

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри  
загальної екології, радіобіології  
та безпеки життєдіяльності

\_\_\_\_\_ Алла КЛЕПКО  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему «Вплив антропогенних чинників на якість атмосферного повітря  
м. Кременчук»**

Спеціальність 101 Екологія

**Гарант освітньої програми**

Доктор педагогічних наук, професор,  
професор кафедри загальної екології,  
радіобіології та безпеки життєдіяльності \_\_\_\_\_ Володимир БОГОЛЮБОВ  
(підпис)

**Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи**

Доктор біологічних наук,  
завідувач кафедри загальної екології,  
радіобіології та безпеки  
життєдіяльності, старший  
науковий співробітник \_\_\_\_\_ Алла КЛЕПКО  
(підпис)

**Виконала**

\_\_\_\_\_ Марина САУТА

**КИЇВ – 2025**

**Національний університет біоресурсів  
і природокористування України**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології  
Кафедра загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності  
Освітній ступінь «Бакалавр»  
Спеціальність 101 «Екологія»**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

\_\_\_\_\_ Алла КЛЕПКО  
“    ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я**

**НА ВИПУСКНУ**

**БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

\_\_\_\_\_ Сауті Марині Олександрівні \_\_\_\_\_

1. Тема роботи «Вплив антропогенних чинників на якість атмосферного повітря м. Кременчук»  
керівник роботи доктор біологічних наук, ст.наук. співр. Клепко Алла Володимирівна
2. Строк подання студентом роботи 22 травня 2025 року
3. Вихідні дані до роботи: літературні данні, статистичні дані, дані станцій моніторингу атмосферного повітря.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
  - 4.1. Здійснити просторовий аналіз структури викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря міста Кременчук із врахуванням типів джерел

забруднення (промислові підприємства, транспортна інфраструктура, побутовий сектор) та визначенням зон із найбільшим рівнем впливу.

4.2. Проаналізувати динаміку змін якості атмосферного повітря у місті Кременчук на основі середньодобових концентрацій основних забруднювачів (завислі частки, CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, формальдегід) у період з 1 січня по 30 квітня 2025 року, з урахуванням погодних умов та локальних екологічних факторів.

4.3. Встановити найбільш поширені та небезпечні забруднювачі повітря у досліджуваному періоді та розробити практичні рекомендації щодо зниження рівня антропогенного впливу на атмосферу, з урахуванням особливостей воєнного стану, таких як пошкодження інфраструктури, дрони, вибухи та пожежі.

## 5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Клепко А.В.		
2	Клепко А.В.		
3	Клепко А.В.		

6. Дата видачі завдання 1 жовтня 2024 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Погодження теми дипломної роботи та добір наукових джерел з питань якості атмосферного повітря	Серпень-вересень	

2	Вивчення нормативно-правових документів у сфері охорони повітряного середовища	Вересень-грудень	
3	Систематизація та попередній аналіз даних моніторингу повітря в м. Кременчук (за січень-квітень 2025 року)	Січень-березень	
4	Оцінка динаміки та просторових змін забруднення атмосфери на основі середньодобових показників	Березень	
5	Ідентифікація основних антропогенних факторів впливу та їхнього внеску в загальне забруднення	Березень-квітень	
6	Формування пропозицій щодо зменшення впливу антропогенних чинників в умовах воєнного стану	Квітень-травень	
7	Узагальнення результатів дослідження та завершення оформлення дипломної роботи	Травень	

**Студент**

\_\_\_\_\_

( підпис )

**Саута М.О.**

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_

( підпис )

**Клепко А.В.**

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота викладена на 70 сторінках і складається з 3 розділів. У роботі наведено 13 рисунків, 5 таблиць та 42 джерела літератури.

Метою дослідження є вивчення основних антропогенних чинників, що впливають на якість атмосферного повітря в місті Кременчук, а також оцінка рівня забруднення у воєнний період.

У роботі проаналізовано законодавче регулювання у сфері охорони атмосферного повітря та здійснено дослідження змін його якості на основі моніторингових даних за період з 1 січня по 30 квітня 2025 року. Розглянуто середньодобові концентрації завислих речовин, оксиду вуглецю, оксиду вуглецю, оксидів азоту, діоксиду сірки та формальдегіду, які в окремі періоди перевищували гранично допустимі норми.

Особливу увагу приділено впливу воєнних дій на стан повітря: зафіксовано, що внаслідок вибухів, пожеж та ракетних атак вміст забруднюючих речовин у повітрі зростає. На основі просторового аналізу визначено найбільш проблемні ділянки міста з підвищеним екологічним ризиком.

У завершальній частині дипломної роботи сформульовано низку рекомендацій щодо зниження антропогенного навантаження на повітряне середовище, серед яких – модернізація систем очистки викидів, розширення зелених насаджень, обмеження транспортного руху в центрі міста та посилення екологічного контролю в умовах воєнного стану.

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....</b>	<b>8</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>10</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВПЛИВУ АНТРОПОГЕННИХ ЧИННИКІВ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ.....</b>	<b>12</b>
1.1. Поняття атмосферного повітря та його значення для екосистеми й здоров'я людини.....	12
1.2. Основні антропогенні джерела забруднення повітря.....	16
1.3. Класифікація забруднюючих речовин та їх вплив на довкілля і здоров'я населення .....	21
1.4. Законодавче регулювання охорони атмосферного повітря в Україні	34
<b>РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ У МІСТІ КРЕМЕНЧУК.....</b>	<b>42</b>
2.1. Фізико-географічна характеристика міста Кременчук .....	42
2.2. Основні джерела забруднення атмосферного повітря у місті.....	45
2.3. Динаміка забруднення повітря в місті Кременчук за останні роки.....	49
<b>РОЗДІЛ 3. АНТРОПОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ НА АТМОСФЕРУ В УМОВАХ ЗБРОЙНОГО КОНФЛІКТУ .....</b>	<b>56</b>
3.1. Вплив воєнних дій на якість атмосферного повітря .....	56
3.2. Шляхи мінімізації антропогенного впливу на атмосферу в період воєнних дій .....	63
<b>ВИСНОВОК .....</b>	<b>65</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>67</b>

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- ГІС – геоінформаційна система;
- ВООЗ – Всесвітня Організація Охорони Здоров'я;
- ТЕЦ – теплоелектроцентрально;
- МАДР – Міжнародне агентство з дослідження раку;
- ГДВ – гранично допустимі викиди;
- ГДК – гранично допустима концентрація;
- ОБРД - орієнтовно безпечний рівень діяння;
- Ккд – коефіцієнти комбінованої дії;
- ГДЗ – гранично допустиме забруднення;
- НДТ – найкращі доступні технології;
- ЄС – Європейський Союз;
- ООН – Організація Об'єднаних Націй;
- ПАТ – публічне акціонерне товариство;
- ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю;
- ПрАТ – приватне акціонерне товариство;
- ПЗС – стаціонарний пост спостережень за забрудненням атмосферного повітря;
- АвтоКраз – Кременчуцький автомобільний завод;
- PM<sub>2.5</sub> – тверді частинки з діаметром до 2,5 мікрметрів;
- PM<sub>10</sub> – тверді частинки з діаметром до 10 мікрметрів;
- O<sub>3</sub> – озон;
- NO – оксид азоту;
- NO<sub>2</sub> – діоксид азоту;
- SO<sub>2</sub> – діоксид сірки;
- CO – оксид вуглецю;
- мг/м<sup>3</sup> – міліграм на кубічний метр;
- мкг/м<sup>3</sup> – мікрограм на кубічний метр;
- кг – кілограм;
- км – кілометр;

км<sup>2</sup> – кілометр квадратний;

мкм – мікрометр;

мм – міліметр;

тис.т – тисячі тонн

% - відсоток ;

°С – градуси Цельсія.

## ВСТУП

Атмосферне повітря – один з головних компонентів природного середовища, визначальний показник екологічної безпеки будь-якого регіону. Забезпечує життєдіяльність усіх живих організмів та підтримує екологічну рівновагу на планеті. Його якість значно впливає на стан фізичного здоров'я людини, і також загалом на навколишнє природне середовище. Чисте повітря сприяє нормальному протіканню біологічних процесів та забезпечує комфортне проживання. Проте, сучасні умови людської діяльності, що стрімко розвивається, зокрема в міських та промислових зонах, проблема збереження чистоти повітря набуває все більш важливого значення.

Одна з найгостріших екологічних проблем сучасного світу - забруднення атмосфери, що тісно зв'язане з діяльністю промисловості, транспорту, енергетики, будівництва та інших сфер господарювання. Саме вони призводять до значного зростання викидів шкідливих речовин в атмосферу. Це спричиняє необхідність системного вивчення цього явища, перш за все в межах великих промислових міст.

Місто Кременчук слугує важливим промисловим центром Центральної України, зокрема Полтавської області, є прикладом населеного пункту з високим техногенним навантаженням. На території міста функціонує велика кількість промислових підприємств, серед яких особливе місце займають виробництва нафтопереробної, металургійної та машинобудівної галузей. До цього списку додається велика кількість транспортних засобів, що є значними джерелами забруднення повітря. Усі ці чинники обумовлюють істотне антропогенне навантаження на атмосферне повітря регіону, що викликає значне занепокоєння як екологів, так і самої громадськості.

**Актуальність.** У рамках дослідження якості атмосферного повітря у місті Кременчук буде здійснено комплексний аналіз наукової літератури, офіційної статистики та екологічних звітів, які стосуються обсягів і структури промислових та транспортних викидів. Перш за все, особливу увагу буде

приділено підприємствам, які слугують найбільшими забруднювачами, і також інтенсивності автомобільного руху в межах міста.

Планується застосування сучасних методів екологічного моніторингу, що включають в себе інструментальні вимірювання концентрацій забруднюючих речовин у повітрі, і також використання геоінформаційних систем (ГІС) для просторового аналізу. Це дозволить виявити найбільш проблемні ділянки, де рівень забруднення перевищує допустимі норми. Отримані результати будуть основою для формування обґрунтованих рекомендацій стосовно зменшення антропогенного навантаження на атмосферне повітря.

Метою дипломної роботи є дослідження основних джерел забруднення повітря в місті, вивчення масштабів їхнього впливу та оцінка екологічних наслідків.

Серед завдань дослідження:

- Просторовий аналіз структури викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря міста Кременчука із урахуванням основних джерел (промисловість, транспорт, побут);
- Визначення динаміки та особливостей змін якості повітря за середньодобовими показниками у період з 1 січня по 30 квітня 2025 року.
- Виявлення основних забруднювачів та розроблення пропозицій щодо зменшення антропогенного навантаження на атмосферу в умовах збройного конфлікту.

Об'єкт дослідження. Показники якості атмосферного повітря в межах урбанізованої території.

Предмет дослідження. Вплив техногенних чинників, особливо промислових і транспортних викидів, на стан атмосферного повітря міста Кременчук.

## **РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВПЛИВУ АНТРОПОГЕННИХ ЧИННИКІВ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ**

### **1.1. Поняття атмосферного повітря та його значення для екосистеми й здоров'я людини**

Атмосферне повітря – газоподібна оболонка Землі, що охоплює її поверхню та забезпечує всі умови, які необхідні для життя усіх організмів. Основними складниками атмосферного повітря (за об'ємом) є азот (78%), кисень (21%), аргон (0,9%), вуглекислий газ (0,03%) та водяна пара. За звичайних умов хімічний склад повітря залишається стабільним, але може змінюватися, в залежності від антропогенної діяльності та впливу природних процесів.

Атмосфера виконує надзвичайно важливу роль у підтримці природної рівноваги. Бере участь у терморегуляції планети, захищає живі організми від надмірного космічного та сонячного випромінювання. Також забезпечує обмін газів між компонентами біосфери та підтримує кругообіг речовин. Атмосфера – середовище, де здійснюється транспортування вологи, тепла, та хімічних речовин, які мають важливе значення для функціонування екосистем та планети в цілому.

Майже вся атмосфера зосереджена у відносно тонкому шарі, що прилягає до поверхні Землі: близько половини її маси – 75% у шарах до 5 км – близько 99% у шарах до 10 км – 30 км у шарах не більше 5 км [3]. Озоновий шар атмосфери, розташований на висоті 25 кілометрів від Землі, відбиває радіацію та шкідливі ультрафіолетові промені з космосу, повертаючи їх і не даючи їх проникнути на поверхню Землі [4].

Для людини, атмосферне повітря є першоджерелом кисню, який необхідний для дихання. Від його чистоти залежить функціонування дихальної, нервової та серцево-судинної систем. Кожного дня людина вдихає велику кількість повітря, а це означає, що навіть мінімальне перевищення

концентрацій шкідливих речовин має дуже серйозні наслідки для здоров'я людства. Водночас кисень - це продукт життєдіяльності, який виділяється фотосинтезуючими організмами [2].

Атмосферне повітря є найбільш небезпечним джерелом хімічного впливу на людину через широку зону розповсюдження забруднюючих речовин. Вони проникають у воду, ґрунт і інші середовища. Наприклад, атмосферні опади спричиняють до 10% забруднення вод басейну Дніпра і негативно впливають на стан ґрунтів.

Людина протягом свого життя споживає повітря у значно більших об'ємах, ніж їжі або води. При цьому, наш організм має більш ефективні захисні механізми проти шкідливих речовин, які потрапляють через шлунково-кишковий тракт але не забезпечує належного захисту легень. Водночас кисень – це

Хімічне забруднення повітря призводить до:

- Зниження адаптаційних властивостей організму, що зменшує його опірність до інших хвороб.
- Зростання захворюваності, особливо на хвороби дихальної системи.

Медики виявили чіткий зв'язок між викидами промислових підприємств та підвищеним рівнем хвороб: бронхіту, астми, раку легень, алергій, хронічної пневмонії. Також фіксують отруєння хімічними речовинами, вплив на дитячий розвиток і підвищену смертність.

За даними досліджень, проведених в інституті громадського здоров'я під керівництвом Андрія Михайловича Сердюка, досліджено стан імунітету у дітей, що мешкають на територіях з різним ступенем забруднення атмосферного повітря (рис. 1.1) [1].

Кількість випадків хронічного бронхіту, астми та новоутворень дихальної системи продовжує зростати. У містах із розвиненою

металургійною та хімічною промисловістю фіксується найнижча очікувана тривалість життя при народженні як серед чоловіків, так і жінок.

За даними ВООЗ (Всесвітня організація охорони здоров'я), головними забруднювачами повітря в містах є:

- Тверді частинки  $PM_{10}$  і  $PM_{2,5}$ , які проникають глибоко в дихальні шляхи й викликають серйозні захворювання.
- Озон ( $O_3$ ), що виникає через фотохімічні процеси.
- Діоксид азоту ( $NO_2$ ), який утворюється при спалюванні пального.
- Діоксид сірки ( $SO_2$ ), що з'являється при спалюванні вугілля, нафти та плавці руд.

Озон утворюється в результаті фотохімічних реакцій.  $NO_2$  – побічний продукт згорання (опалення, транспорт, електроенергія).  $SO_2$  виникає при спалюванні палива, що містить сірку, та виплавці руд.

Найнебезпечніші – частинки діаметром 10 мкм і менше, які проникають глибоко в легені. Їх постійна присутність підвищує ризик серцево-судинних і респіраторних захворювань, а також раку легень. Крім того, тривале вдихання дрібнодисперсних частинок може впливати на нервову систему, сприяючи запальним процесам і погіршенню загального стану здоров'я. Нижче наведено частота імунодефіцитів у дітей, які мешкають на територіях з різним ступенем забруднення (рис. 1.1.).

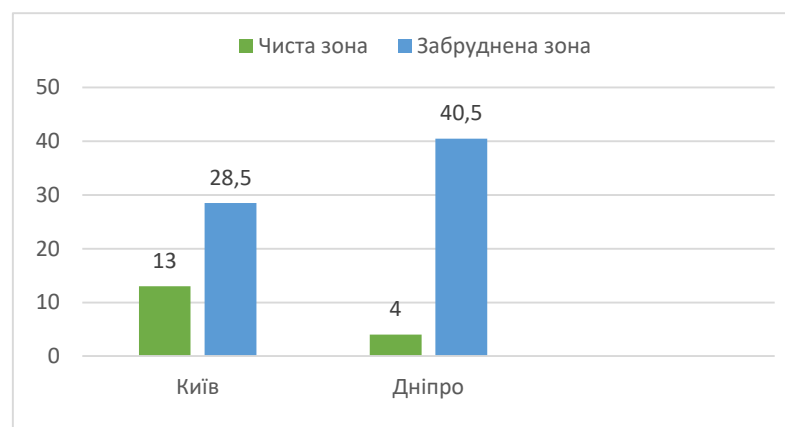


Рисунок 1.1. Частота імунодефіцитів у дітей, що мешкають на територіях з різним ступенем забруднення атмосферне повітря [1]

Кожного разу, коли ми дихаємо, до нашого організму потрапляють дрібні частинки, здатні негативно впливати на легені, серце мозок та загальне здоров'я. Найнебезпечнішими з цих частинок, які можуть включати все: від сажі та ґрунтового пилу до сульфатів, є дрібні частинки діаметром 2,5 мікрона або менше, скорочено  $PM_{2.5}$  [34].

У 2021 році Всесвітня організація охорони здоров'я, ґрунтуючись на наукових дослідженнях, зменшила рекомендовану середньорічну норму концентрації  $PM_{2.5}$  до  $5 \text{ мкг/м}^3$  – удвічі нижче за попередній рівень 2000 року. Цей показник відповідає рівню, при якому спостерігається мінімальний вплив на здоров'я. Щоб допомогти країнам поступово досягти цієї мети, ВООЗ також визначила проміжні орієнтири, які можуть використовуватись для розробки поетапної політики скорочення забруднення.

У 2021 році вплив частинок  $PM_{2.5}$  призвів до скорочення середньої тривалості життя населення світу на приблизно один рік і вісім місяців.

Серед найпоширеніших та найнебезпечніших захворювань, пов'язаних із цим видом забруднення, є:

- Інсульт;
- Серцеві недуги;
- Хвороби дихальної системи;
- Пневмонія;
- Онкологічні захворювання.

Крім того, дрібні частинки в повітрі можуть сприяти розвитку діабету, негативно впливати на роздумові здібності дітей, а також провокувати розлади психічного здоров'я.

Забруднене повітря є глобальним викликом, а його наслідки особливо сильно відчуваються в країнах, що розвиваються, де найбільше страждають вразливі групи населення – жінки, діти та літні люди.

У 2012 році, за оцінками ВООЗ, забруднене повітря спричинило кожному восьму смерть у світі.

Близько чотирьох мільйонів семисот тисяч людей померли у 2021 році від впливу дрібних частинок забруднення повітря, причому найбільші показники смертності спостерігалися у Західній Азії та Африці [34].

Загалом, забруднення повітря дрібними частинками є другою за масштабами причиною передчасної смерті у світі, поступаючись лише підвищеному артеріальному тиску. Водночас це найбільший екологічний фактор ризику для здоров'я людини на глобальному рівні. Забруднене атмосферне повітря сприяє розвитку багатьох серйозних хвороб, однак наслідки його впливу відчуються нерівномірно – мешканці країн з низьким та середнім рівнем доходу зазнають впливу в 1-4 рази вищого, ніж жителі багатших країн. Знову ж таки, більш вразливішою групою є діти, тому що їхній організм особливо чутливий до дії шкідливих речовин. За оцінками, 26 % смертей новонароджених у світі пов'язані з впливом забруднення повітря [34].

## 1.2. Основні антропогенні джерела забруднення повітря

У сучасних містах джерела забруднення атмосферного повітря умовно поділяються на природні та антропогенні (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1.

### Основні джерела забруднення атмосферного повітря

<b>Забруднення атмосфери</b>	
<b>Природне</b>	<b>Штучне (антропогенне)</b>
Пилові бурі	Промислові підприємства
Вулканізм	Транспорт
Лісові пожежі	Теплоенергетика
Вивітрювання	Опалювання житла
Розкладання живих організмів	Сільське господарство

Якщо природні процеси (виверження вулканів, пилові бурі, біологічна активність тощо) мають обмежений і, як правило, періодичний вплив на атмосферу, то антропогенні джерела забруднення мають систематичний характер і переважають за масштабами та тривалістю впливу.

Основними джерелами антропогенного (техногенного) забруднення атмосферного повітря є викиди промислових підприємств і автотранспорту, які характеризуються великою кількістю та різноманітністю типів (рис. 1.2).

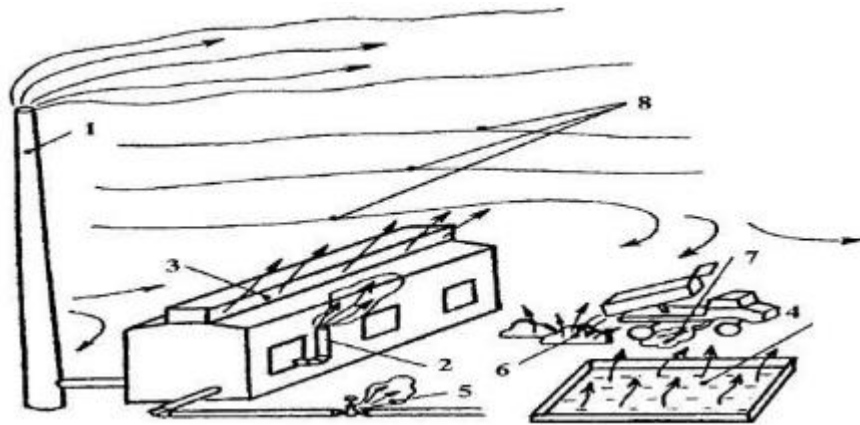


Рисунок 1.2 Джерела забруднення атмосфери:

1 – високий димар; 2 – низький димар; 3 – аераційний ліхтар цеху; 4 – випари з поверхні басейну; 5 – витіки через нещільності устаткування; 6 – пи́л при розвантаженні сипучих матеріалів; 7 – вихлопна труба автомобіля; 8 – напрямок руху потоків повітря [35]

Забруднення житлового середовища, здебільшого від приготування їжі та опалення з використанням біомаси, виробництва електроенергії з викопного палива для наших домівок і транспорту, є основними джерелами дрібнодисперсних ( $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ) частинок у світі [34]. Вони мають значний вплив на екологічну ситуацію у багатьох країнах світу, включаючи розвиток різноманітних захворювань, таких як респіраторні, серцево-судинні та онкологічні. Джерела цих забруднень основному пов'язані з:

- Побутовими;
- Енергетичними;

- Транспортними;
- Промисловими

процесами, що характерні для сучасних урбанізованих та індустріальних регіонів.

Антропогенні джерела виникають у результаті людської діяльності та поділяються на кілька основних груп.

### **Транспортні джерела.**

Включають в себе всі види пересувного транспорту:

- Автомобільний (основний забруднювач у містах);
- Залізничний;
- Водний (річковий і морський);
- Повітряний.

Забруднення повітря, що виникає через транспортні засоби, є однією з найпоширеніших причин погіршення якості повітря в містах. Викиди від автомобілів, особливо тих, що працюють на дизельному паливі, включають сажу, оксиди азоту, вуглецю та інші частинки, які складаються з вуглецю, металів та органічних речовин.

Вони потрапляють в атмосферу під час руху, а також через витік пального, що спалюється в двигуні внутрішнього згорання. Інтенсивний рух транспорту, особливо в мегаполісах, значно збільшує концентрацію дрібнодисперсних частинок, що в свою чергу погіршують ситуацію з якістю повітря. Ці частинки можуть залишатися в атмосфері на тривалий час, особливо в умовах низької швидкості та високої температури.

### **Виробничі джерела.**

Підприємства, що здійснюють технологічні процеси, супроводжувані викидами шкідливих речовин у повітря (металургійні, хімічні, цементні заводи тощо).

Викиди з таких підприємств включають не лише дрібні частинки, а й токсичні речовини, що сприяють формуванню вторинних аерозолів у повітрі.

Процеси згорання, різні хімічні реакції та виробництво енергоресурсів спричиняють викид часток в атмосферу. Специфіка роботи металургійних і хімічних підприємств призводить до того, що забруднення може бути спричинене не лише великими підприємствами, а й малими цехами, які не завжди мають відповідні очисні установки.

Іншим великим джерелом антропогенного забруднення є теплоелектростанції та інші підприємства енергетичного сектору, які спалюють викопне паливо, таке як вугілля, мазут і природний газ, для виробництва електроенергії та тепла.

Зокрема, вуглецеві електростанції – один з основних чинників забруднення повітря дрібними частинками. Проблема полягає в тому, що на багатьох таких підприємствах відсутні сучасні технології очистки викидів, що дозволяє дрібнодисперсним частинкам потрапляти в атмосферу. Крім того, у процесі виробництва електричної енергії на цих станціях виділяються й інші забруднюючі речовини, зокрема:

- сірчистий газ;
- азотні оксиди;
- важкі метали,

що сприяють утворенню вторинних часток у атмосфері.

#### **Побутові джерела.**

Об'єкти комунальної інфраструктури, котельні, сміттєспалювальні установки, підприємства з переробки та утилізації відходів.

Основним джерелом забруднення в житлових районах є опалення та приготування їжі. У країнах, що розвиваються або в сільських регіонах, де відсутні альтернативні джерела енергії, люди дуже часто використовують традиційні види палива: дрова, деревне вугілля, торф, агровідходи. При згоранні таких матеріалів виділяються не лише тверді частинки, але й токсичні гази, зокрема:

- Чадний газ;

- Оксиди азоту;
- Сажа.

Викиди цих забруднень потрапляють у повітря в межах житлових зон і можуть значно погіршувати його якість. Це особливо актуально в зимовий період, коли зростає використання твердого палива для опалення.

Спалювання відходів. Забруднення повітря відбувається також через спалювання побутових та промислових відходів, яке часто здійснюється без використання належних технологій очистки. У результаті таких процесів викидаються як органічні так і неорганічні частинки, які містять шкідливі речовини, включаючи важкі метали та канцерогенні сполуки.

Сільське господарство. Сільське господарство також має значний вплив на забруднення повітря, зокрема через спалювання стерні та використання пестицидів і добрив, що підвищують концентрацію частинок у повітрі. Зокрема, застосування хімічних добрив може призвести до утворення азотних аерозолів, що також є складовими частинами дрібнодисперсних часток.

Антропогенні джерела викидів поділяються також на:

- Організовані – обладнані спеціальними спорудами (димові труби, вентиляційні системи), що дозволяють контролювати концентрацію та обсяг викидів.
- Неорганізовані – джерела, з яких шкідливі речовини потрапляють у повітря не санкціоновано, через щілини, отвори, неізольоване технологічне обладнання тощо.

Ще одна важлива класифікація – за мобільністю:

- Стационарні джерела – ті, які розташовані на постійному місці (промислові підприємства, котельні, ТЕЦ);
- Мобільні джерела – викиди від транспорту, що переміщується містом.

Як правило, із збільшенням розміру міста частка мобільних джерел забруднення (в основному автотранспорту) у загальному забрудненні атмосфери зростає, досягаючи 60 і навіть 70% [6].

Особливості викидів автотранспорту. Викиди з автотранспортних засобів утворюються внаслідок згорання пального, а також через випаровування бензину та мастильних матеріалів. Основні речовини:

- Чадний газ;
- Оксиди азоту;
- Вуглеводні;
- Сажа (особливо від дизельних двигунів);
- Важкі метали (свинець, кадмій, цинк);
- Канцерогенні сполуки (бензапірен);
- Діоксид вуглецю, як основний парниковий газ.

Ці викиди мають локальний характер і найбільш небезпечні саме у міському середовищі, де їх концентрації підвищені через щільність транспортних потоків та низьку вентиляцію (особливо у дворах між щільною забудовою). У таких умовах рівень забруднення може перевищувати фонові значення у 10 і більше разів.

В цілому викиди автотранспорту значно більш токсичні, ніж викиди, вироблені стаціонарними джерелами [26]. Поряд з чадним газом, оксидами азоту і сажою (у дизельних автомашин) автомобіль виділяє в навколишнє середовище більше 200 речовин і сполук, що володіють токсичною дією [17].

### **1.3. Класифікація забруднюючих речовин та їх вплив на довкілля і здоров'я населення**

Забруднення атмосферного повітря є наслідком як промислової, так і побутової діяльності людини. У повсякденному житті люди стикаються з побутовими джерелами викидів які хоч і менш помітні, ніж промислові або

транспортні, проте можуть бути не менш шкідливими, особливо за умов постійного впливу в закритих приміщеннях.

У домашньому середовищі забруднення повітря може виникати внаслідок:

- Неповного згорання палива під час опалення житла (дрова, вугілля, торф, газ тощо);
- Використання відкритого вогню або застарілого обладнання для приготування їжі;
- Випаровування летких органічних речовин із побутової хімії;
- Освітлення газовими лампами, яке також спричиняє викиди сажі та чадного газу;
- Кип'ятіння води для господарських потреб, що створює пару, яка може містити домішки токсичних речовин, особливо при використанні жорсткої води або забрудненого посуду.

Закриті приміщення з обмеженою вентиляцією значно посилюють вплив цих речовин, створюючи умови для хронічного отруєння мешканців.

Зовнішнє забруднення повітря здебільшого пов'язане з високотемпературним згоранням палива в промисловості, на електростанціях, а також у двигунах транспорту. Ці джерела продукують значні обсяги шкідливих викидів, які поширюються на великі території, впливаючи на якість атмосферного повітря в межах усього міста або навіть регіону.

Основними забруднюючими речовинами є оксиди вуглецю, діоксиди сірки, аміак, феноли, формальдегід, бензапірен [11].

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, найбільшу загрозу для здоров'я населення становлять наступні забруднювачі:

- Тверді частинки ( $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ) – мікроскопічні частинки пилу, здатні проникати в легені й потрапляти в кров, викликаючи системні захворювання;

- Чадний газ (CO) – небезпечний тим, що зв'язується з гемоглобіном, блокуючи доставку кисню до тканин організму.
- Озон (O<sub>3</sub>) – утворюється в нижніх шарах атмосфери внаслідок хімічних реакцій між викидами та сонячним світлом, подразнює дихальні шляхи;
- Діоксид азоту (NO<sub>2</sub>) – газ, що викликає запалення слизових оболонок, дихальних шляхів та підвищує чутливість до алергенів.
- Діоксид сірки (SO<sub>2</sub>) – сприяє розвитку респіраторних захворювань і викликає сильне подразнення.

Навіть короткотривалий вплив забрудненого повітря може спричинити погіршення самопочуття, головний біль, подразнення дихальних шляхів, загострення хронічних захворювань. У довгостроковій перспективі зростає ризик розвитку бронхіальної астми, серцево-судинних захворювань, порушень роботи нервової системи та онкопатологій.

Особливо небезпечно, що для деяких речовин не існує безпечного порогу впливу – навіть мінімальні концентрації можуть становити загрозу для людей, особливо дітей, людей похилого віку та осіб із хронічними захворюваннями.

**Тверді частинки (PM)** – дрібнодисперсні речовини, що присутні в повітрі. Основними компонентами є сульфати, нітрати, аміак, хлорид натрію, сажа, мінеральний пил та вода [37]. Їх класифікують за аеродинамічним діаметром, причому найбільше значення для екологічного контролю та охорони здоров'я мають PM<sub>2.5</sub> та PM<sub>10</sub>.

Грубі частинки (діаметром від 2,5 до 10 мкм) зазвичай мають природне або механічне походження. Їх джерелами є пилок рослин, пил із ґрунтів, сільськогосподарських угідь, доріг, а також наслідки гірничодобувної діяльності або ерозії ґрунтів.

Дрібні частинки ( $PM_{2.5}$ ) можуть виникати як безпосередньо в процесі спалювання палива (первинні джерела), так і внаслідок хімічних реакцій між газами в атмосфері (вторинні джерела).

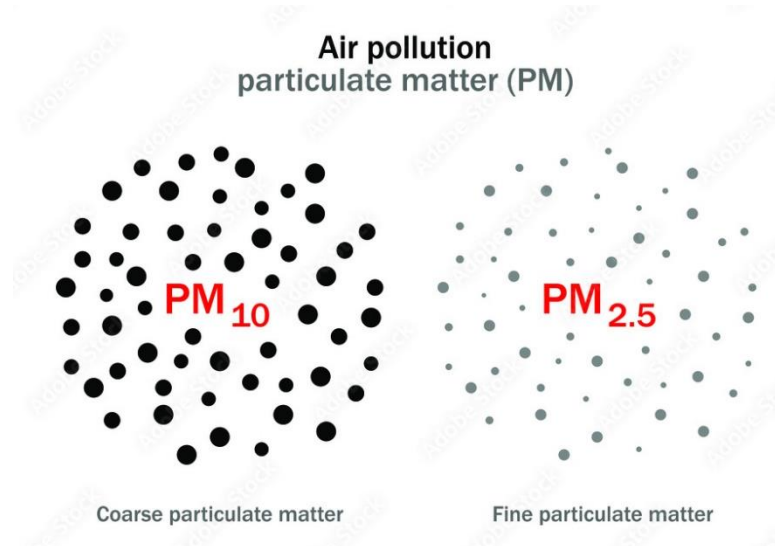


Рисунок 1.3. Порівняння твердих частинок у повітрі:  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$  [25]

У повсякденному житті основним джерелом утворення твердих частинок у житлових приміщеннях є спалювання низькоякісного палива у відкритому вогнищах або застарілих печах, які не мають вентиляційний систем. До інших побутових джерел належать:

- Приготування їжі на відкритому полум'ї;
- Опалення житла;
- Освітлення за допомогою газових ламп;
- Кип'ятіння води для гігієнічних або господарських потреб.

У зовнішньому середовищі джерела забруднення твердих частинок залежать від географічного розташування і включають:

- Дорожній рух і викиди транспорту;
- Викиди промислових підприємств;
- Будівництво та ремонтні роботи;
- Спалювання сміття та органічних залишків;
- Масштабні пожежі на полях, у лісах або торфовищах.

Тверді частинки є одним з найнебезпечніших для здоров'я типів атмосферних забруднювачів. Завдяки своїм мікроскопічним розмірам вони легко проникають глибоко в легені, а дрібніші – навіть у кровоносну систему. Наслідки впливу можуть бути такими:

- Серцево-судинні хвороби (інфаркти, аритмії);
- Цереброваскулярні порушення (інсульт);
- Хронічні та гострі захворювання органів дихання (астма, бронхіт);
- Онкологічні захворювання (рак легень);
- Погіршення стану вагітних і немовлят (передчасні пологи, мала вага при народженні).

У 2013 році Міжнародне агентство з дослідження раку (МАДР) ВООЗ класифікувало вплив твердих частинок як причину раку легень. Це також найпоширеніший показник для оцінки впливу забруднення повітря на здоров'я [38].

**Діоксид азоту ( $\text{NO}_2$ )** – токсичний газ буро-червоного кольору з різким запахом, який легко розчиняється у воді та проявляє сильні окисні властивості. Зазвичай виділяється внаслідок згорання палива в транспортному та промисловому секторах [37]. Він належить до групи оксидів азоту ( $\text{NO}_x$ ), які є одними з найпоширеніших забруднювачів повітря в міському середовищі.

Джерела діоксиду азоту в навколишньому середовищі утворюються внаслідок високотемпературного спалювання палива в таких процесах [38]:

- Промисловість – теплові установки, металургійні та хімічні підприємства;
- Транспорт – особливо двигуни внутрішнього згорання (дизельні й бензинові), що є основним джерелом викидів у міському середовищі;
- Енергетичний сектор – спалювання вугілля, нафти, природного газу на електростанціях;

- Системи опалювання – як централізовані, так і індивідуальні, що працюють на викопному паливі.

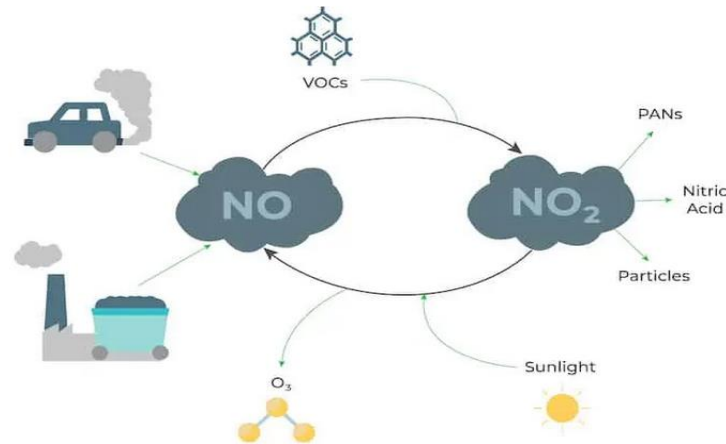


Рисунок 1.4. Схема утворення і перетворення оксидів азоту (NO і NO<sub>2</sub>) в атмосфері [31]

У побутових умовах до джерел оксидів азоту належать:

- Газові плити, духовки та обігрівачі, які використовують природний газ або зріджене паливо;
- Печі, каміни, газові колонки, особливо за відсутності вентиляційних систем;
- Опалювальні котли, які не обладнані системами очищення димових газів.

Діоксид азоту (NO<sub>2</sub>) має значний вплив на здоров'я людини, навіть при відносно низьких концентраціях у повітрі. Потрапляючи в організм переважно через дихальні шляхи, призводить до подразнення слизових оболонок дихальних шляхів, що супроводжується болем у горлі, сухим кашлем, утрудненим диханням і загальним дискомфортом. Особливо вразливими є діти, люди похилого віку та ті, хто вже має хронічні захворювання легень – у них спостерігається загострення симптомів бронхіальної астми, хронічного

бронхіту, зниження дихальної функції, а також підвищена сприйнятливість до інфекцій

Тривалий вплив діоксиду азоту асоціюється з постійним запаленням дихальних шляхів, погіршенням імунної системи та поступовим зниженням здатності легень до повноцінної роботи. У дітей регулярний контакт з  $\text{NO}_2$  може впливати на розвиток дихальної системи, спричиняти затримки у її формуванні та збільшувати ризик виникнення алергій. У дорослих наявність цього газу в повітрі пов'язують зі зростанням імовірності розвитку серцево-судинних патологій, включаючи ішемічну хворобу серця та інсульти.

Окрім прямої токсичної дії, діоксид азоту активно бере участь у атмосферних хімічних процесах, які ще більше погіршують якість повітря. Зокрема, під впливом сонячного світла він сприяє утворенню приземного озону – сильного окисника, який додатково подразнює дихальні шляхи. Також взаємодія  $\text{NO}_2$  з іншими речовинами, такими як леткі органічні сполуки, призводить до утворення дрібнодисперсних твердих частинок ( $\text{PM}_{2.5}$ ), які здатні проникати в легені та кровоносну систему, поглиблюючи негативний вплив на організм [30].

Таким чином,  $\text{NO}_2$  є не лише самостійним токсичним агентом, а й активним учасником у створенні вторинних забруднювачів що комплексно загрожують здоров'ю людини, особливо у великих містах з високим рівнем промислового навантаження та інтенсивним транспортним рухом.

Окрім шкоди для здоров'я людини,  $\text{NO}_2$  має виражений негативний вплив на довкілля:

- Кислотні дощі: оксиди азоту реагують з водяною парою в атмосфері, утворюючи азотну кислоту, яка випадає у вигляді опадів. Це призводить до кислотності ґрунтів і водойм, порушення екосистем, зниження врожайності сільськогосподарських культур, загибелі риб і мікроорганізмів.

- **Фотохімічний смог:** в умовах інтенсивного сонячного випромінювання та застою повітря в містах накопичуються озон  $\text{NO}_2$  і леткі органічні сполуки, формуючи токсичну атмосферну суміш, небезпечну для дихання.
- **Пошкодження рослинності:** тривалий вплив діоксиду азоту може уповільнювати ріст рослин, пригнічувати фотосинтез, викликати некроз листя.

Діоксид азоту також є ключовим компонентом у формуванні тропосферного озону ( $\text{O}_3$ ) – одного з найагресивніших вторинних забруднювачів. Під дією сонячного ультрафіолетового випромінювання діоксид азоту розпадається з утворення оксиду азоту ( $\text{NO}$ ) і атомарного кисню, який реагує з молекулами кисню, утворюючи озон.

Зменшення викидів оксидів азоту може здійснюватись шляхом використання менш шкідливих видів транспорту, встановлення ефективних систем очищення викидів у промисловості, встановленням ефективних систем очищення викидів у промисловості, встановленням граничних норм на викиди оксидів азоту для промислових підприємств та зменшенням споживання енергії в побуті [22].

**Озон ( $\text{O}_3$ )** на рівні землі – не плутати з озоновим шаром у верхніх шарах атмосфери – є одним з основних компонентів фотохімічного смогу, і він утворюється внаслідок реакції з газами за наявності сонячного світла [37]. У тропосфері (нижньому шарі атмосфери) він є вторинним забруднювачем, тобто не викидається безпосередньо, а формується внаслідок хімічних реакцій між первинними забруднювачами. До таких належать оксиди азоту ( $\text{NO}_x$ ), леткі органічні сполуки та чадний газ ( $\text{CO}$ ), що потрапляють у повітря переважно з автомобільних двигунів, промислових підприємств, ТЕЦ, котелень, а також від спалювання сміття та біомаси.

У присутності сонячного світла ці речовини вступають у складні фотохімічні реакції, результатом яких є саме утворення озону. Реакції, які

призводять до утворення озону може підвищуватись в літні місяці та в регіонах зі значним сонячним випромінюванням [24]. Озон також може генеруватися побутовою технікою, такою як портативні очищувачі повітря [38]. В умовах поганої вентиляції, озон у приміщенні може досягати концентрацій, небезпечних для здоров'я, хоча це залишається менш поширеним, ніж забруднення з відкритого повітря.

Озон є основним компонентом фотохімічного смогу, який часто спостерігається над мегаполісами у літній період.

Приземний озон чинить шкідливу дію на організм, передусім – на дихальну систему. Потрапляючи до легень він викликає окислювальний стрес на клітинному рівні. Це порушує цілісність епітелію, спричиняє запальні реакції, підвищує проникність альвеолярного бар'єра, що ускладнює газообмін. Люди можуть відчувати задишку, біль у грудях сухий кашель, подразнення горла та очей, погіршення самопочуття, втрату здатності до фізичної активності. Особливо чутливими до озону є:

- Діти, у яких ще не сформована до кінця дихальна система;
- Люди похилого віку;
- Хворі на бронхіальну астму або хронічні захворювання легень.

У таких груп озон може викликати загострення захворювань, зниження легеневої функції, підвищення ризику інфекцій дихальних шляхів, включно з вірусними пневмоніями. Крім того, тривалий вплив навіть незначних концентрацій озону пов'язують з підвищенням смертності і зниженням якості життя.

Не менш важливий вплив озону на довкілля, що проявляється у декількох напрямках:

- Рослинність: озон ушкоджує клітини листя, порушує фотосинтез, спричиняє пожовтіння, некроз, уповільнення росту. У сільському господарстві це призводить до зменшення врожайності, зниження поживної цінності продукції та втрат урожаю.

- Лісові екосистеми: довготривале озонове забруднення призводить до ослаблення дерев, робить їх більш вразливими до шкідників, посухи та грибкових інфекцій.
- Ґрунт і вода: зміни в хімічному складі повітря можуть впливати на мікрофлору ґрунту, пригнічувати активність корисних бактерій, а також порушувати біохімічні процеси у водоймах.
- Клімат: хоча озон у тропосфері знаходиться недовго, він є парниковим газом і сприяє нагріванню атмосфери, посилюючи глобальне потепління.

**Чадний газ (CO)** – токсичний газ, що не має ні запаху ні кольору, що робить його особливо підступним забруднювачем. Він утворюється в результаті неповного згорання палива, зокрема дров, вугілля, бензину, дизельного пального, природного газу та гасу. У побутових умовах його виділення часто пов'язане з використанням відкритих камінів, печей, газових ламп, особливо у приміщеннях з поганою вентиляцією.

Переважаючим джерелом чадного газу в навколишньому середовищі є автомобілі [38]. Найбільша концентрація чадного газу спостерігається в умовах інтенсивного дорожнього руху, заторів, а також у місцях із великою кількістю стоячих автомобілів – гаражах, тунелях, місцях для паркування.

Після вдихання чадний газ проникає в легені, де швидко потрапляє в кругообіг і зв'язується з гемоглобіном у еритроцитах. Утворюється карбоксигемоглобін, який витісняє кисень, перешкоджаючи його транспортуванню до тканин та органів. Це призводить до кисневого голодування, що найбільше впливає на мозок, серце та нервову систему.

Навіть низькі концентрації чадного газу здатні викликати серйозне порушення самопочуття: з'являється головний біль, млявість, запаморочення, нудота, слабкість, іноді – сплутаність свідомості (галюцинації). У важких випадках спостерігаються порушення серцевого ритму, судоми, втрата свідомості, і при високій концентрації чадного газу – ризик смерті протягом

кількох хвилин. Особливо уразливими до дії чадного газу є діти, вагітні люди похилого віку та пацієнти з хронічними хворобами серця та легень.

Окрему небезпеку чадний газ становить у закритих приміщеннях – наприклад, у гаражах, ванних кімнатах із несправними колонками, або будинках із застарілим обігрівачами. Через відсутність запаху, люди можуть не помічати отруєння до моменту появи важких симптомів.

У контексті довкілля чадний газ не має довготривалого накопичення в природі, однак його вторинна дія має екологічне значення.

- Впливає на утворення тропосферного озону, беручи участь у фотохімічних реакціях з оксидами азоту;
- Посередньо погіршує якість повітря, особливо в містах з великим автотранспортним навантаженням;
- Знижує біологічну активність мікроорганізмів у ґрунті, що особливо актуально поблизу доріг або промислових зон;
- Може шкодити тваринам, спричиняючи кисневе голодування, аналогічне до впливу на людину, особливо у приміщеннях або замкнених просторах (наприклад, у фермерських приміщеннях або притулках).

Попри те, що чадний газ не має властивості накопичуватись у біологічних тканинах або тривалий час зберігатися в атмосфері, його постійна присутність у повітрі міст є показником неефективного спалювання палива й проблем із екологічною інфраструктурою.

**Діоксид сірки (SO<sub>2</sub>)** – безбарвний газ із характерним різким запахом, який активно розчиняється у воді, утворюючи сірчисту кислоту. Його виробляють в результаті спалювання викопного палива (вугілля та нафти) та виплавки мінеральних руд, що містять сірку [37]. Найбільші викиди SO<sub>2</sub> пов'язані з діяльністю електростанцій, промислових підприємств, металургійних та хімічних заводів, а також із використанням твердого палива в опаленні житлових приміщень, особливо в зимовий період.

Цей газ чинить помітний вплив на дихальну систему людини. Він легко потрапляє в організм при вдиханні, швидко взаємодіє із слизовими оболонками верхніх дихальних шляхів і викликає подразнення, запальні реакції, бронхоспазми. У підвищених концентраціях діоксид сірки може проникти глибше – у бронхи та альвеоли легень, де впливає на обмінні процеси, знижує ефективність дихання й спричиняє кисневе голодування тканин.

До основних симптомів, які можуть з'являтися під час перебування у повітрі з високим вмістом  $SO_2$ , належать:

- Печіння в носі, горлі, очах;
- Сухий або задушливий кашель;
- Утруднене дихання;
- Біль у грудях;
- Загострення симптомів астми та алергій;
- Підвищена втома та слабкість.

Найбільш вразливими є хворі на бронхіальну астму – у них діоксид сірки здатен викликати гострі напади ядухи. Діти, у яких ще недостатньо розвинена дихальна система. Також люди похилого віку, особливо з наявними серцево-судинними хворобами. І пацієнти з хронічними обструктивними захворюваннями легень.

Медичні дослідження підтверджують зв'язок між підвищеним рівнем діоксиду сірки у повітрі та зростанням:

- Кількості госпіталізацій через легеневі кризи;
- Звернень до швидкої допомоги;
- Випадків передчасної смертності серед уразливих категорій населення.

Діоксид сірки чинить не менш суттєву шкоду і природному середовищу. Потрапляючи в атмосферу, цей газ бере участь у хімічних реакціях із водяною парою та іншими сполуками, утворюючи сірчану кислоту, яка стає

компонентом кислотних дощів. Такі дощі мають довготривалий негативний ефект для наземних і водних екосистем.

Основні екологічні наслідки забруднення діоксидом сірки включають:

- Пошкодження лісових масивів: кислотні дощі порушують фотосинтез, ушкоджують листя та кореневі системи дерев, знижують їхню стійкість до шкідників і посух.
- Виснаження родючих ґрунтів: кислотне середовище зменшує доступність поживних речовин, пригнічує мікрофлору та мікрофауну ґрунту, порушує структуру ґрунту.
- Забруднення водойм: підвищення кислотності вод призводить до загибелі водних організмів, зміни видової структури фауни, падіння біорізноманіття.
- Пошкодження культурних об'єктів: діоксид сірки у поєднанні з вологою та частинками пилу сприяє корозії металів, руйнуванню каменю, штукатурки, фасадів історичних будівель і пам'яток архітектури.
- Формування смогу: у поєднанні з іншими забруднювачами, діоксид сірки утворює аерозольні частинки, що знижують прозорість атмосфери та приносять утворенню токсичного міського туману.

Попри те, що діоксид сірки не є парниковим газом, він має непрямий кліматичний вплив: аерозолі сірки можуть змінювати альбедо атмосфери, включаючи локальну циркуляцію повітря та температуру[15].

У багатьох країнах було прийнято різноманітні заходи для зменшення викидів  $SO_x$ , включаючи встановлення фільтрів на промислових підприємствах та транспортних засобах, використання менш забруднюючих видів [22].

Нижче наведено рекомендовані значення для кожного забруднювача (табл. 1.2.)

Таблиця 1.2.

Рекомендовані нормативні значення для кожного забруднювача [38]

Забруднювач	Орієнтовне значення	Час усереднення
PM <sub>2.5</sub>	5 мкг/м <sup>3</sup>	1 рік
	15 мкг/м <sup>3</sup>	24 години
PM <sub>10</sub>	15 мкг/м <sup>3</sup>	1 рік
	45 мкг/м <sup>3</sup>	24 години
Чадний газ (CO)	4 мг/м <sup>3</sup>	24 години
Діоксид азоту (NO <sub>2</sub> )	10 мкг/м <sup>3</sup>	1 рік
	25 мкг/м <sup>3</sup>	24 години
Діоксид сірки (SO <sub>2</sub> )	40 мг/м <sup>3</sup>	24 години

#### 1.4. Законодавче регулювання охорони атмосферного повітря в Україні

Охорона атмосферного повітря в Україні ґрунтується на чіткому правовому регулюванні, важливою умовою якого є встановлення параметрів його використання. Найефективніше це здійснюється через впровадження системи нормування у цій сфері.

Згідно зі статтею 3 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», одним із основних принципів охорони довкілля є пріоритет екологічної безпеки. Це означає, що під час будь-якої господарської, управлінської або наукової діяльності потрібно дотримуватися екологічних нормативів, що забезпечують раціональне використання природних ресурсів. Встановлення таких нормативів повинно базуватись на науковому підґрунті.

Вимоги щодо нормування у сфері охорони повітря безпосередньо пов'язані з поняттям екологічної безпеки, яке визначається як стан довкілля, за якого виключається його погіршення та загроза для здоров'я населення[8].

Правове регулювання нормування закріплено в розділі II Закону України «Про охорону атмосферного повітря» (редакція 2001 року), який має

назву «Стандартизація і нормування в галузі охорони атмосферного повітря».

Зокрема стаття 5 цього закону визначає кілька груп нормативів:

- Нормативи допустимого впливу фізичних і біологічних чинників для стаціонарних джерел.
- Нормативи екологічної безпеки атмосферного повітря – включаються гранично допустимі рівні забруднення, шуму, випромінювання та інших фізичних і біологічних чинників у межах населених пунктів.
- Технологічні нормативи допустимих викидів, що враховують рівень технологічного розвитку.
- Нормативи гранично допустимих викидів (ГДВ) забруднюючих речовин для стаціонарних джерел.
- Нормативи складу відпрацьованих газів і впливу пересувних джерел (транспорт, техніка тощо).

Розроблення та затвердження цих нормативів покладається на Кабінет Міністрів України згідно з визначеним у законі порядком.

Нормативи екологічної безпеки атмосферного повітря, відповідно до статті 1 Закону України «Про охорону атмосферного повітря», являють собою групу нормативів, дотримання яких запобігає виникненню небезпеки для здоров'я людини та стану навколишнього середовища від впливу шкідливих чинників атмосферного повітря [14]. Вони слугують критерієм для оцінки якості повітря і викидів у місцях постійного або тимчасового перебування людей.

Затвердження цих нормативів здійснюється Міністерством екології та природних ресурсів України. Їх перегляд має проводитись раз на п'ять років на підставі результатів досліджень, що виявляють вплив забруднень на стан довкілля, здоров'я людини. Зміну генофонду, клімату та рівноваги екосистем. При цьому враховуються й міжнародні норми та стандарти.

- Під час розробки нормативів беруться до уваги такі чинники:

- Гранично допустимі рівні впливу шкідливих речовин, встановлені Міністерством охорони здоров'я України;
- Кліматичні особливості регіону;
- Чутливість флори та фауни;
- Вплив на культурну спадщину;
- Економічна доцільність;
- Можливість переносу забруднень за межі країни.

Для курортних, лікувально-оздоровчих, рекреаційних та інших окремих районів можуть встановлюватись більш суворі нормативи екологічної безпеки атмосферного повітря (ст. 6 Закону України «Про охорону атмосферного повітря») [14].

До нормативів екологічної безпеки входять:

- Нормативи якості атмосферного повітря;
- Гранично допустимі рівні впливів (акустичного, електромагнітного, іонізуючого тощо).

Норматив якості повітря, відповідно до закону, - гранична концентрація забруднювальної речовини, що не спричиняє шкідливого впливу.

До складу нормативів якості повітря входять екологічні та гігієнічні нормативи.

Гігієнічні нормативи конкретизуються у Державних санітарних правилах охорони атмосферного повітря (ДСП-201-97 [27]), де визначено:

- ГДК (гранично допустима концентрація) – максимально допустима кількість речовини, яка не завдає шкоди протягом життя людини;
- ОБРД (орієнтовно безпечний рівень діяння) – тимчасовий норматив для нових речовин, визначений на підставі короткочасних досліджень;
- Коефіцієнти комбінованої дії (Ккд), на основі яких раніше визначалися нормативи гранично допустимого забруднення (ГДЗ), які нині не використовуються.

Окремо Закон «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» визначає санітарно-епідеміологічний норматив - показник, що характеризує безпеку середовища для життя і здоров'я. Але в ДСП-201-97 цей норматив не віднесено до гігієнічних, що знову ж демонструє неузгодженість нормативної бази.

Через відсутність чітких екологічних нормативів, на практиці часто використовуються саме гігієнічні. Проте з урахуванням сучасних викликів у сфері охорони довкілля, існує гостра потреба в розробці і впровадженні екологічно орієнтованих нормативів, які повинні стати основою майбутньої системи охорони атмосферного повітря.

Затвердження нормативів гранично допустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел здійснюється на основі наказу Міністерства екології та природних ресурсів України «Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел» від 27 червня 2006 року №309 [9].

Законодавче регулювання в атмосферне повітря є невід'ємною складовою екологічної політики України. Одним із головних механізмів цього регулювання виступають нормативи гранично допустимих викидів (ГДВ). Їх встановлюють з метою мінімізації шкідливого впливу забруднюючих речовин, що надходять в атмосферу від промислових, енергетичних та транспортних джерел, аби забезпечити захист здоров'я населення та довкілля.

ГДВ (гранично допустимі викиди) – визначена межа викиду шкідливої речовини в атмосферу від окремого джерела за певний проміжок часу, яка не призводить до перевищення нормативі якості повітря. Встановлення таких меж є обов'язковим для всіх суб'єктів господарювання, що здійснюють викиди [23].

Правову основу для регулювання викидів визначає постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження переліку найбільш поширених і небезпечних забруднюючих речовин, викиди яких в

атмосферне повітря підлягають регулюванню» від 29 листопада 2001 року № 1598 [36]. У цьому документі систематизовано перелік речовин, викиди яких мають контролюватися, з поділом на дві категорії:

- Найпоширеніші забруднювачі (ті, що найчастіше виявляються у промислових викидах);
- Найнебезпечніші речовини, що відзначаються високою токсичністю, здатністю до накопичення в середовищі, а також негативним впливом на здоров'я людини (канцерогенні, мутагенні тощо).

ГДВ необхідно встановлювати для речовин, які навіть у малих концентраціях шкідливо впливають на людину. Також для тих, що швидко поширюються повітряними потоками, у тому числі за межами країни. Ті, що мають здатність накопичуватися в навколишньому природньому середовищі, викликають кліматичні та атмосферні явища, такі як парниковий ефект, кислотні дощі чи смог. Мабуть, головна шкода парникового ефекту – незворотні кліматичні зміни, і як наслідок негативний вплив від них: випаровування морів в одних частинах землі і навпаки затоплення в інших [12]. Гази, що сприяють «парниковому ефекту», підвищують середні температури, загрожуючи танення полярного льоду [5]. Та ті, що впливають на озоновий шар (зокрема фреони та подібні сполуки).

При встановленні ГДВ враховують:

- Потужність і масштаб джерела викиду;
- Технологічні параметри виробництва (тип палива, рівень очищення викидів тощо);
- Розташування підприємства (приміські зони, густонаселені райони, природоохоронні території);
- Вже наявний рівень забруднення повітря в регіоні;
- Санітарно-захисні зони навколо підприємства.

Окрему увагу приділяють сукупному впливу речовин, які мають подібну дію. Наприклад, якщо кілька речовин викидаються одночасно і впливають на одну й ту саму систему організму (наприклад дихальну), загальний ефект не повинен перевищувати безпечні межі.

У випадку порушення нормативів ГДВ, підприємства можуть бути притягнуті до адміністративної відповідальності (штрафи), цивільної відповідальності (відшкодування збитків) та кримінальної відповідальності, якщо порушення спричинило серйозні наслідки для людей чи довкілля.

Крім того, постійне перевищення нормативів може стати підставою для тимчасового призупинення діяльності підприємства за рішенням екологічного контролюючого органу.

У сучасних умовах екологічного регулювання Україна орієнтується на принцип «найкращих доступних технологій» (НДТ), що є основоположником у праві Європейського Союзу та закріплений у Директиві 2010/75/ЄС «Про промислові викиди (інтегроване запобігання та контроль забруднення)» від 24 листопада 2010 року [16]. Цей принцип лежить в основі формування інтегрованих дозволів для підприємств, які здійснюють шкідливі викиди, зокрема – в атмосферне повітря.

Вимоги до підприємства формуються на підставі офіційного висновку про найкращі доступні технології та методи управління, який затверджується Європейською комісією. У цьому документі подано:

- Опис технологій і практик, що вважаються найефективнішими з екологічної точки зору.
- Методи їх застосування на практиці.
- Показники гранично допустимих викидів, що відповідають застосуванню найкращих доступних технологій.

Попри орієнтацію на стандарти найкращих доступних технологій, Директива передбачає можливість застосування не менш суворих норм, ніж ті, що визначені у висновках. Проте таке пом'якшення допустиме лише у двох

чітко визначених випадках. Якщо впровадження вимог НДТ спричиняє непропорційно високі витрати, що значно перевищують очікувані екологічні переваги та якщо мають місце особливості конкретного підприємства або його географічного розташування чи екологічної ситуації в регіоні.

У таких випадках дозвільний орган має право відступити від Висновку НДТ, проте при цьому зобов'язаний гарантувати високий рівень захисту навколишнього середовища в цілому.

Органи, що видають інтегровані дозволи, можуть ухвалювати рішення про застосування як більш м'яких, так і жорсткіших нормативів, ніж ті, що зазначені у Висновках НДТ. Такі рішення мають бути належним чином обґрунтовані та погоджені з метою дотримання екологічної політики, базованих на принципах сталого розвитку.

Враховуючи євроінтеграцію України, поступове впровадження стандартів НДТ є не лиш правовим обов'язком, а й стратегічною необхідністю для модернізації промисловості, підвищення екологічної безпеки та адаптації до вимог європейського ринку.

Порядок формування та затвердження нормативів щодо вмісту шкідливих речовин у вихлопних газах, а також рівня фізичних впливів від пересувних джерел забруднення атмосферного повітря встановлено Постановою Кабінету Міністрів України №303 від 13 березня 2002 року.

Цей документ регламентує процес створення нормативів для кожного типу пересувного джерела, незалежно від того, чи воно вже використовується на території України, чи щойно введене в експлуатацію. У процесі розробки таких нормативів обов'язково враховуються вимоги як національного так і міжнародного законодавства, що регулює питання екологічної безпеки.

Для пересувних джерел, що перебувають в експлуатації, нормативи встановлюються з урахуванням існуючих технічних можливостей, рівня розвитку вітчизняних технологій та технічного стану транспорту.

Для нових типів пересувних джерел нормативи розробляються на основі найкращих сучасних технологій, що дозволяють мінімізувати викиди

шкідливих речовин, зменшити вплив фізичних чинників (таких як шум, вібрація, теплове випромінювання), а також забезпечити ефективне очищення відпрацьованих газів.

Таким чином, метою нормативного регулювання є поступове оновлення стандартів з урахуванням науково-технічного прогресу, а також забезпечення відповідності українських вимог міжнародним екологічним стандартам - зокрема, директивам ЄС щодо транспорту, вимогам ООН та положенням Базельської конвенції.

## РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ У МІСТІ КРЕМЕНЧУК

### 2.1. Фізико-географічна характеристика міста Кременчук

Кременчук – місто, що знаходиться в центральній частині України, в межах Придніпровської низовини, у зоні помірного континентального клімату. Воно розташоване по обидва береги середньої течії Дніпра, що відіграє важливу роль у його транспортному та економічному значенні. Відстань від Кременчука до обласного центру – Полтави – становить 115 кілометрів, до столиці України – 290 кілометрів. Координати міста Кременчука: 49°03' північної широти та 33°24' східної довготи [28]. Площа міста становить 9586 гектарів, а його висота над рівнем моря сягає 90 метрів.

Рельєф міста Кременчук має форму хвилястої рівнини, розсіченої річкою Дніпро та верхньою частиною Кам'янського водосховища, яке утворює природну межу між двома частинами міста. Лівобережна частина міста характеризується низинним ландшафтом із численними замкнутими пониженнями овальної форми, відомими як «блюдця», що навесні наповнюються талими водами. Правобережна територія має більш складний рельєф із розгалуженою ярово-балковою системою, що формує пагорбисту місцевість. У геологічному аспекті, територія, де розташоване місто, знаходиться на межі двох значущих геоструктур: Українського кристалічного щита, який складається з давніх і твердих порід, та Дніпровсько-Донецької западини – структури з м'якими осадовими породами. Таке положення забезпечує природну унікальність регіону та формує його геоморфологічні особливості.

Територія Кременчука, за фізико-географічним положенням України, належить до південно-східної частини Оболонсько-Градизького та Кременчуцько-Кишенківського фізико-географічних регіонів. Обидва райони

є частинами Південної лісостепової області Дніпровської терасової рівнини, що входить до складу Лівобережно-Дніпровської провінції. Це зона з м'яким кліматом, рівнинним рельєфом та природним поєднанням лісів, степів та луків.

Для цього регіону характерна висока різноманітність природної рослинності: тут зустрічаються терасові лучні степи, дубово-соснові ліси, заплавні луки, поживно збагачені болота та лучно-галофітна флора, що пристосована до солонцюватих ґрунтів.

Клімат міста – помірно континентальний із характерною сезонною температур і вологості.

Особливості клімату Кременчука зумовлені впливом природних чинників, зокрема наявністю великої водної артерії – річки Дніпро та водосховищ (Кременчуцького й Кам'янського), а також мозаїчним рельєфом місцевості. Водойми істотно вплинули на мікроклімат: підвищили загальну вологість повітря, пом'якшили зимові умови – стало менше стійких снігових покривів, а зими частіше супроводжуються мокрим снігом і дощами.

За даними кліматичних спостережень за 1961-1990 роки, середньорічна температура повітря становила від +8,1 до +11,1 °С. У найхолоднішому місяці – січні – середня температура варіюється від -4,0 до -6,5 °С, а в найтеплішому – липні – коливається між +18,5 і +20,0 °С. Максимальні сезони відхилення температури припадають на зиму, мінімальні на літо [28].

У період весни та осені температура зазвичай кливається від 0 до 18 °С навесні та від +14 °С восени. Спостерігається стійке потепління: з 1961 року температура зростала в середньому на 0,04 °С щорічно, а з 1995 по 2019 рік темпи зростання вже досягали 0,08 °С на рік [28].

Щорічна кількість опадів у місті становить 540-580 мм, із них більшість припадає на теплий період (370-415 мм), тоді як у холодний випадає 210-250 мм. Середня швидкість вітру – 2-3 м/с, а вологість повітря тримається на рівні 75-77%. Опади у вигляді дощу спостерігаються в середньому 125 днів на рік, у вигляді снігу – приблизно 65 днів.

Кременчук – місто, що розташоване на берегах Дніпра, який є головною водною артерією регіону. У межах міста річка входить до складу Кам'янського водосховища, що розділяє його на дві частини: лівобережну (основна частина міста) та правобережну. Створення водосховища спричинило підвищення рівня воли, що позначилося на рельєфі та природних ландшафтах прибережних територій. Водосховище виконує кілька функцій: забезпечує енергетику, водопостачання та рибне господарство.

Окрім Дніпра, місто перетинають три малі річки: Сухий Кагамлик, Крива Руда та Сухий Омельник. Всі вони регульовані, частково каналізовані, із зміненним руслом [21].

Річкова система у сучасному вигляді сформувалася в кінці льодовикової епохи. Нахил поверхні області зумовлює переважний напрям річкової сітки: майже всі річки течуть з півночі на південь або з північного сходу на південний захід і є лівими притоками Дніпра [18].

Ґрунтовий покрив Кременчука відображає перехід від лісостепу до степової зони. Територія міста розташована на межі лісостепових чорноземів та степових ґрунтів, що робить її ґрунтово мозаїчною. За складом ґрунти в основному суглинкові, уздовж річок – переважають піщані [33].

Близько 70% міських земель – техноземи: трансформовані індустріальні, культурні, газонні ґрунти.

Типи ґрунтів, які наявні у Кременчуці:

- Алювіально-дернові (піщані, глеюваті);
- Алювіальні лучні (карбонатні, болотні, важкосуглинкові);
- Лучно-чорноземні (слабокислі, супіщані, солонцюваті);
- Болотні (торф'яні, мінеральні);
- Чорноземи залишково-солонцюваті.

Ландшафти Кременчука – поєднання урбанізованих та напівприродних зон. У долині Дніпра між берегами збереглися унікальні екосистеми –

Кременчуцькі плавні та острови з луками, болотами, водною та лісовою рослинністю.

На лівому березі домінують долини Сухого Кагамлика та Кривої Руди. У північно-східній частині міста розташована Піщана гора – пагорб із пісків другої тераси Дніпра. Правобережний Крюкі розміщений на півострові, обмеженому Домаха, Гнила, Семова. Тут знаходиться Деївська гора – найвища точка Полтавщини (204 м), що має історичне значення.

Заплави, колись природно розвинені, нині майже повністю затоплені. Лучно-чорноземні ґрунти переорані, залишки степової рослинності збереглися лише на схилах. На терасах росту соснові, дубові та дубово-грабові ліси. Зелені зони міста – це парки, сквери, острови, вуличне озеленення й ліси на околицях.

## **2.2. Основні джерела забруднення атмосферного повітря у місті**

Кременчук – один із провідних промислових центрів України, де концентрація великих підприємств сала визначальним чинником як економічного розвитку, так і погіршення стану навколишнього природного середовища.

Основними забруднювачами повітря в області залишаються підприємства енергетичної промисловості та транспортні підприємства. Ці джерела в повітряний простір Полтавської області виділяють значну частину забруднюючих речовин, що призводить до стійкого забруднення атмосферного повітря [10].

Основним джерелом забруднення атмосферного повітря в місті залишається ПАТ «Укртатнафта» - 11015,28 т, або 71,2% міських викидів у 2018 році [28]. Такий показник обумовлений масштабом виробництва та використання застарілих технологій, які не відповідають сучасним екологічним вимогам.

Однак ПАТ «Укртатнафта» - не єдине джерело забруднення. Ще вісім великих підприємств, серед яких Кременчуцька ТЕЦ, завод технічного

вуглецю, АвтоКрАЗ, Кредмаш, Крюківський вагонобудівний завод, сталеливарний та колісний заводи, ТОВ «Техвагонмаш», формують разом майже 95% усіх викидів в атмосферу (табл. 2.1.).

Таблиця 2.1.

Основні джерела забруднення атмосферного повітря в місті Кременчук [28]

<b>Підприємство</b>	<b>Обсяг забруднення у 2018 році (тонн)</b>	<b>Обсяг забруднення у 2017 році (тонн)</b>	<b>Зміна (плюс або мінус)</b>	<b>Причина зміни</b>
ПАТ «Укртатнафта» (Транснаціональна нафтова компанія)	11015,275	11381,997	-366,722	Перехід на більш екологічне паливо зі зниженим вмістом сірки в печах
ПАТ «Полтава-обленерго», філія «Кременчуцька ТЕЦ»	2430,059	5384,514	- 2954,455	Зменшення обсягів виробництва та зниження використання палива
ПрАТ «Кременчуцький завод технічного вуглецю»	360,154	409,929	-49,775	Проведена модернізація виробництва
ПАТ «Кременчуцький сталеливарний завод»	424,507	342,152	+82,355	Збільшення кількості робочих днів на підприємстві

Їхня діяльність супроводжується викидами пилу, чадного газу, оксидів азоту та сірки, важких металів і летких органічних сполук, багато з яких мають

канцерогенний або токсичний вплив на людину. У повітрі накопичуються дрібнодисперсні частки, які проникають глибоко в дихальні шляхи, спричиняючи захворювання органів дихання, серцево-судинної системи, а також загострення хронічних недуг.

У 2018 році основні промислові підприємства Кременчука в цілому зменшили обсяги викидів забруднюючих речовин у порівнянні з 2017 роком. Троє з чотирьох підприємств продемонстрували зниження показників, що свідчать про позитивну динаміку в напрямку покращення стану атмосферного повітря.

Найбільше скорочення показала Кременчуцька ТЕЦ (ПАТ «Полтаваобленерго»), де обсяги викидів зменшилися через зниження обсягів виробництва та менш інтенсивне використання палива. ПАТ «Укртатнафта» досягла зменшення забруднення завдяки переходу на більш екологічне паливо з меншим вмістом сірки. Також позитивну динаміку продемонструвало ПрАТ «Кременчуцький завод технічного вуглецю», де результат був досягнутий шляхом модернізації виробництва.

У той же час ПАТ «Кременчуцький сталеливарний завод» збільшив викиди, що пов'язано з розширенням виробничої діяльності та зростанням кількості робочих днів.

Загалом, результати аналізу підтверджують наявність позитивної динаміки у зменшенні рівня забруднення атмосферного повітря в Кременчуці за рахунок діяльності промислових підприємств. Значна частина підприємств здійснила конкретні кроки в напрямку зменшення викидів: модернізували обладнання, перейшли на більш екологічні види палива або зменшили обсяги споживання енергоресурсів.

Особливо важливою є модернізація виробництва, яка дозволяє одночасно зберігати виробничі потужності та знижувати шкідливий вплив на довкілля. Це доводить, що технічне оновлення – один із ключових напрямів у боротьбі з промисловим забрудненням. У випадку ПАТ «Укртатнафта» - перехід на паливо із низьким вмістом сірки – також є прикладом технологічного рішення, яке безпосередньо впливає на зменшення шкідливих речовин у повітрі.

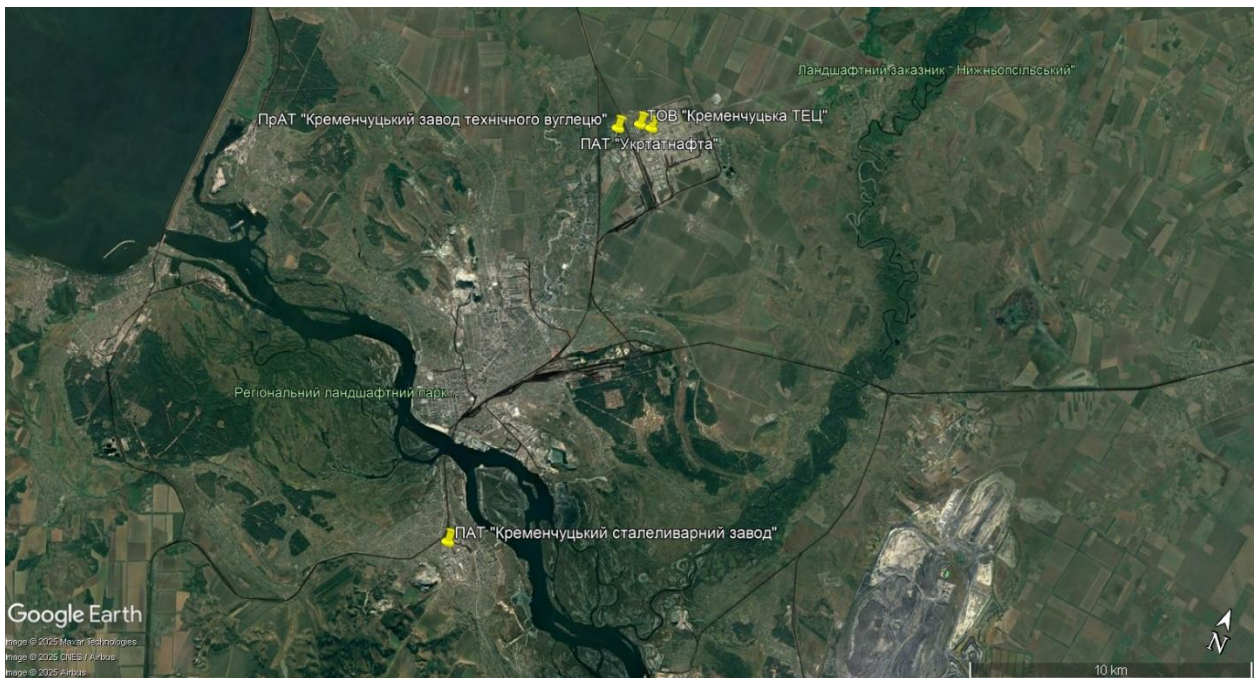


Рисунок 2.1. Географічне розташування основних промислових джерел забруднення атмосферного повітря в місті Кременчук

Значна частина забруднення атмосферного повітря припадає на автомобільний транспорт (30-40%) [28]. Збільшення кількості транспортних засобів, переважно вживаних іномарок, які були раніше експлуатовані за кордоном, призвело до зростання викидів від пересувних джерел. За цим показником Кременчук посідає друге місце в області після Полтави.

Завдяки своєму вигідному розташуванню на перехресті важливих транспортних шляхів, які пов'язують місто з головними промисловими центрами України – Харковом, Києвом, Полтавою, Дніпром, Миколаєвом, - у

Кременчуці спостерігається значний потік транзитного транспорту. Це спричиняє додаткове забруднення повітря, особливо від дизельних двигунів, які виділяють шкідливі речовини – сажу, оксиди азоту, бензапірен та формальдегід. Крім того, забруднюють повітря й залізничні перевезення, що також належать до мобільних джерел.

У зимовий період до забруднення додається вплив побутових джерел: у приватних секторах часто спалюють дрова, вугілля та сміття, що спричиняє локальне підвищення рівня забруднення. Окрім цього, небезпеку становлять відкриті відстійники, звалища та промислові полігони, через які токсичні речовини можуть проникати не лише в повітря, а й у ґрунт та воду.

Такий техногенний тиск перш за все відчувають жителі міста. Погіршення якості повітря позначається на здоров'ї населення, особливо дітей, людей похилого віку та хворих із хронічними захворюваннями. Забруднення негативно впливає також на екологію, сільське господарство та загальний рівень життя.

### **2.3. Динаміка забруднення повітря в місті Кременчук за останні роки**

За даними Головного управління статистики у Полтавській області у 2021 році від стаціонарних джерел надійшло 53 43 5000 тон викидів у атмосферне повітря [29]. Це на 6,62 тис. тонн або 12,6% менше, ніж у 2020 році. Із цієї уїлькості значну частку становили парникові гази: метан – 7,329 тис.тонн (13, 9% загального обсягу регіональних викидів) та оксиди азоту – 0,0454 тис. тонн (0,09%). Водночас обсяг викидів вуглекислого газу, навпаки збільшився на 2,6 млн тонн (майже на 19,3 %) порівняно з попереднім роком, що свідчить про посилення впливу на кліматичні процеси.

Найвищі показники забруднення зафіксовано в Кременчуці та Горішніх Плавнях – найбільших промислових центрах регіону. У той же час частка

Полтави у загальній структурі викидів становить лише 1,87 %, що свідчить про її відносно невелике навантаження на атмосферу.

Найбільший негативний вплив діяльності підприємств спостерігається у місті Кременчуці, де викинуто 27,4% від усіх викидів стаціонарних джерел області. Основним забруднювачем повітря в цьому місті залишається ПАТ «Укртатнафта» - 22,8% обласних викидів [40].

Валовий обсяг викидів забруднюючих речовин по Кременчуку в атмосферне повітря є найбільшим серед населених пунктів Полтавської області.

Така ситуація зумовлена значною концентрацією промислових підприємств, зокрема нафтопереробних, хімічних, машинобудівних та енергетичних. Основними компонентами забруднення є тверді частинки, окиси азоту, сірчистий ангідрид, оксид вуглецю та леткі органічні сполуки.

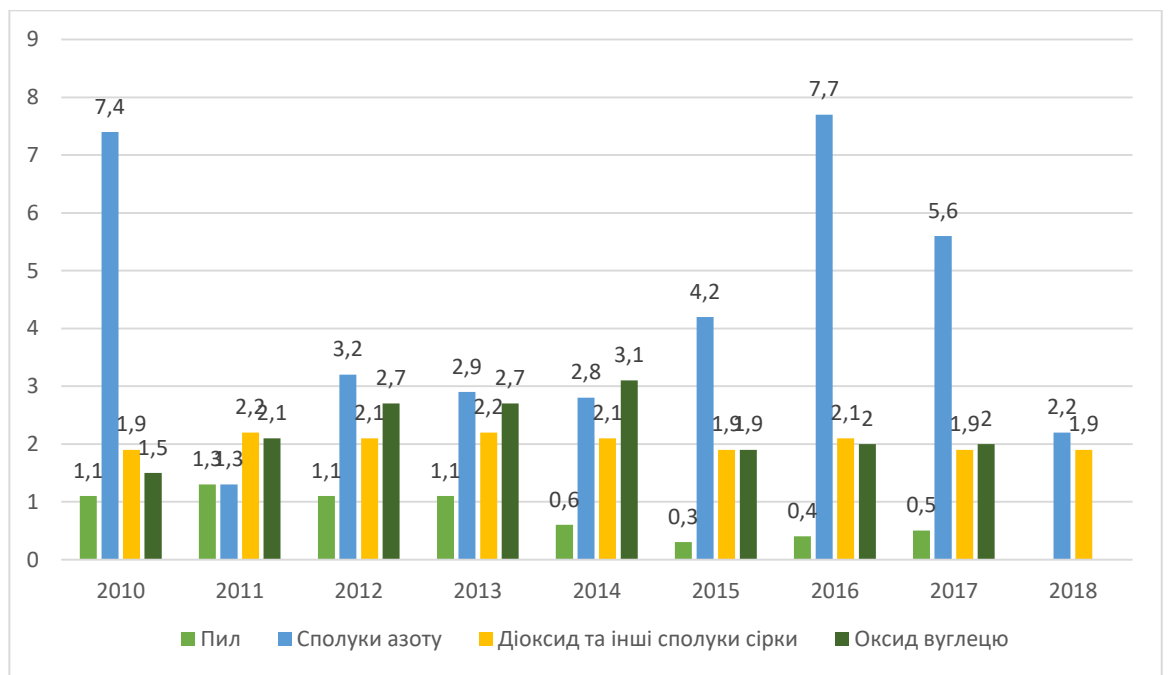


Рисунок 2.3. Динаміка викидів найпоширеніших забруднювальних речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел в місті Кременчук у 2010-2018 роках, тис. тонн [28]

Додаткове навантаження створює інтенсивний автомобільний транспорт, особливо у центральних районах міста. Незважаючи на реалізацію окремих природоохоронних заходів, загальна тенденція до зниження рівня викидів залишається нестійкою, а якість повітря періодично перевищує допустимі норми.

Різде збільшення викидів пилу у 2016 році, ймовірно, пов'язане з активізацією окремих промислових секторів або посиленням сільськогосподарських робіт, що призвело до ерозії ґрунтів і підвищеного запилення повітря. Також можливий вплив будівельної діяльності або зростання транспортного руху. Зменшення обсягів пилових викидів після 2016 року може свідчити про впровадження природоохоронних заходів або зниження інтенсивності факторів, які спричинили їх різде зростання.

Стабільний рівень викидів азотистих сполук та діоксиду сірки свідчить про відсутність значних змін у роботі основних забруднювачів або про ефективність вже діючих систем очищення. Невелике збільшення викидів сполук азоту у 2018 році вказує на потребу посилення контролю за джерелами їх утворення. Низький рівень викидів оксиду вуглецю є позитивним показником, але потребує постійного моніторингу.

Високий рівень пилових викидів є особливо проблемним, адже тверді частинки можуть завдавати шкоди здоров'ю людей, викликаючи респіраторні захворювання, а також забруднювати навколишнє середовище, осідаючи на поверхнях. Значні викиди азоту і сірки можуть призводити до утворення кислотних дощів, які негативно впливають на рослинність, водні системи та будівлі [32].

Результати спостережень свідчать: загальний рівень забруднення міста Кременчук у 2020 році (як і у попередніх) характеризується як високий. Спостерігалось підвищення середньорічного вмісту формальдегіду, оксиду азоту, аміаку та майже усіх важких металів окрім кадмію [16].

Обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря у Кременчуці є найвищим серед усіх населених пунктів Полтавської області

(табл. 2.2). Зокрема, в 2002 році викиди забруднюючих речовин від стаціонарних джерел по області 71,8 тис. тонн, по місту Кременчуку склали 35,603 тис. тонн, що становить 49,6% загально обласних [20].

Таблиця 2.2.

Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел у регіоні по окремих населених пунктах [19].

<b>Обсяги викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення в атмосферне повітря (тис. т)</b>							
<b>Роки</b>	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<b>По області</b>	97,3	84,2	86,2	73,5	60,4	64,9	71,8
<b>Місто Кременчук</b>	48,750	37,697	45,864	36,526	24,749	27,955	35,603
<b>Відсотки (%)</b>	50,1	44,8	53,2	49,7	49,7	43,1	49,6

Згідно з даними, упродовж 2015-2021 років спостерігається загальна тенденція до зниження обсягів викидів як в області в цілому, так і місті Кременчук. Так, у 2015 році загальний обсяг викидів по області становив 97,3 тис. тонн, тоді як у 2021 році – 71,9 тис. тонн. Найменше забруднення було зафіксоване у 2019 році – 60,4 тис. тонн. У місті Кременчук викид скоротилися з 48,750 тис. тонн у 2015 році до 35,603 тис. тонн у 2021 році, при цьому найменший показник зафіксовано у 2020 році – 27,955 тис. тонн.

Попри загальну тенденцію до зниження, Кременчук стабільно залишається основним джерелом забруднення повітря в області. Частка міста у загальному обсязі викидів коливається від 41,0% (2019 рік) до 53,2% (2017 рік). У 2021 році цей показник становив 49,6%, що свідчить про те, що майже половина всіх стаціонарних викидів забруднюючих речовин по області припадає саме на Кременчук.

За даними головного управління статистики у Полтавській області у загальній кількості забруднюючих речовин стаціонарних джерел переважали викиди метану 36,0% (5,666 тис. тонн), тверді речовини 27,3% (4,319 тис. тонн) та сполуки азоту 16,0% (2,533 тис. тонн) (рис. 2.4) [23, 25].

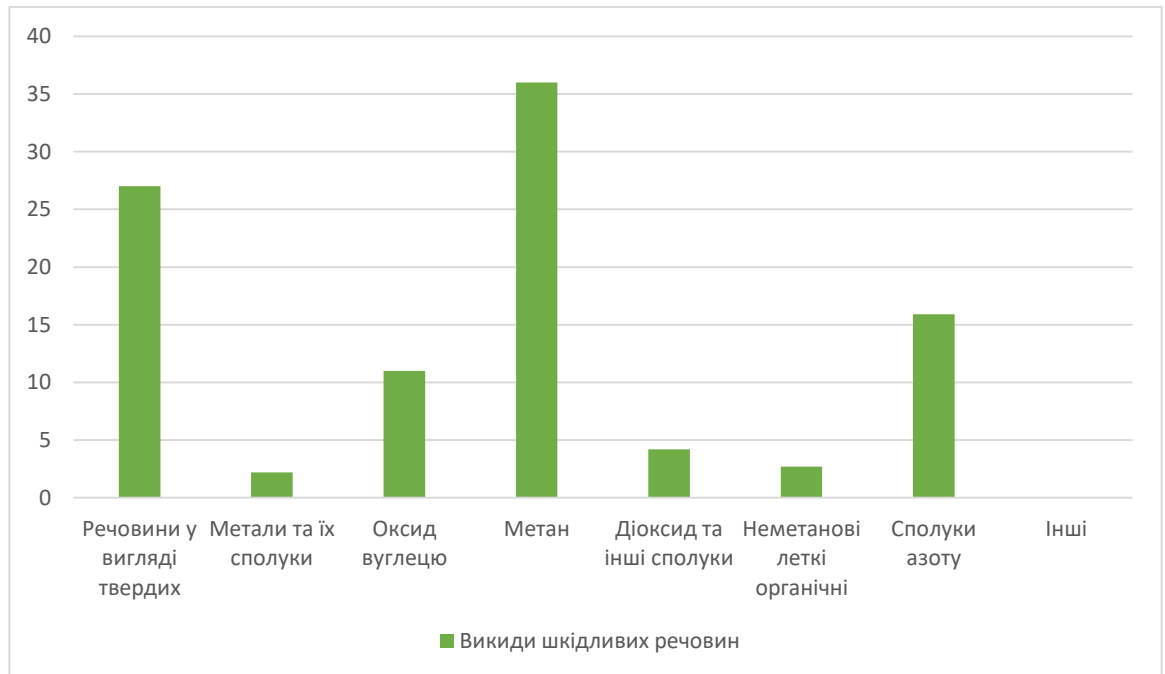


Рисунок 2.4. Хімічний склад викидів шкідливих речовин від стаціонарних джерел, %, 2019 рік [39]

Щільність викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел у середньому по області склала 642 кг на 1 км<sup>2</sup> території та 13,6 кг на одну особу. Водночас, у деяких районах і містах ці значення значно перевищили обласний середній рівень. Зокрема, у обласному центрі підприємства викинули 21,052 тонн забруднюючих речовин на 1 км<sup>2</sup>, що майже в 33 рази перевищує середній показник по області.

Таким чином, Кременчук залишається найбільшим джерелом стаціонарного забруднення повітря в Полтавській області, незважаючи на загальну позитивну тенденцію до скорочення викидів у регіоні.

Відчутну частку забруднення атмосферного повітря становлять викиди від автомобільного транспорту, які складають орієнтовно 30-40% від

загального обсягу. В таблиці 2.3. представлена динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від автотранспорту по регіону та місту в цілому, тис. тонн. [7].

Таблиця 2.3

Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від автотранспорту по регіону та місту в цілому, тис. тонн [19]

<b>Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря від автотранспорту</b>					
<b>(тис. тонн)</b>					
<b>Роки</b>	2016	2017	2018	2019	2021
<b>По області</b>	279,8	107,4	91,5	82,3	60,4
<b>Кременчук</b>	29,6	10,7	17,1	16,6	14,7
<b>Полтава</b>	62,4	22,3	25,4	25,4	23,8
<b>(%)</b>					

Спостерігається чітка тенденція до зменшення обсягів забруднення. Так, якщо у 2016 році в області було зафіксовано 279,8 тис. тонн викидів, то у 2021 році цей показник знизився до 60,4 тис. тонн що майже в 4,6 рази менше. Це може свідчити про скорочення транспортного навантаження, модернізацію автопарку або посилення екологічного контролю.

У Кременчуці викиди автотранспорту також зменшилися: з 29,6 тис. тонн у 2016 році до 14,7 тис. тонн у 2021 році, тобто більше ніж удвічі. Попри те, що в абсолютних цифрах обсяги є нижчими, ніж у деяких інших містах області, Кременчук залишається одним із помітних джерел транспортного забруднення в регіоні.

Окремо в таблиці наведено частку обласного центру – Полтави – у загальному обсязі викидів: з 62,4% у 2016 році до 23,8% у 2021 році. Це

підтверджує, що Полтава стабільно є основним джерелом викидів автотранспорту в області, хоча і тут також спостерігається зниження частки.

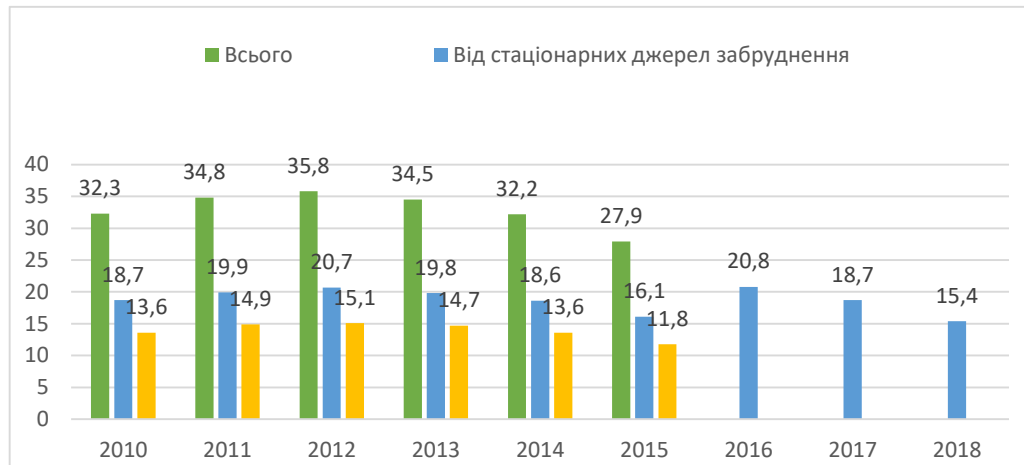


Рисунок 2.5. Динаміка викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря в місті Кременчук у 2010-2018 роках [28]

За вказаний період простежується загальна тенденція до скорочення валових викидів. Якщо у 2010 році їх обсяг становив 32,3 тис. тонн, то до 2018 року він зменшився до 15,4 тис тонн.

Викиди від стаціонарних джерел протягом досліджуваного періоду залишались відносно сталими, коливаючись у межах 18,7-20,7 тис. тонн. Винятком став 2014 рік, коли було зафіксоване зростання до 27,9 тис. тонн, однак вже у 2015 році показник знову знизився.

Що стосується пересувних джерел забруднення, то їхні викиди демонструють стійке зниження: з 13,6 тис. тонн у 2010 році до 1,7 тис. тонн у 2018 році.

Таким чином, зменшення валового обсягу викидів у місті Кременчук протягом 2010-2018 років відбулося переважно за рахунок суттєвого скорочення від пересувних джерел, тоді як обсяги викидів від стаціонарних джерел залишалися майже незмінними.

### **РОЗДІЛ 3. АНТРОПОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ НА АТМОСФЕРУ В УМОВАХ ЗБРОЙНОГО КОНФЛІКТУ**

#### **3.1. Вплив воєнних дій на якість атмосферного повітря**

Однією з найгостріших екологічних проблем в Україні під час війни стало забруднення повітря, води та ґрунтів. Постійні обстріли та руйнування промислових об'єктів спричиняють викиди токсичних речовин у довкілля.

Оцінити повний масштаб шкоди наразі складно через небезпеку для фахівців та обмежений доступ до даних з міркувань безпеки. Водночас, і зараз зрозуміло, що чим довше триває війна, тим глибші та триваліші будуть її екологічні наслідки.

Під час вибухів ракет та снарядів у повітря потрапляють шкідливі хімічні речовини, такі як чадний гад, діоксид азоту, формальдегід та інші. Внаслідок хімічних реакцій, що супроводжують детонацію, ці сполуки вивільняються в атмосферу. Значну загрозу становлять удари по нафтобазах та підприємствах, які зберігають або використовують небезпечні хімікати – це спричиняє масштабне забруднення повітря токсичними речовинами.

Станом на травень 2023 року у результаті бойових дій в атмосферне повітря вже потрапило близько 1,2 мільйона тонн забруднюючих речовин, включаючи 430 тис. тонн оксиду вуглею, 700 тис. тонн пилу та 40 тис. тонн неметанових летких органічних сполук, а також значна кількість важких металів та інших шкідливих речовин [41].

Моніторинг якості атмосферного повітря у місті Кременчук здійснюється кількома установами. Основну інформацію про рівень забруднення надають Кременчуцька лабораторія спостережень за забрудненням повітря Полтавського обласного центру з гідрометеорології та КП «Науковий центр еколого-соціальних досліджень» Кременчуцької міської

ради. Відбір проб повітря проводиться Полтавський обласним центром з гідрометеорології на чотирьох стаціонарних постах:

- ПЗС №1 – вулиця Молодіжна, 9;
- ПЗС №2 – вулиця Лікаря Богаєвського, 2;
- ПЗС №4 – вулиця Тараса Шевченка, 22/30;
- ПЗС №5 – вулиця Івана Приходька, 89.

Атмосферне повітря – один із чутливих елементів довкілля, який швидко реагує на різні джерела впливу. У місті Кременчук, як і в багатьох інших населених пунктах України, якість повітря формується під дією кількох факторів. Серед них – викиди з промислових підприємств, викиди від транспорту сезонні процеси, а в останні роки – також наслідки воєнних дій. Повномасштабне вторгнення вплинуло на екологічну ситуацію: через пошкодження інфраструктури, вибухи, зміну інтенсивності виробництва та логістики рівень забруднення зростає.

У дослідженні проаналізовано середні концентрації забруднювальних речовин у повітрі міста Кременчук за період з 1 січня по 30 квітня 2025 року. Розглядалися середньодобові значення завислих часток, діоксиду сірки ( $\text{SO}_2$ ), оксиду вуглецю ( $\text{CO}$ ), діоксиду азоту ( $\text{NO}_2$ ), оксиду азоту ( $\text{NO}$ ) та формальдегіду. Дані представлено у вигляді кратності ГДК, що дозволяє одразу оцінити рівень забруднення та наявність перевищень нормативів.

Для аналізу використано офіційну інформацію, оприлюднену на сайті Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України [42]. На основі цих даних побудовано графіки, які демонструють зміни концентрацій протягом досліджуваного періоду. Такий підхід дозволяє візуально відстежити динаміку забруднення та оцінити екологічну ситуацію в місті.



Рисунок 3.1. Середньодобові концентрації завислих речовин у повітрі м. Кременчук за період 01.01.2025 – 30.04.2025 у кратності до ГДК

На графіку (рис. 3.1) подану динаміку середньодобових концентрацій завислих речовин у повітрі міста Кременчук за період з 1 січня по 30 квітня 2025 року, у кратності до ГДК. Протягом більшості днів рівень забруднення перебував поблизу 1 ГДК, що свідчить про помірне фонове забруднення.

Водночас у середині лютого, другій половині березня у квітні спостерігалися різкі сплески до понад 2,5 ГДК. Їх причинами могли стати несприятливі погодні умови (інверсія, штиль), діяльність транспорту, підприємств або локальні пожежі. Важливо враховувати й воєнний фактор: у січні та лютому 2025 року Кременчук неодноразово зазнавав атак дронів та ракет (зокрема Shahed і X-59), що спричиняло вибухи та пошкодження інфраструктури. Такі події могли стати джерелом додаткового викиду завислих часток у повітря, вплинувши на загальний рівень забруднення у місті.



Рисунок 3.2. Середньодобові концентрації діоксиду сірки у повітрі м. Кременчук за період 01.01.2025 – 30.04.2025 у кратності до ГДК

На графіку (рис. 3.2) представлено динаміку середньодобових концентрацій діоксиду сірки в атмосферному повітрі міста Кременчук у період з 1 січня по 30 квітня 2025 року, у кратності до ГДК. Загалом значення залишаються на низькому рівні – здебільшого у межах 0,1-0,3 ГДК, що свідчить про невисоке фонове забруднення цим показником.

Разом із тим, починаючи з середини березня, спостерігається стійка тенденція до зростання, з піковими значеннями наприкінці березня та у першій половині квітня, коли концентрація сягала понад 0,35 ГДК. Такі зміни можуть бути зумовлені як сезонними особливостями атмосферної циркуляції та локальними видами з джерел енергетики чи промисловості, так і наслідками воєнних дій.

У зазначений період Кременчук неодноразово зазнавав повітряних атак. Зокрема, у ніч на 6 січня 20 січня та 24 лютого 2025 року місто піддавалося обстрілам із застосуванням дронів-камікадзе та керованих ракет, що супроводжувалися вибухами, пожежами, руйнуваннями об'єктів інфраструктури. Це частково пояснює зростання концентрацій забруднювача у березні-квітні. Навіть при відносно загальному рівні, зафіксовані коливання

потребують уваги з боку з екологічного моніторингу, особливо з огляду на вплив збройного конфлікту.



Рисунок 3.3. Середньодобові концентрації оксид вуглецю у повітрі м. Кременчук за період 01.01.2025 – 30.04.2025 у кратності до ГДК

На графіку (рис. 3.3) представлено динаміку середньодобових концентрацій оксиду вуглецю в атмосферному повітрі міста Кременчук у період з 1 січня по 30 квітня 2025 року, у кратності до ГДК. Протягом більшості днів рівень CO залишався в межах 0,15-0,3 ГДК, що свідчить про відносно низький рівень забруднення. Однак у середині лютого, наприкінці березня та на початку квітня зафіксовано короточасні підвищення концентрацій.

Ці сплески можуть бути зумовлені як сезонними факторами (наприклад, зростанням використання палива для опалення), так і наслідками воєнних дій. Зокрема, у ніч на 20 січня 2025 року внаслідок атаки безпілотною в Кременчуці було пошкоджено сім приватних будинків, що спричинило пожежі та руйнування інфраструктури. Під час таких інцидентів в атмосферу потрапляють продукти горіння, серед яких оксид вуглецю є одним з основних компонентів.



Рисунок 3.4. Середньодобові концентрації діоксиду азоту та оксиду азоту у повітрі м. Кременчук за період 01.01.2025 – 30.04.2025 у кратності до ГДК

На графіку (рис. 3.4) представлено динаміку середньодобових концентрацій діоксиду азоту та оксиду азоту в атмосферному повітрі міста Кременчук у період з 1 січня по 30 квітня 2025 року, у кратності до ГДК. Значення діоксиду азоту протягом усього періоду коливалися в межах 0,6-1,7 ГДК, у той час як рівні оксиду азоту переважно не перевищували 0,6 ГДК. Це вказує на систематичне перевищення нормативів саме щодо NO<sub>2</sub>, який є одним із найнебезпечніших компонентів викидів у міському повітрі.

Найвищі пікові значення обох сполук фіксувалися в середині лютого, а також у березні та на початку квітня. Серед можливих причин – зростання транспортного навантаження, робота ТЕЦ або промислових об'єктів, погодні умови (інверсія температури), а також воєнні чинники. Зокрема, внаслідок ракетної атаки на Кременчук 24 лютого 2025 року відбулося кілька вибухів, які могли супроводжуватися займанням та руйнуванням будівель. Крім того, в ніч на 16 квітня 2025 року в області працювала протиповітряна оборона (ППО): зафіксовано збиття дронів-камікадзе, уламки яких впали у

промисловій зоні поблизу міста. Такі події супроводжуються викидами оксидів азоту – типових продуктів вибухових процесів згорання.

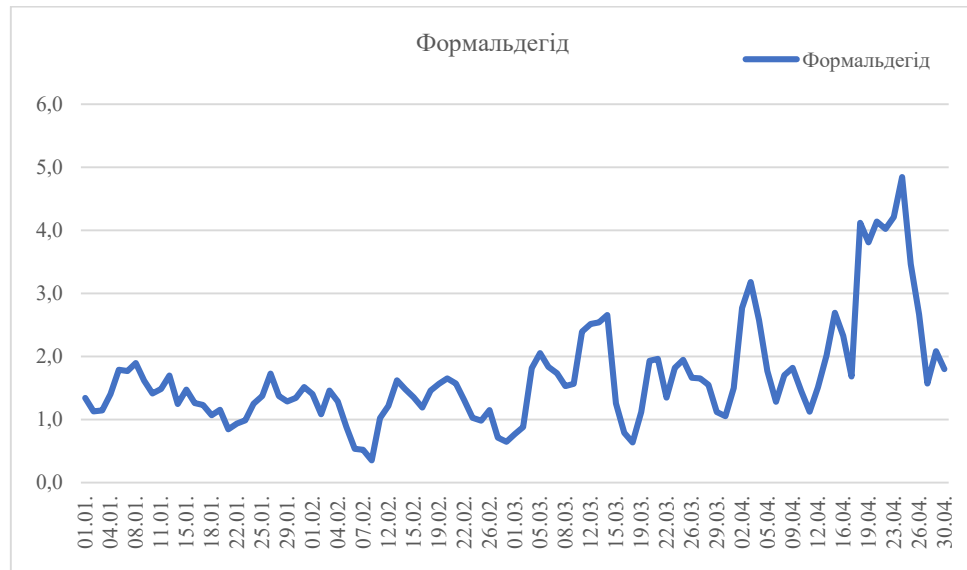


Рисунок 3.5. Середньодобові концентрації формальдегіду у повітрі м. Кременчук за період 01.01.2025 – 30.04.2025 у кратності до ГДК

На графіку (рис. 3.5.) подано середньодобові концентрації формальдегіду в повітря міста Кременчук у період з 1 січня по 30 квітня 2025 року, у кратності до ГДК. Загалом більшість значень перебували у межах 1,2–2,5 ГДК, що вже свідчить про перевищення нормативу. Найбільш різке зростання зафіксовано у квітні – з піком близько 4,8 ГДК, що є надзвичайно високим показником.

Формальдегід є токсичною сполукою, яка потрапляє в повітря переважно внаслідок згорання палива, виробничих процесів, а також у результаті хімічних реакцій при пожежах. Поява серії піків у квітні може бути пов'язана як з активізацією господарської діяльності, так і з наслідками воєнних подій. Зокрема, 16 квітня 2025 року в регіоні працювала ППО, внаслідок чого були збиті ворожі дрони типу Shahed, уламки яких впали в промисловій зоні. Також на початку квітня зафіксовано вибухи внаслідок атаки на об'єкти критичної інфраструктури в Полтавській області, що могло

спричинити розповсюдження токсичних речовин у повітрі, включно з формальдегідом.

### **3.2. Шляхи мінімізації антропогенного впливу на атмосферу в період воєнних дій**

З початком повномасштабної війни екологічна ситуація в Україні значно загострилася. Через ракетні обстріли, вибухи, пожежі та зупинку частини промислових об'єктів посилився тиск на навколишнє середовище, зокрема на стан атмосферного повітря. У таких умовах важливо не лише фіксувати рівень забруднення, а й визначати практичні кроки для його зменшення навіть за умов воєнного стану.

Одним з ключових інструментів є організація стабільного системного моніторингу якості повітря, особливо в містах, де відсутні активні бойові дії, проте існує ризик забруднення внаслідок вторинного впливу (пожеж, обстрілів, аварій на інфраструктурі). Такий моніторинг дає можливість своєчасно виявляти перевищення концентрацій шкідливих речовин, зокрема формальдегіду, оксидів азоту, діоксиду сірки та інших.

Серед конкретних кроків, які доцільно реалізувати в умовах війни, можна виділити такі:

- Регулярне технічне обслуговування та підтримання у робочому стані фільтраційного обладнання на діючих підприємствах;
- Зменшення інтенсивності руху приватного транспорту та заохочення використання менш шкідливих видів транспорту;
- Розширення зелених зон, що сприяє природному очищенню повітря;
- Тимчасове обмеження діяльності виробництв з високим рівнем викидів у разі несприятливих погодних умов або аварій;

- Інформування населення про заходи безпеки у разі погіршення якості повітря (зокрема, уникнення перебування на відкритому повітрі, вентиляції приміщень тощо).

З огляду на те, що в результаті воєнних дій до повітря потрапляє велика кількість токсичних продуктів горіння, особливо внаслідок ударів по промислових і логістичних об'єктах, важливо мати чіткі регламенти дій для місцевих органів влади, рятувальних служб і екологічних інспекцій.

## ВИСНОВОК

У процесі дослідження встановлено, що стан атмосферного повітря в місті Кременчук є нестабільним та періодично перевищує гранично допустимі норми за окремими показниками. Основними джерелами забруднення залишаються промислові підприємства (зокрема нафтопереробна та металургійна галузі) та транспорт, який генерує значну частину шкідливих викидів. ПАТ «Укртатнафта» залишається одним із основних підприємств, які забруднюють повітря, його викиди складають 22,8% від усіх обласних викидів.

Моніторинг якості повітря здійснюється на чотирьох стаціонарних постах, результати яких свідчать про підвищенні рівні пилу, оксидів азоту, формальдегіду та інших небезпечних речовин, що негативно впливають на здоров'я населення та екосистеми міста.

Проведений аналіз даних показав, що найбільший викид твердих частинок у м. Кременчук спостерігався у середині лютого, другій половині березня та квітні, різкі сплески концентрації перевищували ГДК у 2,5 рази. Причинами могли стати несприятливі погодні умови (інверсія, штиль), діяльність транспорту, підприємств або локальні пожежі. Важливо враховувати й воєнний фактор: у січні та лютому 2025 року Кременчук неодноразово зазнавав атак дронів та ракет (зокрема Shahed і X-59), що спричиняло вибухи та пошкодження інфраструктури. Такі події могли стати джерелом додаткового викиду завислих часток у повітря, вплинувши на загальний рівень забруднення у місті.

Середньодобові концентрації діоксиду сірки та оксиду вуглецю у повітрі м. Кременчук за період 01.01.2025 – 30.04.2025 залишалися в межах допустимих концентрацій, тоді як рівень діоксиду азоту та формальдегіду перевищував ГДК. Слід відмітити, що саме середньодобові концентрації формальдегіду перевищували ГДК в 2,5-4,5 рази у квітні місяці, коли активно працювала ППО, внаслідок чого були збиті ворожі дрони типу Shahed, уламки яких впали в промисловій зоні.

Попри впровадження певних природоохоронних заходів, у місті зберігається високий рівень антропогенного навантаження на атмосферу. Воєнні дії, зокрема вибухи, пошкодження інфраструктури, зміни в роботі підприємств та логістиці, стали додатковим фактором забруднення що вимагає посиленого контролю за якістю повітря.

На основі зібраних даних розроблено рекомендації щодо зменшення негативного впливу: удосконалення систем очищення викидів, модернізація обладнання, обмеження руху транспорту в центральній частині міста та розвиток зелених зон.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бардов В. Г., Омельчук С. Т., Мережкіна Н. В. та ін. Гігієна та екологія: підручник / за ред. В. Г. Бардова. – Вінниця : Нова Книга, 2020. – 472 с.
2. Білявський Г. О., Бутченко Л. І. Основи екології : теорія та практикум : навч. посібник. — Київ : Лібра, 2004. — 368 с.
3. Білявський Г. О., Фурдуй Р. С., Костіков І. Ю. Основи екології : підручник. — Київ : Либідь, 2004. — 408 с.
4. Білявський Г. О. та ін. Основи екології : теорія та практикум. — Київ : Лібра, 2002. — 352 с.
5. Бойчук Ю. Д., Солошенко Е. М., Бугай О. В. Екологія і охорона навколишнього середовища : навч. посібник. 2-ге вид. — Суми : ВТД «Університетська книга», 2003. — 284 с.
6. Гутаревич Ю. Ф., Зеркалов Д. В. Порівняльний аналіз методів визначення рівня забруднення атмосферного повітря // Екологія та автомобільний транспорт. – Київ, 2006.
7. Євселевський Л. І. Кременчуччина з давніх часів до ХІХ століття: Історичний нарис. — Полтава : Криниця, 1995. — 95 с.
8. Ковальчук І. В. Екологічні аспекти управління якістю атмосферного повітря в Україні // Вісник КДПУ. 2016. № 4. С. 14–19.
9. Копиця О. В. Екологічні аспекти управління якістю атмосферного повітря в Україні.
10. Лушакова А. М., Євселевський Л. І. Вулицями старого Кременчука. — Київ : Техніка, 1997. — 152 с. : іл. — Бібліогр.: с. 152.
11. Осташко О. І., Юшко В. М., Крот В. О., Стегній П. А. Нарис історії Кременчука : наукове видання. — Кременчук, 1995. — 179 с.
12. Полтавщина : енцикл. довід. / за ред. А. В. Кудрицького. — Київ : УЕ, 1992. — 1024 с. — Кременчук : с. 401–435.
13. Поручинський Ю., Поручинська О., Слящук О. Огляд методів оцінки забруднення атмосферного повітря.

14. Про внесення змін до Закону України «Про охорону атмосферного повітря»: Закон України від 21 червня 2001 р. № 2556-III // Відомості Верховної Ради України. – 2001. – № 48. – Ст. 252. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2556-III>
15. Порядок розроблення та затвердження нормативів вмісту забруднюючих речовин у відпрацьованих газах та впливу фізичних факторів пересувних джерел забруднення атмосферного повітря: затв. постановою Кабінету Міністрів України від 13 берез. 2002 р. № 303 // Офіційний вісник України. – 2002. – № 12. – Ст. 575. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/303-2002-п>
16. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Полтавській області у 2020 році / Полтавська обласна державна адміністрація, Департамент екології та природних ресурсів. — Полтава, 2021. — 84 с.
17. Фалько В. В., Поліщук С. З., Токовенко А. В. Екологічний ризик для людини від забруднення атмосферного повітря (теоретична оцінка): монографія. – Дніпропетровськ : Економіка, 2014. – 194 с.
18. Шевченко О. Г. Сучасна динаміка забруднення атмосферного повітря міст України // Навколишнє природне середовище – 2007 : актуальні проблеми екології та гідрометеорології ; інтеграція освіти і науки : II міжнар. наук.-техн. конф., 26–28 вересня 2007 р., Одеса. — Одеса, 2007. — С. 157–160.
19. Юшко В. М. Кременчук. Минуле наддніпрянського міста: Випуск перший. — Кременчук, 2000. — 12 с.
20. Кременчук // Історія міст і сіл Української РСР. Полтавська область. — Київ, 1967. — С. 463–490.
21. Кременчук. «Імідж 99»: інформаційно-рекламний каталог. — Кременчук, 1999. — 151 с. — Історія Кременчука: с. 2.
22. Gaston B. E. N. J. A. M. I. N., Drazen J. M., Loscalzo J. O. S. E. P. H., Stamler J. S. The biology of nitrogen oxides in the airways // American Journal of

- Respiratory and Critical Care Medicine. — 1994. — Vol. 149, № 2. — P. 538–551.
23. Rall D. P. Review of the health effects of sulfur oxides // Environmental Health Perspectives. — 1974. — Vol. 8. — P. 97–121.
24. Van Poppel M., Schneider P., Peters J., Yatkin S., Gerboles M., Matheussen C. та ін. SensEURCity : a multi-city air quality dataset collected for 2020/2021 using open low-cost sensor systems // Scientific Data. — 2023. — Vol. 10, № 1. — Article 322.
25. [Електронний режим]. Режим доступу: <https://stock.adobe.com/ua/images/air-pollution-atmospheric-aerosol-particles-or-particulate-matter-size-comparison-pm10-and-pm2-5/379784768>
26. [Електронний режим]. Режим доступу: [https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_vcheniy\\_secretar/ABTOM\\_TPA\\_HCII/EBK\\_AHC/AVTOTRANSPORT.pdf](https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/ABTOM_TPA_HCII/EBK_AHC/AVTOTRANSPORT.pdf)
27. [Електронний режим]. Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=803>
28. [Електронний режим]. Режим доступу: [https://kremen.gov.ua/assets/uploads/files/9f7f8e651d45e6fd6645459c68ff9078da98eb10ekologichnyj\\_pasport\\_mista\\_kremenchuka.pdf](https://kremen.gov.ua/assets/uploads/files/9f7f8e651d45e6fd6645459c68ff9078da98eb10ekologichnyj_pasport_mista_kremenchuka.pdf)
29. [Електронний режим]. Режим доступу: <https://donntu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/04/zb.-mater.-i-mizhnar.-nauk.-prakt.-konf.-eps-lutsk-2023-r.pdf#page=11>
30. [Електронний режим]. Режим доступу: <https://www.istockphoto.com/uk/векторні-зображення/діоксид-азоту-по2-модель-молекул-і-хімічна-формула-gm1199539081-343242520>
31. [Електронний режим]. – Режим доступу: <https://jethrojeff.com/>
32. [Електронний режим]. Режим доступу: [https://dspace.nlu.edu.ua/bitstream/123456789/12099/1/Корупція\\_2016\\_dus.pdf](https://dspace.nlu.edu.ua/bitstream/123456789/12099/1/Корупція_2016_dus.pdf)

33. [Электронный режим] Режим доступу:  
<https://studfile.net/preview/7608631/page:2/>
34. [Электронный режим]. Режим доступу:  
<https://www.unep.org/interactives/air-pollution-note/>
35. [Электронный режим]. Режим доступу:  
[https://scinotesgeo.at.ua/Volume\\_9/Poruchynsky\\_Poruchynska\\_Slashchyk\\_Overview.pdf](https://scinotesgeo.at.ua/Volume_9/Poruchynsky_Poruchynska_Slashchyk_Overview.pdf)
36. [Электронный режим]. Режим доступу:  
<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1598-2001-п>
37. [Электронный режим]. Режим доступу: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
38. [Электронный режим]. Режим доступу:  
<https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health/health-impacts/types-of-pollutants>
39. [Электронный режим]. Режим доступу: <http://zsfoe.org/?p=3934>
40. [Электронный режим]. Режим доступу: <http://www.pl.ukrstat.gov.ua/>
41. [Электронный режим]. Режим доступу:  
<https://dailyviv.com/news/pryroda/povitrya-viiny-v-ukrayini-vdykhnulo-blyzko-12-miliona-tonn-shkidlyvykh-rechovyn-112065>
42. [Электронный режим]. Режим доступу:  
<https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/stan-atmosfernogo-povitrya/kremenchuk/>