

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 У ХМЕЛЬНИЦЬКІЙ ОБЛАСТІ**

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

Е2 Екологія  
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Караль М.В.  
(прізвище та ініціали)

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

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

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Наказ Міністерства освіти і науки України  
29 березня 2012 року № 384  
Форма № 11-9.01

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення СНАП  
Кафедра, циклова комісія екології  
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр  
Напрямок підготовки \_\_\_\_\_  
Спеціальність Е2 Екологія  
(шифр і назва)  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової  
комісії проф. Коній Д.І.

"17" 06 2025 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Капраль Мар'яні Василівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Оцінка впливу забруднення атмосфери на соціальне середовище у Хмельницькій області

керівник проекту (роботи) Ошуркевич-Панківська О.Є. к.с.-т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «06» травня 2025 р. № С-303

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 18.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) статистичні дані головного управління статистики у Хмельницькій області про викиди забруднюючих речовин від стаціонарних і пересувних джерел; результати моніторинговий спостережень за станом атмосферного повітря в обласному центрі.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ; 1. Характеристика Хмельницької області; 1.1. Ґрунтово-рослинний покрив території області; 1.2. Забруднення атмосферного повітря Хмельницької області; 2. Оцінка якості атмосферного повітря; 3. Оцінка наслідків забруднення атмосферного повітря на соціальне середовище; 3.1. Оцінка ризику розвитку неканцерогенних ефектів; 3.2. Оцінка ризику розвитку канцерогенних ефектів; Висновки; Список використаних джерел; Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
 Діаграми обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря області;  
 Діаграми модулів техногенних навантажень на адміністративні одиниці області.

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 області	10.02.25- 13.03.25	Виконано
2	Аналіз обсягів викидів забруднюючих речовин та оцінка якості атмосферного повітря у населених пунктах області	13.03.25- 03.04.25	Виконано
3	Оцінка ризику розвитку неканцерогенних ефектів у населення від забруднення атмосферного повітря	04.04.25- 04.05.25	Виконано
4	Оцінка ризику розвитку канцерогенних ефектів у населення від забруднення атмосферного повітря	04.05.25- 28.05.25	Виконано
5	Оформлення пояснювальної записки	28.05.25- 18.06.25	Виконано

Студент

  
(підпис)

Капраль М.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

  
(підпис)

Ошуркевич-Панківська О.С.

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Капраль М. В. Оцінка впливу забруднення атмосфери на соціальне середовище у Хмельницькій області: дипломна робота бакалавра: E2 Екологія / Капраль Мар'яна Василівна. - Львів: НЛТУ України, 2025. – 48 с.

У роботі на основі аналізу обсягів викидів забруднюючих речовин від стаціонарних і пересувних джерел забруднення атмосферного повітря Хмельницької області виконано оцінку якості атмосферного повітря у населених пунктах. Оцінено наслідки впливу забруднення атмосфери області на ризик розвитку неканцерогенних і канцерогенних ефектів у здоров'ї населення.

*Ключові слова:* викиди забруднюючих речовин, модулі техногенного навантаження, сумарний індекс забрунення атмосфери, ризики розвитку неканцерогенних ефектів, ризики розвитку канцерогенних ефектів.

## SUMMARY

Kapral M. V. Assessment of the impact of atmospheric pollution on the social environment in the Khmelnytskyi region: bachelor's thesis: E2 Ecology / Kapral Maryana Vasylivna. - Lviv: NLТУ of Ukraine, 2025. - 48 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 Khmelnytskyi region, an assessment of atmospheric air quality in settlements was performed. The consequences of the impact of atmospheric pollution in the region on the risk of developing non-carcinogenic and carcinogenic effects in the health of the population 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. ХАРАКТЕРИСТИКА ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	4
РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ .....	13
2.1. Стан атмосферного повітря .....	13
2.2. Оцінка рівня техногенного навантаження на атмосферне повітря.....	18
2.3. Оцінки рівня забрудненості атмосферного повітря .....	22
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА СОЦІАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ.....	24
3.1. Оцінка ризику розвитку неканцерогенних ефектів.....	25
3.2. Оцінка ризику розвитку канцерогенних ефектів.....	35
ВИСНОВКИ.....	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	38
ДОДАТКИ.....	42

## ВСТУП

З розвитком промисловості, енергетики, великих міст і автотранспорту з'явилося нове джерело надходження речовин в атмосферу - так зване техногенне забруднення, яке за потужністю викидів можна поставити в один ряд із сучасною вулканічною діяльністю. Забруднення атмосферного повітря за ступенем хімічної небезпеки для людини посідає перше місце, завдаючи негативних екологічних наслідків і для екосистем, чинить безпосередній вплив на рослинність і фауну, а також на якість води і ґрунту. Основними забруднюючими речовинами є: оксиди сірки та азоту ( $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ ), оксид вуглецю ( $\text{CO}_2$ ) і тверді частинки, на частку яких припадає близько 98 % від загального обсягу викидів шкідливих речовин в атмосферу.

Сучасний стан забруднення атмосфери є серйозною екологічною проблемою, яка негативно впливає на умови життя на Землі, здоров'я населення, та екосистеми в цілому. До хвороб, у виникненні і перебігу яких забруднення повітря відіграє значущу роль, відносяться, головним чином, хвороби дихальної системи.

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

*Метою роботи* є оцінка наслідків забруднення атмосферного повітря на території Хмельницької області.

Досягнення мети забезпечувалось виконанням таких *завдань*:

- проаналізувати викиди забруднюючих речовин від стаціонарних і пересувних джерел забруднення атмосферного повітря області;
- оцінити якість атмосферного повітря у містах області;
- 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

### ХАРАКТЕРИСТИКА ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Хмельницька область займає вигідне географічне положення, характеризується сприятливими природними і кліматичними умовами, різноманітністю ландшафтних територій, багатством рослинного і тваринного світу, мінеральних вод, родючих чорноземів, широкою мережею річок.

По фізико-географічному розташуванню область знаходиться в межах лісостепової зони, орфографічно займаючи центральну та західну частини Волино-Подільської височини, а також західний схил Українського кристалічного щита.

Область простягається з півночі на південь на 225 км – від Полісся до долини Дністра і знаходиться у різних природних регіонах. Межує з Вінницькою, Житомирською, Рівненською, Тернопільською та Чернівецькою областями [25].

**Рельєф.** Хмельницька МТГ простягається у центральній частині Подільського плато у межах Верхньобузької височини. Глибина залягання докембрійських порід у долині р. Південний Буг становить 30-50 м. Голоценові (сучасні) відклади потужністю 5,0-5,5 м поширені на заплавних ділянках – це алювіальні відклади піску, супіску та суглинку. Антропогеновий покрив представлений утвореннями еолово-делювіального та алювіального генетичних типів. Леси потужністю 7-10 м стали материнською основою для формування сучасних ґрунтів.

Геологічна будова території Хмельницької МТГ, а саме поширення четвертинних еолово-делювіальних лесів, лесоподібних суглинків і супісків, потужність яких за даними інженерно-геологічних вишукувань досягає понад 30 м на межиріччі Південного Бугу і Самця (Кудрянки), здавна сприяла видобутку тут сировини для виробництва цегли, черепиці тощо. Надра використовувалися тривалий час для видобування корисних копалин з метою отримання будівельної сировини (леси, лесоподібні суглинки і супіски).

Формування сучасного рельєфу території Хмельницької МТГ почалося у неогені, коли після відступання сарматського моря, яке задало південно-східний напрям течії рік (Південного Бугу і його лівих приток), територія почала підніматись. Південний Буг поступово розмивав товщі глин і вапняків, створюючи тераси. У верхньому плейстоцені почала формуватись балкова система. На сьогодні наявні чотири основні елементи: заплави рік і плоскі днища балок; тераси (дві надзаплавні тераси Південного Бугу); схили (схили балок, нетерасовані схили річкових долин, привододільні схили), вододільні поверхні. Домінуючим елементом є долина Південного Бугу.

Антропогенний вплив, клімат, геологічна будова, рельєф та деякі інші чинники сприяли появі і розвитку на території міста несприятливих геологічних процесів, зокрема це: зсуви, лінійна та площинна ерозія, заболочування, просідання [13].

Територія Хмельницької МТГ міста та його околиць належить до лісостепового типу подільських ландшафтів, групи ландшафтів центральноподільського підтипу, Вовчко-Бужоцького природного району. Серед сучасних ландшафтів переважають антропогенні: промислові, сільськогосподарські, селітебні. Крім них наявні природно-антропогенні ландшафти – особлива категорія супутних антропогенних комплексів, що мають натуральні аналоги (яри, заплавні луки тощо). На теперішній час на території МТГ практично не залишилось не змінених господарською діяльністю ландшафтів. Малозмінені ландшафти – це переважно заболочені ділянки, території природно-заповідного фонду (ПЗФ) [13].

**Клімат** помірно-континентальний. Середньорічна температура повітря складала 10,3°C тепла, кількість опадів становила 567,0 міліметра.

Хмельниччина розташована вглибині материка, і тому на її клімат мають вплив континентальні повітряні маси, які приносять суху погоду. Взимку сюди доходить повітря Сибірського антициклону, яке приносить холодну погоду, а влітку має вплив Азорський максимум. Навесні і на початку осені на

територію області проникає арктичне повітря, яке приносить різке похолодання.

Найтепліший місяць – серпень, найхолодніший – лютий. Вторгнення на Хмельниччину континентальних повітряних мас приводить до значних коливань температури повітря в усі пори року. Влітку повітря може нагріватись до  $+37,5^{\circ}\text{C}$  (абсолютний максимум), а взимку охолоджуватись до  $-17,1^{\circ}\text{C}$  (абсолютний мінімум).

Протягом року над територією області дмуть переважно північно-західні і північно-східні вітри. Вони мають і найбільшу швидкість. Влітку переважають північно-західні і західні вітри, а взимку – північно-західні і південно-східні. Взимку їх швидкість більша, ніж улітку. Кількість днів з тихою погодою влітку майже в півтора рази більша, ніж узимку [25].

В усі пори року територія області перебуває під впливом циклонів, які формуються над Атлантичним океаном. Влітку вони зумовлюють значну хмарність, опади, зниження температури повітря, а взимку – потепління, відлиги, снігопади.

На клімат має вплив також рельєф. Різноманітні його форми обумовлюють відмінності в температурах, кількості опадів, напрямі та сили вітру.

Найтепліший місяць – липень, найхолодніший – січень. Середньорічна температура повітря коливається від  $6,8^{\circ}\text{C}$  у північній і центральній частинах області до  $7,3^{\circ}\text{C}$  – у південній.

На території області випадає достатня кількість опадів (530-670 мм на рік). Найбільша кількість опадів випадає влітку, найменша – взимку. У літній період часто бувають зливи, грози, іноді – град. Сніговий покрив утворюється в другій половині грудня і тримається, переважно, до першої декади березня. Товщина його незначна (10-15 см). Спостерігалось значне зменшення опадів з 765 мм (у 2013 році) до 586 мм (у 2017 році) [29].

**Ґрунти.** Сільськогосподарські угіддя займають 75,9 % її території. Решту території – ліси, ріки, болота, населені пункти, промислові об'єкти та шляхи сполучення.

Сучасний ґрунтовий покрив Хмельницької області сформувався під впливом ґрунтоутворних порід, рельєфу, клімату, рослинного покриву та господарської діяльності людини. Ґрунтоутворними породами виступають леси і лесовидні суглинки, піски, супіски, вапняки, глини, алювіальні відклади.

Землі високопродуктивні. Їх основу складають чорноземи глибокі, темно-сірі, опідзолені ґрунти та чорноземи опідзолені, лучно-чорноземні та чорноземно-лучні, під якими зайнято 1252,7 тис. га або 60,7 % ріллі області.

Найродючішими в області є чорноземи типові. Вони утворилися на лесах і лесовидних суглинках під степовою рослинністю в південно-західній і центральній частинах області. Переважають малогумусні і середньогумусні чорноземи. Вони мають сприятливі фізичні властивості, добре забезпечені поживними речовинами. Ґрунтовий покрив Хмельницької області сприятливий для вирощування сільськогосподарських культур лісостепової зони [25].

**Гідрографія.** Водні ресурси Хмельницької області складаються з поверхневих водних ресурсів та підземних вод. Гідрографічна мережа області представлена басейнами трьох великих річок: Дніпра, Південного Бугу та Дністра з їх притоками – Горинню, Случем, Хоморою, Бужком, Вовком, Іквою, Збручем, Смотричем, Ушицею та іншими [25].

Поверхневі водні ресурси, в основному, формуються річками і є їх сумарним стоком. Частина поверхневих водних ресурсів концентрується у водосховищах, ставках та невеликих озерах. Річки області відносяться до басейнів великих річок Дніпро (40 % території області), Південний Буг (22,4 %) та Дністер (37,6 % території області) і в основному є малими річками. Лише дві великі річки (Дністер, Південний Буг) та три середні (Горинь, Случ, Збруч) частково протікають по території області.

В області нараховується 3733 річки, загальною протяжністю – 12880 км, з них довжиною більше 10 км – 211 шт., загальною протяжністю 4872 км.

Середня швидкість течії їх у 2 – 4 рази перевищує швидкості інших річок області. На окремих ділянках річки набувають характеру гірських річок.

Озер в області дуже мало, вони невеликі за розмірами. На півночі області у басейні річки Горинь, у лісових масивах на землях державної власності, знаходяться найбільші озера Святе та Тереміж, площа водного дзеркала яких відповідно становить 4,2 і 2,6 гектарів. На території Хмельницької області налічується 2962 водних об'єктів (із них 39 – водосховищ). 1084 водойм перебувають у користуванні на умовах оренди [10].

**Флора. Фауна. Біорізноманіття.** Згідно з геоботанічним районуванням Хмельницька територіальна громада належить до Старокостянтинівсько-Уланівського району Старокостянтинівсько-Білоцерківського округу грабово-дубових лісів і знаходиться на межі з Північноподільським (Геофіпольсько-Ярмолинським) округом лучних степів та дубових лісів. Рослинний покрив територіальної громади сформувався на базі природних евтрофних боліт та заплавних лісів (біло-вербових, ясеневоліпових, вільхових) долини Південного Бугу та його приток – річок Пласкої і Кудрянки, а також евтрофних боліт. Тому тут поширені такі типи рослинності: лісова, лучна, водна, прибережно-водна, болотна, рудеральна та сегетальна. Закономірності їх розподілу зумовлені рельєфом території, едафічними умовами та антропогенним чинником. У долинах річок басейну Південного Бугу поширені рослинні угруповання, які сформувалися на базі природних евтрофних боліт та заплавних лісів (біло-вербових, ясеневоліпових, вільхових). Сьогодні рослинний покрив є докорінно трансформованим і зустрічаються лише залишки цих лісів, а на більшій території болота осушені.

На місці природних заплавних та листяних лісів у теперішній час зростає лучна (суходільна), болотна, агрокультурна та рудеральна рослинність. Елементи природної рослинності зустрічаються і в долинах Південного Бугу та його приток [13].

Ліси та інші лісовкриті площі займають 13,9 % території області. Основна частина лісових масивів зосереджена у її поліській частині, де вони займають близько 39,2 % лісовкритої площі області. У межах інших географічних районів площа під лісами набагато менша і приблизно становить: у Придністров'ї – 17 %, Хмельницькому Побужжі – 15 %, північному Поділлі – 12 % від загальної лісовкритої площі [25].

Земельний фонд області складає більше 2,0 тис. га, в структурі земельного фонду майже 3/4 території зайнято сільськогосподарськими землями. Площа сільськогосподарських угідь зменшується, у свою чергу збільшується кількість забудованих земель.

У користуванні сільськогосподарських підприємств знаходяться 1/3 земель від загальної площі. З розподілу земель і в розрізі землекористувачів і власників землі очевидно, що найбільша питома вага земель знаходиться у власності і користуванні громадян – в тому числі наданих для: ведення фермерського господарства; ведення товарного сільськогосподарського виробництва; особистого селянського господарства; будівництва та обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд; ведення садівництва; дачного і гаражного будівництва; городництва; сінокосіння і випасання худоби; здійснення несільськогосподарської підприємницької діяльності.

Основними чинниками антропогенного впливу на земельні ресурси є високий ступінь розораності сільськогосподарських угідь, складний рельєф, порушення агротехніки вирощування сільськогосподарських культур, відходи промислового виробництва та забудова [8].

Природно-географічні фактори, рівень використання природних ресурсів та охорони довкілля у значній мірі визначають стан навколишнього середовища усього Подільського регіону та за його межами.

Екологічна ситуація, рівень екологічної безпеки області залежали, передусім, від обсягів впливу на навколишнє середовище підприємств промислової і комунальної сфер, сільського господарства, транспортних

засобів, а також рівня дотримання природоохоронного законодавства мешканцями області [25].

**Безпека життєдіяльності населення та його здоров'я.** На території Хмельницької МТГ нараховується близько 130 підприємств та організацій, які віднесено до потенційно небезпечних об'єктів. Майже усі об'єкти мають вид небезпеки – пожежо-вибуховий. Два підприємства – хімічний. За результатами оцінки екологічних умов проживання населення м. Хмельницького згідно з показниками територіальної концентрації виробництва, господарської освоєності земель, густоти населення, забруднення природного середовища (хімічного: атмосферного повітря, природних вод, ґрунтів, а також радіаційного), природних умов (ступеня ураженості території несприятливими природно-антропогенними процесами) територію міста, як і більшість обласних центрів України, віднесено до ділянок, що характеризуються погіршеними умовами проживання.

Антропогенний вплив, клімат, геологічна будова, рельєф та деякі інші чинники сприяли появі і розвитку на території громади несприятливих геологічних процесів, зокрема це: зсуви, лінійна та площинна ерозія, заболочування, просідання. Близько 6 % території міста Хмельницького становлять потенційно зсувонебезпечні ділянки. Територіальний розподіл сучасних геоморфологічних процесів у межах м. Хмельницького такий: для лівобережжя Південного Бугу, південно-західної й південної частин міста найбільш характерними є зсувні процеси і площинна ерозія; для центральної частини – заболочення (заплава і частково перша надзаплавна тераса Південного Бугу), просідання різного походження (надзаплавні тераси Південного Бугу, лесове плато у районі старого аеропорту).

Ще однією проблемою є затоплення і підтоплення територій міста під час зливових дощів, що спричиняє змив з території забруднюючих речовин та забруднення ними поверхневих вод та ґрунтів. Населення, що проживає у прибережних смугах, зазнає матеріальних втрат від паводків у багатоводні роки. Шкідлива дія вод проявляється: у затопленні під час повеней і паводків

у багатководні роки прилеглих до річок територій міста, розташованих у заплавах річок або у місцях, де відсутня належна організація відведення дощових та талих вод; у періодичному підтопленні ґрунтовими водами під час їх високого стояння присадибних ділянок, будівель або постійному підтопленню від підпору води греблями штучних водойм; у заболоченні земель унаслідок їх постійного перезволоження; в ерозії ґрунтів, утворенні ярів, зсувів на ділянках з значними поздовжніми ухилами поверхні і концентрованими водними потоками [13].

У межах міста Хмельницького загальна захворюваність дітей віком від 0 до 14 років у 2023 році становила 288 на 1000 осіб від загальної кількості населення міста або 79083 особи (абсолютний показник). У 2022 р. – 277 на 1000 осіб від загальної кількості населення міста або 76051 особа (абсолютний показник). При розгляді структури загальної захворюваності дітей м. Хмельницького від 0 до 14 років за період 2019-2023 рр. по нозологіях враховували середній показник за 5 років. Перше місце – хвороби органів дихання (182,28; 182,5; 194,87; 189,99; 199,11 за 2019, 2020, 2021, 2022, 2023 роки відповідно) [13].

Рівень захворюваності системи кровообігу помітно збільшується у віковій категорії 18 років і старше. У цій групі хвороб окремо виділяють наступні: хронічні ревматичні хвороби серця; гіпертонічна хвороба (всі форми); гіпертонічна хвороба (без згадування про ішемічну хворобу серця та судинні ураження мозку); ішемічна хвороба серця; ішемічна хвороба серця з гіпертонічною хворобою; із загальної кількості хворих на ішемічну хворобу - хворі на стенокардію; цереброваскулярні хвороби; цереброваскулярні хвороби з гіпертонічною хворобою; інсульти (усі форми); інсульти з гіпертонією [13].

Неухильне зростання надходжень токсичних речовин в атмосферу насамперед позначається на здоров'ї населення. Оксиди вуглецю, сірки, азоту, вуглеводні, сполуки свинцю, пил, що надходять в атмосферу, здійснюють різний токсичний вплив на організм людини. Зростання захворюваності відзначається з цілого ряду класів хвороб.

У дорослих це захворювання крові і кровотворних органів, системи кровообігу, органів травлення, кістково-м'язової системи і сполучної тканини, хвороби ендокринної системи, розлади харчування, порушення обміну речовин, хвороби ока та додаткового апарату [13].

## РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

### 2.1. Стан атмосферного повітря

Обсяги забруднюючих речовин, які надійшли у атмосферне повітря Хмельницької області за період з 2018 до 2023 за даними Головного управління статистики області [5] подані в таблиці 1.2.

*Таблиця 2.1*

#### Викиди в атмосферне повітря Хмельницької області (крім діоксиду вуглецю), тис. т/рік

Роки	Викиди в атмосферне повітря, тис. т			Обсяги викидів у розрахунку на 1 особу, кг
	усього	стаціонарними джерелами	пересувними джерелами	
2012	79,7	16,4	63,3	60,5
2013	80,7	17,2	63,5	61,6
2014	79,2	17,1	62,1	60,7
2015	75,5	18,3	57,2	58,2
2016	-	21,7	**	16,85
2017	-	21,07	**	16,46
2018	-	22,1	**	17,4
2019	-	20,3	**	16,2
2020	-	18,2	**	14,6
2021	64,0	21,1	42,9	17,04
2022	-	16,5	**	13,4
2023	-	18,8	**	15,2

*\*\* викиди від пересувних джерел за 2017 рік в Головному управлінні статистики в Хмельницькій області відсутні, так як не входять до плану робіт Держкомстату України.*

Бачимо, що сумарні обсяги викидів від пересувних джерел в середньому у 3 рази перевищують обсяги викидів з стаціонарних джерел, що свідчить про переважаючий вплив автотранспорту на якість атмосферного повітря області. За останні 12 років обсяги викидів забруднюючих речовин змінювалися незначно, загалом, не простежується чіткої тенденції до зменшення викидів забруднюючих речовин (рис.2.1).

У загальному обсязі викидів від стаціонарних джерел забруднення на території області основну частку становить парниковий газ діоксид вуглецю



Рис.2.1 Обсяги викидів забруднюючих речовин (крім діоксиду вуглецю) в атмосферне повітря області

Таблиця 2.2

Викиди основних забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у 2023 році [5]

Речовини	Обсяги викидів	
	т/рік	%
метали та їх сполуки:	34,9	0,0017
свинець	0,1	0,000005
мідь	0,8	0,00004
нікель	0,2	0,00001
хром	0,7	0,00003
цинк	0,3	0,00002
арсен	0,2	0,00001
метан	1809,4	0,09
неметанові леткі органічні сполуки	1102,3	0,055
оксид вуглецю	5885,7	0,29
діоксид та інші сполуки сірки	2619,3	0,13
діоксид азоту	4393,8	0,22
оксид азоту	75,3	0,0037
аміак	502,4	0,025
речовини у вигляді твердих суспендованих частинок	2345,3	0,12
стійкі органічні забруднювачі	0,7	0,00003
інші	26,7	0,001
Діоксид вуглецю	2000000	99,1
<b>Разом</b>	<b>2018798,1</b>	<b>100</b>

(99,1 %). Серед інших переважають оксид вуглецю (0,29 %), діоксид азоту (0,22 %), діоксид сірки (0,13 %), пил (0,12 %), (табл. 2.2).

Обсяги забруднюючих речовин, які надійшли у атмосферне повітря адміністративних районів (протягом 2023 року) та найбільших населених пунктів області (протягом 2020 року) у таблиці 2.3. Оскільки, даних про викиди основної забруднюючої речовини – діоксиду вуглецю, у розрізі адміністративних одиниць Головним управлінням статистики області не надано, то, на основі відсоткового співвідношення між обсягами викидів забруднюючих речовин по області (див.табл.2.2) розраховані обсяги викидів діоксиду карбону по усіх адміністративних одиницях (табл.2.3).

Таблиця 2.3

Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря по районах області

Адміністративна одиниця	Обсяги викидів, т/рік		Разом
	забруднюючих речовин, без діоксиду вуглецю	діоксиду вуглецю**	
м.Хмельницький	859,4	94629,49	95488,89
м.Кам'янець-Подільський	257,9	28397,66	28655,56
м.Нетішин	89,8	9887,98	9977,78
м.Славута	251,6	27703,96	27955,56
м.Старокостянтинів	879,1	96798,68	97677,78
м.Шепетівка	254,5	28023,28	28277,78
<b>Кам'янець-Подільський район</b>			
	7989,876	879774,12	887764,00
<b>Хмельницький район</b>			
	5694,32	627007,90	632702,22
<b>Шепетівський район</b>			
	5116,912	563428,87	568545,78
<b>Разом по області</b>	<b>18801,11</b>	<b>2070210,89</b>	<b>2089012,00</b>

Бачимо, що максимальна кількість забруднюючих речовин викидається у Кам'янець-Подільському районі м.Бурштині – 887764,00 т/рік, а у хмельницькому та Шепетівському районах маса викидів майже однакова - 632702,22 і 568545,78 т/рік, відповідно. Найбільшого навантаження від викидів забруднюючих речовин зазнає атмосферне повітря у містах Нетішин, Старокостянтинів та Хмельницькому.

Аналіз викидів забруднюючих речовин і діоксиду вуглецю в атмосферне повітря від стаціонарних джерел викидів за видами економічної діяльності (табл. 2.4) показав, що основним забрудником атмосфери у Хмельницькій області є підприємства галузі переробної промисловості (14232,5 тис.т/рік). Значний вклад у забруднення атмосфери здійснюють також сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство (2689,2 тис. т/рік), добувна промисловість і розроблення кар'єрів (545,6 тис.т/рік), постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря (525,7 тис.т/рік), а також транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність (400,2 тис.т/рік).

Таблиця 2.4

Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел викидів за видами економічної діяльності у 2023 році [8]

№ з/п	Види економічної діяльності	Обсяги викидів за регіоном	
		тис. т	% до загального підсумку
1	Сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство	2689,2	109,0
2	Добування корисних копалин та розроблення кар'єрів	545,6	176,2
3	Переробна промисловість	14232,5	120,1
4	Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря	525,7	98,1
5	Водопостачання, каналізація, поводження з відходами	6,6	102,1
6	Будівництво	11,0	91,0
7	Оптова та роздрібна торгівля, ремонт транспортних засобів та мотоциклів	24,2	99,2
8	Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність	400,2	46,1
9	Тимчасове розміщення й організація харчування	1,3	-
10	Інформація та телекомунікації	4,0	57,8
11	Фінансова та страхова діяльність	1,0	74,8
12	Операції з нерухомим майном	2,7	189,1
13	Професійна, наукова та технічна діяльність	0,2	98,7
14	Діяльність у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування	7,7	95,6
15	Державне управління й оборона; обов'язкове соціальне страхування	209,2	74,4
16	Освіта	82,6	102,2
17	Охорона здоров'я та надання соціальної допомоги	51,2	67,3
18	Надання інших видів послуг	6,2	131,4

До основних підприємств-забруднювачі атмосферного повітря належать: Публічне акціонерне підприємство «Подільський цемент», ТОВ «Понінківська картонно-паперова фабрика-Україна», ТОВ «Наркевицький цукровий завод», ТОВ «Старокостянтинівцукор».

Спостереження за рівнем забруднення атмосферного повітря у Хмельницькій області проводять Хмельницький обласний центр з гідрометеорології на двох стаціонарних постах у м. Хмельницький за 9-ма інгредієнтами (пил, діоксид сірки, оксид вуглецю, діоксид азоту, оксид азоту, фенол, хлороводень, аміак, формальдегід) [8-12, 25, 29] (табл. 2.5, табл. 2.6, табл.2.7).

Таблиця 2.5

Середньорічний вміст забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Хмельницький, мг/м<sup>3</sup>

Назва речовини	2013	2014	2015	2016	2017
Пил	0,1333	0,1032	0,0786	0,0807	0,0636
Діоксид сірки	0,0169	0,0127	0,0203	0,0244	0,0314
Розчинні сульфати	0,0065	0,0068	0,0069	0,0362	0,0042
Оксид вуглецю	1,5918	1,3824	1,5485	1,5888	1,5137
Діоксид азоту	0,0718	0,0574	0,0583	0,0533	0,0595
Оксид азоту	0,0176	0,0124	0,219	0,026	0,0255
Фенол	0,0015	0,0008	0,0013	0,0015	0,0014
Хлороводень	0,0307	0,0242	0,0663	0,0828	0,0624
Аміак	0,0029	0,0045	0,0058	0,0063	0,0052
Формальдегід	0,0028	0,0036	0,0039	0,0046	0,0039

Таблиця 2.6

Вміст основних забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Хмельницький (2020 р.) [25]

Забруднююча речовина	Концентрація, мг/м <sup>3</sup>			
	Середньо-річна	Середньо-добова ГДК	Максимальна разова ГДК	Максимальна
Пил	0,0830	0,15	0,5	0,3370
Діоксид сірки	0,0169	0,05	0,5	0,0307
Оксид вуглецю	1,8411	3,0	5,0	3,2200
Діоксид азоту	0,0333	0,04	0,2	0,1249
Оксид азоту	0,0272	0,06	0,4	0,0845
Формальдегід	0,0016	0,003	0,035	0,0157

Таблиця 2.7

Середньомісячні концентрації забруднювальних речовин в атмосферному повітрі у м.Хмельницький протягом липня 2023 року [8]

Назва забруднюючої речовини		Середньодобова ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Середньомісячна концентрація по постах спостереження, мг/м <sup>3</sup>	
			пост № 1	пост № 2
1.	Аміак	0,04	0,0061	0,0072
2.	Діоксид азоту	0,04	0,0364	0,0367
3.	Діоксид сірки	0,05	0,0185	0,0202
4.	Оксид азоту	0,06	0,0275	0,0298
5.	Оксид вуглецю	3,0	1,9196	2,2242
6.	Пил	0,15	0,0649	0,0745
7.	Фенол	0,003	0,001	0,0014
8.	Формальдегід	0,003	0,0014	0,0015
9.	Хлористий водень	0,2	0,0369	0,0331

Результати досліджень протягом цих періодів не показали перевищень встановлених гранично-допустимих концентрацій за жодним показником.

## 2.2. Оцінка рівня техногенного навантаження на атмосферне повітря

Якість атмосферного повітря прямопропорційна обсягу викидів забруднюючих речовин. Для оцінки забруднення атмосфери на території великих міст та районів Хмельницької області розраховано модулі техногенного навантаження для кожної адміністративної одиниці (табл.2.7, рис.2.2, рис.2.3), 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.

За результатами розрахунків можна стверджувати, що найбільш техногенно навантаженим є м.Старокостянтинів, де на один кілометр квадратний площі припадає 2441,95 т забруднюючих речовин на рік, що у 2,3 рази більше, ніж в обласному центрі Хмельницькому.

Таблиця 2.7

Модулі техногенного навантаження адміністративних одиниць  
Хмельницької області

Міста (райони)	Площа, км <sup>2</sup>	Модуль техногенного навантаження, т/км <sup>2</sup>	Чисельність населення, осіб	Обсяг викидів на 1 особу, т
м.Хмельницький	90,0	1060,988	271618	0,352
м.Кам'янець-Подільський	27,87	1028,187	109000	0,263
м.Нетішин	70,0	142,5397	36746	0,272
м.Славута	20,0	1397,778	36000	0,777
м.Старокостянтинів	40,0	2441,945	34776	2,809
м.Шепетівка	40,0	706,945	41189	0,687
Райони				
Кам'янець-Подільський	4521,2	1,767203	291100	0,027
Хмельницький	10755,8	0,529419	672000	0,008
Шепетівський	5346,7	0,957022	286500	0,018

Відносно помірні значення модулів характерні для Шепетівського та Хмельницького районів – у 1,8 та 3,3 рази менші, ніж у Кам'янець-Подільському.

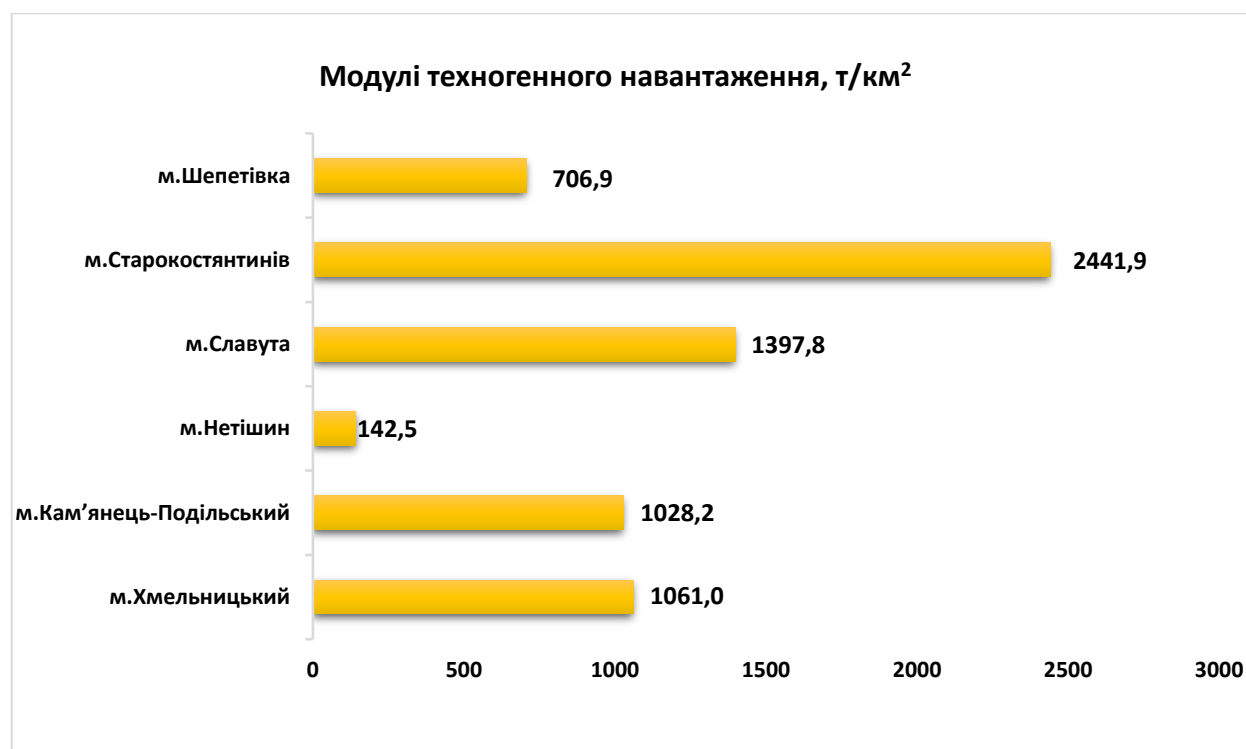


Рис. 2.2. Модулі техногенного навантаження для міст Хмельницької області

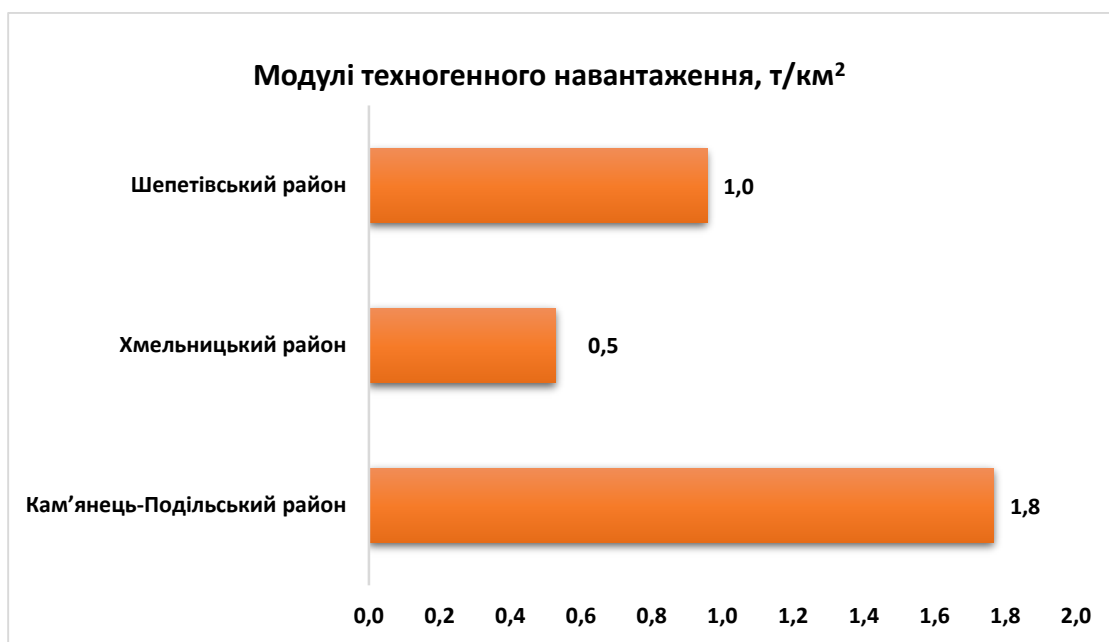


Рис. 2.3. Модулі техногенного навантаження для районів Хмельницької області

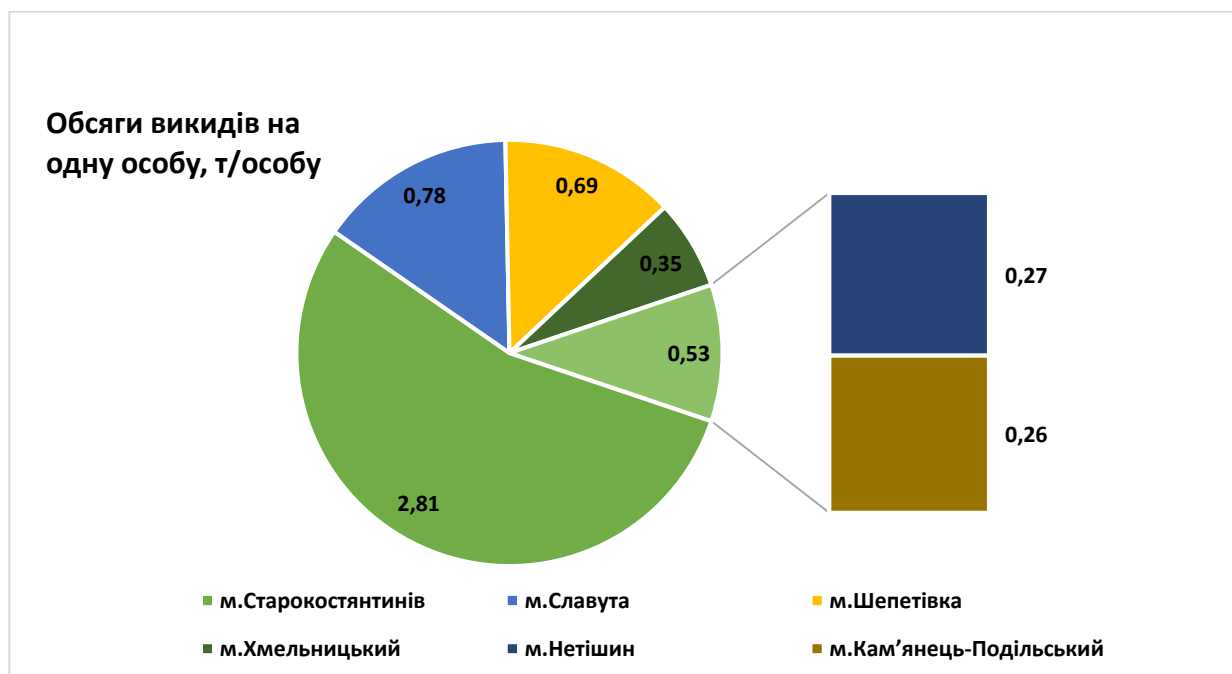


Рис. 2.4. Обсяги викидів забруднюючих речовин на одну особу для міст Хмельницької області



Рис. 2.5. Обсяги викидів забруднюючих речовин на одну особу для районів Хмельницької області

У зв'язку з тим, що основні джерела викидів зосередженні у містах-промислових центрах, то, з врахуванням великої площі районів, модулі техногенного навантаження на їх території зменшується на кілька порядків у порівнянні з територією міст і, загалом, корелюють з обсягами викидів забруднюючих речовин та МТН великих міст на своїй території.

В обсягах викидів забруднюючих речовин на одну особу також «лідирує» місто Старокостянтинів (2,809 т/особу) (табл. 2.7, рис. 2.4, 2.5). На порядок менше значення простежується у містах Славута та Шепетівка (0,777 та 0,687 т/особу відповідно). Населення решти міст області «терпить» набагато нижче навантаження. Ситуація з техногенним навантаження на населення по районах області відтворює техногенне навантаження на їхніх територіях – лідером за цим показником є Кам'янець-Подільський район (0,027 т/особу). Найменше техногенне навантаження на населення Хмельницького району - 0,008 т/особу.

### 2.3. Оцінки рівня забрудненості атмосферного повітря

Згідно з офіційним даними постійною мережею моніторингу якості атмосферного повітря охоплено лише обласний центр – м. Хмельницький. У щорічних Регіональних доповідях про стан навколишнього природного середовища Хмельницької області [8-12, 25] наводяться дані про середньорічні та максимальні концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі лише для обласного центру (див.табл.2.5-2.7).

Оскільки, інші населені пункти області не охоплені мережею моніторингу якості атмосферного повітря, то для визначення концентрації основних забруднюючих речовин на їх території скористалися даними веб-сайту Windy, що надає послуги інтерактивного прогнозу погоди та якості атмосферного повітря по усьому світу [32] (табл. 2.8).

Далі для комплексної оцінки рівня забрудненості атмосферного повітря у кожному з цих міст розраховували індекс забруднення атмосферного повітря ( $I_{\text{за}}$  або ІЗА) (табл.2.8), який враховує характеристики забруднюючих речовин за ступенем їх шкідливості (за класом безпеки) [7] (Додаток А).

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 безпеки речовини [3].

Як бачимо, очікувано, найвищий індекс забруднення атмосфери у місті Староконстянтинів ( $I_{\text{за}} = 25,75$ ), що відповідає категорії забруднення атмосфери - «високо забруднена». У категорію «сильно забруднена», потрапляють міста Славута ( $I_{\text{за}} = 20,9$ ) і Хмельницький ( $I_{\text{за}} = 16,07$ ). У категорію «забруднена» - міста м.Кам'янець-Подільський ( $I_{\text{за}} = 9,86$ ) і м.Нетішин ( $I_{\text{за}} = 8,58$ ), а от до категорії «слабо забруднена» - атмосфера міста Шепетівка.

Таблиця 2.8

Концентрації забруднюючих речовин у містах області та розрахований індекс забруднення атмосфери

Місто	Концентрація забруднюючої речовини, мг/м <sup>3</sup>									Індекс забруднення атмосфери (Іза)
	Аміак	Діоксид азоту	Діоксид сірки	Оксид азоту	Оксид вуглецю	Пил	Фенол	Формальдегід	Хлористий водень	
м.Хмельницький	0,00665	0,03655	0,01935	0,02865	2,0719	0,0697	0,0012	0,00145	0,035	16,07
м.Кам'янець-Подільський	-	0,12	0,17	-	1,41	0,5	-	-	-	9,86
м.Нетішин	-	0,12	0,08	-	1,38	0,6	-	-	-	8,58
м.Славута	-	0,38	0,48	-	1,4	0,2	-	-	-	20,90
м.Старокостянтинів	-	0,43	0,69	-	1,4	0,1	-	-	-	25,75
м.Шепетівка	-	0,04	0,17	-	1,4	0,2	-	-	-	6,20

### РОЗДІЛ 3

## ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА СОЦІАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Здоров'я людини визначається складною взаємодією цілої низки 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 [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 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. Це 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 Б).

### **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 концентрації 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 міст області (табл. 3.1 – 3.6) значення сумарного ризику розвитку неканцерогенних ефектів в усіх містах області є більшим від одиниці, тому ймовірність розвитку неканцерогенних ефектів у містах області є пропорційною до збільшення HQ.

Максимальні ризики неканцерогенних впливів забруднення повітря на населення спостерігається у містах Старокостянтинів (HQ = 20,84) та Славута (HQ = 17,97), що у декілька разів перевищує ризики в інших містах області.

Кожна забруднююча речовина специфічно впливає на організм людини, це проявляється в ураженні певних органів чи систем органів (рис.3.1). Вплив переважної більшості проаналізованих речовин (пилу, діоксиду нітрогену, діоксиду сульфуру, аміаку, оксиду карбону) може викликати захворювання органів дихання. Найбільший внесок, як у сумарний ризик розвитку неканцерогенних ефектів (HQ), так і в ризик захворювань органів дихання в усіх містах області має діоксид азоту, діоксид сірки та пил.

Таблиця 3.1

## Ризик розвитку неканцерогенних ефектів у населення м.Хмельницький

Назва речовини	Середньорічна концентрація, мг/м <sup>3</sup>	Референтна (безпечна) концентрація, мг/м <sup>3</sup>	Критичні органи/системи	Коефіцієнти небезпеки для окремих речовин (HQ)	Критерії неканцерогенного ризику
Аміак	0,00665	0,1	органи дихання	0,07	< 1 Ризик шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий
Діоксид азоту	0,04	0,04	органи дихання	0,91	< 1 Ризик шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий
Діоксид сірки	0,01935	0,08	органи дихання	0,24	< 1 Ризик шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий
Оксид вуглецю	2,072	3,0	органи дихання	0,69	< 1 Ризик шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий
Пил	0,070	0,1	органи дихання	0,70	< 1 Ризик шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий
Фенол	0,001	0,006	ЦНС, серцево-судинна с-ма, нирки, печінка	0,20	< 1 Ризик шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий
Формальдегід	0,001	0,003	органи дихання, імунна система	0,48	< 1 Ризик шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий
Хлористий водень	0,0350	0,02	органи дихання	1,75	> 1 Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ
Ризик розвитку неканцерогенних ефектів				<b>5,04</b>	> 1 Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ

Таблиця 3.2

## Ризик розвитку неканцерогенних ефектів у населення м.Камянець-Подільський

Назва речовини	Середньорічна концентрація забруднюючої речовини, мг/м <sup>3</sup>	Референтна (безпечна) концентрація речовини, мг/м <sup>3</sup>	Критичні органи/системи	Коефіцієнти небезпеки для окремих речовин (HQ)	Критерії неканцерогенного ризику	
Діоксид азоту	0,12	0,04	органи дихання	3,00	> 1	Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ
Діоксид сірки	0,170	0,08	органи дихання	2,13	> 1	Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ
Оксид вуглецю	1,41	3,0	органи дихання	0,47	< 1	Ризик шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий
Пил	0,500	0,1	органи дихання	5,00	> 1	Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ
<b>Ризик розвитку неканцерогенних ефектів</b>				<b>10,60</b>	> 1	Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ

Таблиця 3.3

## Ризик розвитку неканцерогенних ефектів у населення м.Нетішин

Назва речовини	Середньорічна концентрація забруднюючої речовини, мг/м <sup>3</sup>	Референтна (безпечна) концентрація речовини, мг/м <sup>3</sup>	Критичні органи/системи	Коефіцієнти небезпеки для окремих речовин (HQ)	Критерії неканцерогенного ризику	
Діоксид азоту	0,12	0,04	органи дихання	3,00	> 1	Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ
Діоксид сірки	0,08	0,08	органи дихання	1,00	> 1	Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ
Оксид вуглецю	1,38	3,0	органи дихання	0,46	< 1	Ризик шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий
Пил	0,60	0,1	органи дихання	6,00	> 1	Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ
<b>Ризик розвитку неканцерогенних ефектів</b>				<b>10,46</b>	> 1	Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ

Таблиця 3.4

## Ризик розвитку неканцерогенних ефектів у населення м.Славута

Назва речовини	Середньорічна концентрація забруднюючої речовини, мг/м <sup>3</sup>	Референтна (безпечна) концентрація речовини, мг/м <sup>3</sup>	Критичні органи/системи	Коефіцієнти небезпеки для окремих речовин (HQ)	Критерії неканцерогенного ризику	
Діоксид азоту	0,38	0,04	органи дихання	9,50	> 1	Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ
Діоксид сірки	0,48	0,08	органи дихання	6,00	> 1	Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ
Оксид вуглецю	1,40	3,0	органи дихання	0,47	< 1	Ризик шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий
Пил	0,20	0,1	органи дихання	2,00	> 1	Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ
<b>Ризик розвитку неканцерогенних ефектів</b>				<b>17,97</b>	> 1	Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ

Таблиця 3.5

## Ризик розвитку неканцерогенних ефектів у населення м.Старокостянтинів

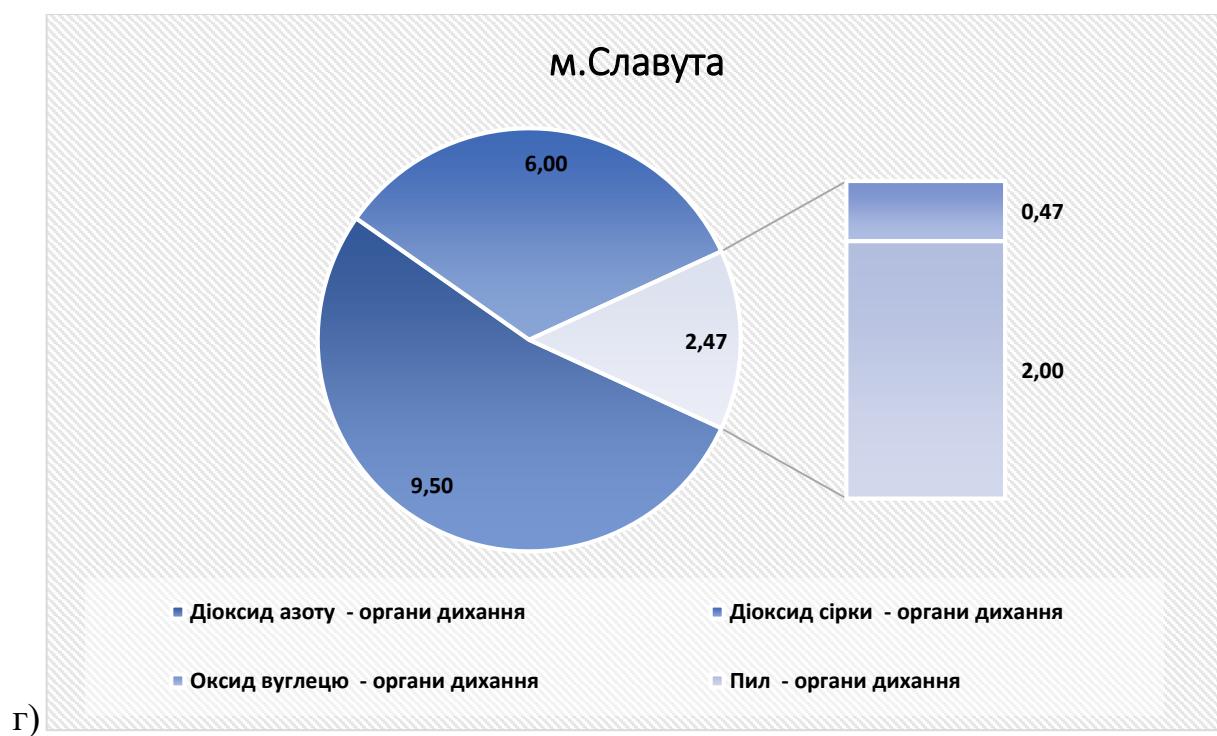
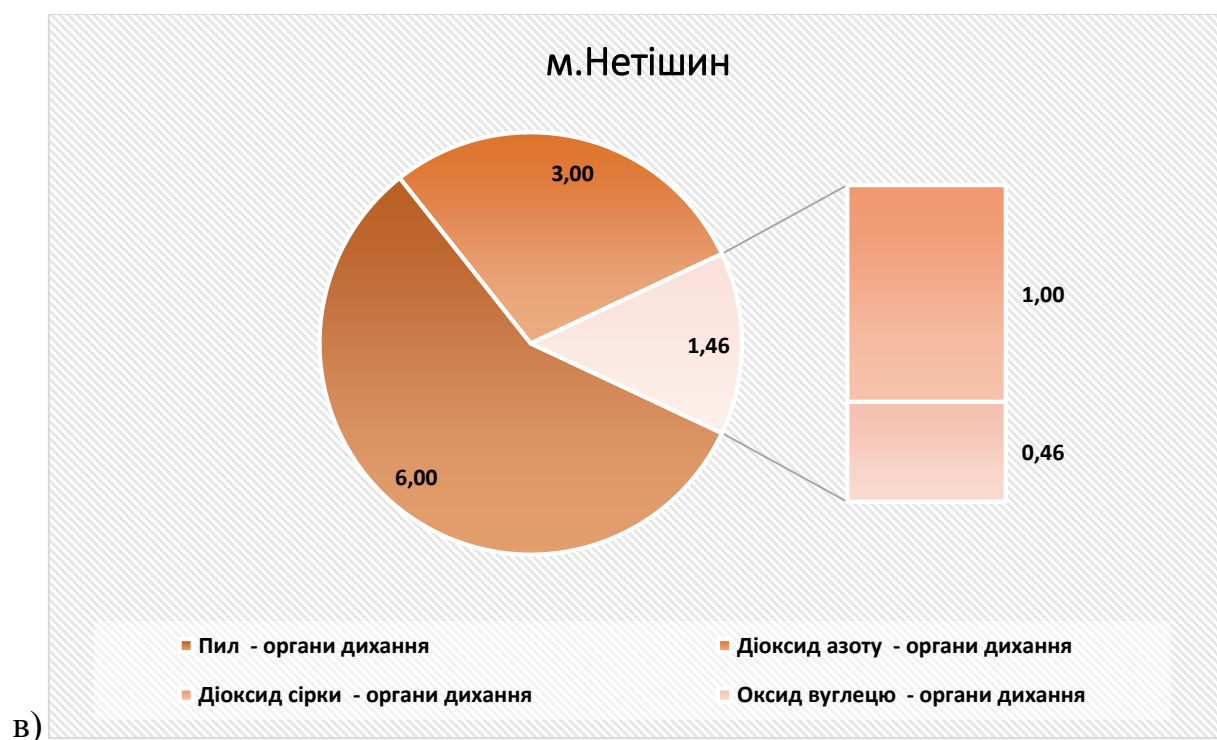
Назва речовини	Середньорічна концентрація забруднюючої речовини, мг\м3	Референтна (безпечна) концентрація речовини, мг/м3	Критичні органи/системи	Коефіцієнти небезпеки для окремих речовин (HQ)	Критерії неканцерогенного ризику	
Діоксид азоту	0,43	0,04	органи дихання	10,75	> 1	Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ
Діоксид сірки	0,69	0,08	органи дихання	8,63	> 1	Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ
Оксид вуглецю	1,40	3,0	органи дихання	0,47	< 1	Ризик шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий
Пил	0,10	0,1	органи дихання	1,00	> 1	Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ
<b>Ризик розвитку неканцерогенних ефектів</b>				<b>20,84</b>	<b>&gt; 1</b>	<b>Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ</b>

Таблиця 3.6

## Ризик розвитку неканцерогенних ефектів у населення м.Шепетівка

Назва речовини	Середньорічна концентрація забруднюючої речовини, мг/м <sup>3</sup>	Референтна (безпечна) концентрація речовини, мг/м <sup>3</sup>	Критичні органи/системи	Коефіцієнти небезпеки для окремих речовин (HQ)	Критерії неканцерогенного ризику	
Діоксид азоту	0,04	0,04	органи дихання	1,00	> 1	Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ
Діоксид сірки	0,17	0,08	органи дихання	2,13	> 1	Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ
Оксид вуглецю	1,40	3,0	органи дихання	0,47	< 1	Ризик шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий
Пил	0,20	0,1	органи дихання	2,00	> 1	Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ
<b>Ризик розвитку неканцерогенних ефектів</b>				<b>5,59</b>	<b>&gt; 1</b>	<b>Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ</b>





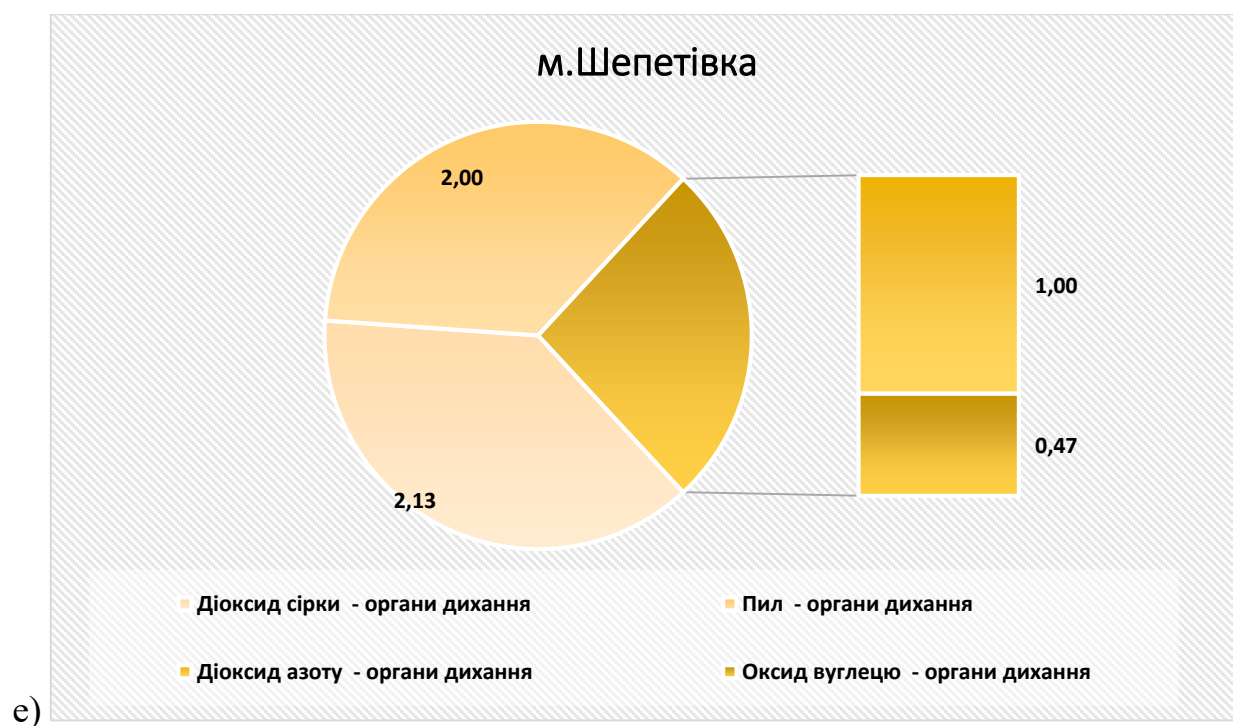
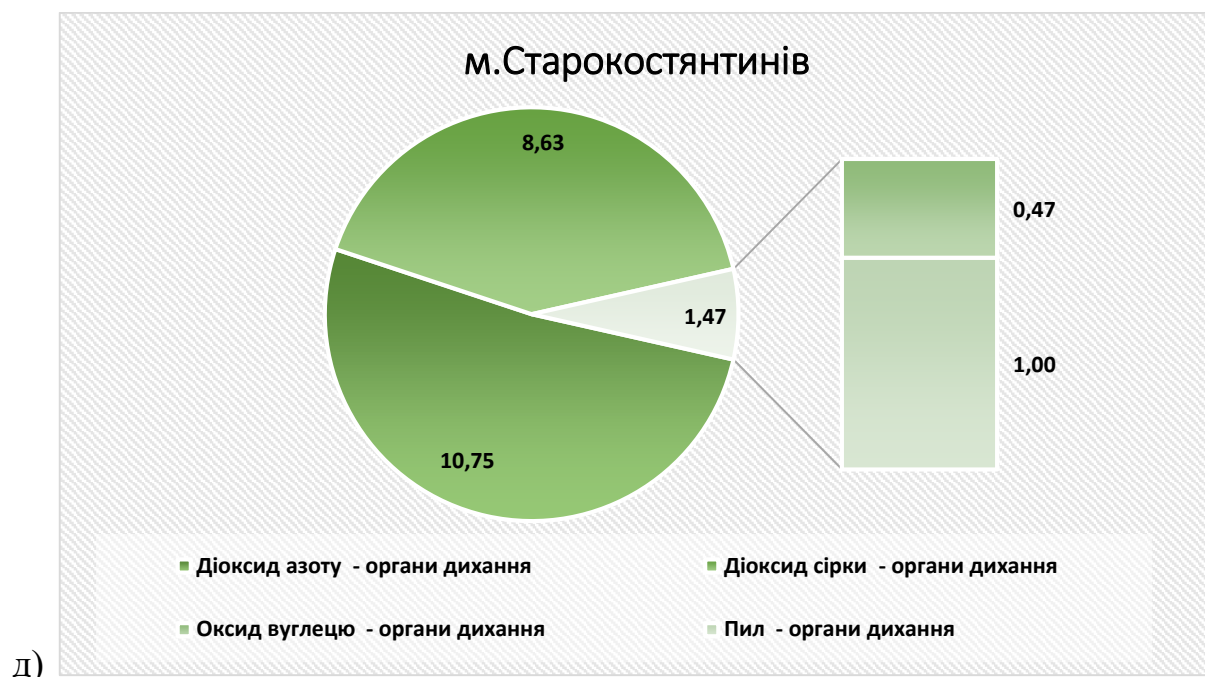


Рис. 3.1 Внесок забруднюючих речовин у сумарний ризик розвитку неканцерогенних ефектів у населення міст: а) м.Хмельницький; б) м.Кам'янець-Подільський; в) м.Нетішин; г) м.Славута; д) м.Старокостянтинів; е) м.Шепетівка

### 3.2. Оцінка ризику розвитку канцерогенних ефектів

Оцінка канцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря канцерогенними речовинами включає розрахунок *одиночного ризику*, що є верхньої межею додаткового ризику протягом життя, зумовленого впливом хімічної речовини (при інгаляційному надходженні), та *популяційного ризику*, що є мірою очікуваної частоти ефектів серед всіх людей, які зазнали впливу [34].

Одиночний ризик розраховують на основі фактора канцерогенного потенціалу речовини і стандартної величини маси тіла людини (70 кг) та добового споживання повітря (20 м<sup>3</sup>) [18] (Додаток Б).

Серед речовин, концентрації яких брали для аналізу, лише формальдегід є канцерогеном. Дані про його вміст у атмосфері відомі лише для міста Хмельницький. Результати розрахунку одиночних та популяційних канцерогенних ризиків для м. Хмельницького наведені в таблиці 3.7.

Таблиці 3.7.

Одиночні та популяційні канцерогенні ризики для м. Хмельницького

Речовини	Концентрація ЗР, мг\м <sup>3</sup>	Фактор канцерогенного потенціалу (SF), мг/кг*добу-1	Одиночний ризик, URi (м <sup>3</sup> /мг)	одиночний канцерогенний ризик CR	Рівень канцерогенного ризику	Чисельність популяції, що підпадає під вплив даного фактора, осіб	Популяційний канцерогенний ризик (PCR)
Формальдегід	0,00145	0,046	$3,3 \cdot 10^{-5}$	$4,8 \cdot 10^{-8}$	Менше $10^{-6}$ - рівень канцерогенного ризику «мінімальний»*	271618	0,0129

\*«Мінімальний» рівень канцерогенного ризику – бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих і природоохоронних заходів

Як бачимо, за розрахованими параметрами для м.Хмельницький рівень одиничного канцерогенного ризику оцінюється як «мінімальний», а популяційний канцерогенний ризик не перевищує 0,013 (додаткових випадків захворювання на рак у популяції окремого міста), що за класифікацією рівнів ризику ВООЗ, оцінюється як «низький» і є допустимим для здоров'я населення [18].

Проте, в умовах неповної інформації про якість повітря у населених пунктах області, некоректно робити остаточні висновки про ймовірність ризиків канцерогенних ефектів у населення. Відсутність канцерогенних речовин в офіційних переліках забруднюючих речовин в атмосфері вказує лише на недоліки роботи системи державного моніторингу атмосферного повітря.

## ВИСНОВКИ

У роботі на основі аналізу обсягів викидів забруднюючих речовин від стаціонарних і пересувних джерел забруднення атмосферного повітря Хмельницької області виконано оцінку якості атмосферного повітря у населених пунктах. Оцінено наслідки впливу забруднення атмосфери області на ризик розвитку неканцерогенних і канцерогенних ефектів у здоров'ї населення.

Головні висновки полягають у тому, що:

- найбільша щільність забруднення і, відповідно, найгірша якість повітря характерна для міста Стакосянтинів;
- основною причиною ризику розвитку неканцерогенних ефектів, а саме, захворювань органів дихання є забруднення атмосфери міст області діоксидом азоту, діоксидом сірки та пилом ;
- оцінювання ризику розвитку канцерогенних ефектів потребує уточнення за рахунок розширення списку пріоритетних речовин забруднювачів, включно з канцерогенними, для стаціонарної моніторингової мережі міст.

## 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. Бурляй А. П. Вплив діяльності сільськогосподарських підприємств на навколишнє природне середовище / А. П. Бурляй, О. Л. Бурляй, О. А. Непочатенко // Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство. – 2018. – Вип. 20. – С. 64-69.
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. Волошин І.М. Ландшафтнео-екологічні основи моніторингу / І.М. Волошин. – Львів: «Простір М», 1998. – 356 с.
5. Державна служба статистики України. Головне управління статистики в Хмельницькій області. Статистична інформація. – Режим доступу: <https://www.km.ukrstat.gov.ua/ukr/index.htm>
6. 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>
7. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навчальний посібник / В. С. Джигирей. – К.: Т-во «Знання», 2002. – 203 с.
8. Екологічний паспорт Хмельницької області за 2023 рік. Департамент екології та природних ресурсів Хмельницької обласної державної

- адміністрації. – Режим доступу: [https://www.adm-km.gov.ua/?page\\_id=7157](https://www.adm-km.gov.ua/?page_id=7157)
9. Екологічний паспорт Хмельницької області за 2022 рік. Департамент екології та природних ресурсів Хмельницької обласної державної адміністрації. – Режим доступу: <https://km-oblrada.gov.ua/khmelnysky-region/>
  10. Екологічний паспорт Хмельницької області за 2021 рік. Департамент екології та природних ресурсів Хмельницької обласної державної адміністрації. – Режим доступу: [https://www.adm-km.gov.ua/?page\\_id=7157](https://www.adm-km.gov.ua/?page_id=7157)
  11. Екологічний паспорт Хмельницької області за 2020 рік. Департамент екології та природних ресурсів Хмельницької області обласної державної адміністрації. – Режим доступу: <https://km-oblrada.gov.ua/khmelnysky-region/>
  12. Екологічний паспорт Хмельницької області за 2017 рік. Департамент екології та природних ресурсів Хмельницької обласної державної адміністрації. – Режим доступу: <https://km-oblrada.gov.ua/khmelnysky-region/>
  13. Звіт про стратегічну екологічну оцінку ДДП «Програма економічного і соціального розвитку Хмельницької міської територіальної громади на 2025 рік». Хмельницький, 2024. – Режим доступу: <https://www.khm.gov.ua/sites/default/files/%D1%88%D1%82%D0%B0%D0%B1%D0%97%D0%B2%D1%96%D1%82%20%D0%A1%D0%95%D0%9E%202.12.2024.pdf>
  14. 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.
  15. Клименко М.О. Моніторинг довкілля / М.О. Клименко, А.М. Прищеп, Н.М. Вознюк. – К.: Видавничий центр «Академія», 2006. – 360 с.

16. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. – К. : Вид-во Раєвського, 2003. – 245 с.
17. Кліматичний кадастр України. – К. : Центр. геофізична обсерваторія, 2005. – С.85-104.
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. 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.
20. Міністерство екології та природних ресурсів України. Екологічний моніторинг довкілля. – Режим доступу: <http://menr.gov.ua/index.php/monitoring>
21. Моніторинг довкілля: підручник / [Боголюбов В.М., Клименко М.О., Мокін В.Б. та ін. ]; за ред. В.М. Боголюбова і Т.А. Сафранова. – Херсон: Грінь Д.С., 2013. – 530 с.
22. Присяжнюк В.Е. Гігієнічні проблеми охорони атмосферного повітря в Україні та шляхи їх вирішення / В.Е. Присяжнюк, В.М. Даценко, О.П. Федоришин // Гігієнічна наука та практика на рубежі століть: Матеріали XIV з'їзду гігієністів України, Дніпропетровськ, 19-21 травня 2004 р. – Дніпропетровськ. – 2004. – Т.І. – С.85-88.
23. Полетаєва Л.М. Моніторинг навколишнього природного середовища / Л.М. Полетаєва, Т.А. Сафранов. – К: КНТ, 2007. – 172 с.
24. Рибалова О. В., Бригада О. В., Ільїнський О. В., Бондаренко О. О. Золотарьова С. О. Аналіз впливу забруднення довкілля на захворюваність населення в Харківській області /The scientific heritage VOL 2, No 78 (78) (2021), p.20-25

25. Регіональні доповіді про стан навколишнього природного середовища. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів. Офіційний сайт. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/news/35990.html>
26. 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>
27. Турос О. І. Аналіз ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря промисловими підприємствами м. Запоріжжя / О. І. Турос // Методичні перспективи. – 2008. – т. XIII – № 1. – С. 93 – 97.
28. Сафранов Т. А. Екологічні основи природокористування: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Т. А. Сафранов. – Одеса: ОДЕКУ, 2002. – 226 с.
29. Стратегія розвитку Хмельницької області на період до 2027 року. – Хмельницька ОДА: Хмельницький, 2019 р. – Режим доступу: <https://www.adm-km.gov.ua/wp-content/uploads/2021/AF.pdf>
30. Український гідрометеорологічний центр. – Режим доступу: <http://www.meteo.gov.ua/>.
31. 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.
32. Windy.com. Веб-сайт. - Режим доступу: <https://www.windy.com/?49.839,24.019,5>
33. The Handbook of Ecological Monitoring / Ed. By R. Clarke. – Oxford: Clarendon Press, 1986. – 298 p.
34. United States Environmental Protection Agency. Environmental Monitoring & Assessment Program. - Режим доступу: <http://www.epa.gov/emap/index.html>.

## **ДОДАТКИ**

## 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:

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

де

$\overline{C}_i$  - 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. А.1).

Таблиця А.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. А.2.

Таблиця А.2.

## Класи небезпечності нормованих речовин

Клас небезпечності	Ступінь небезпечності	Величина ГДК, мг/м <sup>3</sup>
I	Надзвичайно небезпечні речовини	<0,1
II	Високонебезпечні речовини	0,1-1,0
III	Помірnoneбезпечні 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:

$$HI = \sum HQ_i \quad (B.1)$$

де

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

$$HQ_i = C_i / R_f C_f \quad (B.2)$$

де

$C_i$  – розрахункова середньорічна концентрація і-тої речовини на межі житлової забудови, мг/м<sup>3</sup>;

$R_f C_f$  – референтна (безпечна) концентрація і-тої речовини, мг/м<sup>3</sup>.

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

Таблиця Б.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:

$$CR = LADC \times UR \quad (Б.3)$$

де:

*LADC* - середня концентрація речовини в атмосферному повітрі за весь період усереднення експозиції, мг/м<sup>3</sup>;

*UR* - одиничний ризик, (м<sup>3</sup>/мг).

Одиничний ризик розраховують із використанням величини , стандартної величини маси тіла людини (70 кг) та добового споживання повітря (20 м<sup>3</sup>):

$$UR_i (m^3/mg) = \frac{SF_i (mg/kg \times \text{доба}^{-1}) \times 1}{70 \text{ кг} \times 20 (m^3/\text{доба})} \quad (B.4)$$

Поряд з розрахунками індивідуального (одиничного) канцерогенного ризику проводять визначення **популяційного ризику** (PCR), який відображає додаткову (до фонові) 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<sub>i</sub>* - канцерогенний ризик для і-тої канцерогенної речовини.

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

Таблиця Б.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.