

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут післядипломної освіти  
Кафедра екології та  
охорони довкілля

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**  
на тему: Методичні підходи щодо оцінки стану атмосферного повітря  
(на прикладі м. Чернівці)

Виконав студент V курсу групи Е-V  
спеціальності 101– Екологія  
Братов Костянтин Олександрович

Керівник Недова Лариса Вікторівна

Консультант д.т.н., проф.  
Чугай Ангеліна Володимирівна

Рецензент к.геогр.н., доцент  
Прокоф'єв Олег Милославович

Одеса 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут *післядипломної освіти*

Кафедра *екології та охорони довкілля*

Рівень вищої освіти *бакалавр*

Спеціальність *101 – Екологія*

Освітньо-професійна програма *Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування*

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри *екології та охорони довкілля*

*Сафранов Т.А.*

« 27 » квітня 2023 року

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

*Братову Костянтину Олександровичу*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Методичні підходи щодо оцінки стану атмосферного повітря (на прикладі м. Чернівці)*

Керівник роботи *Недова Лариса Вікторівна*

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

затверджені наказом закладу вищої освіти *29 березня 2023 року № 33-С*

2. Строк подання студентом роботи *14 червня 2023 року*

3. Вихідні дані до роботи *матеріали щодо рівня забруднення атмосферного повітря м. Чернівці, а також джерел антропогенного впливу та обсягів викидів забруднюючих речовин у повітряний басейн області в цілому за 2012 – 2021 рр.*

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

*1) Загальні відомості про Чернівецьку область (фізико-географічне положення, економічні особливості)*

*2) Огляд методів оцінки якості і стану атмосферного повітря*

*3) Оцінка стану атмосферного повітря м. Чернівці, порівняльний аналіз результатів на основі використаних методів оцінки*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
- 1) Карта Чернівецької області (1 рис.).
  - 2) Балансові експлуатаційні запаси та видобуток підземних мінеральних вод у Чернівецькій області (1 рис.).
  - 3) Зосередження промислових підприємств на території Чернівецької області (1 рис.).
  - 4) Динаміка викидів ЗР у повітряний басейн Чернівецької області у 2012 – 2021 рр. (1 рис.).
  - 5) Кількість стаціонарних джерел, які здійснювали викиди в атмосферне повітря Чернівецької області у 2012 – 2021 рр. (1 рис.).
  - 6) Викиди ЗР від стаціонарних джерел в атмосферне повітря Чернівецької області за видами економічної діяльності (2021 р.) (1 рис.).
  - 7) Обсяги викидів окремих ЗР в атмосферне повітря Чернівецької області від стаціонарних джерел у 2012 – 2021 рр. (1 рис.).
  - 8) Шкала оцінювання Європейського індексу якості (8 рис.).
  - 9) Розміщення стаціонарних ПСЗ у м. Чернівці (1 рис.).
  - 10) Динаміка зміни вмісту окремих ЗР в атмосферному повітрі м. Чернівці у 2012 – 2021 рр. (10 рис.).
  - 11) Динаміка зміни комплексних ІЗА м. Чернівці у 2012 – 2021 рр. (1 рис.).
  - 12) Динаміка зміни  $I_p$  та КІЗА м. Чернівці у 2012 – 2021 рр. (1 рис.).
  - 13) Значення індексів  $I_{SYS}$ ,  $I_{STR}$  та  $I_e$  для Чернівецької області у 2012 – 2021 рр. (3 рис.).

#### 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
2	Чугай А.В., в.о. декана ПОФ	09.05.2023	21.05.2023
3	Чугай А.В., в.о. декана ПОФ	27.05.2023	05.06.2023

7. Дата видачі завдання 27 квітня 2023 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Оформлення супровідних документів. Складення змісту. Написання вступу.	27.04.23- 30.04.23	90	відмінно
2	Загальні відомості про фізико-географічні, економічні особливості регіону, антропогенний вплив на повітряний басейн	01.05.23- 08.05.23	90	відмінно
3	Огляд методичних підходів до оцінки якості і стану повітряного басейну	09.05.23- 21.05.23	90	відмінно
	<b>Рубіжна атестація</b>	<b>22.05.23- 26.05.23</b>	<b>90</b>	<b>відмінно</b>
4	Оцінка і порівняльний аналіз стану повітряного басейну м. Чернівці	27.05.23- 05.06.23	90	відмінно
5	Узагальнення отриманих результатів. Складення висновків та переліку посилань. Підготовка презентаційних слайдів і доповіді до захисту.	06.06.23- 13.06.23	90	відмінно
6	Подання роботи керівнику на перевірку, і підпис. Встановлення ступеня оригінальності та оформлення протоколу. Складення висновку керівником. Укладення авторського договору на розміщення роботи в репозитарії ОДЕКУ.	14.06.23- 18.06.23	-	-
7	Подання КРБ на перевірку завідувачу кафедри.	19.06.23- 21.06.23	-	-
8	Подання КРБ в інститут післядипломної освіти. Рецензування роботи.	(не пізніше 5 днів до дати захисту)	-	-
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		<b>90,0</b>	

Студент

Братов К.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Недова Л.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

### **Братов К.О. Методичні підходи щодо оцінки стану атмосферного повітря (на прикладі м. Чернівці).**

Питання оцінки стану повітряного басейну в регіонах України на даний час є дуже актуальним. Особливо ця проблема загострилась з початком військових дій на території України 24 лютого 2022 р. Також важливою складовою при оцінці стану повітряного басейну є методична частина, тобто вибір оптимальної методики оцінки.

Метою роботи є огляд методичних підходів щодо оцінки стану атмосферного повітря (на прикладі м. Чернівці).

Об'єктом дослідження є стан повітряного басейну м. Чернівці, предметом дослідження – методи оцінки стану повітряного басейну.

В якості вихідних даних в роботі використані матеріали літературних джерел інформації, а також матеріали Регіональних доповідей, Екологічних паспортів щодо рівня забруднення атмосферного повітря м. Чернівці, а також джерел антропогенного впливу та обсягів викидів забруднюючих речовин у повітряний басейн області в цілому за 2012 – 2021 рр.

Місто Чернівці входить до переліку територій з низьким рівнем забруднення атмосфери. Основним джерелом забруднення атмосферного повітря в регіоні є викиди від пересувних джерел, переважно автотранспорту.

Результати розрахунку *KІЗА* та  $I_5$  показали, що максимум відзначено у 2017 р. за рахунок аномально високих концентрацій фенолу, мінімум – у 2018 р. Відзначається зменшення рівня забруднення атмосферного повітря за період дослідження. Значення  $I_5$  повністю корелює зі значенням *KІЗА*, що свідчить про доцільність використання для оцінки стану повітряного басейну окремого регіону саме  $I_5$ .

За значенням  $I_5$  якість повітряного басейну характеризується рівнем «слабко забруднене» за весь період дослідження. При цьому при його змінювався перелік забруднюючих речовин, які входили до 5 пріоритетних. До «трійки» пріоритетних ЗР входили діоксид азоту, фтористий водень і формальдегід.

Значення індексу небезпеки забруднення  $I_n$  змінюється аналогічно показнику *KІЗА*. При розрахунку  $I_n$  не враховується клас небезпеки речовини, проте при загальному порівняльному аналізі якості атмосферного повітря окремих регіонів його можна використовувати як альтернативний показник.

Динаміка зміни Австралійського індексу якості повітря *AQI* для окремих забруднюючих речовин аналогічна їх часовому ходу. Слід відзначити, що при значеннях індексу 100 % якість повітря вже характеризується як «погана», хоча це відповідає рівню *ГДК*.

Оцінка за показниками сталого розвитку показала, що в категорії «Екологічні системи» відзначається суттєве погіршення умов сталого

розвитку за період дослідження. Для категорії «Екологічне навантаження» відзначається суттєве покращення стану повітряного басейну, що обумовлено відсутністю даних про викиди забруднюючих речовин від пересувних джерел. Загальний індекс екологічного виміру  $I_e$  показав, що в цілому стан повітряного басейну зазнавав позитивних змін до 2018 р. З 2019 р. відзначено погіршення показників, в тому числі за рахунок зменшення фінансування на природоохоронні заходи.

Робота складається зі вступу, 3 основних розділів, висновку, переліку посилань та додатку. Обсяг роботи складає 52 с., в т.ч. 23 рис., 6 табл. та 25 літературних джерел.

**Ключові слова:** повітряний басейн, стан, методика оцінки, індекс небезпеки, індекс забруднення, сталий розвиток.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП	9
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЧЕРНІВЕЦЬКУ ОБЛАСТЬ	11
1.1 Фізико-географічне положення та економічні особливості регіону	11
1.2 Характеристика антропогенного впливу на повітряний басейн	17
2 МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ І СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	21
3 ОЦІНКА СТАНУ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ М. ЧЕРНІВЦІ	31
ВИСНОВКИ	45
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	49
ДОДАТОК	52

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,  
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ГДК – гранично допустима концентрація

ЗР – забруднююча речовина

ІЗА – індекс забруднення атмосфери

КІЗА – комплексний індекс забруднення атмосфери

МВСР – метрика для вимірювання процесів сталого розвитку

ПЗФ – природно-заповідний фонд

ПСЗ – пункт спостережень за забрудненням атмосфери

ТЧ – тверді частинки



## ВСТУП

Питання оцінки стану повітряного басейну в регіонах України на даний час є дуже актуальним. Особливо ця проблема загострилась з початком військових дій на території України 24 лютого 2022 р.

Рівень забруднення атмосферного повітря в цілому формується за рахунок виробничої діяльності, а також транспортного навантаження. У деяких областях основний внесок у формування рівня забруднення атмосферного повітря дають пересувні джерела, переважно автомобільний транспорт. До таких регіонів відноситься і Чернівецька область. За офіційними даними внесок пересувних джерел у формування рівня забруднення атмосфери складає близько 90 %.

Також важливою складовою при оцінці стану повітряного басейну є методична частина, тобто вибір оптимальної методики оцінки.

Метою виконаної кваліфікаційної роботи бакалавра є огляд методичних підходів щодо оцінки стану атмосферного повітря (на прикладі м. Чернівці).

В якості вихідних даних в роботі використані матеріали літературних джерел інформації, а також матеріали Регіональних доповідей, Екологічних паспортів щодо рівня забруднення атмосферного повітря м. Чернівці, а також джерел антропогенного впливу та обсягів викидів забруднюючих речовин у повітряний басейн області в цілому за 2012 – 2021 рр.

Об'єктом дослідження є стан повітряного басейну м. Чернівці, предметом дослідження – методи оцінки стану повітряного басейну.

При виконанні роботи були поставлені такі завдання:

- охарактеризувати фізико-географічні та економічні особливості Чернівецької області;
- проаналізувати фактори антропогенного впливу на повітряний басейн регіону;

- ознайомитися з методами оцінки стану і якості атмосферного повітря та їх особливостями;
- виконати порівняльний аналіз методів оцінки стану повітряного басейну на прикладі м. Чернівці.

Робота апробована на щорічній конференції молодих вчених ОДЕКУ (травень 2023 р.). За результатами дослідження опубліковано тези доповіді.

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЧЕРНІВЕЦЬКУ ОБЛАСТЬ

### 1.1 Фізико-географічне положення та економічні особливості регіону

Територія Чернівецької області складає 8,1 тис. км<sup>2</sup> або 1,3 % всієї території України. На заході область межує з Івано-Франківською, на півночі – з Тернопільською, на північному сході – з Хмельницькою та Вінницькою областями, на півдні – з Румунією, на південному сході – з Республікою Молдова (рис. 1.1) [1, 2]. Має досить щільну мережу залізниць, автомобільних шляхів, трубопроводів та ліній електропередач [2].



Рисунок 1.1 – Карта Чернівецької області [2]

Через територію області пролягає державний кордон протяжністю 404,4 км, в т.ч. з Румунією (226,4 км) і з Республікою Молдова (178 км) [1].

Область є однією з наймолодших в Україні. Вона була утворена 7 серпня 1940 р. в результаті возз'єднання північної частини Буковини та Хотинського повіту Бессарабії.

Відповідно до фізико-географічного зонування території рельєф області достатньо складний. В регіоні знаходиться три зони: гірська, передгірна, лісостепова.

Гірська частина – це Буковинські Карпати. Вона розташована на крайньому південному заході області і займає приблизно 1/4 території. Гори тут середньої висоти (500 – 1600) з характерними мікрокліматичними умовами. Їх розсікають вузькі долини р. Сірет і р. Черемош. Притоки цих річок протікають переважно паралельно хребтам у повздовжніх долинах. Гори вкриті листяними і хвойними лісами. В карпатському регіоні в структурі сільськогосподарських угідь рілля і багаторічні насадження займають менше 1 %.

Між Карпатами і р. Прут розташована похила передгірна рівнина з розчленованим горбистим рельєфом. На загальному рівнинному фоні виділяється Хотинська гряда висотою 400 – 500 м над рівнем моря, яка тягнеться широкою дугою від м. Чернівці до м. Хотин. В цій зоні розташовані цілющі мінеральні джерела і грязі. У передгір'ї переважають сільськогосподарські угіддя, переважно кормові угіддя і рілля.

На північному сході області вздовж р. Дністер розташована рівнинна частина. Це хвиляста рівнина з долинно-балковим рельєфом ерозійного типу. У цій частині існує кілька підвищень в Кельменецькому районі, що створилися внаслідок виходу на поверхню давніх третинних вапняків. Долина р. Дністер має ширину від 0,5 км до 2,0 км, а місцями до 6,0 км. Дністровсько-долинні ландшафти за своєю красою, рекреаційною та науково-пізнавальною цінністю представляють своєрідний «музей природи». Тут зосереджено неповторні геологічні пам'ятки. У лісостеповій зоні переважають сільськогосподарські угіддя, а в їх складі – рілля [2].

В області сільськогосподарські угіддя представлені так: рілля – 40,1 %, сіножаті і пасовища – 13,5 %, багаторічні насадження – 3,8 %. Загальна площа сільськогосподарських угідь складає 469,7 тис. га, що становить 58,0 % від загальної площі території області. Інтенсивний розвиток сільського господарства, хвилястий рельєф території призвів до значної ерозії ґрунтів: з 92,3 тис. га в 1959 р. до понад 250 тис. га за останні роки. Піддані водній ерозії 142,42 тис. га земель (17,6 % від загальної площі регіону).

Територія Карпатського регіону більше ніж на 50 % вкрита лісами. В цілому лісистість області становить 29,2 % [2].

По території області протікає 4240 річок загальною довжиною 8966 км. З них понад 4130 річок, струмків та водотоків довжиною менше 10 км, 109 річок довжиною більше 10 км. Найбільші серед них – це Дністер (290 км в межах області), Прут (108 км), Сірет (100 км) і Черемош (80 км). На північному сході області розташоване глибоководне Дністровське водосховище .

Протяжність автомобільних шляхів загального користування в області становить 2900 км. Територію області перетинають залізничні магістралі, що забезпечують пасажирські та транспортні перевезення у напрямку сполучення України з Румунією і Болгарією. Довжина залізничних колій загального користування складає 423 км [1].

У Чернівецькій області нараховується 243 території та об'єкти природно-заповідного фонду (ПЗФ), в т.ч.: 7 заказників, 8 пам'яток природи, ботанічний і дендрологічний парк Чернівецького державного університету, Вижницький національний природний парк, Сторожинецький дендропарк, що мають загальнодержавне значення, Чернівецькі регіональні ландшафтні парки «Цецино», «Валя Кузьміна», а також 136 пам'яток природи, 40 парків, які є пам'ятниками садово-паркового мистецтва та 39 заповідних урочищ місцевого значення.

Регіон багатий на поклади будівельних матеріалів (гіпс, ангідрид, мергелі, вапняки), різні види пісків, джерела мінеральної води. Увагу

привертають нещодавно відкриті нафтогазоносні родовища, а також прояви золотоносності і мідноколчеданного та поліметалічного зруднення.

Тваринний світ області нараховує 303 види хребетних тварин. У лісах, садах, на полях і водоймищах живуть майже 200 видів птахів. Річки та ставки області населяють 50 видів риб.

Чернівецька область – це регіон, в якому розвинені багатопрофільний літній і зимовий гірсько-спортивний туризм, масовий пізнавально-оздоровчий відпочинок, а також бальнеологічне лікування [3].

На території області налічується 145 родовищ 17 видів корисних копалин. При цьому розробляється 40 родовищ (27,6 %). Мінерально-сировинна база регіону включає такі види корисних копалин: 80,0 % – сировина для виробництва будівельних матеріалів, 4,8 % – паливно-енергетичні корисні копалини (газ, газоконденсат), 1,4 % – гірничохімічні корисні копалини, 13,1 % – прісні та мінеральні води.

В межах області знаходиться 8 родовищ вуглеводнів, з них: 1 – нафтове, 6 – газових, 1 – газоконденсатне. Гірничохімічні корисні копалини представлені 2 родовищами вапняків для вапнування кислих ґрунтів. Також налічується 116 родовищ корисних копалин, які застосовуються у будівельній галузі, з них 30 (25,9 %) розробляється.

На території області розташовані Нижньошепітське родовище глин тугоплавких, Митківське – скляної сировини, Сторожинецьке – керамзитової сировини, Красноільське – каменю облицювального, які на даний час не розробляються. В області знаходиться 4 піщаних родовища і 13 піщано-гравійної суміші, 5 родовищ каменю будівельного (не розробляються), 4 родовища каменю пиляного, 79 родовищ цегельно-черепичної сировини [4].

Як зазначено у роботі [5], для області характерним є низький рівень видобутку підземних мінеральних вод. Доля використання підземних мінеральних вод від існуючих запасів складає 1,14 %. Всього на території регіону було розвідано 80 проявів природних мінеральних вод різного хімічного складу і мінералізації (рис. 1.2).

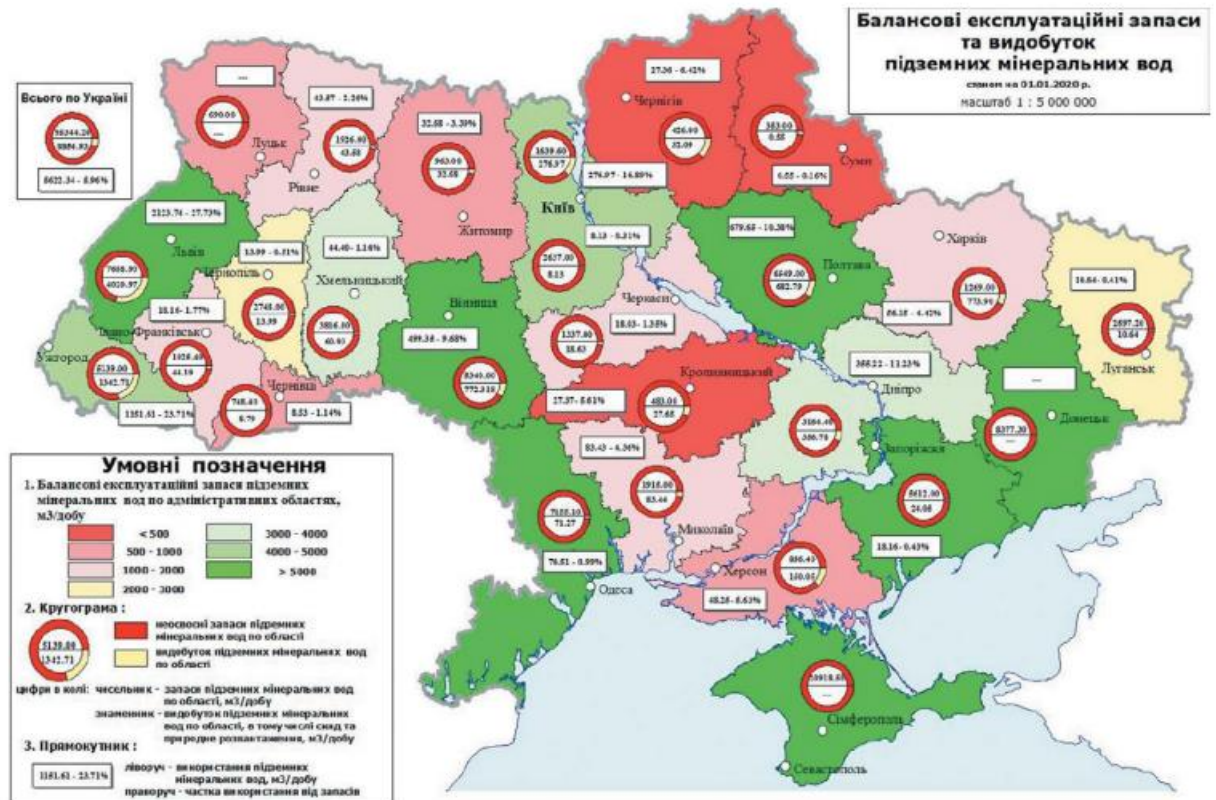


Рисунок 1.2 – Балансові експлуатаційні запаси та видобуток підземних мінеральних вод у Чернівецькій області [5]

Відповідно до галузевої структури виробництва область належить до індустріально-аграрної категорії. У довоєнний період економічна діяльність області характеризувалася стабільним зростанням багатьох показників. Це відбувалось завдяки активній підтримці традиційних видів діяльності. Провідне місце в економіці області займають промисловість і сільське господарство [6].

Загальна структура промисловості Чернівецької області наведена на рис. 1.3.

У машинобудівній галузі провідним є виробництво нафтогазопереробного обладнання; у лісовій і деревообробній – виробництво пиломатеріалів, фанери, меблів; у промисловості будівельних матеріалів – виробництво цегли, толі, кераміки, залізобетонних конструкцій; у легкій – виробництво швейних і трикотажних виробів, бавовняних тканин; у





Рисунок 1.3 – Зосередження промислових підприємств на території Чернівецької області [4]

харчовій – виробництво цукру, хлібобулочних виробів, спирту, соняшникової олії, м'яса, молока, плодоовочевих консервів.

В цілому промисловий потенціал регіону представляють понад 200 промислових підприємств, обсяг виробництва яких становить 0,4 % від загальнодержавного обсягу.

Особливого розвитку набула харчова промисловість. Вона представлена підприємствами з виробництва м'ясної продукції (34,5 % загального обсягу виробництва в харчовій галузі), цукру (12,4 %), хліба і хлібобулочних виробів (9,9 %), кондитерських виробів (9,6 %), напоїв (9,2 %), молочної продукції (6,2 %), жирів (4,1 %) та з переробки овочів і фруктів (9,4 %).

Третє місце в структурі галузей промисловості посідає легка промисловість. Вона представлена 23 підприємствами. Пріоритетне місце мають підприємства з пошиву готового одягу, виробництва взуття і текстильної промисловості.

Машинобудівна галузь представлена 13 підприємствами, які переважно спеціалізуються на виробництві машин, електричного та електронного



устаткування, обладнання для нафтогазової, нафтохімічної та хімічної промисловості [6].

Велике значення також в економічному і соціальному розвитку області мають ліси, які є джерелом деревини і продуктів недеревної рослинності. Загальна площа лісів в регіоні складає 258 тис. га. Основними лісовими породами є ялина, бук, ялиця і дуб. Середній вік насаджень складає 60 років. В області широко розвинена деревообробна галузь, яка є однією з найстаріших. За обсягами промислового виробництва галузь займає шосте місце і представлена 36 підприємствами (15,8 % від загальної кількості підприємств області) [6].

## **1.2 Характеристика антропогенного впливу на повітряний басейн**

За даними Регіональної доповіді [2] м. Чернівці у 2021 р. увійшло до переліку територій з низьким рівнем забруднення атмосфери. В останні роки за рахунок спаду виробничої діяльності та переходу з твердих видів палива на газоподібні відзначалось зменшення викидів забруднюючих речовин (ЗР) в атмосферне повітря від стаціонарних джерел. Основним джерелом забруднення атмосферного повітря в Чернівецькій області є викиди від пересувних джерел, переважно автотранспорту (в середньому 95 % від загальної кількості викидів пересувними джерелами). На рис. 1.4 наведено динаміку викидів ЗР у повітряний басейн Чернівецької області за багаторічний період. Зазначимо, що в окремі роки були відсутні дані про обсяги викидів ЗР пересувними джерелами. Тому вони були нами проінтерпольовані.

Як видно з наведеного рисунку, обсяги викидів від стаціонарних джерел зменшились незначно, а від пересувних джерел – більше ніж у 2 рази. За офіційними даними таке зменшення є наслідком введення об'їзної дороги для м. Чернівці.

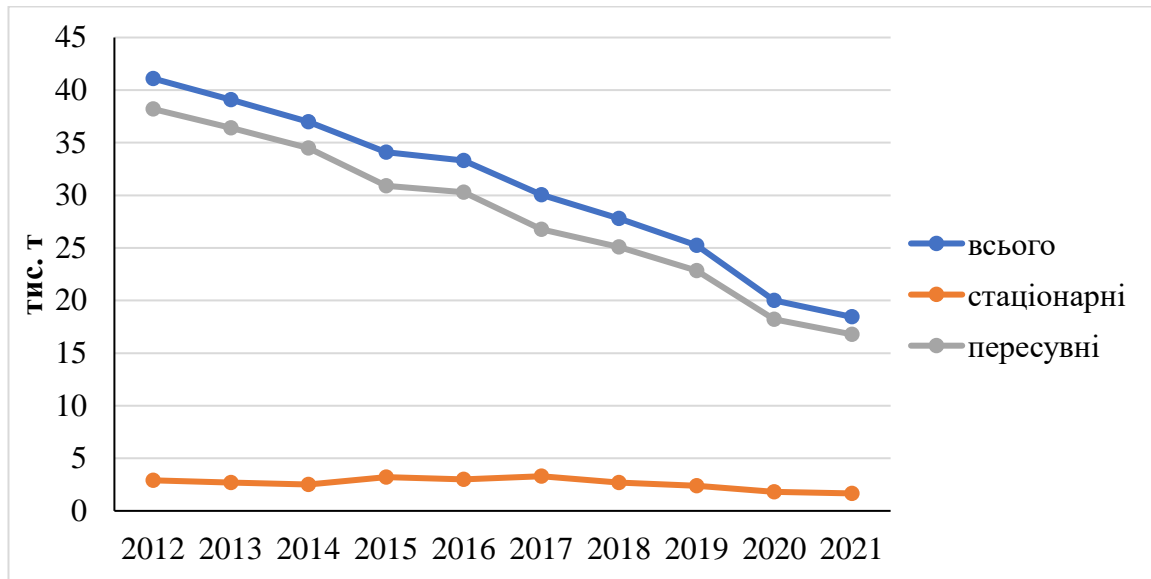


Рисунок 1.4 – Динаміка викидів ЗР у повітряний басейн Чернівецької області у 2012 – 2021 рр. [2, 7, 8]

На рис. 1.5 наведено відомості щодо кількості стаціонарних джерел, які здійснювали викиди ЗР. Максимальна кількість підприємств була зафіксована у 2015 – 2019 рр. Найбільші обсяги викидів відзначались у 2015 – 2017 рр. У 2012 – 2013 рр. при значно меншій кількості підприємств обсяги викидів були на рівні 2018 р.

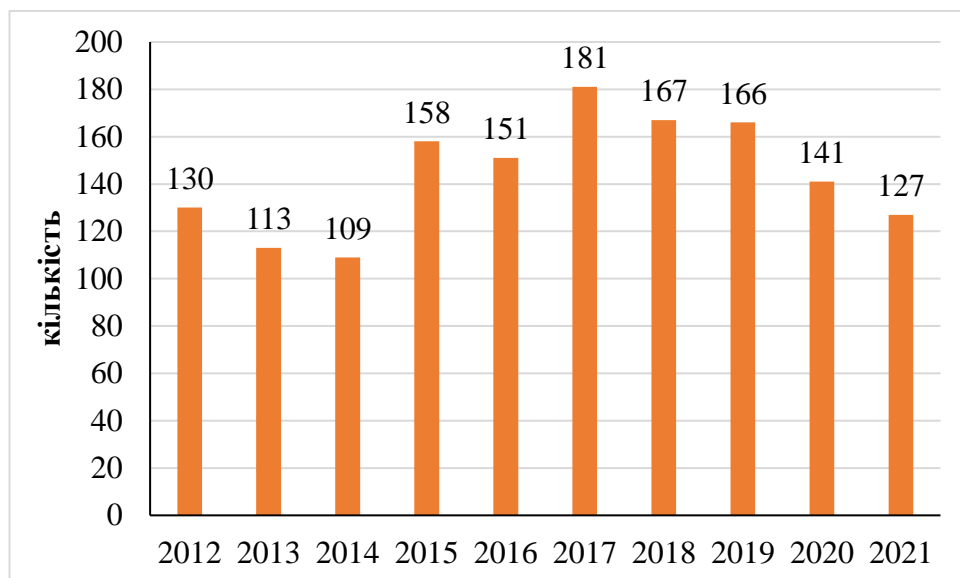


Рисунок 1.5 – Кількість стаціонарних джерел, які здійснювали викиди в атмосферне повітря Чернівецької області у 2012 – 2021 рр. [2, 7 – 9]

Відомості щодо обсягів викидів ЗР від стаціонарних джерел за видами економічної діяльності представлено на рис. 1.6. Як видно, переважні обсяги викидів здійснюють підприємства переробної промисловості, сільського, лісового і рибного господарства, а також у сфері державного управління й оборони, обов'язкового соціального страхування.

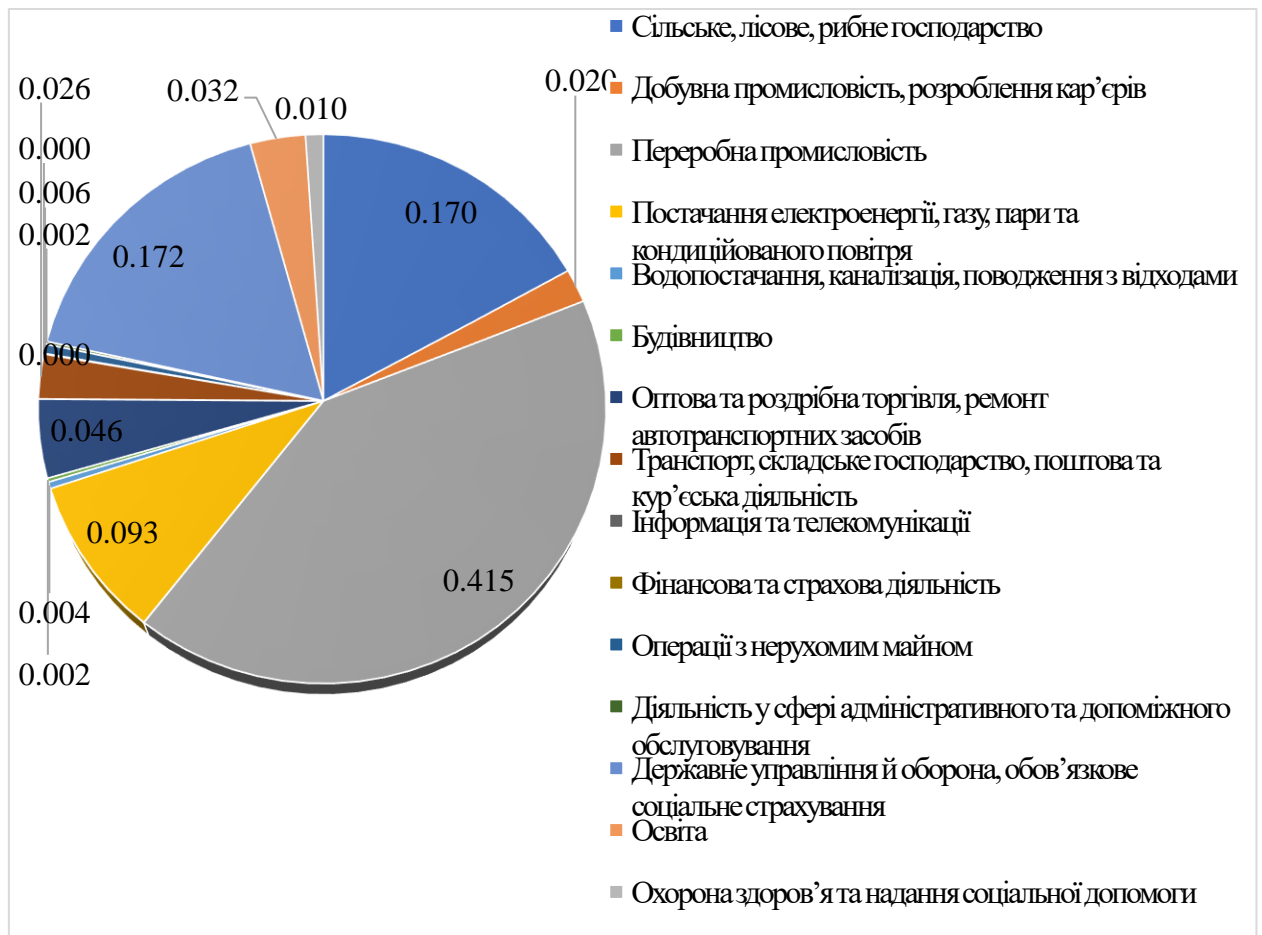


Рисунок 1.6 – Викиди ЗР від стаціонарних джерел в атмосферне повітря Чернівецької області за видами економічної діяльності (2021 р.) [2]

Основними підприємствами-забруднювачами серед стаціонарних джерел в останні роки є такі підприємства і організації:

- ПАТ «Чернівецький олійно-жировий комбінат», м. Чернівці;
- СТЗОВ «Котелеве», Новоселицький район;
- ПАТ «Чернівецький цегельний завод № 3», м. Чернівці;
- МКП «Чернівцітеплокомуненерго», м. Чернівці;

- ТОВ «Круп'янський цегельний завод»;
- ТЗОВ «Буковинська Цегла», Кіцманський район;
- Сторожинецька міська рада;
- Відділ освіти, молоді та спорту Герцаївського РДА;
- ПАТ «Чернівецький хлібокомбінат», м. Чернівці;
- Новоселицька міська рада [10].

Нами було проаналізовано обсяги викидів окремих ЗР від стаціонарних джерел за період дослідження (рис. 1.7).

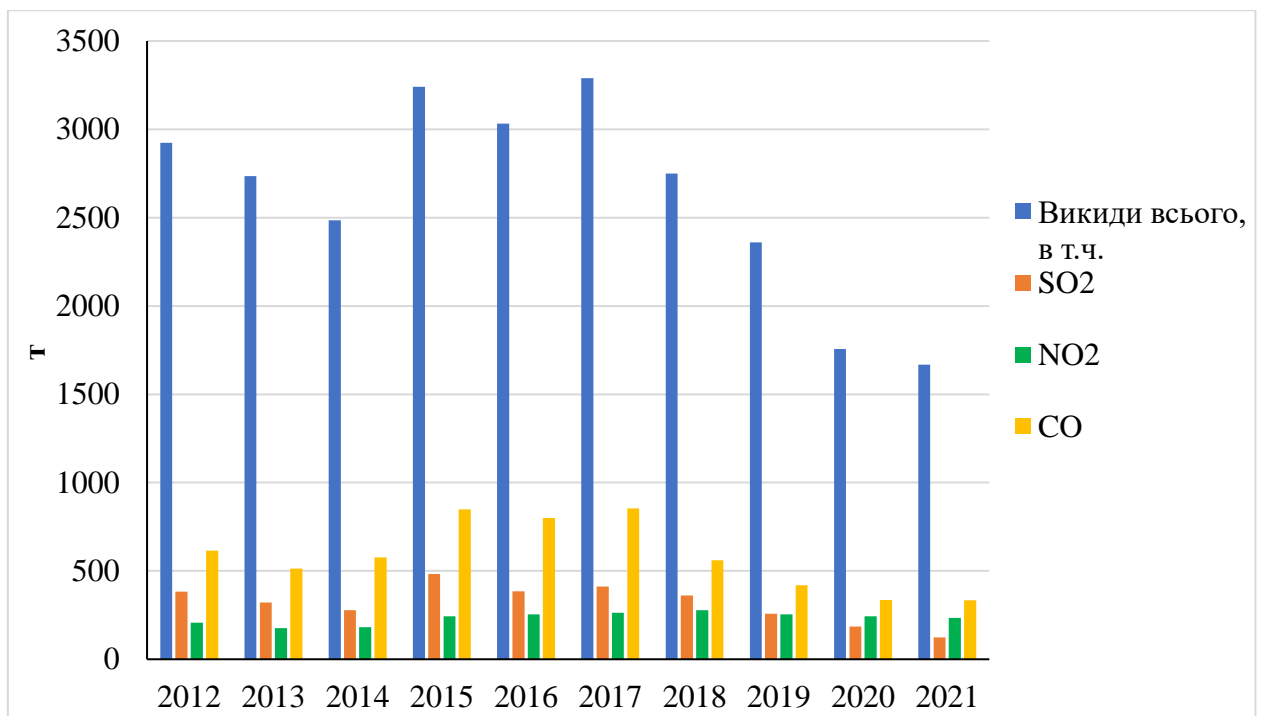


Рисунок 1.7 – Обсяги викидів окремих ЗР в атмосферне повітря Чернівецької області від стаціонарних джерел у 2012 – 2021 рр. [2, 7 – 15]

Як видно з наведеного рисунку, максимальні значення відзначено у 2015 – 2017 рр., як і зазначалось вище. По окремих ЗР найбільші обсяги були характерні для викидів CO. Слід також відзначити суттєве зменшення викидів з 2018 по 2021 рр. (майже на 40 %).

## 2 МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ І СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Як відомо, якість атмосферного повітря можна оцінювати із застосуванням двох основних підходів (методів) [16]:

- метод порівняння, під яким розуміється порівняння визначеної або розрахованої величини будь-якого показника (параметра) з нормативним значенням – метод гранично допустимої концентрації (*ГДК*);
- метод інтегральної оцінки, який дозволяє надати оцінку якості повітряного басейну окремого району або населеного пункту в цілому за певними ЗР на основі розрахунку комплексних показників.

З урахуванням Постанови Кабінету Міністрів України № 827 від 14.08.2019 р. щодо нової редакції «Порядку здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря», в якому запропоновано нові нормативні показники якості атмосферного повітря, використання методу *ГДК* втрачає сенс.

На даний час найбільш часто застосовуються індекси забруднення атмосфери (*ІЗА*), визначення яких розрізняється за методичним підходом.

Найбільш поширеним є застосування методики розрахунку за результатами нормування на значення *ГДК*, отриманих на мережі пунктів спостережень за забрудненням атмосфери (ПСЗ). Такі *ІЗА* (*I*) розраховують за формулами:

$$I = \left( \frac{q_p}{ГДК_{mp}} \right)^{C_i}, \quad (2.1)$$

$$I = \left( \frac{\bar{q}}{ГДК_{сд}} \right)^{C_i}, \quad (2.2)$$

де  $q_p$  та  $\bar{q}$  – відповідно максимальна та середня концентрації ЗР в

атмосферному повітрі, мг/м<sup>3</sup>;

$C_i$  – константа, яка приймає значення 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 відповідно для 1; 2; 3; 4-го класу небезпеки ЗР і дозволяє привести ступінь шкідливості  $i$ -ої ЗР до ступеня шкідливості  $SO_2$  [17].

Згідно з методикою, при  $IЗА \leq 1$  якість повітряного басейну за вмістом окремої ЗР відповідає санітарно-гігієнічним вимогам [17].

На основі отриманих одиничних  $IЗА$  можна розраховувати комплексні індекси забруднення атмосфери ( $KIЗА$ ).  $KIЗА$  – це характеристика рівня забруднення атмосфери, утвореного  $n$  речовинами, наявними в атмосфері міста.  $KIЗА$  ( $I_n$ ) розраховують за формулою:

$$I_n = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n \left( \left( \frac{\bar{q}}{ГДК_{с0}} \right)^{C_i} \right)_i. \quad (2.3)$$

$KIЗА$  може розраховуватись по одному або декількох ПСЗ міста як сума всіх  $IЗА$  [17].

Різновидом  $KIЗА$  є індекс  $I_5$ , який враховує значення одиничних  $IЗА$  тих п'яти ЗР, для яких ці значення найбільші:

$$I_5 = \sum_{i=1}^5 I_i. \quad (2.4)$$

Розрахунок  $I_5$  дозволяє класифікувати рівень забруднення атмосферного повітря за такими градаціями:

- $I_5 < 2,5$  – атмосферне повітря чисте;
- $I_5 = 2,5 - 7,5$  – слабо забруднене;
- $I_5 = 7,6 - 12,5$  – забруднене;
- $I_5 = 12,6 - 22,5$  – сильно забруднене;
- $I_5 = 22,6 - 52,5$  – високо забруднене;

–  $I_5 > 52,5$  – екстремально забруднене атмосферне повітря [17].

Якщо аналізувати  $KIZA$  та  $I_5$ , то  $KIZA$  враховує всі ЗР, за якими ведуться спостереження у певному населеному пункті. При цьому при порівняльному аналізі для різних міст кількість ЗР, за якими проводяться спостереження, може відрізнятися. З урахуванням цього показник  $I_5$  більш об'єктивно характеризує стан забруднення атмосфери. Він враховує 5 найбільш значущих ЗР, що фактично уніфікує результати оцінки. Також досвід показує, що ЗР, які не увійшли до «першої п'ятірки», фактично несуттєво впливають на значення  $KIZA$  [17].

А.В. Приймаком [17] запропоновано в якості  $IЗА$  використовувати «індекс небезпеки забруднення», який розраховується за формулою:

$$I_n = \sqrt{\sum_{i=1}^n k_i^2}, \quad (2.5)$$

де  $k_i$  – перевищення  $ГДК$  певної ЗР [17].

У багатьох зарубіжних країнах розраховуються різноманітні індекси якості атмосферного повітря. До таких можна віднести:

- 1) індекс якості атмосферного повітря (*Air Quality Index – AQI*), який визначається Агентством з охорони навколишнього середовища США. Він розраховується з урахуванням концентрацій таких ЗР:  $O_3$ , завислі речовини,  $CO$ ,  $SO_2$  і  $NO_2$ ;
- 2) індекс здоров'я за якістю атмосферного повітря (*The Air Quality Health Index – AQHI*), запропонований канадськими вченими [18]. Показник розраховується за даними про вміст трьох ЗР:  $O_3$ , завислі речовини,  $NO_2$ . Може приймати значення від 1 до 10, яким відповідає розроблена шкала кольорів, що визначає ризик для здоров'я людини. При значеннях  $AQHI = 1 - 3$  ризик для здоров'я низький,  $AQHI = 4 - 6$  – помірний,  $AQHI = 7 - 10$  високий,  $AQHI > 10$  – дуже високий.

- 3) індекс *АТМО*, який використовується у Франції. Розраховується за вмістом чотирьох ЗР:  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$  і завислі речовини. Визначається п'ять категорій стану повітряного басейну, а саме «дуже добрий», «добрий», «середній», «посередній» та «поганий» [17];
- 4) у Великобританії рівень забруднення повітря характеризується індексом, який приймає значення від 1 до 10. Визначаються такі рівні забруднення: при значеннях від 1 до 3 рівень низький, від 4 до 6 – помірний, від 7 до 9 – високий, 10 – дуже високий. При розрахунку враховують вміст  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$  і завислих речовин [17];
- 5) індекс якості атмосферного повітря *BELATMO* (Бельгія), який розраховується за вмістом  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$  і завислих речовин. В залежності від концентрації ЗР значення *BELATMO* варіює в межах від 1 (відмінна якість повітря) до 10 (дуже погана) [17];
- 6) індекс забруднення повітря *API* (Китай), який враховує концентрації  $SO_2$ ,  $NO_2$  і  $TЧ_{10}$ . При розрахунку використовується спеціальна шкала, згідно з якою визначається компонент з найвищим рівнем забруднення повітря. За значеннями *API* виділяють такі категорії якості повітряного басейну:  $API = 0 - 50$  – відмінна якість;  $API = 51 - 100$  – добра;  $API = 101 - 150$  – незначно забруднене повітря;  $API = 151 - 200$  – слабо забруднене;  $API = 201 - 250$  – середньо забруднене;  $API = 251 - 300$  – середньо-сильно забруднене;  $API > 300$  – сильно забруднене повітря [17].

Дещо подібним до розрахунку *ІЗА* є індекс якості повітря *AQI*, який використовується в Австралії. Згідно з методикою аналізується вміст п'яти ЗР:  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $CO$  і завислі речовини. Розрахунок *AQI* виконується за формулою:

$$I_P = (C_P / C_{Ps}) \cdot 100 \%, \quad (2.6)$$

де  $I_P$  – індекс забруднення;

$C_P$  – концентрація ЗР;



$C_{Ps}$  – стандартна концентрація ЗР [17].

Відповідно до значень  $AQI$  виділяють п'ять категорій якості атмосферного повітря (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Категорії якості повітря за значенням  $AQI$  (Австралія) [17]

Категорія	Діапазон $AQI$
Дуже добра ( $VG$ ) якість повітря	0 – 33
Добра ( $G$ ) якість повітря	34 – 66
Нормальна ( $F$ ) якість повітря	67 – 99
Погана ( $P$ ) якість повітря	100 – 149
Дуже погана ( $VP$ ) якість повітря	$\geq 150$

Європейськими агенціями також використовується загальний індекс якості повітря (*Common Air Quality Index – CAQI*), який дозволяє відобразити якість повітря у містах. Він поділяється на 3 індекси, які відрізняються часовими проміжками:

- *погодинний* – характеризує якість повітря, виходячи з погодинних значень, і оновлюється кожну годину;
- *щоденний* – характеризує якість повітря попереднього дня, оновлюється раз на день;
- *щорічний* – відображає індекс якості повітря протягом всього року і порівнюється з європейськими нормами якості повітря. Цей показник базується на середньому рівні за рік відповідно до річних граничних значень і оновлюється раз на рік [19].

У листопаді 2017 р. Європейська агенція довкілля (European Environment Agency (*EEA*)) почала визначати Європейський індекс якості повітря. Індекс використовує понад 2000 станцій контролю якості повітря по всій Європі. Індекс оцінює якість повітря за чотирма показниками:  $ТЧ_{2,5}$  і  $ТЧ_{10}$ ,  $O_3$ ,  $NO_2$  та  $SO_2$ . Кожен з вказаних показників оцінюється відповідно до стандартів,

затверджених Директивами ЄС. Індекс подає інформацію щодо якості повітря тільки в короткотерміновій перспективі [19]. На рис. 2.1 наведено шкалу оцінювання Європейського індексу якості.

Pollutant	Index level (based on pollutant concentrations in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				
	Good	Fair	Moderate	Poor	Very poor
Particles less than $2.5 \mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{2.5}$ )	0-10	10-20	20-25	25-50	50-800
Particles less than $10 \mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{10}$ )	0-20	20-35	35-50	50-100	100-1200
Nitrogen dioxide ( $\text{NO}_2$ )	0-40	40-100	100-200	200-400	400-1000
Ozone ( $\text{O}_3$ )	0-80	80-120	120-180	180-240	240-600
Sulphur dioxide ( $\text{SO}_2$ )	0-100	100-200	200-350	350-500	500-1250

Рисунок 2.1 – Шкала оцінювання Європейського індексу якості [19]

В Україні на даний час активно розвивається мережа громадського моніторингу забруднення повітря (сервіси SaveEcoBot, CityScale, EcoCity, ЛУНМістоAir, EcoInfo). Так, за даними сервісу SaveEcoBot [21], системи громадського моніторингу функціонують на даний час у 20 областях України. Визначається вміст  $\text{TC}_{2,5}$ , згідно зі значеннями якого виконується класифікація рівнів забруднення за значенням індексу якості повітря ( $AQI$ ) із застосуванням кольорової шкали (табл. 2.2).

Як видно, у багатьох країнах світу використовуються подібні показники для оцінки якості або стану повітряного басейну. В окремих країнах індекси, які визначаються, спрямовані на визначення ризику для здоров'я людини, в інших – на визначення якості або стану атмосферного повітря.

Також стан повітряного басейну можна оцінювати і з позицій сталого розвитку. Як відомо, сталий розвиток – це такий розвиток, який дозволяє задовольнити потреби сучасного покоління без шкоди для майбутніх поколінь. В Україні в останні роки було прийнято декілька законодавчих документів з питань сталого розвитку. До них відноситься, в т.ч. Указ Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030

Таблиця 2.2 – Значення AQI [21]

<i>AQI</i>	Стан повітря	Наслідки для здоров'я
0 – 50	<b>Хороший</b>	Мінімальний вплив.
51 – 100	<b>Задовільний</b>	Може викликати незначний дискомфорт при диханні у чутливих людей. Не рекомендується займатись спортом на вулиці.
101 – 150	<b>Помірно забруднений</b>	Може спричинити дискомфорт при диханні у людей із захворюваннями дихальних шляхів, таких як астма, а також у людей з серцевими захворюваннями. Діти та літні люди зазнають найбільшого негативного впливу. Заняття спортом на вулиці заборонені.
151 – 200	<b>Високий</b>	Спричиняє дискомфорт при диханні у здорових людей. Людям із серцево-судинними і легневими захворюваннями категорично заборонено перебувати на вулиці. Заняття спортом на вулиці заборонені.
201 – 300	<b>Дуже високий</b>	Може викликати респіраторні захворювання у здорових людей при тривалому впливі. Людям із серцево-судинними і легневими захворюваннями категорично заборонено перебувати на вулиці. Існує ризик інсульту та інфаркту у людей похилого віку. Заняття спортом на вулиці заборонені.

року» [22]. Також однією з перших програм в Чернівецькій області і, в першу чергу, в м. Чернівці було затвердження «Концепції сталого екологічного розвитку міста Чернівці» ще у 2002 р. [23]. Одним з пунктів програми був

«Стан та проблеми повітряного басейну міста». Тобто питання досягнення певних показників сталого розвитку в регіоні були актуальними більше 20 років тому.

Для оцінки сталого розвитку регіону можна використовувати різні методичні підходи. Одним з них є оцінка на основі оціночних параметрів, які представлені у матриці для вимірювання процесів сталого розвитку (МВСП) [24]. Зазвичай оцінка сталого розвитку виконується з урахуванням економічного, екологічного і соціального-інституціонального розвитку регіону. Всі ці параметри для оцінки представлені у МВСП. Щодо екологічної складової, то вона визначається через індекс екологічного виміру ( $I_e$ ) з урахуванням трьох категорій екологічної політики:

- 1) екологічні системи ( $I_{SYS}$ );
- 2) екологічне навантаження ( $I_{STR}$ );
- 3) регіональне екологічне керування ( $I_{REG}$ ).

Вказані категорії містять 13 індикаторів і 44 параметрів для оцінки (табл. 2.3) [24].

Таблиця 2.3 – Категорії політики, індикатори та параметри  $I_e$  [24]

Категорія політики	Індикатор	Параметр
Екологічні системи $I_{SYS}$	Повітря $I_{AIR}$	Середні концентрації діоксиду азоту $I_{NO_2}$ , діоксиду сірки $I_{SO_2}$ і пилу $I_{TCP}$ в атмосферному повітрі міст
	Біорізноманіття $I_{BIO}$	Види фауни $I_{PFA}$ і флори $I_{PFL}$ під загрозою
		Об'єкти ПЗФ $I_{PZF}$
	Земля $I_{LAN}$	Техногенне навантаження на природне середовище $I_{ANT}$
		Поширення екзогенних геологічних процесів $I_{EGP}$
		Забруднені ділянки $I_{WLN}$
		Порушені, відпрацьовані та рекультивовані землі $I_{EXH}$
	Якість води $I_{WQL}$	Середньорічні концентрації завислих речовин $I_{SS}$ і нітратів $I_{NIT}$ , середньорічна мінералізація $I_{MIN}$
	Кількість води $I_{WQN}$	Забір води з природних $I_{WAV}$ і підземних $I_{GAV}$ джерел у розрахунку на 1 особу
	Радіаційна і екологічна небезпека $I_{RAD}$	Радіаційна забрудненість території $I_{RTR}$
		Потенційна радіаційна небезпека $I_{RHZ}$
		Радіоактивно забруднені землі $I_{RLN}$
		Екологічно небезпечні підприємства $I_{IHZ}$
Зберігання і використання небезпечних хімічних речовин $I_{HZW}$		
Екологічне навантаження $I_{STR}$	Викиди в атмосферне повітря $I_{EMS}$	Викиди оксидів азоту $I_{NOx}$ , діоксиду сірки $I_{SOT}$ і летких органічних сполук $I_{VOC}$
		Викиди від автомобільного транспорту $I_{CAR}$
		Викиди від стаціонарних і пересувних джерел у розрахунку на 1 км <sup>2</sup> $I_{EKM}$ і на 1 особу $I_{EPC}$

Продовження табл. 2.3

Категорія політики	Індикатор	Параметр
Екологічне навантаження $I_{STR}$	Навантаження на екосистеми $I_{ECO}$	Зміна відношення площі зрубаних і загиблих лісових насаджень до площі створених лісових насаджень за останні 3 роки $I_{FRS}$
		Рілля $I_{EF1}$
		Сіножаті та пасовища $I_{EF2}$
		Ліси та інші лісовкриті площі $I_{EF3}$
		Забудовані землі $I_{EF4}$
		Використання свіжої води у розрахунку на 1 особу $I_{EF5}$
	Утворення і використання відходів $I_{WST}$	Використання $I_{REC}$ і накопичення $I_{ACC}$ відходів
		Утворення відходів I – III класів небезпеки у розрахунку на 1 км <sup>2</sup> $I_{WKM}$ і на 1 особу $I_{WPC}$
		Площі під ТПВ $I_{WAR}$
	Водне навантаження $I_{WAT}$	Скидання ЗР $I_{CNT}$ і зворотних вод $I_{REW}$ у поверхневі водні об'єкти
Регіональне екологічне керування $I_{REG}$	Участь в екологічних проектах $I_{COL}$	Громадські екологічні організації на території області $I_{ORG}$
		Обсяг фактичних коштів з державного і обласного фондів на природоохоронні заходи $I_{FND}$
	Викиди парникових газів $I_{GHG}$	Викиди до ВРП $I_{GDP}$ і на душу населення $I_{GPC}$
	Трансграничний екологічний тиск $I_{GPC}$	Відходи I – III класу небезпеки, передані іншим підприємствам, іншим країнам тощо $I_{EXP}$

### 3 ОЦІНКА СТАНУ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ М. ЧЕРНІВЦІ

У м. Чернівці спостереження за забрудненням атмосфери проводяться на 3 стаціонарних ПСЗ, які розташовані за адресами: ПСЗ № 1 – вул. Заводська, 34; ПСЗ № 3 – вул. Головна, 265А; ПСЗ № 4 – вул. О. Гузар [2]. Карти розташування ПСЗ в макромасштабі наведено на рис. 3.1.

На початковому етапі було проведено систематизацію даних про вміст окремих ЗР в атмосферному повітрі міста за 2012 – 2021 рр. За офіційними даними (матеріали Регіональних доповідей і Екологічних паспортів) постійні спостереження у місті проводяться за вмістом 9 ЗР: пил, діоксид сірки, оксид вуглецю, діоксид азоту, оксид азоту, фенол, фтористий водень, хлористий водень і формальдегід. Слід також відзначити, що у 2012 – 2013 рр. також проводились спостереження за вмістом бенз(а)пірену.

Першим етапом роботи був аналіз часового ходу розподілу концентрації окремих ЗР у м. Чернівці у 2012 – 2021 рр. (рис. 3.2 – 3.11). Зазначимо, що дані спостережень за 2021 р. відсутні у джерелі [2]. Але з урахуванням того, що за попередні 9 років концентрації ЗР майже не зазнавали суттєвих змін, нами було прийнято вважати вміст ЗР в атмосферному повітрі міста на рівні 2020 р.

Вміст пилу (рис. 3.2) не перевищував нормативів якості на протязі всього періоду дослідження. Мінімальні концентрації відзначались у 2012 – 2018 рр. З 2019 р. спостерігалось різке збільшення вмісту з максимумом у 2020 – 2021 рр.

Концентрації діоксиду сірки (рис. 3.3) були незначними. Максимум концентрацій відзначався у 2015 р., мінімум – у 2016 – 2018 рр.

Вміст оксиду вуглецю (рис. 3.4) також не перевищував нормативів за період дослідження. Відзначається чітка тенденція до поступового зменшення концентрацій.

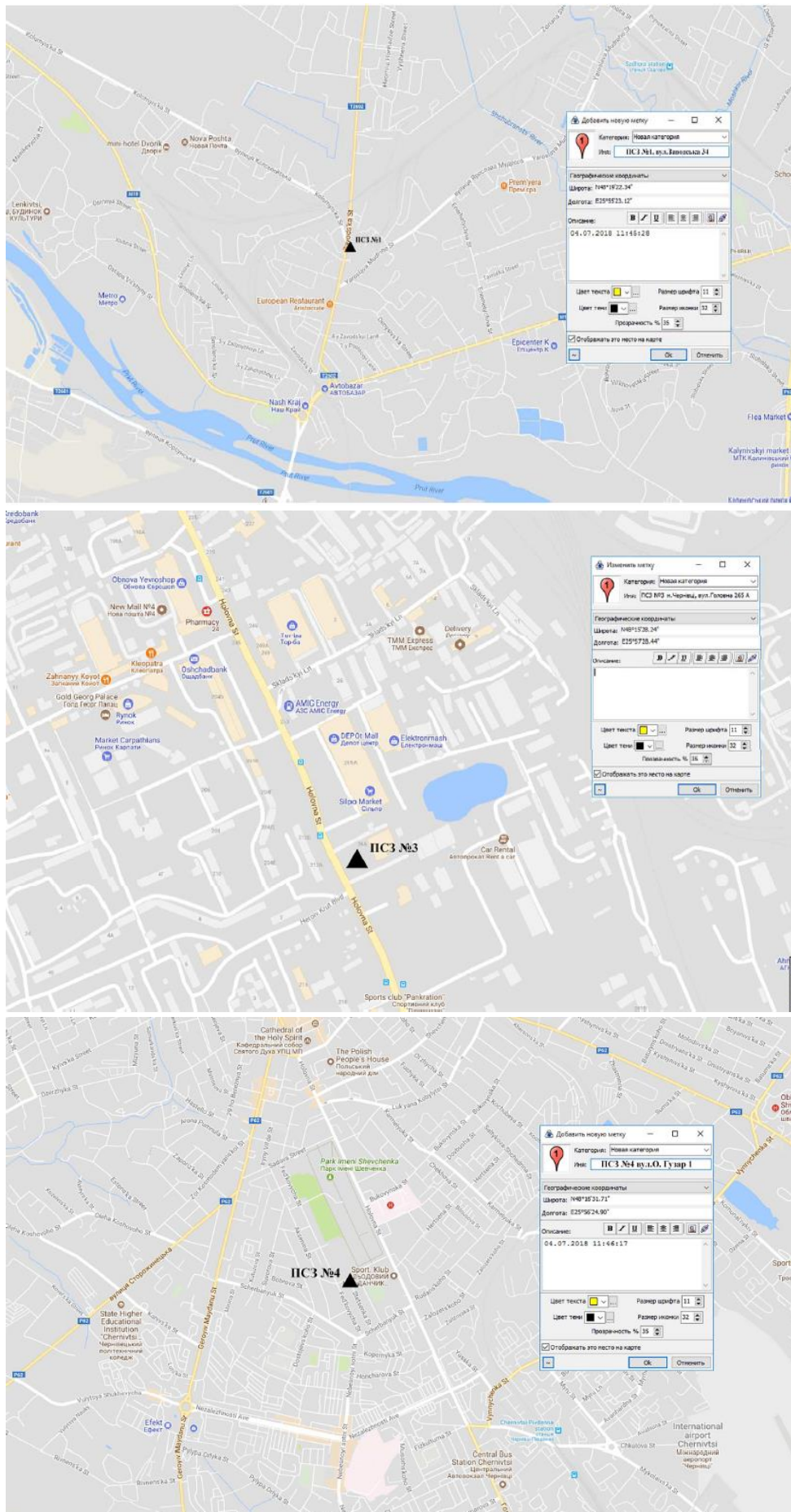


Рисунок 3.1 – Розміщення стаціонарних ПС3 у м. Чернівці [25]



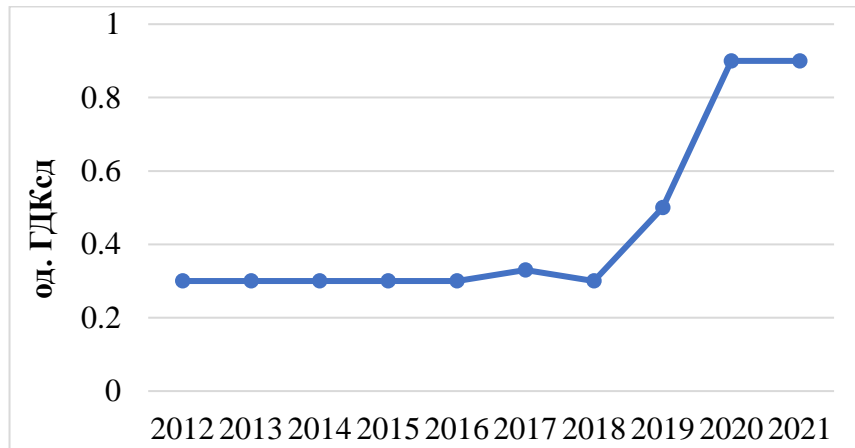


Рисунок 3.2 – Динаміка зміни вмісту пилу в атмосферному повітрі м. Чернівці у 2012 – 2021 рр.

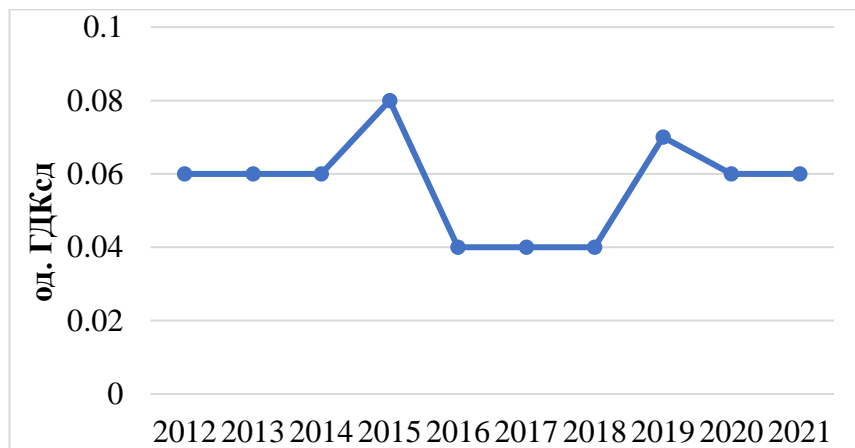


Рисунок 3.3 – Динаміка зміни вмісту діоксиду сірки в атмосферному повітрі м. Чернівці у 2012 – 2021 рр.

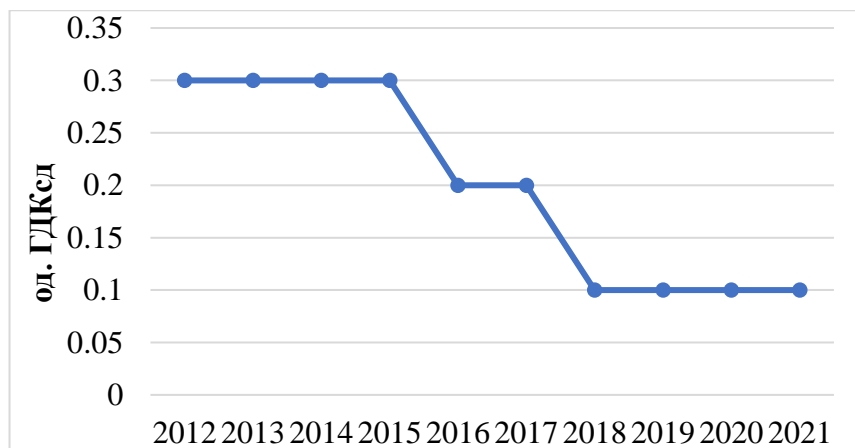


Рисунок 3.4 – Динаміка зміни вмісту оксиду вуглецю в атмосферному повітрі м. Чернівці у 2012 – 2021 рр.

Концентрації діоксиду азоту (рис. 3.5) знаходились в межах нормативів якості повітря. Мінімум відзначено у 2015 р. З 2016 р. відбувалося збільшення вмісту з максимумом у 2018 – 2019 рр.

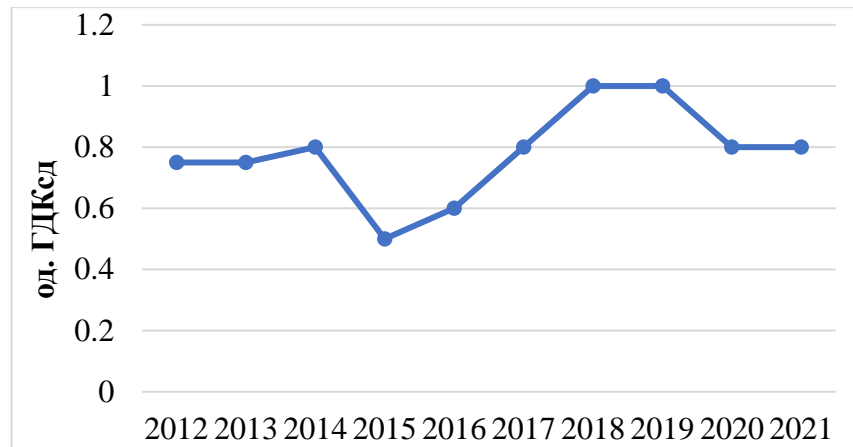


Рисунок 3.5 – Динаміка зміни вмісту діоксиду азоту в атмосферному повітрі м. Чернівці у 2012 – 2021 рр.

Вміст оксиду азоту (рис. 3.6) не мав чітко виражених тенденцій розподілу по роках. Концентрації коливались в межах 0,1 – 0,2 ГДК<sub>сд</sub>.

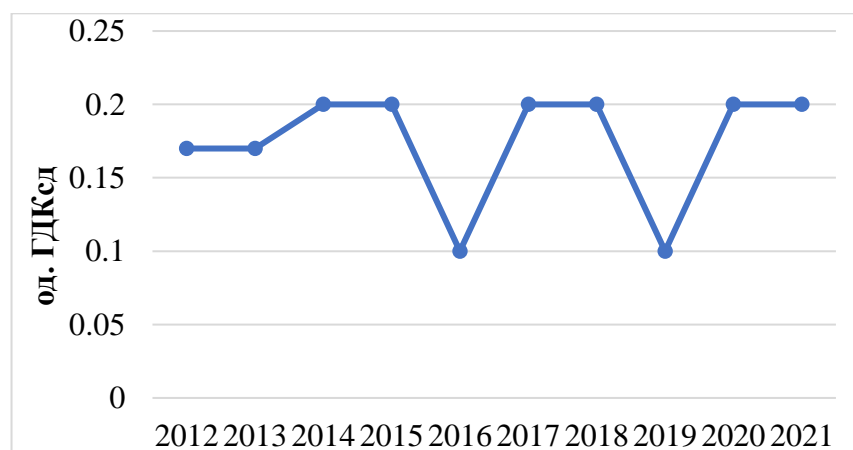


Рисунок 3.6 – Динаміка зміни вмісту оксиду азоту в атмосферному повітрі м. Чернівці у 2012 – 2021 рр.

Майже аналогічно виражений розподіл концентрацій фенолу (рис. 3.7). Виключення складає 2017 р. з аномальним максимумом, який перевищує

середньорічні показники на порядок. На нашу думку, такий характер розподілу можна пояснити помилкою у вихідній інформації. За виключенням 2017 р. слід відзначити деяке збільшення вмісту фенолу в атмосферному повітрі в останні роки.

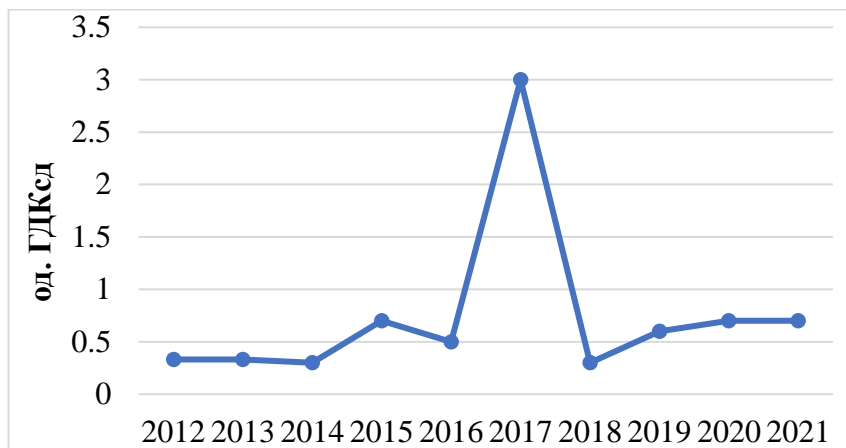


Рисунок 3.7 – Динаміка зміни вмісту фенолу в атмосферному повітрі м. Чернівці у 2012 – 2021 рр.

Розподіл фтористого водню (рис. 3.8) не мав чітко виражених тенденцій по роках. Максимум відзначено у 2016 р. з перевищенням  $ГДК_{сд}$ .

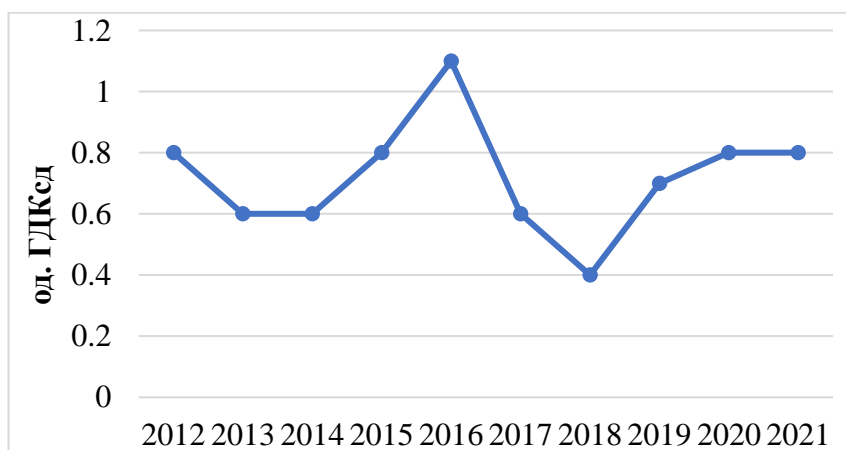


Рисунок 3.8 – Динаміка зміни вмісту фтористого водню в атмосферному повітрі м. Чернівці у 2012 – 2021 рр.

Вміст хлористого водню (рис. 3.9) характеризувався максимумом у 2014 р. У 2015 р. відзначається різке зменшення концентрацій майже в 2 рази, при цьому до 2021 р. включно рівень забруднення не змінювався. Слід відзначити незначене перевищення нормативів у 2013 – 2014 рр.

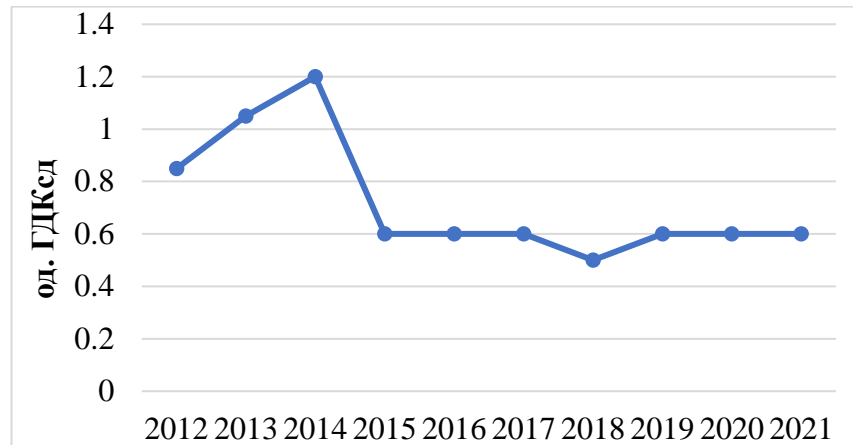


Рисунок 3.9 – Динаміка зміни вмісту хлористого водню в атмосферному повітрі м. Чернівці у 2012 – 2021 рр.

До ЗР, вміст яких майже постійно перевищував нормативи якості, відноситься формальдегід (рис. 3.10). Проте можна відзначити поступове зменшення концентрацій з 2015 р. В окремі роки (2017, 2018, 2020, 2021) вміст формальдегіду був на рівні  $ГДК_{сд}$ .

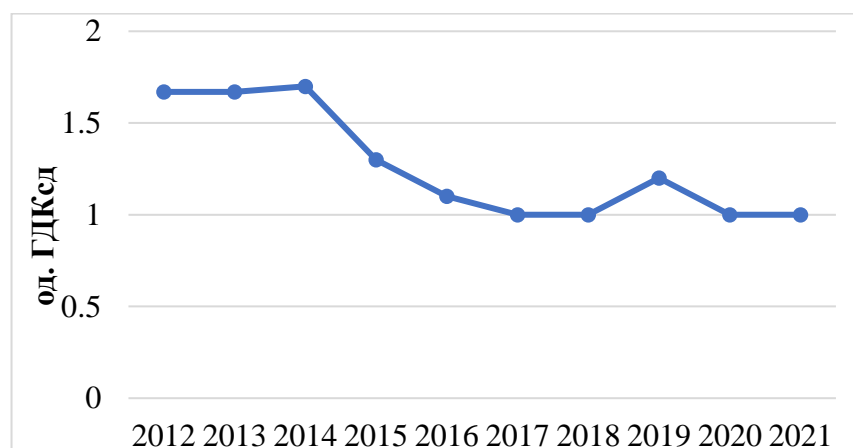


Рисунок 3.10 – Динаміка зміни вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі м. Чернівці у 2012 – 2021 рр.

Вміст бенз(а)пірену, як зазначено вище, визначався лише у 2012 – 2013 рр. (рис. 3.11). Як видно, концентрації були підвищені, у 2013 р. відзначено перевищення  $ГДК_{сд}$ .

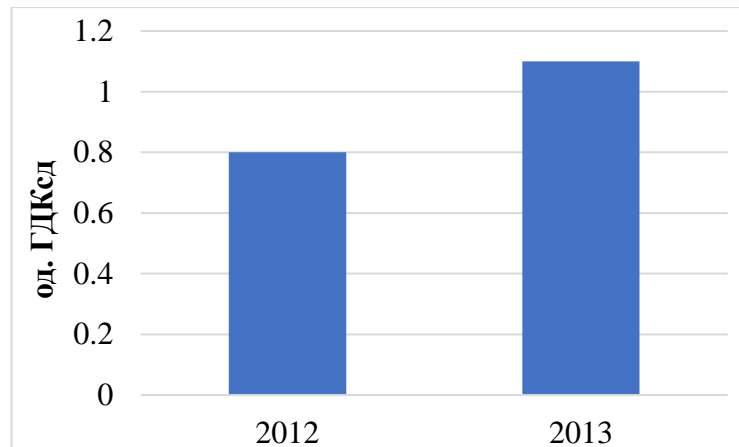


Рисунок 3.11 – Динаміка зміни вмісту бенз(а)пірену в атмосферному повітрі м. Чернівці у 2012 – 2013 рр.

На наступному етапі було розраховано одиничні  $IЗА$ , а також комплексні індекси –  $KІЗА$  та  $I_5$ . Результати розрахунків наведено на рис. 3.12.

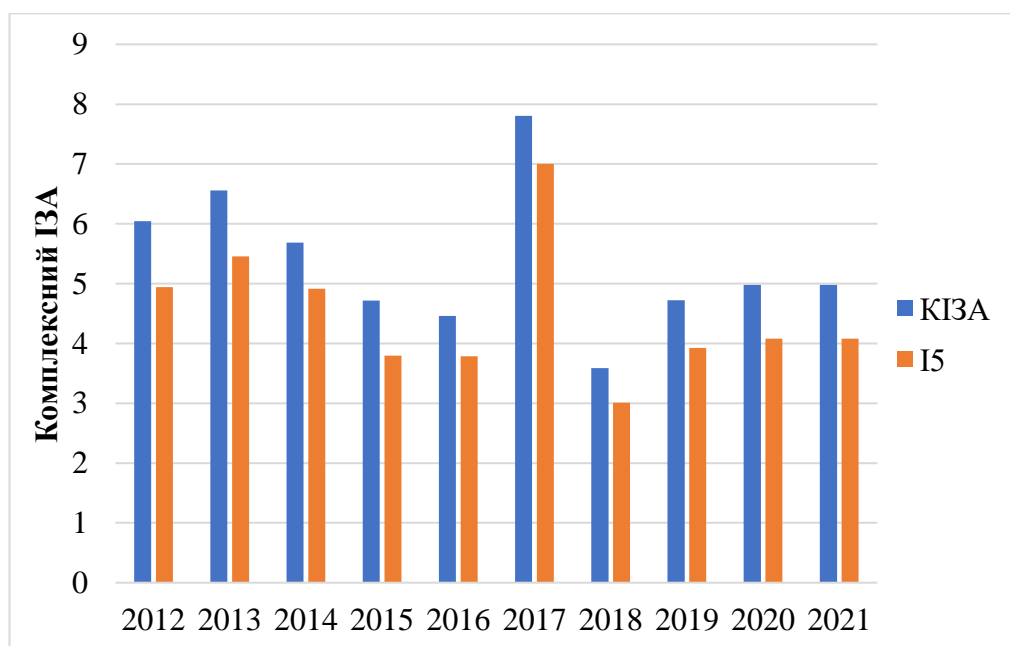


Рисунок 3.12 – Динаміка зміни комплексних  $IЗА$  м. Чернівці у 2012 – 2021 рр.

Як видно, максимум відзначено у 2017 р. за рахунок аномально високих концентрацій фенолу, як зазначалось вище. Мінімальні значення відзначено у 2018 р. Якщо не враховувати 2017 р., то відзначається зменшення рівня забруднення атмосферного повітря за період дослідження. В останні роки показники відповідають показникам рівня 2015 – 2016 рр. Значення  $I_5$  повністю корелює зі значенням  $KI_3A$ , що свідчить про доцільність використання для оцінки стану повітряного басейну окремого регіону саме  $I_5$ .

За значенням  $I_5$  якість повітряного басейну характеризується рівнем «слабко забруднене» за весь період дослідження. При цьому при визначенні  $I_5$  змінювався перелік ЗР, які входили до 5 пріоритетних (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Перелік ЗР, які враховані при розрахунку  $I_5$

Рік	Пил	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Фенол	Фтористий водень	Хлористий водень	Формальдегід	Бенз(а)-пірен
2012			+		+	+	+	+
2013			+		+	+	+	+
2014		+	+		+	+	+	
2015			+	+	+	+	+	
2016			+	+	+	+	+	
2017			+	+	+	+	+	
2018	+		+		+	+	+	
2019			+	+	+	+	+	
2020	+		+	+	+		+	
2021	+		+	+	+		+	

З наведеної таблиці видно, що до «трійки» пріоритетних ЗР входили діоксид азоту, фтористий водень і формальдегід. У більшості років також пріоритетними були фенол і хлористий водень. В окремі роки до цього переліку входили пил (2018, 2020, 2021 рр.), оксид вуглецю (2014 р.) і бенз(а)пірен (2012 – 2013 рр.). Стосовно бенз(а)пірену, враховуючі дані за

2012 – 2013 рр., можна припустити, що дана ЗР за умови неприпинення спостережень мала можливість увійти до «трійки» пріоритетних ЗР.

Було також розраховано індекс небезпеки забруднення  $I_n$  за формулою (2.5). З урахуванням того, що показник  $I_n$  згідно з методикою враховує вміст усіх ЗР, то його було порівняно з  $KIЗА$ . Результати наведено на рис. 3.13. Як видно, значення  $I_n$  змінюється аналогічно показнику  $KIЗА$ . Хоча при розрахунку  $I_n$  не враховується клас небезпеки речовини, проте при загальному порівняльному аналізі якості атмосферного повітря окремих регіонів його можна використовувати як альтернативний показник.

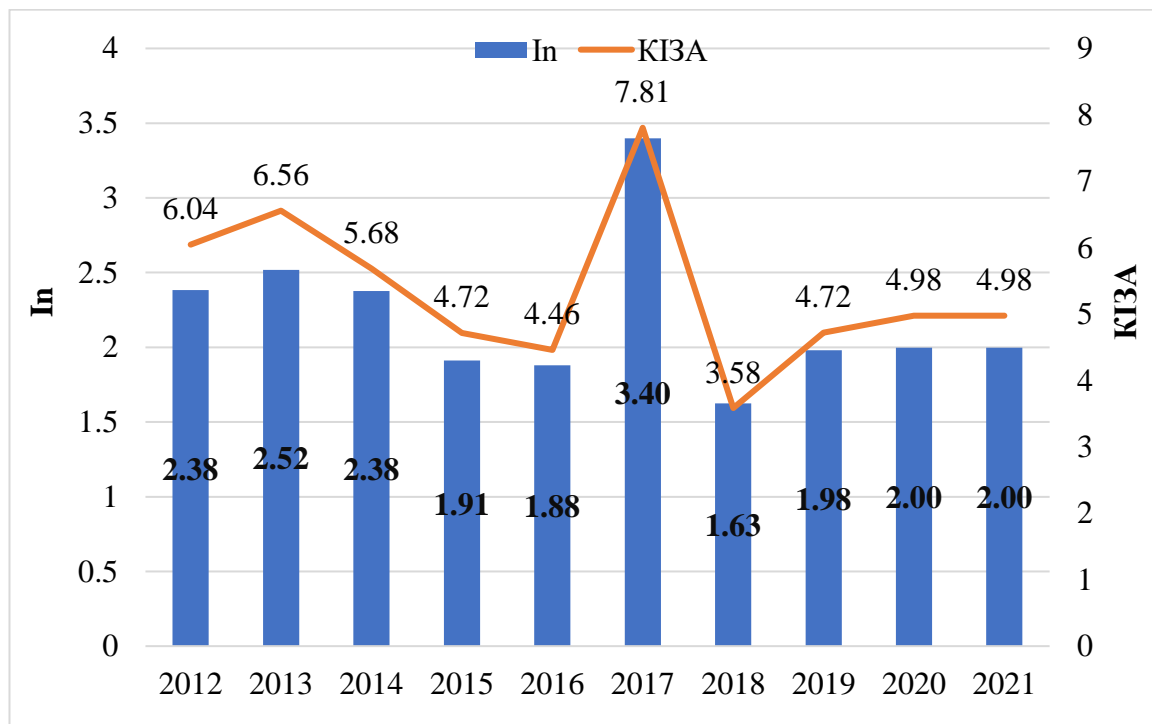


Рисунок 3.13 – Динаміка зміни  $I_n$  та  $KIЗА$  м. Чернівці у 2012 – 2021 рр.

Ще одним альтернативним показником оцінки стану і якості атмосферного повітря є Австралійський індекс якості повітря  $AQI$  (формула 2.6). Як зазначено у розділі 2, при розрахунку  $AQI$  аналізується вміст п'яти ЗР:  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $CO$  і завислі речовини. Оскільки спостереження за вмістом  $O_3$  у м. Чернівці не проводяться, ми використовували одну з пріоритетних ЗР –

формальдегід. За весь період дослідження вміст даної ЗР є максимальним у місті.

Виходячи з розрахункової формули (2.6), динаміка зміни  $I_p$  для окремих ЗР буде аналогічна динаміці, наведеній на рис. 3.2 – 3.5, 3.10. Класифікація категорій якості повітря згідно з наведеною методикою представлено у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Категорії якості повітря за значенням  $AQI$  (Австралія)

Рік	Пил	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Формальдегід
2012	30 (дуже добра)	6 (дуже добра)	30 (дуже добра)	75 (нормальна)	167 (дуже погана)
2013	30 (дуже добра)	6 (дуже добра)	30 (дуже добра)	75 (нормальна)	167 (дуже погана)
2014	30 (дуже добра)	6 (дуже добра)	30 (дуже добра)	80 (нормальна)	170 (дуже погана)
2015	30 (дуже добра)	8 (дуже добра)	30 (дуже добра)	50 (добра)	130 (погана)
2016	30 (дуже добра)	4 (дуже добра)	20 (дуже добра)	60 (добра)	110 (погана)
2017	33 (дуже добра)	4 (дуже добра)	20 (дуже добра)	80 (нормальна)	100 (погана)
2018	30 (дуже добра)	4 (дуже добра)	10 (дуже добра)	100 (погана)	100 (погана)
2019	50 (добра)	7 (дуже добра)	10 (дуже добра)	100 (погана)	120 (погана)
2020	90 (нормальна)	6 (дуже добра)	10 (дуже добра)	80 (нормальна)	100 (погана)
2021	90 (нормальна)	6 (дуже добра)	10 (дуже добра)	80 (нормальна)	100 (погана)



Як видно, за методикою австралійських вчених якість атмосферного повітря у м. Чернівці за вмістом діоксиду сірки і оксиду вуглецю характеризується єдиною категорією «нормальна», за вмістом пилу – від «дуже доброї» до «нормальної», хоча за діючими в Україні нормативами всі значення відповідають нормативам. Вміст діоксиду азоту відповідає в різні роки категоріям від «доброї» до «поганої», а вміст формальдегіду – від «поганої» (переважна) до «дуже поганої». Слід також відзначити, що при значеннях індексу 100 % якість повітря вже характеризується як «погана», хоча це відповідає рівню ГДК.

Також було виконано оцінку стану повітряного басейну регіону за показниками сталого розвитку відповідно до МВСП. Із наведених у табл. 2.3 параметрів для аналізу було використано такі:

- в категорії «Екологічні системи» – середні концентрації діоксиду азоту  $I_{NO_2}$ , діоксиду сірки  $I_{SO_2}$ , пилу  $I_{TSP}$ ;
- в категорії «Екологічне навантаження» – викиди оксидів азоту  $I_{NOx}$ , діоксиду сірки  $I_{SO_2}$ , летких органічних сполук  $I_{VOC}$ , від автомобільного транспорту  $I_{CAR}$ , стаціонарних і пересувних джерел у розрахунку на 1 км<sup>2</sup>  $I_{EKM}$  і на 1 особу  $I_{EPC}$ ;
- в категорії «Регіональне екологічне керування» – обсяг фактичних коштів на природоохоронні заходи  $I_{FND}$ .

Слід зазначити, що вихідна інформація дещо різнилась. Так, наприклад, у 2021 р. відсутня інформація про викиди ЗР. Також фактично через відсутність спостережень за викидами від пересувних джерел з 2016 р. майже всі параметри категорії «Екологічне навантаження» розраховані з урахуванням лише викидів від стаціонарних джерел. Це показники викидів окремих ЗР, а також розрахунок питомих викидів на 1 км<sup>2</sup> та на 1 особу.

Результати оцінки наведено у табл. 3.3. Як видно, в категорії «Екологічні системи» найкращі умови відповідають показникам вмісту пилу в атмосферному повітрі. В категорії «Екологічне навантаження» найгірші умови майже по всіх показниках відзначались у 2012 р. В останні роки значення

Таблиця 3.3 – Оцінка стану повітряного басейну Чернівецької області за показниками сталого розвитку у 2012 – 2021 рр.

Показник	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<i>Категорія політики «Екологічні системи» <math>I_{SYS}</math></i>										
$I_{NO2}$	0,5	0,5	0,6	0	0,2	0,6	1	1	0,6	0,6
$I_{SO2}$	0,5	0,5	0,5	1	0	0	0	0,75	0,5	0,5
$I_{TCP}$	0	0	0	0	0	0,05	0	0,33	1	1
<i>Категорія політики «Екологічне навантаження» <math>I_{STR}</math></i>										
$I_{NOX}$	1	0,98	0,96	0,85	0,004	0,004	0,01	0,004	0	–
$I_{SOT}$	0,88	0,75	0,75	1	0,25	0,25	0,21	0,09	0	–
$I_{VOC}$	1	0,95	0,86	0,79	0	0	0,005	0,01	0,002	–
$I_{CAR}$	1	0,89	0,75	0,49	0,4	0,26	0,15	0	–	–
$I_{EKM}$	1	0,94	0,9	0,82	0,04	0,04	0,02	0,02	0	0
$I_{EPC}$	1	0,95	0,89	0,82	0,03	0,04	0,02	0,02	0,002	0
<i>Категорія політики «Регіональне екологічне керування» <math>I_{REG}</math></i>										
$I_{FND}$	0,12	0,77	0,81	0,62	0,79	1	–	0	–	0,7

параметрів наближені до мінімальних, але, як зазначено вище, це пов'язано з відсутністю даних про викиди ЗР від пересувних джерел. Категорія «Регіональне екологічне керування», а саме показник фінансування природоохоронних заходів, свідчить про погіршення стану за період дослідження.

Було розраховано середні значення індексів для двох категорій екологічної політики:  $I_{SYS}$  категорії «Екологічні системи» та  $I_{STR}$  категорії «Екологічне навантаження». Результати наведено на рис. 3.14 – 3.15.

З рис. 3.14 видно, що в категорії «Екологічні системи» відзначається суттєве погіршення умов сталого розвитку за період дослідження. Найкращі умови відзначались у 2016 р.

Для категорії «Екологічне навантаження» (рис. 3.15) відзначається суттєве покращення стану повітряного басейну з позицій сталого розвитку.

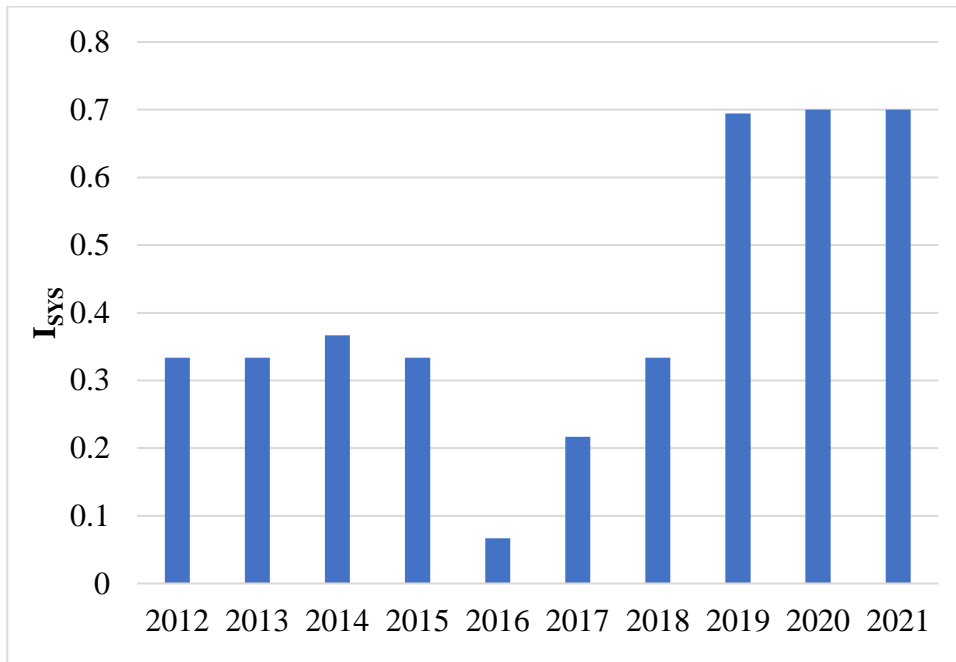


Рисунок 3.14 – Значення індексу  $I_{SYS}$  категорії «Екологічні системи» для Чернівецької області у 2012 – 2021 рр.

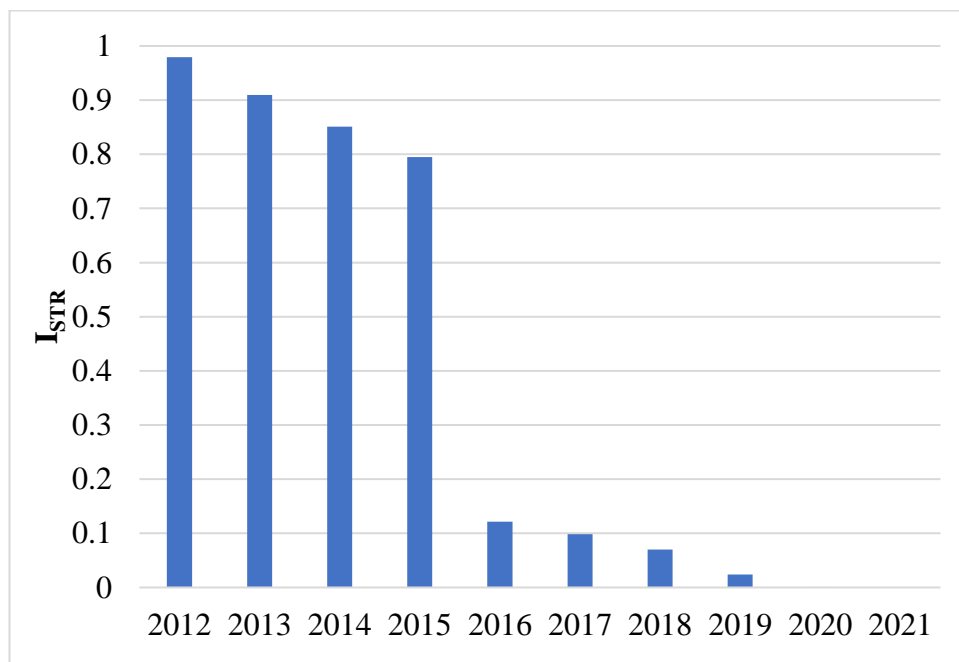


Рисунок 3.15 – Значення індексу  $I_{STR}$  категорії «Екологічне навантаження» для Чернівецької області у 2012 – 2021 рр.

Проте, за умов наявності даних про викиди ЗР від пересувних джерел передбачувані результати були б дещо гірше.

Також було розраховано загальний індекс екологічного виміру  $I_e$  стосовно умов сталого розвитку повітряного басейну регіону (рис. 3.16). Як видно, в цілому стан повітряного басейну зазнавав позитивних змін до 2018 р. З 2019 р. відзначено погіршення показників, в тому числі за рахунок зменшення фінансування на природоохоронні заходи.

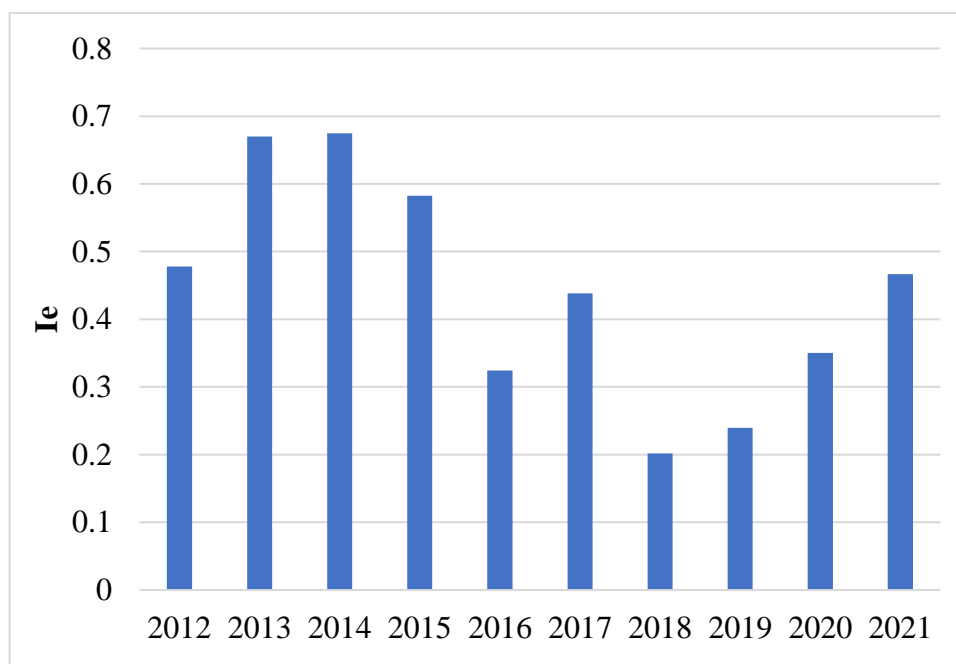


Рисунок 3.15 – Значення індексу екологічного виміру  $I_e$  для Чернівецької області у 2012 – 2021 рр.

## ВИСНОВКИ

У виконаній кваліфікаційній роботі бакалавра було виконано аналіз методичних підходів щодо оцінки стану атмосферного повітря на прикладі м. Чернівці. Оцінка виконувалась на основі відомостей щодо рівня забруднення атмосферного повітря м. Чернівці, а також джерел антропогенного впливу та обсягів викидів забруднюючих речовин у повітряний басейн області в цілому за 2012 – 2021 рр.

Проведені розрахунки і виконаний аналіз дозволяють зробити такі висновки по роботі:

1. Місто Чернівці входить до переліку територій з низьким рівнем забруднення атмосфери. В останні роки відзначалось зменшення викидів ЗР від стаціонарних джерел. Основним джерелом забруднення атмосферного повітря в регіоні є викиди від пересувних джерел, переважно автотранспорту.
2. За період дослідження обсяги викидів від стаціонарних джерел зменшились незначно, а від пересувних джерел – більше ніж у 2 рази, що є наслідком введення об'їзної дороги для м. Чернівці.
3. За видами економічної діяльності переважні обсяги викидів здійснюють підприємства переробної промисловості, сільського, лісового і рибного господарства, а також у сфері державного управління й оборони, обов'язкового соціального страхування.
4. Аналіз обсягів викидів окремих ЗР від стаціонарних джерел показав, що найбільші значення були характерні для викидів *CO*.
5. У м. Чернівці спостереження за забрудненням атмосфери проводяться на 3 стаціонарних ПСЗ. Постійні спостереження у місті на даний час проводяться за вмістом 9 ЗР. У 2012 – 2013 рр. також проводились спостереження за вмістом бенз(а)пірену.

6. Аналіз часового ходу розподілу концентрації окремих ЗР показав, що вміст пилу не перевищував нормативів якості на протязі всього періоду дослідження. Мінімальні концентрації відзначались у 2012 – 2018 рр. Концентрації діоксиду сірки були незначними з максимумом у 2015 р. і мінімумом – у 2016 – 2018 рр. Вміст оксиду вуглецю не перевищував нормативів. Відзначається чітка тенденція до поступового зменшення концентрацій. Концентрації діоксиду азоту також знаходились в межах нормативів якості повітря. Мінімум відзначено у 2015 р. З 2016 р. відбувалося збільшення вмісту з максимумом у 2018 – 2019 рр. Вміст оксиду азоту не мав чітко виражених тенденцій розподілу по роках і знаходився в межах 0,1 – 0,2  $ГДК_{сд}$ . Майже аналогічно виражений розподіл концентрацій фенолу. Виключення складає 2017 р. з аномальним максимумом. Такий характер розподілу може бути обумовлений помилкою у вихідній інформації. Розподіл фтористого водню не мав чітко виражених тенденцій по роках. Максимум відзначено у 2016 р. з перевищенням  $ГДК_{сд}$ . Вміст хлористого водню характеризувався максимумом у 2014 р. з подальшим різким зменшенням концентрацій майже в 2 рази. Концентрації формальдегіду постійно перевищували нормативи якості. Відзначено поступове зменшення концентрацій з 2015 р. Вміст бенз(а)пірену у 2012 – 2013 рр. був підвищеним.
7. Результати розрахунку  $KIЗА$  та  $I_5$  показали, що максимум відзначено у 2017 р. за рахунок аномально високих концентрацій фенолу, мінімум – у 2018 р. В цілому відзначається зменшення рівня забруднення атмосферного повітря за період дослідження. Значення  $I_5$  повністю корелює зі значенням  $KIЗА$ , що свідчить про доцільність використання для оцінки стану повітряного басейну окремого регіону саме  $I_5$ .
8. За значенням  $I_5$  якість повітряного басейну характеризується рівнем «слабко забруднене» за весь період дослідження. При цьому при його розрахунку змінювався перелік ЗР, які входили до 5 пріоритетних. До

- «трійки» пріоритетних ЗР входили діоксид азоту, фтористий водень і формальдегід. У більшості років також пріоритетними були фенол і хлористий водень. У 2012 – 2013 рр. до цього переліку входив і бенз(а)пірен.
9. Розраховано індекс небезпеки забруднення  $I_n$ , який було порівняно з  $KІЗА$ . Аналіз показав, що значення  $I_n$  змінюється аналогічно показнику  $KІЗА$ . При розрахунку  $I_n$  не враховується клас небезпеки речовини, проте при загальному порівняльному аналізі якості атмосферного повітря окремих регіонів його можна використовувати як альтернативний показник.
  10. Альтернативним показником оцінки стану і якості атмосферного повітря також є Австралійський індекс якості повітря  $AQI$ , який враховує вміст п'яти ЗР ( $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $CO$  і завислі речовини). Через відсутність спостережень за вмістом  $O_3$  було використано інформацію про вміст формальдегіду. Динаміка зміни  $I_p$  для окремих ЗР аналогічна часовому ходу концентрацій окремих ЗР. Згідно з методикою, якість атмосферного повітря за вмістом діоксиду сірки і оксиду вуглецю характеризується категорією «нормальна», за вмістом пилу – від «дуже доброї» до «нормальної», хоча за діючими в Україні нормативами всі значення відповідають нормативам. Вміст діоксиду азоту відповідає категоріям від «доброї» до «поганої», вміст формальдегіду – від «поганої» (переважна) до «дуже поганої». При значеннях індексу 100 % якість повітря вже характеризується як «погана», хоча це відповідає рівню  $ГДК$ .
  11. Виконано оцінку стану повітряного басейну регіону за показниками сталого розвитку відповідно до МВСП. У категорії «Екологічні системи» найкращі умови відповідають показникам вмісту пилу в атмосферному повітрі. В категорії «Екологічне навантаження» найгірші умови майже по всіх показниках відзначались у 2012 р. В останні роки значення параметрів наближені до мінімальних, що пов'язано з відсутністю даних

про викиди ЗР від пересувних джерел. Категорія «Регіональне екологічне керування» (показник фінансування природоохоронних заходів) свідчить про погіршення стану за період дослідження.

12. За середніми значеннями індексів для двох категорій екологічної політики отримано, що в категорії «Екологічні системи» відзначається суттєве погіршення умов сталого розвитку за період дослідження. Найкращі умови відзначались у 2016 р. Для категорії «Екологічне навантаження» відзначається суттєве покращення стану повітряного басейну з позицій сталого розвитку. За умов наявності даних про викиди ЗР від пересувних джерел передбачувані результати були б дещо гірше.

13. Розрахунок загального індексу екологічного виміру  $I_e$  стосовно умов сталого розвитку повітряного басейну регіону показав, що в цілому стан повітряного басейну зазнавав позитивних змін до 2018 р. З 2019 р. відзначено погіршення показників, в тому числі за рахунок зменшення фінансування на природоохоронні заходи.

В цілому, стан повітряного басейну м. Чернівці за десятирічний період суттєво покращився. Виконати оцінку на даний час не є можливим через відсутність офіційної інформації у зв'язку з військовими діями на території України. Розглянуті методичні підходи можна використовувати як для оцінки стану в окремому регіоні, так і для порівняльного аналізу.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Паспорт області. Географічне розташування. URL: <https://oblrada.cv.ua/passport/9/> (дата звернення: 18.03.2023).
2. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернівецькій області у 2021 році. Чернівці, 2022. 164 с.
3. Паспорт області. Природа. URL: <https://oblrada.cv.ua/passport/4/> (дата звернення: 18.03.2023).
4. Стратегія розвитку Чернівецької області на період до 2027 року. URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2020/05/strategiya-regionalnogo-rozvytku-cherniveczkoyi-oblasti-na-period-do-2027-roku.pdf> (дата звернення: 20.03.2023).
5. Бабов К.Д., Безверхнюк Т.М., Бойко О.С., Кисилевська А.Ю., Цуркан О.І. Чернівецька область: природні лікувальні ресурси та рекреаційний потенціал розвитку. Монографія. Одеса: ДУ «УкрНДІ МР та К МОЗ України», 2022. 106 с.
6. Потенціал регіонів. Чернівецька область. URL: <http://www.rada.com.ua/ukr/RegionsPotential/Chernivtsi/> (дата звернення: 20.03.2023).
7. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернівецькій області у 2016 році. Чернівці, 2017. 213 с.
8. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернівецькій області у 2013 році. Чернівці, 2014. 191 с.
9. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернівецькій області у 2019 році. Чернівці, 2020. 204 с.
10. Екологічний паспорт. Чернівецька область. 2019 рік. Чернівці, 2020. 119 с.
11. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернівецькій області у 2012 році. Чернівці, 2013. 182 с.

12. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернівецькій області у 2014 році. Чернівці, 2015. 203 с.
13. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернівецькій області у 2015 році. Чернівці, 2016. 208 с.
14. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернівецькій області у 2017 році. Чернівці, 2018. 203 с.
15. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернівецькій області у 2020 році. Чернівці, 2021. 202 с.
16. Сафранов Т.А., Адаменко Я.О., Приходько В.Ю., Шаніна Т.П., Чугай А.В., Колісник А.В. Системний аналіз якості навколишнього середовища. Підручник. Одеса: Екологія, 2015. 244 с.
17. Чугай А.В., Сафранов Т.А. Методи оцінки техногенного впливу на довкілля. Навчальний посібник. Одеса: Букаєв Вадим Вікторович, 2021. 118 с.
18. About the Air Quality Health Index. Електронний ресурс: URL: [https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/air-quality-health-index/about.html#What\\_is\\_AQHI](https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/air-quality-health-index/about.html#What_is_AQHI) (дата звернення: 21.03.2020).
19. Кольцов М., Шевченко Л. Моніторинг якості атмосферного повітря: український та міжнародний досвід. Аналітична записка. Київ: ГО «Фундація «Відкрите Суспільство», 2018. 13 с.
20. Електронний ресурс: URL: <https://www.saveecobot.com/maps/cities> (дата звернення: 24.10.2021).
21. Електронний ресурс: URL: <https://eco-city.org.ua/> (дата звернення: 24.10.2021).
22. Електронний ресурс. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/7222019-29825> (дата звернення: 25.07.2020).
23. Про затвердження Концепції сталого екологічного розвитку міста Чернівці. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/view/hv020266?an=396> (дата звернення: 7.05.2023).

24. Сталий розвиток регіонів України. Електронний ресурс. URL: [http://nung.edu.ua/files/attachments/stalyu\\_rozvytok\\_regioniv\\_ukrayiny.pdf](http://nung.edu.ua/files/attachments/stalyu_rozvytok_regioniv_ukrayiny.pdf) (дата звернення: 07.06.2020).
25. Програма державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря. Чернівецька (зона/агломерація). Чернівці, 2022.

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ  
КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА**

1. Сотніченко О.В., Братов К.О. Якість повітряного басейну м. Чернівці. *Матеріали XXII наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ*. Одеса: ОДЕКУ, 2023 (у друку).