуровані частки, що знаходяться в повітрі, можуть становити ризик для здоров'я при їх вдиханні, який не можна задовільно оцінити звичайними методами оцінки впливу.

Однак розуміння цього все ще тільки наближається до стадії, коли розробка нормативних документів з оцінки впливу наноаерозолей на працівників промислових підприємств буде практично здійсненна.

Щоб приступати до розробки відповідних стандартів, необхідні просування в ідентифікації характеристик наноаерозолей, які небезпечні для здоров'я працівників промислових підприємств, а також розробка і впровадження приладів для визначення впливу на основі цих характеристик.

## ВИСНОВКИ

1. Отже, аерозолі впливають на клімат як у місцевому, так і в глобальному масштабі, а отже і на життя людини. В атмосфері міститься велика кількість аерозолів, при цьому існує їх постійна циркуляція.

2. Важливим впливом аерозолів є властивість конденсувати воду. Проте, вони можуть викликати зміну клімату, тому вивчення аерозолів та їх впливу на навколишнє середовище має велике значення.

3. Аерозолем називається дисперсна система, яка складається з газоподібного дисперсійного середовища й твердої або рідкої дисперсної фази. За походженням аерозолі поділяються на аерозолі природного та антропогенного походження. Атмосферні аерозолі поділяють також на тропосферні (до 10 км) та стратосферні (від 10 до 50 км). В стані спокою часточки аерозолу підтримуються гравітаційним полем завдяки їх власному тепловому руху.

4. Прозорість атмосфери, що обмежує доступ сонячної радіації до земної поверхні, і таким чином визначає клімат планети, залежить від вмісту аерозолів в повітрі. Аерозолі атмосферного походження становлять більше 20 % від загальної кількості аерозолів. Вони забруднюють атмосферу, негативно впливаючи як на діяльність тваринних і рослинних угруповань, так і на діяльність самої людини.

5. Хімічний склад аерозольних часток визначається природою та потужністю різних джерел часток, а також механізмом виведення часток різного походження в атмосферу. Фотохімічні та хімічні реакції можуть зумовлювати виникнення дрібнодисперсної фракції аерозолів. Виведення аерозолів з атмосфери здійснюється, в основному за рахунок вимивання хмарами.

7. Наслідком впливу техногенних аерозолів є підвищення рівня захворюваності, значного зниження середньої тривалості життя населення. Техногенні аерозолі викликають такі захворювання як: бронхіальну астму, рак легенів, серцево-судинні захворювання, хвороби органів дихання, передчасні пологи, вроджені дефекти, і передчасну смерть. Їх дія поширюється на дітей і

дорослих і на цілий ряд алергенних груп населення.

8. Було доведено, що ризик виникнення різних захворювань зростає пропорційно зростанню концентрації аерозолів в атмосфері, і практично не існує порогу концентрації, нижче якого можна було б припускати відсутність негативного впливу на здоров'я.

9. Найбільшими джерелами аерозольного забруднення атмосфери в області є ТЕС-6 у м.Київ. Згідно даних Державної установи "Інститут гігієни та медичної екології ім О.М.Марзєєва Національної академії медичних наук України" викиди ТЕЦ-6 становлять понад 70 % від викидів усіх стаціонарних джерел області. Крім газового забруднення, спостерігається постійне "запилення" повітряного середовища, внаслідок збагачення його аерозолями.

10. На території м. Києва у 2019 році переважаючими напрямками вітру були східний [E] та північно-східний [NE] у поєднанні з нейтральним класом стабільності атмосфери D, то забруднюючі речовини від стаціонарних джерел викидів будуть поширюватися у відповідному напрямку.

11. Згідно з проведеними розрахунками, Діяльність ТЕЦ-6 на досліджуваній території у вибраних контрольних точках від джерел викидів підприємства створює рівні забруднення атмосферного повітря вище гігієнічних нормативів.

12. Розроблені природоохоронні заходи і рекомендації з метою запобігання впливу техногенних аерозолів на здоров'я населення.

13. Результати великого числа досліджень показують, що наночастинки і наноструктуровані частки, що знаходяться в повітрі, можуть становити ризик для здоров'я при їх вдиханні, який не можна задовільно оцінити звичайними методами оцінки впливу. Однак розуміння цього все ще тільки наближається до стадії, коли розробка нормативних документів з оцінки впливу наноаерозолей на працівників промислових підприємств буде практично здійсненна. Щоб приступати до розробки відповідних стандартів, необхідні просування в ідентифікації характеристик наноаерозолей, які небезпечні для здоров'я працівників промислових підприємств, а також розробка і впровадження приладів для визначення впливу на основі цих характеристик.

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біргер М. І., Вальдберг А. Ю., Мягков Б. І. Довідник по пило- та золоовлюванню /Збірник . Вища школа, 2003. 312с.
2. Стольберг Ф. В. Екологія міста/Підручник. Лібра, 2010. 212-215с.
3. Алієв Г.М.-А. Техніка пиловловлювання і очищення промислового газів / Довідкове видання. Металургія, 1986. 544с.
4. Кароль І.Л., М'яч Л.Т. До планування мережі станцій по вимірах хімічного складу атмосферних опадів /Праці ІЗМ. Київ, 2012. 98-119с.
5. Кондратьєв К.Я. Вплив аерозолію на перенесення випромінювання: можливі кліматичні наслідки./Довідник. Львів, 2003.
6. Соколов І.В., Сутугін А.Г. Аерозолі. /Підручник. Київ, 2009.
7. Родіонов А. І., Клушин В. Н., Торочешников Н. С. Техніка захисту навколишнього середовища / Підручник для вузів. Москва, 2009. 512 с.
8. Джигирей В.С., Сторожук В. М. Основи екології та охорони навколишнього природного середовища /Журнал. Київ, 2000. 272 с.
9. Анікєєв В. А., Копп І. З., Скалкін Ф. В. Технологічні аспекти охорони навколишнього середовища/Журнал. Москва, 2010.
10. Збожна О. М. Основи технології /Навчальний посібник. Тернопіль, 2002. 486 с.
11. Закон України “ Про охорону атмосферного повітря ”/ Відомості Верховної Ради України.1992. N 50.
12. Апостолюк С.О., Джигирей В.С., Апостолюк А.С. Промислова екологія/ Навчальний посібник. Київ : Знання , 2005. 474 с.
13. Біргер М. І., Вальдберг А. Ю., Мягков Б. І. Довідник по пило-та золоулавліванія / Москва: Вища школа, 2003. 312 с.
14. Тищенко Н. Ф. Охорона атмосферного повітря. Розрахунок вмісту шкідливих речовин і їх розподіл в повітрі / Довідник. Київ, 2011. 368 с.
15. Редько Т.Д. "Техноекологія" для студентів 3-ого курсу очної форми

навчання за спеціальністю "Екологія та охорона навколишнього середовища" / Збірник методичних вказівок до самостійної роботи студентів з дисципліни. Одеса, 2011. 50 с.

16. Алієв Г. М. Техніка пиловловлювання і очищення промислових газів / Москва, 2006. 544 с.

17. Привалова Л.І., Кацнельсон Б.А., Кузьмін С.В. «Екологічна епідеміологія: принципи, методи, застосування» / Єкатеринбург, 2003. 276 с.

18. Швайс Дж., Вейн Т., Безуглая Е.Ю. «Моніторинг забруднення атмосфери в містах, випуск 549» /Збірик. Санкт-Петербург, 2008. 32с.

19. Бонн В.А. «Рамковий план організації моніторингу зважених речовин в атмосфері в країнах Східної Європи, Кавказу та Центральної Азії» - Бонн: Європейський центр по навколишньому середовищу і охороні здоров'я /Збірник. 2006. 52 с.

20. Безуглая Е.Ю. «Моніторинг якості атмосферного повітря для оцінки впливу на здоров'я людини»/ Регіональні публікації ВООЗ, Європейська серія, № 85, 2010. 293 с.

21. Pope A., Burnett R.T., Thun M.J. e.a. // JAMA . 2002. 1132-1141p.

22. World Health Organization, European Centre for Environment and Health, Bonn office. - —Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution// Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2006, 99 P.

23. Воронова С.П., Відсотка Г.Д. Основи метеорології / Київ, 2004.

24. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорологія і кліматологія / Москва, 2003.

25. Чемерис М.П. Метеорологія та кліматологія /Луцьк, 2000.

26. Колісник П.І. Метеорологія / Київ. Вища школа,2006.

27. Дроздова О.А.Кліматологія / Київ, 2019.

28. Дмитренко В.П. Агрометеорологія /Київ: Урожай, 2007.

29. Тищенко Н.Ф.Охорона атмосферного повітря. Розрахунок вмісту шкідливих речовин і їх розподілу / Москва: Хімія, 2011.

30. Баханова Р.А., Іванченко Л.В. Про неоднозначність визначення розмірів крапель за допомогою фотоелектричного лічильника // Львів, 1971. 87-92с.

31. Баханова Р.А., Іванченко Л.В. Про можливість використання фотоелектричного лічильника в області неоднозначною залежності розміру краплі від амплітуди імпульсу / Київ, 2012. 69-73с.
32. Баханова Р.А., Силаєв А.В. Дослідження росту крапель на пасивувати ядрах конденсації при відносній вологості / Збірник. Київ, 2012. 126-136с.
33. Іванченко Л.В. Визначення коефіцієнта конденсації при зростанні крапель на гігроскопічний. частинках // Тр. УкрНДГМІ. - 1977. - Вип. 156. - С. 58-63.
34. Іванченко Л.В. Установка для визначення концентрації високодисперсних аерозолів /Збірник. Київ, 2009. 59с.
35. Контуш С.М. Струменевий метод вимірювання дисперсності гігроскопічних димів / Колоїдний журнал. Київ, 2013. 534-539с.
36. Лактіонов А.Г. Про зв'язок конденсаційної активності хмарних ядер конденсації з їх розмірами / Фізика атмосфери та океану. Київ, 2007. 25-33с.
37. Ліпатов Г.М., Шінгарев Г.Л. Метод створення стаціонарних контрольованих пересичень для дослідження конденсаційних процесів / Тез. доп. 15 Всесоюзну. конф. по динаміці розріджених газів. Свердловськ, 2017. 25с.
38. Мейсон Б.Дж. Фізика хмар. Гідрометеовидавництво/Збірник. Київ, 2011. 542 с.
39. Петренчук О.П. Експериментальні дослідження атмосферного аерозолію/ Гідрометеовидавництво. Львів, 2009. 264 с.
40. Сілаєв А.В. Проблеми фізики хмар и активних впливів на метеорологічні процеси / Збірник. Львів, 2004. 351 с.
41. Седунов Ю.С. Фізика освіти рідкокапельной фази в атмосфері/ Збірник. Львів, 2012. 207 с.
42. Сторожилова А.І. Диференціальний лічильник ядер конденсації /Збірник. Київ, 2012, 209-211 с.
43. Agarval G.K., Sem G.J. Continuous flow, single-particle-counting condensation nucleus counter / J. Aerosol Sci., 2010. 343-357p.
44. Hodkinson J., Greenfield F. Responce calculations for light scattering counters and photometers / Appl. Optics., 2015, 1463-1474.

45. Niessner R., Helsper C., Rönicke G. Application of a multistep condensation nucleus counter as a detector for particle surface composition // Proc. First Intern. Aerosol Conf. – N.Y., Amsterrdam, Oxford: Elsevier, 1984. – P. 63-66.
46. Sinclair D., Hoopes G.S. A continuous flow condensation nucleus counter // J. Aerosol Sci. –1975. – 6, N 1. – P. 1-7.
47. Щерба І. А. «Чисельне моделювання складу та динаміки вільної атмосфери» / Матеріали Всесоюзної наради. Київ, 2011. 146 – 150с.
48. Дворецька, І. В. Особливості сучасної динаміки концентрації аерозолів в земній атмосфері / Збірник наукових праць військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Київ, 2006. 219 – 228с.
49. Івлєв, Л. С. Оптичні властивості атмосферних аерозолів /Збірник. Львів,2012. 358 с.
50. Івлєв, Л. С. Фізика атмосферних аерозольних систем / Збірник. Київ, 2009. 258 с.
51. Израель Ю. А., Вантажу Г. В., Катц В. М., Мелешко В. П. Зміни глобального клімату. роль антропогенних впливів / Метеорологія та гідрологія. Львів. 2011. 5 – 21с.
52. Кабанов, М. В. Розсіювання оптичних хвиль дисперсними Середи. Частина III. Атмосферне аерозоль / Збірник. Томськ, 2014. 189 с.
53. Aerosol optical dept [Electron source] – Access mode: <http://aeronet.gsfc.nasa.gov>
54. Toms Data and Images [Electron source] – Access mode: <http://toms.gsfc.nasa.gov>