

ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ Міністерства освіти і науки України
29 березня 2012 року № 384
Форма № Н-9.02

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут СНАП
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра екології
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

бакалавр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему:

**ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ НА
СОЦІАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ МІСТА ЛЬВОВА**

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕК-41
напряму підготовки (спеціальності)

Е2 Екологія
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Дулиба Р.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник Ошуркевич-Панківська О.Є.
(прізвище та ініціали)

Рецензент доц.Марутяк С.Б.
(прізвище та ініціали)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Діаграми обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря міста;
Діаграми модулів техногенних навантажень, діаграми коефіцієнтів неканцерогенних ефектів.

6. Дата видачі завдання 10.02.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз обсягів викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря міста	10.02.25- 13.03.25	<i>Вико- нако</i>
2	Аналіз обсягів викидів забруднюючих речовин та оцінка якості атмосферного повітря міста	13.03.25- 03.04.25	<i>Вико- нако</i>
3	Оцінка ризику розвитку неканцерогенних ефектів у населення від забруднення атмосферного повітря	04.04.25- 04.05.25	<i>Вико- нако</i>
4	Оцінка ризику розвитку канцерогенних ефектів у населення від забруднення атмосферного повітря	04.05.25- 28.05.25	<i>Вико- нако</i>
5	Оформлення пояснювальної записки	28.05.25- 18.06.25	<i>Вико- нако</i>

Студент


(підпис)

Дулиба Р.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Ошуркевич-Панківська О.Є.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дулиба Р.В. Оцінка впливу забруднення атмосфери на соціальне середовище міста Львова: дипломна робота бакалавра: E2 Екологія / Дулиба Романа Віталіївна. - Львів: НЛТУ України, 2025. – 50 с.

У роботі на основі аналізу обсягів викидів забруднюючих речовин від стаціонарних і пересувних джерел забруднення атмосферного повітря на території м.Львова розраховано рівень техногенного навантаження на урбоекосистему міста, виконано оцінку якості атмосферного повітря, оцінено ризику розвитку канцерогенних і неканцерогенних ефектів у здоров'ї населення, пов'язаних з забрудненням атмосферного повітря.

Ключові слова: викиди забруднюючих речовин, модулі техногенного навантаження, сумарний індекс забруднення атмосфери, ризику розвитку неканцерогенних ефектів, ризику розвитку канцерогенних ефектів.

SUMMARY

Dulyba R.V. Assessment of the impact of atmospheric pollution on the social environment of the city of Lviv: bachelor's thesis: E2 Ecology / Dulyba Romana Vitaliivna. - Lviv: NLTU of Ukraine, 2025. - 50 p.

In the work, based on the analysis of the volume of pollutant emissions from stationary and mobile sources of atmospheric air pollution in the territory of Lviv, the level of technogenic load on the urban ecosystem of the city was calculated, the quality of atmospheric air was assessed, and the risks of developing carcinogenic and non-carcinogenic effects on the health of the population associated with atmospheric air pollution were assessed.

Keywords: emissions of pollutants, modules of technogenic load, total index of atmospheric pollution, risks of developing non-carcinogenic effects, risks of developing carcinogenic effects.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ МІСТА ЛЬВОВА.....	4
РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ЛЬВОВА.....	9
1.2. Забруднення атмосферного повітря міста.....	9
2.2. Оцінки рівня забрудненості атмосферного повітря.....	15
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА СОЦІАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ.....	18
3.1. Оцінка ризику розвитку неканцерогенних ефектів.....	19
3.2. Оцінка ризику розвитку канцерогенних ефектів.....	31
ВИСНОВКИ.....	34
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	35
ДОДАТКИ.....	39

ВСТУП

Забруднення атмосферного повітря одна з найбільш проблем сучасності. Сучасний розвиток суспільства характеризується великою чисельністю населення, а отже, і зростанням економічних та енергетичних потреб. Бурхливий розвиток промисловості, стрибкоподібне зростання кількості автомобільного транспорту, авіації, обробка сільськогосподарських угідь з літаків, сміттєзвалища, привели до прогресуючого збільшення забруднення атмосферного повітря.

Атмосферне повітря є одним з тих компонентів довкілля, від якості якого залежить стан здоров'я людини. Сучасний стан забруднення атмосфери є серйозною екологічною проблемою, яка негативно впливає на умови життя на Землі, здоров'я населення, в цілому на екосистеми. За даними ВООЗ Україна посідає 5 місце у Європі за рівнем смертності через забруднення повітря.

З огляду на це, дослідження наслідків забруднення атмосферного повітря є *актуальними*.

Метою роботи є оцінка наслідків забруднення атмосферного повітря на соціальне середовище міста Львова.

Досягнення мети забезпечувалось виконанням таких *завдань*:

- проаналізувати викиди забруднюючих речовин від стаціонарних і пересувних джерел забруднення на території м.Львова;
- оцінити якість атмосферного повітря в межах міста;
- оцінити ризики розвитку канцерогенних і неканцерогенних ефектів у населення, пов'язаних з забрудненням атмосферного повітря.

Отримані у роботі результати можуть бути використані при організації моніторингу атмосферного повітря і для оцінювання наслідків забруднення атмосферного повітря у населених пунктах України.

РОЗДІЛ 1

ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ МІСТА ЛЬВОВА

Львів розташований на стику трьох основних тектонічних структур - Східноєвропейської платформи, Західноєвропейської платформи та Карпатської складчастої системи. Геологічна будова дуже складна. Дорифейський фундамент на південно-західній окраїні Східноєвропейської платформи заглиблений на 5-6 кілометрів і покритий відкладами різного віку, утворюючи Волино-Подільську монокліналь, Львівську палеозойську западину та Львівську крейдяну западину. Верхня частина профілю складається з мезозойських теригенних карбонатних товщ, неогенових вапняків, піщаного ґрунту та глини, та антропогенових льодовиків, водно-льодовикових грубоуламкових й піщано - глинистих відкладів..

Клімат у Львові - помірний континентальний. В основному формується під впливом Атлантичного океану (рясні опади, швидкі зміни погоди тощо) та континентальних повітряних мас. Взимку відносно тепло, часто відлиги, влітку тепло, але не жарко, а іноді і прохолодно, багато похмурих і дощових днів. Середня температура січня становить $-3,9$ $-6,6^{\circ}\text{C}$; у липні вона становить $+ 18,2$ $+ 15^{\circ}\text{C}$. Тривалість безморозного періоду становить 260-270 днів. Загальна сума активних температур складає 2398°C . Чисельність опадів становить 641-742 мм / рік. Максимальна кількість (60 %) впадає з травня по вересень. Найбільш дощовий місяць влітку. Іноді дощі випадають у вигляді злив, часто приводячи до катастрофічних паводків. Сніговий покрив нестійкий, формується остаточно у грудні, а сходить в березні. Його максимальна висота - у лютому (30-40 см). Серед несприятливих погодних явищ - туман, сильний дощ і град, ожеледиця, весняні заморозки, сильний вітер. Середньорічна кількість опадів у Львові з 2003 по 2013 рік суттєво не змінилася з 1961 по 1990 рік - збільшення на 39 мм. Хоча середньорічна кількість опадів значно змінилася в окремі роки - з 640 мм (2003) до 930-956 мм (2008, 2010). Також за останні десять років середня кількість опадів

кожного місяця суттєво відрізнялася. Наприклад, середньомісячна кількість опадів у лютому коливається від 20 мм (2008) до 83 мм (2004.), липня з 26 мм (2003) до 168-170 мм (2006, 2004).

Зміни міської температури призвели до змін тривалості вегетаційного періоду порівняно з 1961-1990 рр. Середня дата переходу до + 5°C навесні 2003-2013 рр. Була на 7 днів раніше (з 2 квітня по 26 березня). Після осіннього переходу через + 5°C - 7 днів (з 7 по 14 листопада) загальна тривалість вегетаційного періоду зросла на 14 днів (з 219 днів до 233 днів). Середня кількість опадів протягом вегетаційного періоду також змінилася, збільшившись з 518 мм до 570 мм.

За даними ЦГМ у Львівській області [29], порівняно з попереднім періодом, не спостерігалось суттєвого приросту стихійних метеорологічних явищ (СМЯ), хоча метеорологи та жителі міст чітко пам'ятали деякі досить сильні прояви СМЯ - снігопад у березні 2013 року, що стосується циклонів, сильний мороз з кінця січня до першої половини лютого 2012 року, ураган у червні 2006 року.

Вітрові умови в місті мають свої особливості. У щільній забудові Львівської котловини з великою кількістю зелених насаджень (парк Івана Франка, Цитадель), парків сильний вітер спостерігається мало, а на Львівській рівнині із забудовою висотними будинками і незначним озелененням, сильний вітер є частим. Швидкість вітру дорівнює 0,1 м/хв у високоповнотному насадженні, тоді як у полі швидкість вітру 0,8 м/хв, що становить 3,5 %. За повноти 0,7 різниця сягала відповідно 7 % та в рідкісних 20,4 %. З кожним зменшенням щільності насаджень на 0,1 середня швидкість вітру збільшується на 4 %.

Найбільш вітряні місяці у Львові: грудень, лютий, червень та листопад, найменш вітряні - серпень, травень та січень. Найчастіші вітри, що найбільше впливають на атмосферні коливання Львова, - це західні, південно-західні та північно-західні вітри. Разом вони становлять 52,3 %, що становить більше половини львівських вітрів. Вітри з інших сторін світу відіграють меншу роль.

Хмарність у Львові наступає більш-менш правильно. Середньорічне є значення за останні 20 років - 66. Середньомісячне за 20 років показує, що кількість хмар найбільше в грудні, відхилення невелике в червні, найменше в серпні, а потім піднімається до найхмарнішої зими, тому що в той час західні, теплі і вологі вітри змагаються з холодним.

Грунтовий покрив Львова складний, контрастний та мозаїчний, оскільки територія міста розташована у трьох природних зонах: листяному лісі, лісостепу та Карпатах. У ґрунтовому покриві в північній та центральній частинах області переважають дернові ґрунти, дерново-підзолисті та дерново-підзолисті ґрунти. Більшу частину території займають напівгідроморфні і гідроморфні ґрунти (болотні, лучно-болотні, лучні, низинні торфовища). Чорноземи опідзолені і типові, сірі лісові, темно-сірі опідзолені ґрунти переважають у лісостеповій зоні. Дерново-підзолисті поверхнево оглеєні ґрунти найпоширеніші в Передкарпатті.

У Львові проходить головна лінія вододілу Європи, тому *річки та потоки* в місті належать до басейнів Балтійського моря та Чорного моря. Лінія вододілу від півдня уздовж околиць Львова, на захід від Сихова до Козельник та Сигнівки, на північ від Сигнівки до Розточчя. У Львові вододіл проходить вулицями Зелена, Рахівська, Володимира Великого, територією Кульпарківської психлікарні, а також вулицями Антоновича, Васильківського, Героїв УПА, Степана Бандери, Коротку, Залізничну, Шевченка та Брюховицьку.

Дифузія забруднюючих речовин залежить не тільки від місця розташування, рельєфу та висоти підприємства, а й від метеорологічних умов: температури, швидкості вітру, інтенсивності сонячної радіації, умов транспортування та розподілу домішок в атмосфері, кількості та тривалості опадів. Висока швидкість вітру сприяє швидкому розсіюванню викидів, що призводить до зменшення концентрації токсичних речовин на поверхні атмосфери вздовж напрямку вітру. Туман негативно впливає на процес розсіювання домішок. Краплі поглинають забруднювачі, тому концентрація

токсичних речовин різко зростає в шарі туману і зменшується над ним. Розчинення діоксиду сірки в тумані призводить до утворення в повітрі крапель сірчаної кислоти. Опади очищають домішки в повітрі. Після тривалого періоду сильних опадів майже не спостерігалось високих концентрацій домішок в атмосфері.

З моменту економічного спаду у Львові у 1990-х роках *екологічна ситуація* у місті покращилася. У цей період були закриті деякі великі промислові підприємства, а тому обсяги промислових викидів відчутно зменшилися. Водночас деякі природні фактори визначили тенденцію до зростання забруднення повітря, особливо у центральній частині Львова. У цій частині міста рельєф знижується, а отже відбувається погана циркуляція повітря, що призводить до високих концентрацій вуглекислого газу, оксидів азоту та сірки, також через інтенсивний рух автомобілів в історичному центрі міста. Тому за безвітряної погоди у центрі Львова може утворюватися смог.

Рослинність Львова надзвичайно різноманітна та багата. Ці багатства походять від географічного положення, геоморфологічної історії та зміни клімату в минулі геологічні періоди. Тому під впливом охолодження клімату в льодовиковий період релікти рослинності давнього дольодовикового періоду майже зникли, а в льодовикову добу прибули північні і північно-східні рослини. В часі навіювання лесу зі сходу прибули степові, гірські з Карпат, а низові - атлантичного типу з заходу, які доходять навіть до Розточчя, що є східною межею бука, ялини, смереки та межею прибалтійської рослинності, що переходить в чорноморську під Львовом.

Сучасна рослинність Львова – це лише залишок давньої первісної, дуже різноманітної та різнобарвної рослинності. Площа сільськогосподарських угідь розширилась, лісові площі зазнали серйозних змін, збільшення, так званого, заліснення на невжитках, що були захистом первісної рослинності, регулювання русла річки Полтви, осушення пасовищ і торфовищ, скорочення кількості ставків, природний приріст міста - все це належить до факторів, що змінили первісний вигляд давньої рослинності Львова.

Фауна Львова та прилеглих територій має дуже специфічний вигляд. Тут елементи північної низовини в основному сходяться з елементами степів сходу і гірськими. Частина околиць Львова належить до Побузької низовини. Фауна тут має змішаний характер, на торфовищах і пісках – низовинний, а на лесових грядах - степовий. Подільська частина околиць також змішана: на лісистих місцях – гірський, на безлісних місцях - степовий характер. Частина, що відноситься до Розточчя, має найбільш змішану фауну. Низові тварини з'являються на вологих і затоплених рівнинах і пісках: на лісистих пагорбах – гірські, на глинистих і безлісних - степові.

Серед північних елементів такі хребетні, багонна жаба (*Rana arvalis* Nils.), що живе в Білогорщі і Зубрі, хрущі: *Sarabtes Menetriesi* Нумра. на торфовищах Білогорщі, слимаки: *Hyalina contracta* Westerlund.

До східних елементів фауни Львова належать із хребетних ящірка *Lacerta agilis* L. v. *colchica* Eichwald і жаба *Rana esculenta* L. v. *ridibunda* Pall., яка живе в усіх ставах, цегельняних ямах, багнах околиць Львова. Із хрущів *Dorcadion striatum* Dalm., на місцях простірних і сухих, а зі слимаків: *Helicogena lutescens* Ziegler, який осягає тут свого крайню західну межу. Гірська фауна представлена в передмістях міста (Брюховичі) та інших регіонах (Янів і т д.) [16, 24].

РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ЛЬВОВА

1.2. Забруднення атмосферного повітря міста

Стан повітряного басейну та основні тенденції його змін визначаються двома типами забруднення: ареальне і лінійне забруднення. Перший включає найбільші промислові центри міста, на яку припадає більша частина викидів шкідливих речовин у повітря. Друга пов'язана із забрудненням через інтенсивний рух транспортних засобів по території міста та вздовж автомагістралей.

Провідне місце в промисловій галузі міста займають харчова та легка промисловості, а також промисловість будівельних матеріалів. В останні роки місто почало виробляти автобуси, трамваї та тролейбуси на основі ПАТ «Концерн Електрон». Станом на 2019 рік у м. Львові зареєстровано 10 великих промислових компаній, 420 середніх та майже 10 000 малих компаній [24].

До списку найбільших забруднювачів повітря м. Львова входять п'ять компаній: ЛМКП «Львівтеплоенерго» (в тому числі ТЕС-1, ТЕС-2, котельня на вулиці Надійна), ЛКП «Залізничтеплоенерго», ПАТ «Іскра», ТОВ «Львівська ізоляторна компанія» та ПАТ «Галичфарм».

Енергетичні компанії є найбільшим фіксованим джерелом забруднення повітря у Львові. Серед цих підприємств 162 котельні, ТЕЦ-1, ТЦ «Північ» та ТЦ «Південь», 169 централізованих теплових пунктів, 72 незалежних теплових пунктів та 565 кілометрів теплової мережі.

Загалом хімічний склад викидів від стаціонарних джерел забруднення такий (без врахування CO_2): домінує оксид вуглецю (33,7 %) та діоксид азоту (27 %), а неметанові леткі органічні сполуки та вміст метану становлять 29 % та 3 % відповідно. Серед викидів окис вуглецю та неметанові леткі органічні сполуки все ще посідають перше місце.

Обсяги викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел м. Львова за даними Державної служби статистики у Львівській області [5] занесені в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1

Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря м. Львова від стаціонарних джерел за 2016-2020 рр.

Назва речовини	Рік				
	2016	2017	2018	2019	2020
Оксид вуглецю	579	885	672	984	1012
Метан	77	236	302	225	618
Діоксид азоту	651	656	613	603	864
Оксид азоту	3	9	8	16	19
Діоксид сірки	22	21	23	24	10
Неметанові органічні сполуки	269	334	208	172	117
Діоксид вуглецю	490775	473545	477755	492866	491248
Усього викидів	492376	475686	479581	494890	493888

Основною забруднюючою речовиною, що надходить в атмосферне повітря м.Львова від стаціонарних джерел є діоксид вуглецю, його частка у загальних обсягах викидів перевищує 99 %. Серед інших речовин (без врахування CO₂), спостерігаються значні викиди оксиду вуглецю (32,5 %), діоксиду азоту (26,5 %) та НМЛОС (12,0 %). Обсяги викидів метану, діоксиду сірки та оксиду азоту є порівняно незначні (табл 2.1, рис.2.1, 2.2).

Дорожньо-транспортні комплекси – відносяться до одних з найпотужніших джерел забруднення довкілля. Крім того, транспорт є основним джерелом міського шуму, а також джерелом теплового забруднення. Внаслідок спалювання палива у двигуні внутрішнього згоряння, виділяються гази, що містять понад 200 шкідливих речовин, включаючи канцерогени. Нафтопродукти, залишки зношених шин та гальмівних колодок, сипучі та пилові вантажі, хлориди, що використовуються для осипання взимку доріг створюють забруднення придорожніх смуг та водойм.

Автомобільний транспорт забруднює атмосферу трьома шляхами: скиданням забруднюючих речовин через вихлопні гази, просочування газу в

картер двигуна та емісія забруднювачів спричинені випаровуванням палива в баках, карбюраторах та в наслідок витoku палива. Найбільша частка випадає на перший спосіб, він є причиною викидів близько 2/3 шкідливих газів, що викидаються автомобілями в атмосферу.

Станом на 08.05.2021 у м. Львові перевезення громадян забезпечується 65 маршрутами, для яких використовується для обслуговування більше 600 маршруток та автобусів. Кількість маршрутів через просп. Свободи знизилась але збільшилась кількість автобусів великої місткості. Важливим фактором зменшення викидів від міського автотранспорту є розширення маршрутів електротранспорту (тролейбусів і трамваїв), зокрема будівництво трамвайних колій до Сихівського району в якому мешкає 150 тис. осіб.

Автомобільний транспорт є одними з основних забруднювачів повітря у великих містах. В останні роки викиди в атмосферу від пересувних джерел демонструють тенденцію до зростання. Так, за даними Звіту про стан довкілля в Україні з 2006 по 2009 роки кількість викидів автотранспорту зросла на 147,8 тис. тон [28]. Згідно зі статистичними даними у 2015 році [5], викиди автотранспорту у м. Львові становили 35 100 тон (36 % від загальної кількості по області), що в 13 разів перевищує викиди від стаціонарних джерел. Загальні викиди рухомих джерел забруднення в основному походять від використання бензину та дизельного палива (53 % та 36 % відповідно), від зрідженого та стиснутого газу лише 11 %.

Особливістю автомобільних викидних газів є те, що сполуки, які входять до їхнього складу (окис вуглецю, вуглеводні, оксиди азоту, альдегіди, кетони) при одночасній присутності у вологому атмосферному повітря під дією сонячного випромінення утворюють фотооксиданти (вони є сильними подразниками, мають канцерогенний та мутагенний ефект). При неповному згорянні в двигуні частина вуглеводнів перетворюється на сажу, що містить в собі смолисті речовини, включаючи канцерогени та бенз(а)пірен.

Обсяги викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел м. Львова за даними Держстатистики України у 2016-2020 рр. [5] занесені в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2

Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря м. Львова від пересувних джерел за 2016-2020 рр., т/рік

Назва речовини	Рік				
	2016	2017	2018	2019	2020
Оксид вуглецю	21853	21351	21994	22525	24570
Метан	76	72	76	75	76
Діоксид азоту	2883	2885	3023	3239	3402
Діоксид сірки	304	289	302	377	378
Неметанові органічні сполуки	3035	2885	2948	2938	3175
Діоксид вуглецю	1119420	1093705	1126643	1153843	1258598
Усього	1147571	1121187	1152038	1182997	1290199

493888

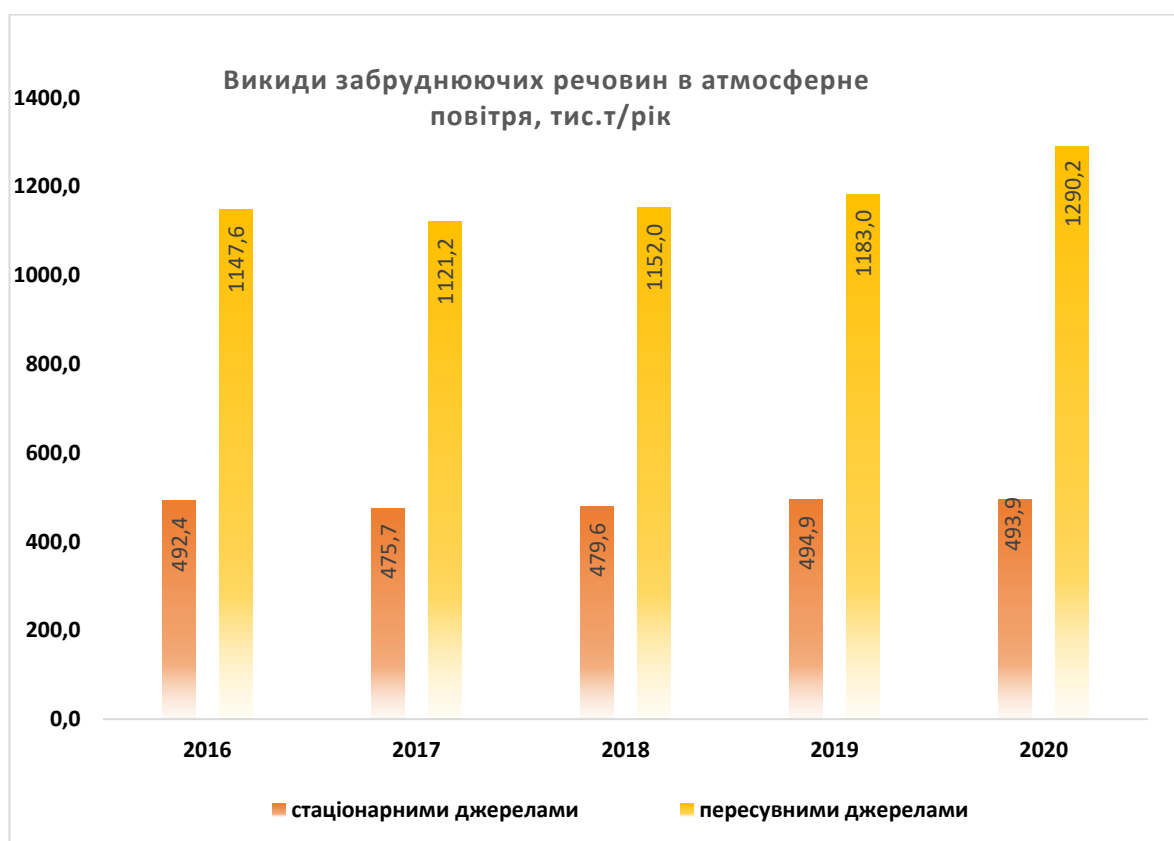


Рис.1.2. Обсяги викидів забруднюючих речовин (крім діоксиду вуглецю) в атмосферне повітря міста

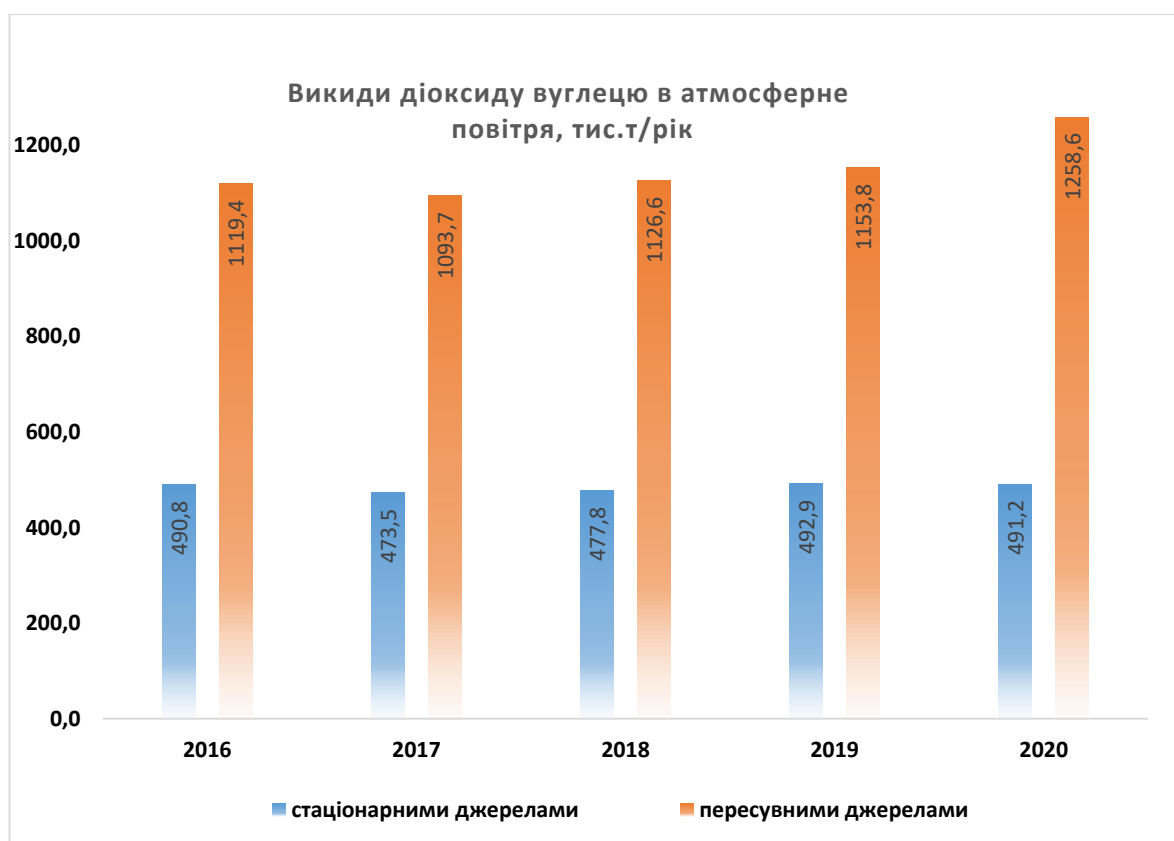


Рис.1.3. Обсяги викидів діоксиду вуглецю в атмосферне повітря міста

Хімічні компоненти, що виділяються пересувними джерелами, це, без врахування діоксиду вуглецю, переважно окис вуглецю (до 70 %), діоксид азоту та неметанові леткі органічні сполуки (16 % та 10 % відповідно) або близько 87 тис. т окис вуглецю, неметанові леткі органічні сполуки – 125 тис.т, двоокис азоту – 18,8 тис. т, діоксид сірки – 18 тис.тонн.

Як бачимо, основною забруднюючою речовиною, що надходить в атмосферне повітря м. Львова від пересувних джерел є діоксид вуглецю, його частка у загальних обсягах викидів перевищує 97,5 % (табл 2.2, рис.2.1,2.2). Серед інших речовин (без врахування CO₂), спостерігаються значні викиди оксиду вуглецю (75,6 %), діоксиду азоту (10,9 %) та НМЛОС (10,0 %). Обсяги викидів метану, діоксиду сірки та оксиду азоту є порівняно незначні.

Основними джерелами забруднення атмосферного повітря м. Львова є: автотранспорт, Львівське міське комунальне підприємство «Львівтеплокомуненерго» (ТЕЦ-1, ТЕЦ-2), ВАТ «Іскра» (завод виготовлення

електроламп), АТ «Галичфарм», ПрАТ «Львівський локомотиворемонтний завод».

Якість атмосферного повітря прямопропорційна обсягу викидів забруднюючих речовин. Для оцінки забруднення атмосфери на території міста розраховано модуль техногенного навантаження, під яким розуміють масу викидів забруднюючих речовин, що припадає на одиницю площі за умови рівномірного розподілу викидів, і виражається у тонах на квадратний кілометр за рік (рис.1.4).



Рис. 1.4. Модулі техногенного навантаження на атмосферне повітря міста

Результати розрахунків свідчать, що значення модулів техногенного навантаження в різні роки коливаються в межах від 10,5 до 12,0 тис.т/км². Найбільш техногенно навантаженим був 2020 рік. Основний техногенний тиск створюють викиди діоксиду вуглецю.

2.2. Оцінки рівня забрудненості атмосферного повітря

Спостереження за якісним складом атмосферного повітря у м. Львові провидить в основному лабораторія КП «Адміністративно – технічне управління» Департаменту містобудування Львівської міської ради. Відповідно до чинної Програми державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря Львівської зони [23] заміри мають проводитися на 43 локаціях міста 4 рази на рік (зазвичай це третій, шостий, дев'ятий та дванадцятий місяць у році) за такими речовинами: вуглецю оксид, азоту оксид, азоту діоксид, сірки діоксид, пил, формальдегід та фтористий водень [24]. Проте, повного обсягу результати спостережень у відкритих джерелах – Екологічних паспортах області, Регіональних доповідей про стан навколишнього середовища та Звітах про результати моніторингу природного довкілля Львівщини - відсутні. Наявна інформація, часткова - не охоплює всього періоду, або усіх затверджених у Програмі забруднюючих речовин.

Усі наявні у відкритому доступі дані [9-12, 13, 24] про результати спостережень за якістю повітря м.Львова зібрані у таблиці 2.3. Далі для комплексної оцінки рівня забрудненості атмосферного повітря розраховували індекс забруднення атмосферного повітря ($I_{за}$ або ІЗА), який враховує характеристики забруднюючих речовин за ступенем їх шкідливості (за класом небезпеки) [7] (Додаток Б).

Розрахунок індексу забруднення атмосфери заснований на припущенні, що на рівні ГДК всі шкідливі речовини характеризуються однаковим впливом на людину, а при подальшому збільшенні концентрації ступінь їх шкідливості зростає з різною швидкістю, яка залежить від класу небезпеки речовини [3,4,22, 30].

Таблиця 2.3

Концентрації забруднюючих речовин та розрахований індекс забруднення атмосфери

Роки	Концентрація забруднюючої речовини, мг/м ³							Сумарний Іза	Категорія забруднення повітря згідно з [7]
	Пил	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Фтористий водень	Формаль-дегід	Оксид азоту		
2014	<u>0,17</u>	0,021	2,37	<u>0,045</u>	0,002	0,005	0,024	4,28	слабо забруднена
2015	<u>0,17</u>	0,017	2,02	0,030	0,002	<u>0,059</u>	0,021	5,53	слабо забруднена
2016	<u>0,16</u>	0,025	2,02	0,040	0,002	<u>0,074</u>	0,027	6,47	слабо забруднена
2017	<u>0,15</u>	0,025	1,95	<u>0,042</u>	0,003	<u>0,107</u>	0,027	7,72	забруднена
2018	<u>0,19</u>	0,026	1,92	0,040	0,003	<u>0,125</u>	0,029	8,68	забруднена
2019	=	-	-	-	-	-	-	-	-
2020	=	-	-	-	-	-	-	-	-
2021	<u>0,192</u>	0,030	1,497	<u>0,219</u>	<u>0,103</u>	<u>0,478</u>	<u>0,139</u>	77,03	високо забруднена
2022	<u>0,212</u>	0,017	1,168	<u>0,201</u>	<u>0,137</u>	<u>0,537</u>	<u>0,095</u>	100,35	високо забруднена
Константа а	0,9	1	0,9	1	1,3	1	1		
ГДКсд, мг/м ³	0,15	0,05	3	0,04	0,005	0,03	0,06		

Як бачимо, з роками простежується чітка тенденція до погіршення якості атмосферного повітря, що виражається у збільшенні сумарного індексу забруднення атмосфери. Якщо, ще у 2014 році якість повітря відповідала категорії «слабо забруднена», то вже у 2017 році потрапила у категорію «забруднена», а у 2021 році – у категорію «високо забруднена».

Основний вклад у погіршення якості повітря вносять викиди пилу, діоксиду і оксиду азоту, а особливо формальдегіду і фтористого водню, концентрації яких суттєво зросли протягом останніх років.

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА СОЦІАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Здоров'я людини визначається складною взаємодією цілого ряду факторів: спадковість, соціально-економічне та психологічне благополуччя, доступність і якість медичного обслуговування, спосіб життя і наявність шкідливих звичок, умови життєдіяльності та якість навколишнього природного середовища. Визначення точного внеску окремих факторів у розвиток захворювання нерідко є досить важким завданням, яке ускладнюється значною кількістю обумовлених ними ефектів, багато з яких, до того ж, можуть зустрічатися серед населення і без впливу цих факторів [18].

У той же час, шляхом проведення належним чином спланованих епідеміологічних та еколого-гігієнічних досліджень можна виявити і кількісно оцінити ризик розвитку захворювань, пов'язаних з шкідливою дією факторів навколишнього природного середовища для відносно великих груп населення. Сьогодні одним із найбільш ефективних сучасних підходів до встановлення зв'язку між станом навколишнього природного середовища та здоров'ям населення в певному регіоні чи місті, що дозволяє вирішувати подібні задачі в умовах обмежених термінів і фінансових можливостей, є методологія оцінки ризику.

Методологія оцінки ризику - це вибір оптимальних у даній конкретній ситуації шляхів усунення або зменшення ризику, він складається з трьох взаємопов'язаних елементів: оцінка ризику; управління ризиком; інформування про ризик.

Саме їх сукупність дозволяє не лише виявити існуючі проблеми, розробити шляхи їх вирішення, а й створити умови для практичної реалізації цих рішень.

При цьому визначення ризику від забруднення атмосферного повітря дозволяє прогнозувати імовірність і медико-соціальну значимість можливих

порушень здоров'я при різних сценаріях його впливу, а ще й встановлювати першочерговість і пріоритетність заходів з управління факторами ризику на індивідуальному та популяційному рівнях.

Оцінку ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря проводили згідно з Методичними рекомендаціями «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря» затверджених наказом МОЗ України 13.04.2007 №184, які передбачають розрахунок ризику розвитку неканцерогенних і канцерогенних ефектів (Додаток В).

3.1. Оцінка ризику розвитку неканцерогенних ефектів

З врахуванням токсичності забруднюючих речовин (референтних концентрацій при хронічному інгаляційному впливі), критичних органів чи систем ураження внаслідок впливу, на основі розрахованих приземних концентрацій забруднюючих речовин розраховували коефіцієнти небезпеки. А далі, за критеріями неканцерогенного ризику оцінили ризик розвитку неканцерогенних ефектів від забруднення атмосферного повітря міст області.

Згідно з результатами розрахунку ризику розвитку неканцерогенних ефектів у населення міста Львова (табл. 3.1 – 3.7) значення сумарного ризику розвитку неканцерогенних ефектів в усі роки є більшим від одиниці. Зростання концентрацій шкідливих речовин у повітрі міста зумовлює збільшення ризику розвитку неканцерогенних ефектів від 5,62 (у 2014 році) до 191,12 (у 2022 році). Тобто, у людей, які піддаються впливу, існує більша ймовірність (у 5,62 - 191,12 разів) розвитку неканцерогенних захворювань, ніж у тих, хто не піддається такому впливу.

Основний внесок у ймовірність розвитку неканцерогенних ефектів у населення має формальдегід, що зумовлює ризик розвитку захворювань органів дихання та імунної системи, фтористий водень, що провокує захворювання органів дихання та кісток, а також пил і діоксид нітрогену, що негативно впливають на органи дихання (рис.3.1).

Таблиця 3.1

Ризик розвитку неканцерогенних ефектів у населення м.Львова за 2014 рік

Назва речовини	Середньорічна концентрація забруднюючої речовини, мг/м ³	Референтна (безпечна) концентрація речовини, мг/м ³	Критичні органи/системи	Коефіцієнти небезпеки для окремих речовин (HQ)	Критерії неканцерогенного ризику	
Пил	0,172	0,1	органи дихання	1,72	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ
Діоксид сірки	0,02133	0,08	органи дихання	0,27	< 1	Ризик зневажливо малий
Оксид вуглецю	2,373	3,0	органи дихання	0,79	< 1	Ризик зневажливо малий
Діоксид азоту	0,05	0,04	органи дихання	1,13	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ
Фтористий водень	0,0015	0,03	органи дихання, кісткова система	0,05	< 1	Ризик зневажливо малий
Формальдегід	0,005	0,003	органи дихання, імунна система	1,67	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ
Сумарний ризик розвитку неканцерогенних ефектів				5,62	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ

Таблиця 3.2

Ризик розвитку неканцерогенних ефектів у населення м.Львова за 2015 рік

Назва речовини	Середньорічна концентрація забруднюючої речовини, мг/м ³	Референтна (безпечна) концентрація речовини, мг/м ³	Критичні органи/системи	Коефіцієнти небезпеки для окремих речовин (HQ)	Критерії неканцерогенного ризику	
Пил	0,172	0,1	органи дихання	1,72	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ
Діоксид сірки	0,017	0,08	органи дихання	0,21	< 1	Ризик зневажливо малий
Оксид вуглецю	2,018	3,0	органи дихання	0,67	< 1	Ризик зневажливо малий
Діоксид азоту	0,030	0,04	органи дихання	0,75	< 1	Ризик зневажливо малий
Фтористий водень	0,002	0,03	органи дихання, кісткова система	0,07	< 1	Ризик зневажливо малий
Формальдегід	0,059	0,003	органи дихання, імунна система	19,70	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ
Сумарний ризик розвитку неканцерогенних ефектів				23,11	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ

Таблиця 3.3

Ризик розвитку неканцерогенних ефектів у населення м.Львова за 2016 рік

Назва речовини	Середньорічна концентрація забруднюючої речовини, мг/м ³	Референтна (безпечна) концентрація речовини, мг/м ³	Критичні органи/системи	Коефіцієнти небезпеки для окремих речовин (HQ)	Критерії неканцерогенного ризику	
Пил	0,162	0,1	органи дихання	1,62	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ
Діоксид сірки	0,025	0,08	органи дихання	0,31	< 1	Ризик зневажливо малий
Оксид вуглецю	2,018	3,0	органи дихання	0,67	< 1	Ризик зневажливо малий
Діоксид азоту	0,040	0,04	органи дихання	1,00	= 1	Гранична величина ризику
фтористий водень	0,002	0,03	органи дихання, кісткова система	0,07	< 1	Ризик зневажливо малий
Формальдегід	0,074	0,003	органи дихання, імунна система	24,50	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ
Сумарний ризик розвитку неканцерогенних ефектів				28,17	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ

Таблиця 3.4

Ризик розвитку неканцерогенних ефектів у населення м.Львова за 2017 рік

Назва речовини	Середньорічна концентрація забруднюючої речовини, мг/м ³	Референтна (безпечна) концентрація речовини, мг/м ³	Критичні органи/системи	Коефіцієнти небезпеки для окремих речовин (HQ)	Критерії неканцерогенного ризику	
Пил	0,150	0,1	органи дихання	1,50	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ
Діоксид сірки	0,025	0,08	органи дихання	0,31	< 1	Ризик зневажливо малий
Оксид вуглецю	1,954	3,0	органи дихання	0,65	< 1	Ризик зневажливо малий
Діоксид азоту	0,042	0,04	органи дихання	1,04	> 1	ризик зростає пропорційно збільшенню HQ
Фтористий водень	0,003	0,03	органи дихання, кісткова система	0,09	< 1	Ризик зневажливо малий
Формальдегід	0,107	0,003	органи дихання, імунна система	35,80	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ
Сумарний ризик розвитку неканцерогенних ефектів				39,40	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ

Таблиця 3.5

Ризик розвитку неканцерогенних ефектів у населення м.Львова за 2018 рік

Назва речовини	Середньорічна концентрація забруднюючої речовини, мг/м ³	Референтна (безпечна) концентрація речовини, мг/м ³	Критичні органи/системи	Коефіцієнти небезпеки для окремих речовин (HQ)	Критерії неканцерогенного ризику	
Пил	0,192	0,1	органи дихання	1,92	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ
Діоксид сірки	0,026	0,08	органи дихання	0,32	< 1	Ризик зневажливо малий
Оксид вуглецю	1,923	3,0	органи дихання	0,64	< 1	Ризик зневажливо малий
Діоксид азоту	0,040	0,04	органи дихання	1,00	= 1	Гранична величина ризику
фтористий водень	0,003	0,03	органи дихання, кісткова система	0,11	< 1	Ризик зневажливо малий
Формальдегід	0,125	0,003	органи дихання, імунна система	41,70	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ
Сумарний ризик розвитку неканцерогенних ефектів				45,69	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ

Таблиця 3.6

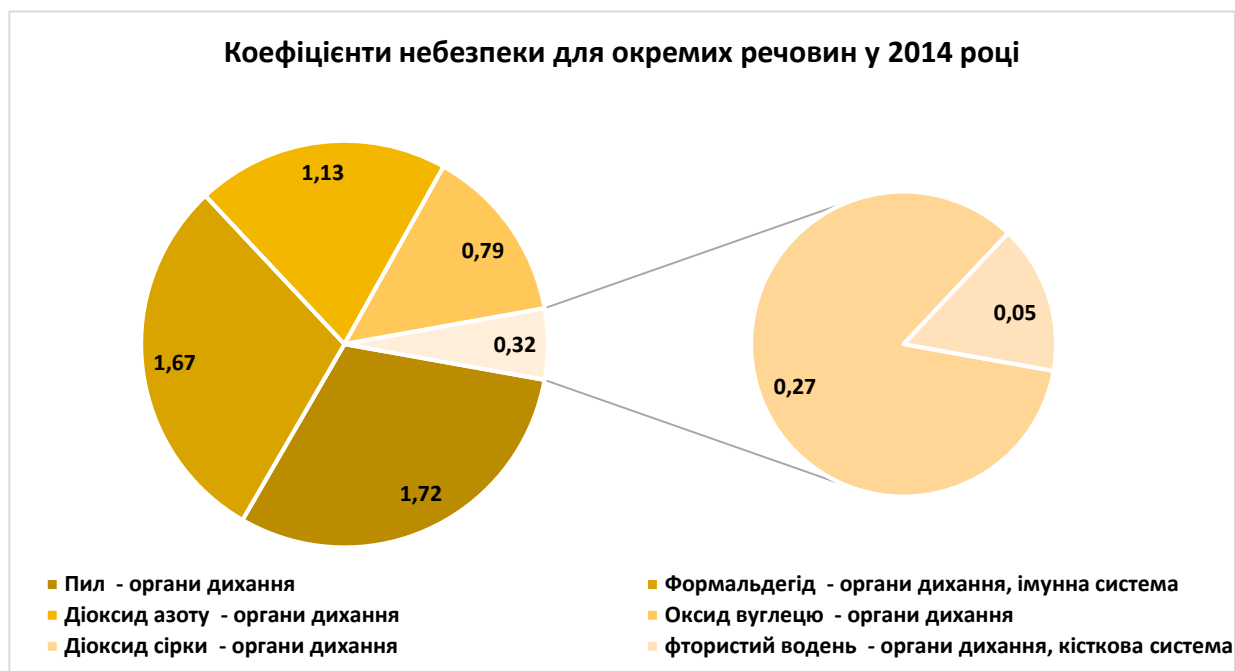
Ризик розвитку неканцерогенних ефектів у населення м.Львова за 2021 рік

Назва речовини	Середньорічна концентрація забруднюючої речовини, мг/м ³	Референтна (безпечна) концентрація речовини, мг/м ³	Критичні органи/системи	Коефіцієнти небезпеки для окремих речовин (HQ)	Критерії неканцерогенного ризику	
Пил	0,192	0,1	органи дихання	1,92	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ
Діоксид сірки	0,030	0,08	органи дихання	0,37	< 1	Ризик зневажливо малий
Оксид вуглецю	1,497	3,0	органи дихання	0,50	< 1	Ризик зневажливо малий
Діоксид азоту	0,219	0,04	органи дихання	5,48	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ
Фтористий водень	0,103	0,03	органи дихання, кісткова система	3,43	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ
Формальдегід	0,478	0,003	органи дихання, імунна система	159,22	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ
Сумарний ризик розвитку неканцерогенних ефектів				170,92	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ

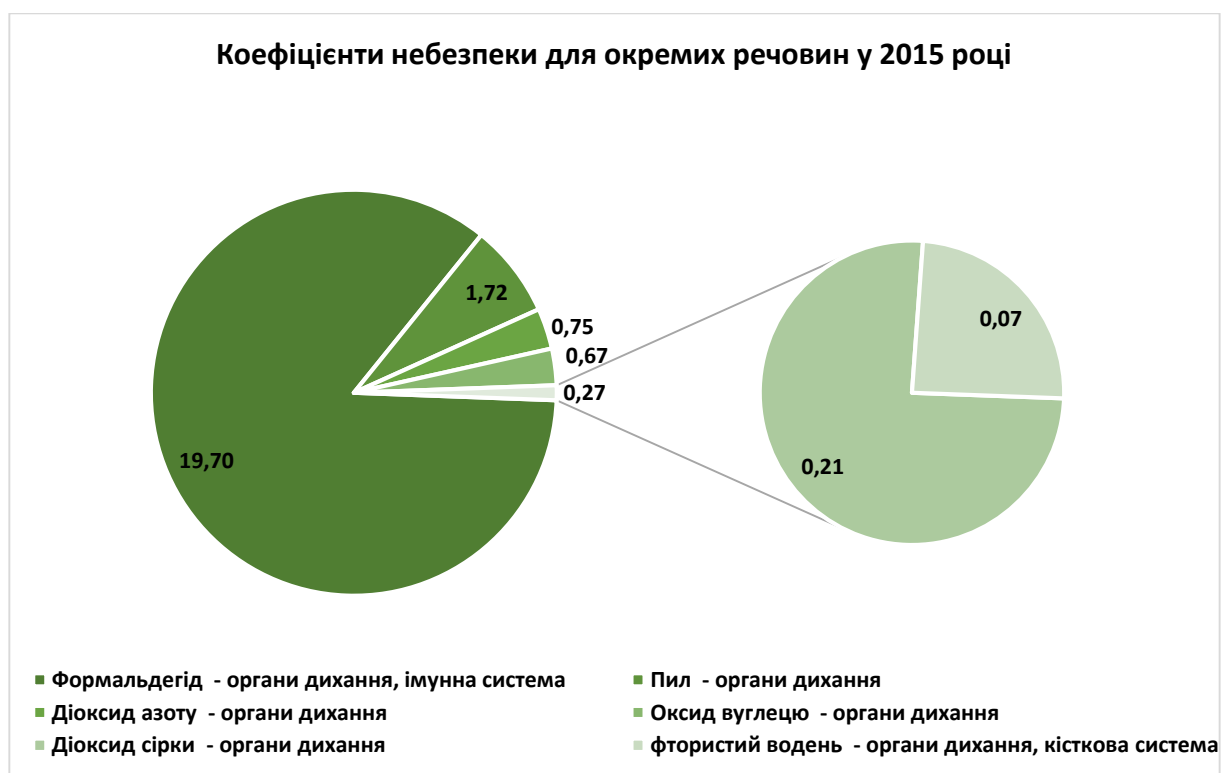
Таблиця 3.7

Ризик розвитку неканцерогенних ефектів у населення м.Львова за 2022 рік

Назва речовини	Середньорічна концентрація забруднюючої речовини, мг/м ³	Референтна (безпечна) концентрація речовини, мг/м ³	Критичні органи/системи	Коефіцієнти небезпеки для окремих речовин (HQ)	Критерії неканцерогенного ризику	
Пил	0,212	0,1	органи дихання	2,12	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ
Діоксид сірки	0,017	0,08	органи дихання	0,21	< 1	Ризик зневажливо малий
Оксид вуглецю	1,168	3,0	органи дихання	0,39	< 1	Ризик зневажливо малий
Діоксид азоту	0,201	0,04	органи дихання	5,02	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ
Фтористий водень	0,137	0,03	органи дихання, кісткова система	4,56	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ
Формальдегід	0,537	0,003	органи дихання, імунна система	178,83	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ
Сумарний ризик розвитку неканцерогенних ефектів				191,12	> 1	Ризик зростає пропорційно збільшенню HQ

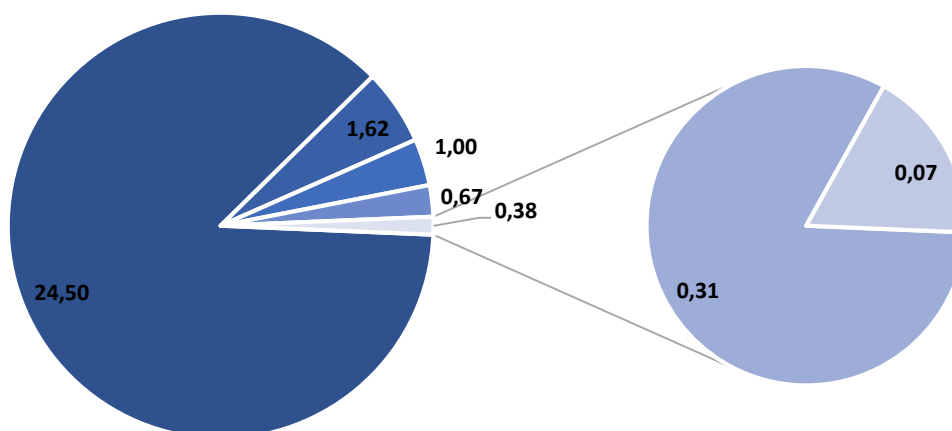


а)



б)

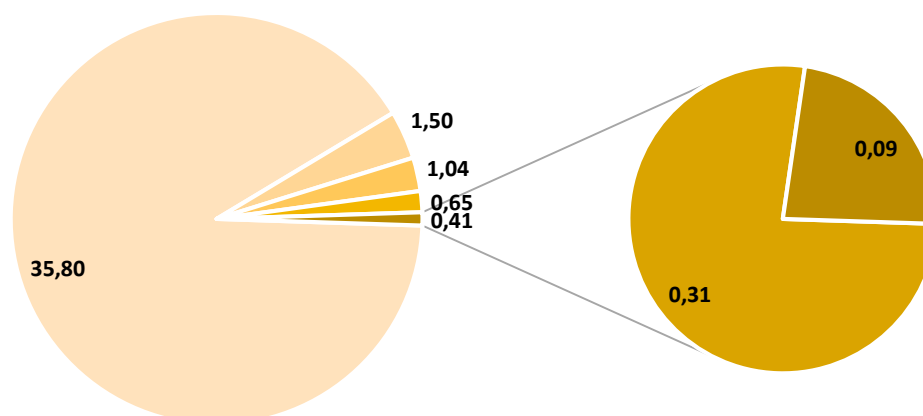
Коефіцієнти небезпеки для окремих речовин у 2016 році



- Формальдегід - органи дихання, імунна система
- Діоксид азоту - органи дихання
- Діоксид сірки - органи дихання
- Пил - органи дихання
- Оксид вуглецю - органи дихання
- фтористий водень - органи дихання, кісткова система

В)

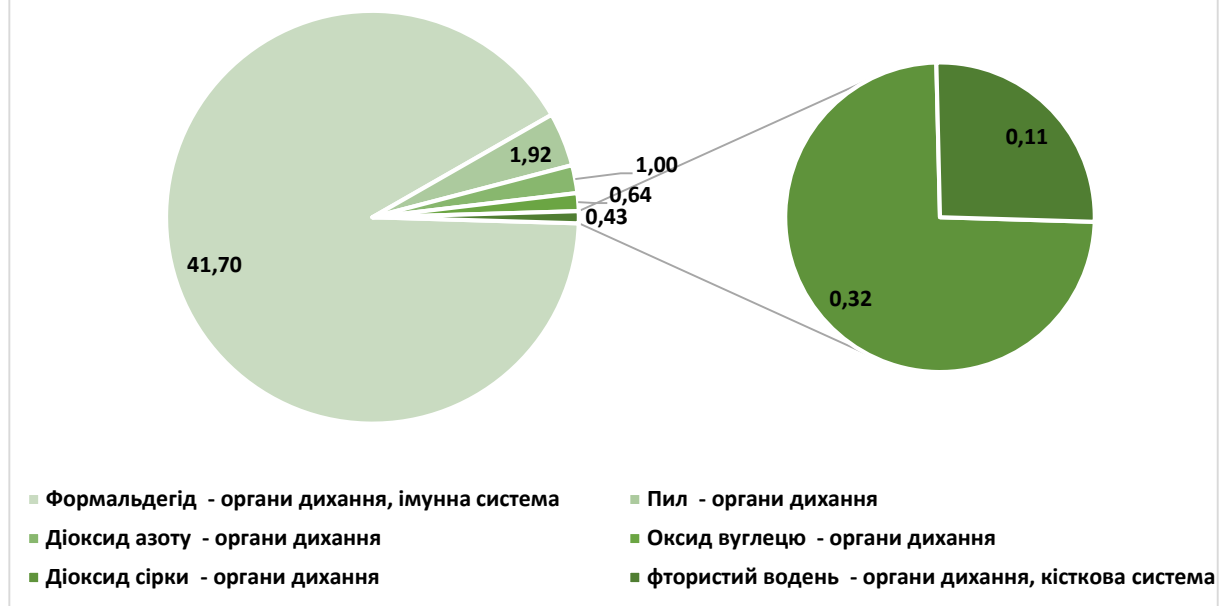
Коефіцієнти небезпеки для окремих речовин у 2017 році



- Формальдегід - органи дихання, імунна система
- Діоксид азоту - органи дихання
- Діоксид сірки - органи дихання
- Пил - органи дихання
- Оксид вуглецю - органи дихання
- фтористий водень - органи дихання, кісткова система

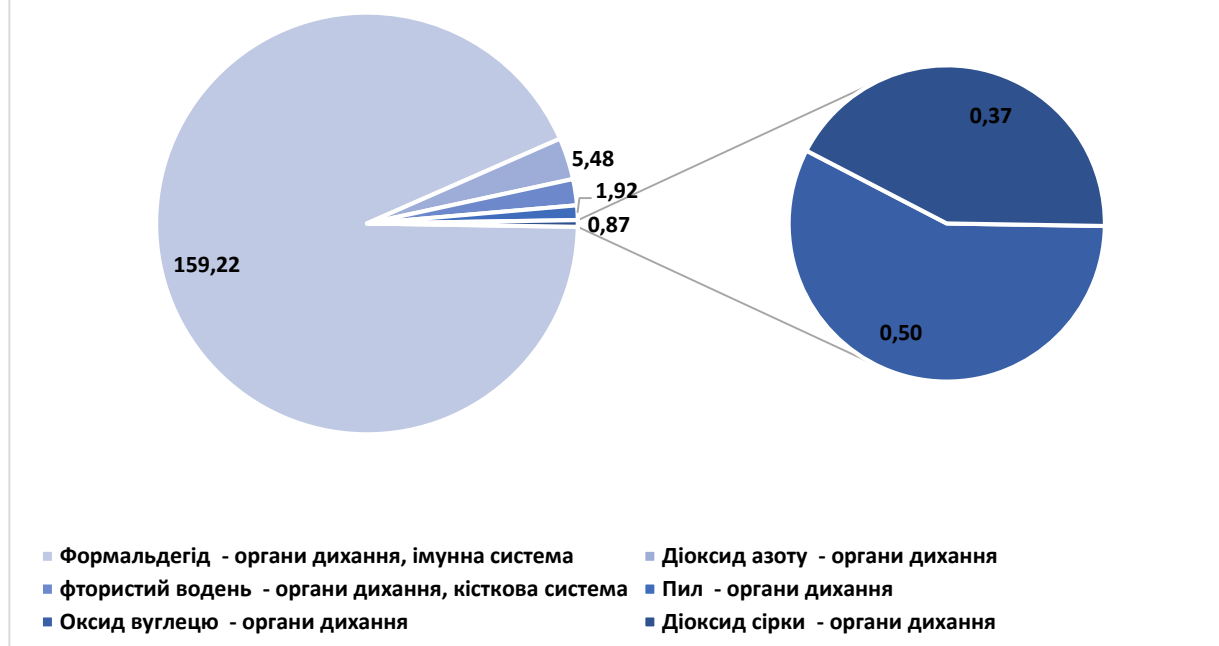
Г)

Коефіцієнти небезпеки для окремих речовин у 2018 році

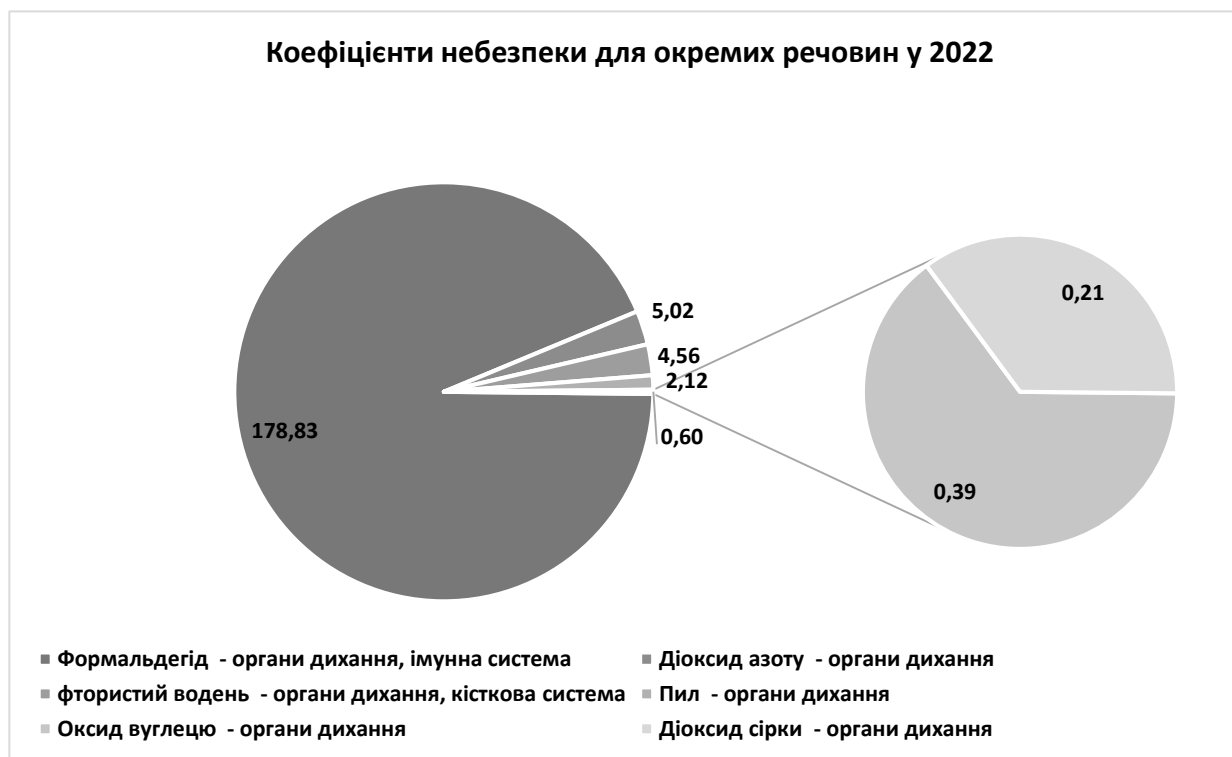


Д)

Коефіцієнти небезпеки для окремих речовин у 2021 році



е)



є)

Рис. 3.1 Внесок забруднюючих речовин у сумарний ризик розвитку неканцерогенних ефектів у населення міста Львова: а) у 2014 році; б) у 2015 році; в) у 2016 році; г) у 2017 році; д) у 2018 році; е) у 2021 році; є) у 2022 році.

Основний внесок розвитку неканцерогенних ефектів у населення міста має формальдегід, що зумовлює ризик розвитку захворювань органів дихання та імунної системи, фтористий водень, що провокує захворювання органів дихання та кісток, а також пил і діоксид нітрогену, що негативно впливають на органи дихання (рис.3.1). На фоні поступового збільшення коефіцієнтів небезпеки більшості речовин з роками, викликає занепокоєння стрімке зростання цього показника для формальдегіду – протягом досліджуваного періоду його вклад у розвиток неканцерогенних ефектів зріс більш ніж у 100 разів (з 1,67 до 178,8), що зробило його домінуючим чинником зростання рівня захворюваності населення.

Відповідно до статистичних даних про розподіл загальної захворюваності по основних нозологіях [5] захворювання органів дихання становлять 68 % серед дітей (від 0 до 18 років) і 40 % серед дорослих (18 років і старші).

3.2. Оцінка ризику розвитку канцерогенних ефектів

Оцінка канцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря канцерогенними речовинами і включає розрахунок одиничного ризику, що є верхньої межею додаткового ризику протягом життя, зумовленого впливом хімічної речовини та популяційного ризику, що є мірою очікуваної частоти ефектів серед всіх людей, які зазнали впливу.

Одиничний ризик - верхня межа додаткового ризику протягом життя, який обумовлений впливом хімічної речовини в концентрації 1 мкг/м^3 (при інгаляційному шляху надходження речовини з атмосферного повітря).

Популяційний ризик - агрегована міра очікуваної частоти ефектів серед усіх людей, які зазнали впливу (кількість додаткових випадків захворювання на рак у популяції окремого району, міста тощо).

Одиничний ризик розраховують на основі фактора канцерогенного потенціалу речовини і стандартної величини маси тіла людини (70 кг) та добового споживання повітря (20 м^3) [18] (Додаток В).

Результати розрахунку одиничних та популяційних канцерогенних ризиків для м.Львова наведені в таблиці 3.8. Ризик розвитку канцерогенних ефектів розраховували за єдиною канцерогенною речовиною, що наводиться в офіційних статистичних даних по викидах забруднюючих речовин – формальдегідом.

Як бачимо, протягом досліджуваного періоду одиничний канцерогенний ризик тобто верхня межа додаткового ризику протягом життя, який зумовлений впливом формальдегіду збільшився з $1,64 \cdot 10^{-7}$ до $1,76 \cdot 10^{-5}$ (у 100

Таблиця 3.8

Рівні одиничного та популяційного канцерогенного ризику

Рік	Речовина	Концентрація, мг/м ³	Фактор канцерогенного потенціалу (SF), мг/кг×добу ⁻¹	Одиничний ризик, URi (м ³ /мг)	Одиничний канцерогенний ризик CR	Рівень канцерогенного ризику	Чисельність популяції, що підпадає під вплив фактора, осіб	Популяційний канцерогенний ризик (PCR)
2014	формальдегід	0,005	0,046	$3,29 \cdot 10^{-5}$	$1,64 \cdot 10^{-7}$	менше 10^{-6} - «прийнятний»	710606	0,116742
2015	формальдегід	0,059	0,046	$3,29 \cdot 10^{-5}$	$1,94 \cdot 10^{-6}$	менше 10^{-6} - «прийнятний»	710606	1,37756
2016	формальдегід	0,074	0,046	$3,29 \cdot 10^{-5}$	$2,43 \cdot 10^{-6}$	менше 10^{-6} - «прийнятний»	710606	1,727788
2017	формальдегід	0,107	0,046	$3,29 \cdot 10^{-5}$	$3,52 \cdot 10^{-6}$	менше 10^{-6} - «прийнятний»	710606	2,498288
2018	формальдегід	0,125	0,046	$3,29 \cdot 10^{-5}$	$4,11 \cdot 10^{-6}$	менше 10^{-6} - «прийнятний»	710606	2,91856
2021	формальдегід	0,478	0,046	$3,29 \cdot 10^{-5}$	$1,57 \cdot 10^{-5}$	10^{-4} - 10^{-6} - «умовно прийнятний»	710606	11,16057
2022	формальдегід	0,537	0,046	$3,29 \cdot 10^{-5}$	$1,76 \cdot 10^{-5}$	10^{-4} - 10^{-6} - «умовно прийнятний»	710606	12,53814

разів), і з категорії «прийняттого» ризику у 2021 перемістився у категорію «умовно прийняттого».

Популяційний канцерогенний ризик, тобто частота канцерогенних ефектів серед усіх людей, що зазнали впливу, також стрімко зростає з 0,12 до 12,5 додаткових випадків захворювання на рак у популяції міста.

ВИСНОВКИ

У роботі на основі аналізу обсягів викидів забруднюючих речовин від стаціонарних і пересувних джерел забруднення атмосферного повітря на території м.Львова розраховано рівень техногенного навантаження на урбоекосистему міста, виконано оцінку якості атмосферного повітря, оцінено ризику розвитку канцерогенних і неканцерогенних ефектів у здоров'ї населення, пов'язаних з забрудненням атмосферного повітря.

Головні висновки полягають у тому, що:

- техногенне навантаження на урбоекосистему міста Львова за рахунок викидів забруднюючих речовин неухильно зростає;
- протягом досліджуваного періоду (з 2014 до 2022 року) категорія забруднення повітря у місті з «слабо забрудненої» змінилася на «високо забруднену» за рахунок зростання концентрації пилу, діоксиду і оксиду азоту, а головно формальдегіду і фтористого водню;
- стрімке збільшення концентрації формальдегіду у повітрі міста є основною причиною зростання ризику розвитку неканцерогенних та канцерогенних ефектів, а саме, захворювань органів дихання та імунної системи, а також онкозахворювань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бекетов В. Є. Аналіз та оцінка рівня забруднення атмосферного повітря м. Харків / В. Є. Бекетов, Г. П. Євтухова, О. С. Ломакіна // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. – 2016. – № 3-4 (26). – С. 97-103.
2. Всеукраїнська екологічна ліга. Офіційний сайт. URL: <https://www.ecoleague.net/index.php>
3. Васенко О. Г. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія / О. Г. Васенко, О. В. Рибалова, С. Р. Артем'єв, Н. С. Горбань, Г. В. Коробкова, В. О. Полонцева, О. В. Козловська, А. О. Мацак, А. А. Савічев. – Х.: НУГЗУ, 2015. – 419 с.
4. Гулай Л. Д. Екологічна оцінка стану атмосферного повітря у м. Нововолинськ / Л. Д. Гулай, О. А. Караїм, А. Ю. Синюк // Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія». – 2016. – Вип. 14. – С. 58-65.
5. Державна служба статистики України. Головне управління статистики у Львівській області. Статистична інформація. – Режим доступу: <http://www.lv.ukrstat.gov.ua/ukr/si/inf>.
6. Департамент захисту довкілля та адаптації до зміни клімату виконавчого органу Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації). Офіційний сайт. URL: <https://ecodep.kyivcity.gov.ua/news/128.html>
7. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) Затверджено наказом Міністерства охорони здоров'я України від 9 липня 1997 р. № 201. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97?find=1&text=%D0%86%D0%97%D0%90#Text>
8. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навчальний посібник / В. С. Джигирей. – К.: Т-во «Знання», 2002. – 203 с.

9. Екологічний паспорт Львівської області за 2020 рік. Департамент екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://drive.google.com/file/d/1ZE6zgD_bryxaw9V21ek5NAqX-f4foqbC/view
10. Екологічний паспорт Львівської області за 2019 рік. Департамент екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://drive.google.com/file/d/1XFjbIdlsBrS8kDuWo2n9nWEiGT8jX6K/view>
11. Екологічний паспорт Львівської області за 2018 рік. Департамент екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://drive.google.com/file/d/1OkSoPHDngcTeZj4OFqnFhI4H7ox6bk9C/view>
12. Екологічний паспорт Львівської області за 2017 рік. Департамент екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації. – Режим доступу: <https://drive.google.com/file/d/1tlf3BMAssncHqfAV1a115LxtES0SkO9G/view>
13. Звіти про результати моніторингу природного довкілля Львівщини. – Режим доступу: <https://deplv.gov.ua/planova-roboty-systemy-monitoringu/>
14. Клименко М. О., Хомич Н. Р. Аналіз впливу екологічних факторів на стан здоров'я населення міста Рівне / М. О. Клименко, Н.Р.Хомич. // Вісник НУВГП, зб. наук. праць.– Випуск 3 (39). – Рівне, 2007. – С 97 - 102.
15. Клименко В. Г. Забруднення атмосферного повітря: методична розробка для студентів-географів / В. Г. Клименко, О. Ю. Цигічко. – Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2010. – 26 с.
16. Клімат і рельєф Львівської області: Історія міст і сіл Української РСР [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ukrskr.com.ua/lvivska/klimat-i-relyef-lvivskoyi-oblasti-istoriya-zaselennya-lvivshhini>.
17. Мольчак Я. О. Луцьк: сучасний екологічний стан та проблеми / Я. О. Мольчак, В. О. Фесюк, О. Ф. Картава. – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2003. – 488 с.

18. Методичні рекомендації «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря» затверджених наказом МОЗ України 13.04.2007 №184. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0184282-07#Text>
19. Стан довкілля у Львівській області (за результатами моніторингових досліджень). Інформаційно – аналітичний огляд. - Львівська обласна державна адміністрація: Департамент екології та природних ресурсів, 2022. – 38 с.
20. Тарасова В.В. Фактори впливу на стан здоров'я населення / В.В. Тарасова, І.М. Кова! левська // Вісник ЖНАЕУ. - 2012. - № 2, т. 1. - С. 287-292.
21. Паспорт регіону. Місто Львів – Режим доступу: <http://database.ukrcensus.gov.ua/regionalstatistics/pasport.asp?lang=uk>
22. Фурдичко О.І. та ін. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище. Навч. посіб. К.: Основа, 2008. – 360 с.
23. Програма державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря на 2021-2025 роки Львівської зони. – Режим доступу: <https://deplv.gov.ua/planova-robota-systemy-monitoryngu/>
24. Регіональні доповіді про стан навколишнього природного середовища. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів. Офіційний сайт. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/news/35990.html>
25. Рекомендації щодо включення кліматичних питань до документів державного планування. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів. Офіційний портал. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/news/34766.html>
26. Сафранов Т. А. Екологічні основи природокористування: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Т. А. Сафранов. – Одеса: ОДЕКУ, 2002. – 226 с.
27. Стратегія розвитку Львівської області до 2020 року. – Режим доступу: http://dfrr.minregion.gov.ua/foto/projt_reg_infonorm/2016/05/146_dod_Strategiya_2020.pdf.

28. Стратегія розвитку Львівської області на період 2021-2027 років. Львів – 2019. – Режим доступу: https://loda.gov.ua/upload/users_files/22/upload/948_Strategija.pdf

29. Український гідрометеорологічний центр. – Режим доступу: <http://www.meteo.gov.ua/>.

30. Чигур Р. Причини зростання антропогенного навантаження на повітряний басейн Західного регіону України у 70-80-х рр. ХХ ст / Р. Чигур. Наукові записки: Серія «Історія». – 2010. – № 2. – С. 205-209.

31. The Handbook of Ecological Monitoring / Ed. By R. Clarke. – Oxford: Clarendon Press, 1986. – 298 p.

32. United States Environmental Protection Agency. Environmental Monitoring & Assessment Program. - Режим доступу: <http://www.epa.gov/emap/index.html>.

ДОДАТКИ

ПРИРОДО-КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЬВІВСЬКОЇ АГЛОМЕРАЦІЇ

Географічне розташування. Львівська область є прикордонним регіоном, що знаходиться на заході України і межує із країною-членом ЄС – Республікою Польща (довжина кордону 258 км). На півночі і північному сході область межує з Волинською і Рівненською областями, на сході і південному сході – з Тернопільською й Івано-Франківською областями, на півдні – із Закарпатською областю. Площа території області становить 21,8 тис.км² (3,61 % території країни). Протяжність області з півночі на південь – 240 км, із заходу на схід 210 км. Вигідне географічне розміщення області зумовлене його прикордонним статусом та розвиненими міжнародними комунікаціями, які з'єднують Україну з сусідніми державами.

Львівська область знаходиться на крайньому заході України в межах Волинської і Подільської височин та перетинає три природні зони: лісову, лісостепову і зону висотної поясності Карпат [16].

Клімат. Клімат Львівщини помірно-континентальний, з м'якою зимою, затяжною вологою весною, теплим дощовим літом і відносно сухою теплою осінню. Середня температура січня -5°C , липня від $+18^{\circ}\text{C}$ у центральній частині області та до $+12^{\circ}\text{C}$ в горах. Територія Львівської області належить до зони надмірного зволоження. Річна кількість опадів коливається від 600 мм на рівнині до 1000 мм в горах. Отже, наявні у Львівській області кліматичні умови, природні мінеральні та водні ресурси є сприятливими не лише для ведення промислової та сільськогосподарської економічної діяльності, а й розвитку рекреаційно-оздоровчого туризму [16, 24].

Ґрунти. Територія Львівської області характеризується наявністю різноманітних ґрунтоутворюючих і підстилаючих порід, які сприяють великій строкатості ґрунтового покриву. У північній її частині переважають дерново-підзолисті ґрунти, у північно-східній – чорноземи, в центральній – сірі й

темно-сірі опідзолені, у Карпатах – буроземні ґрунти. У долинах річок, таких як Дністер, Західний Буг, Стир тощо, поширені дернові й лучні, лучно-болотні та болотні ґрунти.

Найпоширенішими в області є ясно-сірі, сірі лісові й темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені (близько 60 % площі регіону). Значні площі дерново-підзолистих ґрунтів зайняті лісами. Дерново-підзолисті ґрунти вважають найбільшіднішими ґрунтами області. Вони характеризуються малим вмістом гумусу (0,6-1,3 %), слабкою насиченістю основами, кислою реакцією та незначною кількістю рухомих поживних речовин.

У структурі сільськогосподарських угідь рілля становить 974,1 тис.га (77,2 %), багаторічні насадження - 61 23,2 тис.га (1,8 %), пасовища та сіножаті – 443,4 тис.га (35,1 %). На одного жителя області припадає 0,4 га сільськогосподарських угідь, в тому числі 0,28 га ріллі, тоді як у середньому по Україні ці показники становлять 0,8 га та 0,68 га відповідно.

Крім цього, в області нараховується 229,2 тис. га еродованих земель (28,8 % від площі ріллі області), з них 174,5 тис. га піддані водній ерозії, 31,34 тис. га – вітровій [24].

Лісові ресурси. Площа лісового фонду складає близько 694,7 тис. га (понад 8 % всіх лісів України), вкритих лісом територій – 623 тис. га. Середня лісистість області становить 31,8 % (по Україні – 16 %). Основні масиви лісів зосереджені в горах та на півночі області. На Малому Поліссі переважають соснові і сосново-дубові ліси, на Розточчі – соснові і буковососнові, на Подільській височині - буково-дубові та грабово-дубові, на Передкарпатті – дубовобуково-ялицеві, в Карпатах – букові, ялицево-букові, ялицеві і ялинові ліси [24].

Природно-заповідні території та збереження біорізноманіття. Станом на 01 січня 2019 року в області налічується 377 територій та об'єктів природнозаповідного фонду, загальною площею 158,31 тис.га, з них 25 територій та об'єктів, площею 64,5 тис.га мають статус загальнодержавного значення. Показник заповідності від загальної площі області становить 7,2 %.

Найбільша площі заповідних територій у Карпатському регіоні - більше 20,0% від площі регіону.

Водні ресурси. Головними річками області є Дністер, Західний Буг, Стрий, Бистриця, Стир, Вишня, Рата, Солокія. У цілому ж на теренах Львівщини нараховують 8950 річок різних рангів сумарною довжиною 16343 км, серед них 242 річки довжиною понад 10 км кожна загальною протяжністю 5538 км. В межах області налічується 20 водосховищ, які розташовані в басейнах річок Дністра, Західного Бугу та Сяну.

Важливим природним багатством області є мінеральні води. Найбільш відомі Моршинські, Трускавецькі і Велико-Любенські джерела, а також Немирівське і Шкло.

Поверхневі води Львівщини на даний час належать до забруднених природних ресурсів. Найбільшу кількість перевищень зафіксовано за такими забруднюючими речовинами: азот амонійний, залізо загальне, фосфати, БСК₅, ХСК, азот нітритний [27].

Природно-ресурсний потенціал. Львівська область налічує понад 470 родовищ мінерально-сировинних ресурсів. Область багата на корисні копалини: природний газ, нафту поклади вугілля, сірку, торф, озокерит кухонну та калійну сіль, сировину для виробництва цементу, вапняки (для цукрової промисловості, та вапняки для випалювання на вапно), сланці мергель, великі запаси будівельних та вогнетривких глин (цегельно-черепична сировина), піску (для пісочниць локомотивних та піску для скляної промисловості), гіпсу та ангідриту, крейди будівельної, пісковиків, піщано-гравійних сумішей, керамзитова сировина [27].

Промисловий потенціал. Промисловий комплекс Львівщини представлений різноманітними галузями: від видобутку корисних копалин до машинобудування та харчової промисловості.

Промислова спеціалізація економіки Львівської області несуттєво поглибилась. Однак, це сталося в основному за рахунок збільшення частки добувної промисловості у структурі промислового сектора. Тобто регіон

фактично повторює загальноукраїнську тенденцію до посилення сировинної орієнтації промисловості. Найбільш динамічно впродовж 2014-2018 рр. розвивались фармацевтика, деревообробка, виробництво гумових та неметалевих виробів, металургія, текстильна та харчова промисловість.

Приріст основних видів переробної промисловості у 2014-2018 рр. складав: фармацевтика - 74,1; деревообробка - 21,7; гумові та неметалеві вироби - 19,7; металургія - 18,7; текстильна - 15,8; харчова - 14,8; енергетика - 14,5; машинобудування – 4,3 [28].

Сільське господарство. У структурі посівних площ домінуючу позицію займають зернові культури, за ними – картопля і овочі. Мають тенденцію до збільшення технічні культури, у той час як кормові – до зменшення. Сільськогосподарські підприємства, в тому числі фермерські господарства є основними виробниками зерна, цукрових буряків, ріпаку, соняшнику та сої.

У структурі сільськогосподарського виробництва в області основним виробником є населення, частка якого в загальних обсягах у 2018 році склала 59,7 %. Господарствами населення вироблено 55,4 % продукції рослинництва (виробляють 92 % овочевих і плодоягідних культур) і 65,4 % – тваринництва (понад 90 % яйця та молоко). Це суттєво вирізняє сільське господарство області від більшості областей України.

В структурі валового виробництва продукції тваринництва основну частку займає продукція вирощування худоби і птиці (49,4 %) та виробництво молока (41,7 %). Ведення сільського господарства у Львівській області традиційно базується на сімейному і кооперативному принципах. На сьогодні в області налічується понад 700 ОСГ, які утримують 4 і більше голів ВРХ [28].

Поводження з побутовими відходами. Система управління ТПВ Львівщини в основному базується на зборі й захороненні відходів на полігонах.. Станом на 01.10.2019 ТПВ розміщують на 19 діючих санкціонованих звалищах/полігонах Львівської області загальною площею 116,77 га. Питомі показники утворення ТПВ в області становлять у середньому 290 кг/рік/особу. У структурі ТПВ велика частка припадає на вторинну

сировину – папір, метал, скло, пластик. Загалом на діючих звалищах вже накопичено понад 4 млн тон ТПВ, середній відсоток заповнення звалищ – 70%. Переважна більшість полігонів (сміттєзвалищ) в області працює в режимі перевантаження побутовими відходами [28].

Стан атмосферного повітря. Найбільші обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря мають підприємства постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря (48,1 % від загальних викидів по області), добування кам'яного та бурого вугілля (33,5% від загальних викидів по області).

Найвищі обсяги викидів в атмосферне повітря спостерігаються у районах та містах, де розташовані підприємства цих галузей, а саме: Кам'янка-Бузький, та Сокальський район, м. Червоноград та м. Львів [24].

Демографічна ситуація. Львівська область є регіоном з високою щільністю населення та високим рівнем урбанізації. На 1 січня 2019 року у Львівській області проживало 2522 тис. осіб (6,0 % від загальної кількості населення в Україні), серед них 1537,7 тис. осіб (61 %) проживали у містах та селищах міського типу, 984,3 тис. осіб (39 %) у сільській місцевості. Населення м. Львова – 724,7 тис. осіб (28,7 % населення області) [28].

МЕТОДИКА ОЦІНКИ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Для комплексної оцінки рівня забрудненості атмосферного повітря використовують існує показник - *індекс забруднення атмосферного повітря* ($I_{за}$ або $IЗА$), який враховує характеристики забруднюючих речовин за ступенем їх шкідливості (за класом небезпеки) [7].

Розрахунок індексу забруднення атмосфери заснований на припущенні, що на рівні ГДК всі шкідливі речовини характеризуються однаковим впливом на людину, а при подальшому збільшенні концентрації ступінь їх шкідливості зростає з різною швидкістю, яка залежить від класу небезпеки речовини.

Його розраховують як суму нормованих за $ГДК_{сд}$ і приведених до концентрації діоксиду сірки середнього вмісту різних шкідливих речовин:

$$I_{за} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\bar{C}_i}{ГДК_{сд.i}} \right)^{a_i} \quad (Б.1)$$

де:

\bar{C}_i - середня концентрація в повітрі і-ої речовини;

$ГДК_{сд.i}$ - гранично допустима концентрація середньодобова для і-ої речовини;

a_i - безрозмірна константа приведення ступеня шкідливості і-ої речовини до шкідливості діоксиду сульфуру, яка залежить від того, до якого класу небезпечності належить речовина (табл. Б.1).

Таблиця Б.1.

Значення константи a_i				
Класи небезпечності	1	2	3	4
Константа a_i	1,7	1,3	1,0	0,9

Примітка: усі нормовані речовини (ГОСТ12.1.007) поділені на класи небезпечності див. табл. Б.2.

Таблиця Б.2.

Класи небезпечності нормованих речовин

Клас небезпечності	Ступінь небезпечності	Величина ГДК, мг/м ³
I	Надзвичайно небезпечні речовини	<0,1
II	Високонебезпечні речовини	0,1-1,0
III	Помірhoneбезпечні речовини	1,0-10,0
IV	Малонебезпечні речовини	> 10,0

Для формування звітів і оглядів стану забруднення атмосфери міста Індекс забруднення атмосфери (Комплексний індекс забруднення атмосфери) розраховують мають бути розраховані для однакової кількості (як правило, п'яти) однакових забруднюючих речовин.

За розрахованим значенням I_{ZA5} визначають рівні забруднення атмосферного повітря. Величини I_{ZA5} відповідають таким категоріям (рівням) забруднення атмосфери:

- менше 2,5 - чиста;
- 2,5 – 7,5 – слабо забруднена;
- 7,5 – 12,5 – забруднена;
- 12,5 – 22,5 – сильно забруднена;
- 22,5 – 52,5 – високо забруднена;
- більше 52,5 – екстремально забруднена.

При складанні щорічного списку міст з найбільшим рівнем забруднення атмосфери або для порівняння рівнів забруднення атмосфери у різних містах (або регіонах) для розрахунку комплексного індексу I_{za} для кожного міста або регіону використовують значення індивідуальних індексів забруднення тих п'яти речовин, у яких ці значення є найбільші.

За розрахованим значенням I_{ZA} визначають рівні забруднення атмосферного повітря:

- менше 5 – низький;
- 5-6 – підвищений;
- 7-13 – високий;
- більше 14 – дуже високий.

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ВПЛИВУ НА СОЦІАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Ризик розвитку неканцерогенних ефектів. Оцінка ризику впливу планованої діяльності на здоров'я населення виконується згідно з ДБН А 2.2.-1-2003 та Методичних рекомендацій «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря» затверджених наказом МОЗ України 13.04.2007 №184 [18].

Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря проводиться за розрахунками ризику розвитку неканцерогенних і канцерогенних ефектів.

Ризик розвитку неканцерогенних ефектів визначається шляхом розрахунків індексу небезпеки (НІ) за формулою:

$$NI = \sum HQ_i, \quad (B.1)$$

де

HQ_i - коефіцієнти небезпеки для окремих речовин, які визначаються за формулою:

$$HQ_i = C_i / R_f C_{f,i} \quad (B.2)$$

де

C_i – розрахункова середньорічна концентрація і-тої речовини на межі житлової забудови, мг/м³;

$R_f C_{f,i}$ – референтна (безпечна) концентрація і-тої речовини, мг/м³.

На основі отриманого значення індексу небезпеки від забруднення атмосфери з таблиці В.1 визначається характеристика неканцерогенного ризику для здоров'я людини.

Таблиця В.1

Критерії неканцерогенного ризику

Характеристика ризику	Коефіцієнт небезпеки (HQ)
Ризик шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий	< 1
Гранична величина, що не потребує термінових заходів, однак не може розглядатися як досить прийнятна	1
Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню збільшеную HQ	> 1

Ризик розвитку канцерогенних ефектів. Для характеристики канцерогенного ризику проводять розрахунок індивідуального (одиничного), популяційного ризику впливу досліджуваних речовин.

Розрахунок *одиничного (індивідуального) канцерогенного ризику* CR здійснюють за формулою:

$$CR = LADC \times UR \quad (B.3)$$

де:

LADC - середня концентрація речовини в атмосферному повітрі за весь період усереднення експозиції, мг/м³;

UR - одиничний ризик, (м³/мг).

Одиничний ризик розраховують із використанням величини *SF* (Додаток Б), стандартної величини маси тіла людини (70 кг) та добового споживання повітря (20 м³):

$$SF_i \text{ (мг/кг} \times \text{доба}^{-1}) \times 1$$

$$UR_i (m^3/mg) = \frac{\text{-----}}{70 \text{ кг} \times 20 (m^3/\text{доба})} \quad (B.4)$$

Поряд з розрахунками індивідуального (одиничного) канцерогенного ризику проводять визначення **популяційного ризику** (PCR), який відображає додаткову (до фонової) кількість випадків новоутворень, які можуть виникнути протягом життя внаслідок впливу досліджуваного фактора:

$$PCR = CR \times POP \quad (B.5)$$

де:

CR – індивідуальний (одиничний) канцерогенний ризик;

POP - чисельність популяції, що підпадає під вплив даного фактора, осіб.

Канцерогенний ризик за комбінованої дії декількох хімічних речовин розглядають як адитивний. При аналізі доцільно групувати досліджувані канцерогени з урахуванням виду та/або локалізації пухлин. У цьому випадку розрахунок сумарних канцерогенних ризиків здійснюють окремо для кожної групи (наприклад, для раку легень, пухлин печінки тощо).

Таким чином, за впливу декількох канцерогенів **сумарний канцерогенний ризик** розраховують за формулою:

$$CR_a = \sum CR_i \quad (B.6)$$

де:

CR_i - канцерогенний ризик для і-тої канцерогенної речовини.

На основі отриманого значення одиничного канцерогенного ризику або сумарний канцерогенний ризику від забруднення атмосфери з таблиці В.2 визначається рівень розвитку канцерогенного ризику для здоров'я людини.

Таблиця В.2

Класифікація рівнів канцерогенного ризику

Рівень розвитку	Ризик протягом життя
<i>Високий</i> – не прийнятний для виробничих умов і населення. необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику	$> 10^{-3}$
<i>Середній</i> – припустимий для виробничих умов; за впливу на все населення необхідний динамічний контроль і поглиблене вивчення джерел і можливих наслідків шкідливих впливів для вирішення питання про заходи з управління ризиком	$30^{-3}-10^{-4}$
<i>Низький</i> – припустимий ризик (рівень на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення)	$10^{-4}-10^{-6}$
<i>Мінімальний</i> – бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих і природоохоронних заходів	$<10^{-6}$

На основі отриманого значення ризику планованої діяльності для здоров'я людини приймається рішення про прийнятність такої діяльності.