

Міністерство освіти та науки України
Рівненський державний гуманітарний університет
Психолого-природничий факультет
Кафедра екології, географії та туризму

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Д.В. Лико
" 12 " червня 2022 року

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи бакалавра

зі спеціальності 101 «Екологія»
(код і назва)

на тему: **Дослідження хімічного складу атмосферного повітря м. Рівне**

Виконав (-ла): студент (-ка) III курсу, групи Е-32 (ек.т)

Матвійчук Анастасія Сергіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

М. М. М.
(підпис)

Керівник: кандидат хімічних наук, доцент, професор кафедри екології, географії та туризму РДГУ Мартинюк Галина Валентинівна.

Г. В. М.
(підпис)

Рецензент: кандидат с/г наук, зав. відділення, викладач ВСП «Фаховий технічний коледж НУВГП» Гакало Оксана Ігорівна

О. І. Г.
(підпис)

Засвідчую, що кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилення на відповідне джерело

Студент

М. М. М.
(підпис)

Оцінка за результатами захисту:

Національна шкала 100/100

Кількість балів: 92

Оцінка: ЄКТС A

Рівне – 2023 року

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ОЦІНКА СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ.....	5
1.1. Загальна характеристика основних забруднюючих речовин атмосферного повітря.....	5
1.2. Вплив забруднення атмосфери на стан здоров'я населення.....	8
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	11
2.1. Нормативи якості природного середовища.....	12
2.1. Характеристика об'єктів досліджень.....	13
2.1.1. Сульфур (IV) оксид (сірчистий газ).....	15
2.1.2. Сполуки Нітрогену.....	16
2.1.3. Сполуки карбону (II, IV).....	17
2.1.4 Сполуки фтору, хлору, фреони.....	20
РОЗДІЛ 3 ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ТОКСИЧНИХ ГАЗІВ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ м. РІВНЕ.....	22
3.1. Організація моніторингу атмосферного повітря в місті Рівне.....	22
3.2. Визначення вмісту чадного газу в атмосферному повітря м. Рівне	25
3.2.1.Визначення вмісту шкідливих газів за допомогою універсальних газоаналізаторів	26
3.2.2. Моніторинг сполук карбону карбону(II) в атмосферному повітрі.....	29
3.3. Дослідження стану атмосферного повітря в м. Рівне протягом 2020-2023 років.....	32
ВИСНОВКИ.....	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	37

ВСТУП

Актуальність дослідження. Якість атмосферного повітря – один з найважливіших екологічних чинників, від якого залежать колообіги хімічних елементів, життєдіяльність живих організмів.

Атмосферне повітря забруднюється суспензійними дрібними частинками, токсичними газами, рідкими речовинами, які несуть не тільки екологічну небезпеку природному середовищу, але й впливають на здоров'я людини. Особливо гостро постало питання забруднення атмосферного повітря в результаті постійних ракетних обстрілів, які чинить Росія. За даними Міністерства оборони, за 20 днів військового вторгнення Росії на територію України було запущено близько 900 ракет різного калібру та типу.

Воєнні дії несуть небезпеку життю та здоров'ю громадян та природі України. Відбувається комплексний вплив на всі складники природи – повітря, воду, ґрунти, рослини, клімат та рельєф територій, що призводить до, потужного фізичного впливу й безпосереднього знищення окремих об'єктів, а також хімічного забруднення довкілля [1].

Велику частку в забрудненні атмосфери в «тилових» районах становить велика кількість автомобілів [2].

Це позначається на якості повітря, а особливо в густонаселених мегаполісах, де скупчення автомобілів набагато вище за приміські зони. Погіршення стану навколишнього середовища, зростання багатьох інших захворювань, зниження імунітету населення, – це далеко не повний список наслідків діяльності двигунів внутрішнього згоряння великої кількості автомобілів [3].

Проблема забруднення атмосферного повітря в результаті дії вихлопних газів автомобілів різного типу доволі відчутна в такому місті, як Рівне. Місто Рівне в 2018 році увійшло у перелік міст України з найбільш забрудненим повітрям.

Тому метою даної роботи було:

- проаналізувати стан атмосферного повітря та визначити вміст найбільш отруйних газів та твердих речовин, які виділяються в повітря в м. Рівне за 2020–2023 роки.
- провести моніторинг сполук карбону(II), які виділяються в атмосферне повітря.

Основні етапи роботи:

- провести аналітичні дослідження щодо впливу різних газів на стан атмосферного повітря м. Рівне;
- дослідити основні нормативні вимоги, які висуваються до якості атмосферного повітря;
- провести моніторинг найбільш токсичних речовин, які забруднюють атмосферне повітря;
- ознайомитися з основними лабораторними методами визначення вмісту токсичних речовин в повітрі.

Об’єкт дослідження: атмосферне повітря в різних районах м. Рівне.

Предмет дослідження: вміст отруйних речовин (чадний, вуглекислий газ, аміак, сірководень, фтороводень), які виділяються в повітря в результаті дії автомобільних двигунів.

Методи дослідження: опрацювання літературних джерел, ознайомлення з роботою газоаналізаторів різних типів щодо визначення сполук карбону, аміаку, сульфуру, математичні розрахунки, статистична обробка результатів експериментальних визначень.

Практичне значення отриманих результатів. Проведено моніторинг атмосферного повітря в місті Рівне за 2020–2023 роки. З використанням газового аналізатора GM-8805 було визначено вміст карбон(II) оксиду в атмосферному повітрі на перехресті вулиць Київська – Д. Галицького в м. Рівне. Складено карти - схеми забруднення вулиць в місті Рівне.

Структура і обсяг роботи. Науково - дослідницька (бакалаврська) робота викладена на 40 сторінках машинопису, включає, 9 таблиць, 15 рисунки; складається з вступу, літературного огляду, розділу щодо характеристики об’єктів та методів дослідження, розділу експериментальної частини, висновків та списку використаних джерел із 35 найменувань.

РОЗДІЛ 1. ОЦІНКА СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Питання екологічного стану населених пунктів давно знаходиться у центрі уваги та обговорення науковців, громадськості, фахівців санітарної та екологічної інспекції, екологів, представників ЗМІ. Це зумовлено тим, що техногенне навантаження все більше впливає на стан довкілля міст та турбує мешканців з метою збереження їх здоров'я, та можливості виживання в складних еколого-економічних умовах сучасності [4–6].

1.1. Загальна характеристика основних забруднюючих речовин атмосферного повітря

Сьогодні в складних екологічних та економічних умовах, відбувається спад промислового виробництва, що викликаний повномасштабною війною в Україні, рівень забруднення атмосферного повітря є дуже високим.

У тилкових районах, де активно працюють підприємства переробної легкої, харчової промисловості, теплоенергетики, а також різні види транспорту, відбувається постійне забруднення об'єктів довкілля. Позаяк, в переважній більшості стан навколишнього середовища не відповідає гігієнічним нормам, а третя частина населення України зазнає негативного впливу від забруднень повітря, води, ґрунту [7].

Варто зазначити, що, забруднення атмосферного повітря неоднакове по регіонах. Так, в індустріально розвинених районах воно більш забруднене порівняно з «сільськими» райони. Згідно [8] щороку у світі спалюють понад 10 млрд. т. бурого та кам'яного вугілля, нафти та природного газу, переробляють близько 2 млрд. т рудних і нерудних корисних копалин. Спалювання вугілля призводить до нагромадження в повітрі близько 120 млн. т. попелу, 90 млн т. твердих залишків, 300 млн. т пилу. Також в повітрі нагромаджується велика кількість важких металів, а саме: нікелю, свинцю, міді, ртуті [7].

Промисловість світу щороку викидає в атмосферу більше 19 млрд т забруднюючих речовин, а саме: більше 15 млрд т вуглекислого газу, 200 млн т чадного газу, понад 500 млн т вуглеводнів, 120 млн т золи та попелу. Загальний обсяг викидів становить. В таблиці 1.1. наведено основні хімічні забруднювачі атмосфери та їх кількість [9]

Таблиця 1.1

Основні забруднюючі речовини атмосферного повітря [9]

Газ	Формула	(%) об. домішок у повітрі
Карбон(II) оксид	CO	від 0 до слідів
Сульфур(IV) оксид	SO ₂	від 0 до 10 ⁻⁴
Нітроген(IV) оксид	NO ₂	5·10 ⁻⁵
Нітроген(III) оксид	N ₂ O ₃	від 0 до 2·10 ⁻⁶
Радон	Rn	6·10 ⁻¹⁸
Йод	I ₂	від 0 до 10 ⁻⁶

Велика частка в забрудненні атмосфери належить, шкідливим речовинам, які виділяються при спалюванні неякісного палива автомобільними двигунами. Підраховано [10, 11], що сьогодні у світі експлуатується біля 1 млрд. автомобілів, викиди шкідливих залишків яких при спалюванні пального в двигунах в атмосферу великих промислових міст становить 48,8 %. З'ясовано: щороку один автомобіль «викидає» в повітря біля 700 м³ чадного газу (CO), 560 м³ оксидів нітрогену (NO, NO₂), 230 кг неокиснених вуглеводнів (сажі), 2–5 кг твердих речовин (попелу).

Встановлено, що у вихлопних газах двигунів автомобілів містяться оксиди нітрогену складу N_xO_y (NO, NO₂), карбону (CO, CO₂), аміак (NH₃), сажа, різноманітні органічні речовини, а також велика кількість важких металів. Серед відомих численних сполук (табл.1.2), які виділяються при спалюванні пального у автомобільних двигунах, лише 5 – нетоксичні.

Таблиця 1.2

Хімічний склад продуктів згоряння автомобільного палива [11]

Хімічні сполуки	Вміст компонента, %, мас.	
	Карбюраторні ДВЗ	Дизельні ДВЗ
N ₂ (азот)	74–77	76–78
O ₂ (кисень)	0,3–8	2–18,1
H ₂ O (пара)	3,0–5,5	0,5–4,0
CO ₂	5,0–12,0	1,0–10,0
H ₂ (водень)	0–5,0	–
CO	0,5–12,0	0,01–0,50
N _x O _y	До 0,8	0,0002–0,5
C _n H _m	0,2–3,0	0,009–0,5
Альдегіди C _n H _{2n+1} COH	До 0,2 мг/л	0,001–0,09 мг/л
Сажа	0–0,04 г/м ³	0,01–1,1 г/м ³
Бензапірен	10–20 мкг/м ³	до 10 мкг/м ³

Особливо небезпечним є використання етильованого бензину, як автомобільне паливо. Автотранспорт, який використовує етильований бензин вважають основним джерелом надходження свинцю в повітря. При згорянні 1 кг такого бензину в атмосферу надходить близько 1 г свинцю (ГДК (Pb)= $7 \cdot 10^{-4}$ мг/м³). За підрахунками [15] 7 г свинцю може отруїти близько 1400 тис людей.

Також на стан атмосферного повітря негативний ефект чинять оксиди карбону (II, IV), а саме: чадний газ (CO) та вуглекислий газ (CO₂). Дуже токсичними забруднювачами атмосферного повітря вважають вуглекислий (CO)₂ та чадний (CO) газ. Згідно [11, 12], один легковий автомобіль, долаючи, 1 км, шляху викидає в повітря 0,28 кг вуглекислого газу (CO₂), 016 кг чадного газу (CO).

Ще одним показником високого надходження токсичних сполук в повітря при використанні автотранспорту є їх низькі техніко-експлуатаційні показники, а також незадовільна якість автомобільного палива. При неповному спалюванні неякісного палива в повітря потрапляє велика кількість дуже токсичних недоокиснених сполук Карбону, Сульфур,

Нітрогену. Викиди цих речовин не перехрестях і біля світлофорів у декілька разів більші, порівняно з рухом на магістралях.

Встановлено, що при русі у великих містах, для яких характерним є низька швидкість пересування при частому гальмуванні зростає кількість шкідливих викидів автомобілів приблизно у 4–5 разів, порівняно з рухом на великій швидкості. У зв'язку з цим забруднення повітря в містах дуже залежить від числа перехресть, ширини вулиць, наявності підземних переходів. Цікавим фактом, є те, що у німецьких нормах про охорону атмосферного повітря обумовлено безперервний контроль у містах за рівнем викидів газів у повітря. В деяких містах до звичного кольору світлофорів додався новий – синій, який фіксує вміст токсичних газів на даному перехресті. Тому, водії повинні вимкнути двигун на перехресті, коли рівень вмісту токсичних газів перевищує норми ГДК. Такий світлофор обладнаний газоаналізатором, який здійснює моніторинг повітря на даному перехресті [16].

Викиди шкідливих речовин у відпрацьованих газах автотранспорту регламентуються стандартами; вміст свинцю та оксидів сульфуру обмежується стандартами на пальне. Останнім часом із метою зменшення негативного впливу автотранспорту на довкілля та здоров'я людей вживають заходи, серед яких і заборона використання домішок тетрастилпльомбуму (тетрастилсвинцю) в пальне, перехід на природний газ [13].

1.2. Вплив забруднення атмосфери на стан здоров'я населення

Науково підтверджено прямий зв'язок між забруднення атмосферного повітря та станом здоров'я населення.

Автотранспорт, чисельність якого на вулицях міст і сіл України невпинно зростає, негативно впливає на самопочуття та здоров'я їх мешканців. В цьому суттєву роль відіграють відпрацьовані гази. До основних токсичних викидів автомобілів відносять: відпрацьовані гази (ВГ): сульфур

(IV, VI), нітроген (II, (IV) оксиди, картерні гази і паливні випаровування. При неповному згорянні палива в газоподібних викидах можуть утворюватися насичені (CH_4) та ненасичені (C_2H_4), оксиди карбону (CO та CO_2), поліциклічні ароматичні вуглеводні, бензапірен ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}$), а також ванадій (V) оксид, які є дуже небезпечні. Сполуки SO_2 і SO_3 є головними компонентами забруднення природного середовища при спалюванні палива [13].

Шкідливі речовини, під час експлуатації автотранспорту, потрапляють у повітря з вихлопними газами, випарами з паливних систем, а також під час заправки автомобіля паливом. Місто Рівне увійшло у перелік 15 міст України (2018р) з найбільш забрудненим повітрям [17].

за інформацією Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) забруднення навколишнього середовища зумовлює зростання захворюваності та смертності людей у світі. Встановлено, що 80% захворювань людей залежать від стану атмосферного повітря. (Джерело: mk.dsp.gov.ua). Рівень смертності в світі від захворювань органів дихання становить 14 % від загальної кількості смертей. Близько 90 % дітей у світі проживають у містах, де повітря забруднене різними шкідливими речовинами [7].

Виявлено, що поряд зі збільшенням концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі спостерігалось зростання рівнів захворюваності населення. Серед яких домінують захворювання органів дихання, систем кровообігу, хвороби алергічного походження. Виявлено сильну кореляцію між ступенем забруднення повітря пилом і загальним рівнем захворюваності дорослого населення на захворювання – бронхіальна астма, $r = 0,88$, алергічний риніт $r = 0,72$, хвороби системи кровообігу $r = 0,91$, серцево-судинні захворювання ($r = 0,89$) [7, 18].

Викиди автотранспорту, що містять вуглеводні, сполуки нітрогену, сульфору, карбону, сажу, а особливо токсичний бензапірен, призводить до появи смогів, кислотних дощів, зумовлюють зростання респіраторних

захворювань серед населення. Викиди токсичних речовин у відпрацьованих газах автотранспорту регламентуються відповідними стандартами (ДЕСТами). Вміст свинцю (Pb) та сульфур оксидів (SO_2 , SO_3) обмежується стандартами на паливо. Останнім часом із метою моніторингу токсичного впливу автотранспорту на довкілля вживають заборону використання домішок свинцю тетраетил в склад в пального, перехід на природний газ [13, 19].

Забруднення атмосферного повітря та накопичення в ньому шкідливих речовин, особливо високий вміст SO_2 , NO_2 , O_3 призводить до порушення функції легень, а саме онкологічних захворювань. В таблиці 1.3. наведені результати впливу токсичних сполук, при роботі двигунів внутрішнього згорання.

Таблиця 1.3

Системи органів людського організму, що зазнають впливу шкідливих хімічних сполук [18–21].

Органи та системи органів	Сполуки:
Органи дихання	SO_2 , NO_2 , H_2S , пил, $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, NH_3 , Fe, сполуки хрому(VI), Zn, Cu, Mn, Cd, Ni, HCOH
Імунна система	бензапірен, Zn, Ni, HCOH , C_6H_6
Вроджені вади розвитку	бензапірен, CS_2 , Pb, C_6H_6 , CO
Кров	CO, NO_2 , Zn, Ni, Pb, C_6H_6
Центральна нервова система	CO, $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, Mn, Ni, Pb, C_6H_6
Серцево-судинна система	CO, $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, C_6H_6 , CS_2 ,
Репродуктивна система	Pb, C_6H_6
Гормональний статус	Cd, Pb
Нирка	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, Pb, Cd
Печінка	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$
Очі	HCOH

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Забруднення атмосферного повітря – це зміна його складу та властивостей унаслідок перебігу в ньому фізичних, хімічних або фізико-хімічних процесів, які негативно впливають на живі організми. [1, 22]. Стан забруднення навколишнього середовища переважно фіксують від стаціонарних і пересувних джерел забруднення довкілля.

Зважаючи на те, що забруднення довкілля набуло катастрофічного характеру перед нами було висунуто завдання з'ясувати динаміку викидів шкідливих речовин від стаціонарних і пересувних джерел у м. Рівне, визначити завантаженість перехресть вулиць міста автомобільним транспортом, розрахувати вміст концентрації токсичних газів CO, CO₂, H₂S на перехрестях автомагістралей, скласти картосхеми завантаженості перехресть вулиць Рівне автомобільним транспортом, інтенсивності їхнього забруднення сумішшю [23].

Хімічне забруднення атмосферного повітря – один з основних типів антропогенного забруднення. Воно полягає у викиді в атмосферу хімічних речовин, твердих частинок і біологічних матеріалів, здатних викликати шкоду для людини та інших живих організмів. Часто ефект забруднювачів є непрямим та проявляється лише через тривалий час, (парниковий ефект, зменшення товщини озонового шару) [9,13, 16, 17].

Світове господарство щорічно викидає в атмосферу більше 15 млрд т вуглекислого газу, 200 млн т чадного газу, понад 500 млн т вуглеводнів, 120 млн т золи та ін. Загальний обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферу становить більше 19 млрд т. В таблиці 2.2 наведені основні хімічні забруднювачі атмосфери та їх кількість.

2.1. Нормативи якості природного середовища

Відповідно до статті №9 Закону «Про охорону навколишнього середовища» для кожного громадянина України гарантоване безпечне для життя і здоров'я навколишнє середовище. Це право визначає відповідні норми, які регулюють вміст токсичних речовин в довкіллі. Основними засобами захисту навколишнього середовища від шкідливих речовин є гігієнічне нормування їх вмісту у різних природних середовищах [17, 19].

При визначенні ступеня забрудненості навколишнього середовища, проведенні екологічного моніторингу стану довкілля, встановлення вмісту токсичних речовин в продуктах харчування використовують показник «якість навколишнього середовища», які умовно виражають у так званих «гранично допустимих концентраціях» (ГДК) шкідливих речовин у різних об'єктах довкілля [16, 22].

Гранично допустима концентрація (ГДК) санітарно-гігієнічний норматив – кількість шкідливої речовини в одиниці об'єму або маси, в навколишньому середовищі, яка за певний проміжок часу не чинить негативний ефект на здоров'я живих організмів і не чинить негативний ефект на майбутні покоління, не призводить до порушення нормального відтворення основних ланок екологічної системи природного об'єкта [7, 17]

Основна мета таких нормативів – це встановлення максимального вмісту шкідливих речовин, які допомагають розвивати промисловість, охороняти життя і здоров'я людей. За допомогою ГДК можна порівняти, наскільки визначена концентрація домішок перевищує допустиму межу для запобігання надмірного забруднення атмосфери. Позаяк, ГДК встановлено для однієї речовини. Проте на практиці в повітря викидається одночасно різні токсичні сполуки, але їхня спільна дія не вивчена. З метою поліпшення якості повітря передбачено розробити стандарти якості повітря, що пов'язані з міжнародною системою стандартів [17]. В таблиці 2.1 наведені основні ГДК деяких неорганічних сполук [17].

Таблиця 2.1

Основні ГДК деяких неорганічних сполук [17].

Речовина	ГДК (максимальна разова доза), мг/м ³	ГДК (середньодобова доза) мг/м ³
Сірчистий газ (SO ₂)	0,5	0,05
Сірководень (H ₂ S)	0,008	0,008
Кіптява (сажа)	0,15	0,05
Хлор (Cl ₂)	0,1	0,03
Чадний газ (CO)	0,2	1,0
Аміак (NH ₃)	0,2	0,004

2.1. Характеристика об'єктів досліджень

Найбільш поширеними токсичними речовинами, котрі забруднюють атмосферу, є: карбон(II, IV) оксиди (CO, CO₂), сульфур (IV) оксид (SO₂), нітроген N (II, IV) оксиди (NO, NO₂), вуглеводні C_nH_m та пил та зола. Основні джерела забруднення атмосфери наведено в табл. 2.2 [5, 12]

Таблиця 2.2.

Джерела викидів в атмосферу

Домішки	Основні джерела забруднення		Середньорічна концентрація в повітрі, мг/м ²
	природні	антропогенні	
Тверді частки: зола, пил	Вулканічні виверження, пилові бурі, лісові пожежі тощо	Спалювання палива в промислових та побутових установках	В містах: 0,04–0,4
SO ₂ (сірчистий газ)	Вулканічні виверження, окислення сірки, сульфатів, розсіяних в морі	Спалювання палива в промислових та побутових установках	В містах: до 1,0
NO, N ₂ O, NO ₂	Лісові пожежі	Промисловість,	У промислово

		автотранспорт, теплоелектростанції	розвинених регіонах: до 0,2
CO, CO ₂ (чадний вуглекислий) гази	Лісові пожежі, виділення океанів, окислення терпенів	Автотранспорт, промислові енергоустановки, чорна металургія	В містах: 1 – 50
Леткі газоподібні вуглеводні	Лісові пожежі, природний метан, природні терпени	Автотранспорт, допалювання відходів, випаровування нафтопродуктів	В промислово розвинених регіонах: 3,0
Поліциклічні, ароматичні вуглеводні	–	Автотранспорт, хімічні заводи, нафтопереробні заводи	У промислово розвинених регіонах: до 0,01

Також в атмосферу потрапляють більш токсичні речовини, яких сьогодні налічується більше 500 сполук. В таблиці 2.3 наведена кількість щорічних викидів шкідливих речовин в атмосферу [6].

Таблиця 2.3

Кількість щорічних токсичних викидів в атмосферу

Речовина	Викиди, млн т		Частка антропогенних домішок від загальних надходжень (%)
	природні	антропогенні	
Тверді частки	3700	1000	27
SO ₂ , SO ₃	650	100	13,3
NO, NO ₂	770	53	6,5
CO	5000	304	5,7
C _n H _m	2600	8	3,3
CO ₂	485000	18300	3,6

2 1.1. Сульфур (IV) оксид (сірчистий газ)

Сульфур(IV) оксид (SO₂) сірчистий газ утворюється під час роботи двигуна внутрішнього згорання, використовуючи паливо, що містить домішки сульфідів (особливо в дизелях). Також сірчистий газ виділяється при згоранні

вугілля, нафти, природного газу, торфу, переробці сульфуровмісних руд з домішками сірки, сульфатів, сульфідів, а також сульфідів, виплавлянні металів, роботі автотранспорту [24–25].

Значна частина (96 %) сірки потрапляє в атмосферу у вигляді SO_2 , утворюється і відповідно викидається в атмосферу при спалюванні нафти в газоподібних викидах топочного мазуту, коксового газу, виплавці сталі, міді, свинцю, нікелю, а також електролітичному очищенню дорогоцінних металів. Сірка, яка виділяється в результаті переробки сульфідів окиснюється до SO_2 , уловлюється системами утилізації, деяка кількість її потрапляє в атмосферу [12, 26, 27].

Сульфур(IV) оксид осідає на зеленій масі рослин, взаємодіючи з водою, утворюючи слабку сульфитну кислоту, закиснює ґрунти і водоймища. При закисненні ґрунту зменшується кількість доступних живильних речовин, знижується родючість, а при закисненні водойм – гине риба і інші її мешканці [26]. SO_2 зумовлює токсичну дію і при взаємодії з рослинами. Внаслідок такого впливу відбувається відкриття гирл, зменшується суха маса рослин, сповільнюється процес фотосинтезу, відбувається розпад хлорофілу, руйнуються клітини, серйозно пошкоджується листя (з'являється некроз зеленх листкових пластинок). ГДК для рослин $0,15 \text{ мг/дм}^3$ [12, 22, 25, 27].

За фізичними властивостями сульфур(IV) оксид – SO_2 (сірчистий газ) – безбарвний з різким задушливим запахом, газ, у 2,2 рази важчий за повітря. При взаємодії з водою утворює слабку сірчисту кислоту з запахом паленого паперу або «тухлих яєць». При охолодженні перетворюється в безбарвну прозору рідину. Зберігають і транспортують в сталевих балонах у рідкому стані. Отруйний. Наявність його в повітрі в кількості $0,33 \text{ мг/дм}^3$ і більше викликає ядуху і запалення легенів. Працюють з сірчистим газом у спецодязі і у витяжній шафі. [27].

2.1.2 Сполуки Нітрогену

Залежно від ступеня окиснення нітрогену виділяють: NO, N₂O, N₂O₃, NO₂, N₂O₅ оксиди. За отруйністю сполуки Нітрогену займають одне з перших місць [12, 15, 27, 28]

Нітроген(III) та нітроген (V) оксиди N₂O₃, N₂O₅ – тверді речовини, інші (NO, N₂O, NO₂) – гази. Природними джерелами надходження оксидів нітроген в навколишнє середовище є розряди блискавки та виверження вулканів. Джерелами надходження цих оксидів в атмосферу є підприємства хімічної промисловості, що виробляють нітатні добрива, нітратну кислоту й нітрати, анілінові барвники, нітросполуки, віскозний шовк, целулоїд, вибухові речовини, а також бактеріальний розклад силосу та ін. Також ці оксиди утворюються переважно при високотемпературній фіксації азоту і кисню в силових установках і двигунах внутрішнього згорання [28].

Нітроген(II) оксид (NO) – безбарвний газ, погано розчиняється у воді, безпосередньо сполучається з киснем повітря, утворюючи бурий газ («лисячий хвіст») – нітроген(IV) оксид: $2NO + O_2 = 2NO_2$.

Нітроген(II) оксид один з найнебезпечніших забруднювачів атмосферного повітря. Він потрапляє в атмосферу з вихлопними газами наземного й авіаційного транспорту, ракетноносіїв, із викидами установок перегонки і крекінгу при переробці нафти. Найбільше газу NO потрапляє в повітрі в результаті дії підприємств теплоенергетики (~ 60%). У повітрі сполуки нітрогену перетворюється у нітратну та нітритну кислоти, зумовлюючи утворення кислотних дощів, чинячи небезпеку для живих організмів [25, 27, 28].

Нітроген(IV) оксид (NO₂) – газ бурого кольору зі специфічним запахом, в 1,58 разів важчий за повітря, отруйний. Найбільше газу NO₂ утворюється в результаті роботи двигунів внутрішнього згорання, роботі теплових електростанцій [7]. Цей газ також утворюється під час грози, в результаті вибухів ріних типів боєприпасів, а також ядерних вибухів,

утворюючи червону грибовидну хмару. NO_2 відіграє важливу роль в хімії атмосфери, в тому числі в утворенні тропосферного озону.

Найбільші обсяги викидів оксидів нітрогену в атмосферу – від автомобільного транспорту. Нітроген(II) та (IV) оксиди (NO та NO_2) присутні у відпрацьованих газах автомобілів. Так, на територіях, що межують із основними автомагістралями України (10 –30 км), концентрації NO_2 в 10 – 30 разів перевищують гранично допустимі (ГДК).[24, 26]

Кількість оксидів Нітрогену, що надходять в атмосферу, складає 20 млн т на рік. Щорічно в атмосферу надходить близько $5 \cdot 10^7$ т оксидів нітрогену (N_xO_y), з них 53 % з антропогенних джерел. Переважна кількість оксидів азоту в атмосфері перетворюються нітрати [3, 12, 16].

Динаміка зміни концентрацій газів NO та NO_2 у міському повітрі протягом доби тісно пов'язана з сонячним випромінюванням та інтенсивністю руху транспорту на основних автомагістралях. Так, у світлий час доби, внаслідок фотохімічного окиснення газу NO (80 %), вміст продуктів окиснення в повітрі зростає. Нітрогеновмісні сполуки в димових газах, що потрапляють в атмосферу з продуктами згоряння палива приблизно на 97 % складаються з газу NO . Гази NO та NO_2 чинять негативний вплив на живі організми [3, 12, 16].

2.1.3. Сполуки карбону (II, IV)



Карбон(II) оксид (CO) – чадний газ. За фізичними властивостями карбон(II) оксид – безбарвний газ, без характерного смаку і запаху, його

неможливо відчутти. Маса його майже однакова з масою повітря. У воді майже не розчиняється і не вступає з нею в хімічну взаємодію. Відноситься до розряду токсичних продуктів. Через свою отруйність карбон(II) оксид є дуже небезпечним для організму людини. Отруєння чадним газом настає непомітно. Навіть незначні його кількості, що потрапляють у повітря і вдихаються людиною, викликають запаморочення і нудоту. Невелика кількість в повітрі чадного газу (0,05 %) призводить до різкого погіршення самопочуття людей. Збільшення концентрації CO до 0,1 % може призвести до летальних випадків [9, 12,16].

При дослідженні умов праці водіїв та стан пасажирів при тривалому перебуванні в пасажирському транспорті з концентрацією чадного газу в салоні автобуса в межах 20–50 мг/мл, погіршується самопочуття у 16–30% знижується рухова активність на 19–40 %, точність сприймання інформації на 30–50 % [21, 26, 29].

Отруйність CO полягає в тому, що він утворює з гемоглобіном крові стійку сполуку карбоксигемоглобін, що призводить до нездатності крові транспортувати кисень до тканин людського організму.

Карбон(II) оксид вважають «підступним», «тихим убивцею», вбиває людину впродовж декількох хвилин. Чадний газ утворюється в результаті неповного згоряння різних видів палива: вугілля, дров, нафти, природного газу. Крім того, він утворюється і при відновленні вуглекислого газу розжареним вугіллям. У газифікованих приміщеннях чадний газ можна виявити за кольором полум'я згоряння природного газу, яке з блакитного (синього) змінює свій колір на жовтий, або за допомогою детектора загазованості [30].

Природним джерелом чадного газу є лісові пожежі, а також фотохімічне перетворення органічних сполук в атмосфері. Близько 25 % газу CO має антропогене походження. Велика кількість карбон(II) оксиду надходять у атмосферу в результаті викидів промислових підприємств (40 %), лісових пожеж (7 %), у вигляді вихлопних газів, що утворюються при

згорянні палива в двигунах автомобілів (45 %). Вміст CO у природних умовах становить близько 0,01–0,2 мг/м³ (10⁻⁵ %). А вміст CO в повітрі великих промислових міст коливається в межах 1–250 мг/м³ (ГДК – 20 мг/м³). Найбільш висока концентрація CO (до 3·10⁻³ %) спостерігається на вулицях і площах міст із інтенсивним рухом, в районі перехресть, автострад, в містах у години пік. Щорічно в атмосферу надходить не менш 1250 млн. т. карбон(II) оксиду [31].

Перетворення сполук Карбону. Здебільшого CO можна розглядати як хімічно неактивний компонент повітря. Проте, у стратосфері за умов фотохімічного смогу, CO окиснюється до CO₂, взаємодіючи з вільним радикалом OH⁻: $CO + OH^- \rightarrow CO_2 + H^+$ з утворенням вуглекислого газу [27].

Карбон (IV) оксид (CO₂) – вуглекислий газ не вважають шкідливою домішкою атмосфери, тому, до він є постійним складником повітря (0,03%).



Вуглекислий газ надходить до атмосфери в результаті виверження вулканів, розкладу органічних речовин, процесі горіння вуглеводневих речовин, диханні живих організмів. Газ CO₂ нагромаджується при недостатній вентиляції місць, де відбувається гниття, бродіння або тління (вигрібні ями, сховища овочів та фруктів, шахти, оглядові колодязі водопроводів і ін.) [12, 13, 26].

Карбон (IV) оксид – основний компонент процесу фотосинтезу рослин. Разом з водяною парою CO₂ приймає участь у утворенні та поширенні парникового ефекту, перетворенні силікатів у карбонати. Вуглекислий газ (CO₂) міститься в атмосфері в такій кількості, що відіграє як позитивну, так і

негативну роль у тепловому балансі Землі, виступаючи поглиначем і випромінювачем ІЧ-променів одночасно. [9]

За рахунок господарської діяльності людини за останні 90 років ХХ ст. вміст вуглекислого газу в атмосфері збільшився на 25 % – від 0,029 до 0,033 % за об'ємом. Збільшення вмісту CO_2 в атмосфері призводить до парникового ефекту, тобто збільшення температури поверхні Землі

Кількість вуглекислого газу в повітрі залежить від багатьох факторів. У північних широтах його менше, порівняно з помірними, над океаном його менше ніж над суходолом, вдень менше, ніж уночі. Максимальної концентрації вуглекислий газ набуває взимку, найменше – влітку. У промислових центрах його вміст у повітрі становить біля 0,07 % [12, 14].

Як відомо [23], рослини протягом року поглинають біля 100 млрд т вуглекислого газу, що становить близько 6 % його вмісту в атмосфері. Важливим фактором стабілізації вмісту карбон (IV) оксиду є світовий океан, у водах якого розчинено майже у сто разів більше CO_2 , порівняно з вмістом у атмосфері [27].

За фізичними властивостями вуглекислий газ – газ без запаху і смаку в 1,5 раза важчий за повітря. Гранично допустима концентрація (ГДК) у повітрі – 30 мг/м^3 [27].

Високий вміст вуглекислого газу зазвичай супроводжується низькою концентрацією кисню в повітрі. За своєю згубною дією на живі організми вуглекислий газ є наркотиком, подразнюючи шкіру і слизові оболонки. [16].

2.1.4 Сполуки флуору, хлору, фреони

Джерелами забруднення сполуками флуору є підприємства з виробництва алюмінію, емалі, скла, кераміки, сталі, фосфорних добрив. Речовини, що містять фтор, надходять в атмосферу у вигляді газоподібних сполук – карбон(IV) фториду (CF_4), пилу натрій, кальцій фторидів (NaF , CaF_2), гідроген фториду (HF). Похідні фтору є сильними інсектицидами,

характеризуються токсичним ефектом. Надзвичайно чутливі до них комахи. Фтор нагромаджується в рослинах, а через рослинний корм – в організмі тварин. Надмірна концентрація фтористих сполук в кормах викликає хронічну інтоксикацію тварин, яку називають флуороозом. У ветеринарії відомі отруєння овець і великої рогатої худоби викидами алюмінієвих заводів, що містять багато фтористих сполук [16, 24, 27].

Сполуки хлору надходять у атмосферу від підприємств хімічної промисловості, виробництва пестицидів, органічних барвників, гідролізного спирту, соди, соляної кислоти. В атмосфері спостерігаються як домішки молекул хлору, так і парів хлоридної кислоти. Токсичність хлору визначається видом сполук та їхньою концентрацією [16, 24, 27].

Фреони – група галогеновмісних сполук, які мають здатність переносити тепло від внутрішнього до зовнішнього джерела теплопередавача.

Фреони – безбарвні, без запаху газу або рідини, пожегобезпечні. Використовуються в холодильній промисловості, як розпилювачі в аерозольних упаковках. Під час викидів в атмосферу розкладають озон. Хлоровмісні фреони посилюють парниковий ефект набагато сильніше порівняно з карбон(IV) оксидом. [16].

Солі важких металів. До важких металів відносять метали з відносною атомною масою більшою за 65 а.о.м. Це приблизно 40 металів. До них відносять: свинець (Pb), цинк (Zn), кадмій (Cd), молібден (Mo), ртуть (Hg), хром (Cr), нікель(Ni), марганець (Mn), олово (Sn), кобальт (Co), титан (Ti), мідь(Cu), ванадій (V) та інші. В атмосферне повітря вони надходять в результаті вивітрювання гірських порід, добування рудних корисних копалин, спалювання палива, використання різних марок пального, збагаченого цими металами. Перебуваючи у вигляді аерозолів або спреїв важкі метали мають здатність осідати на поверхні рослин, ґрунту, різних предметах, мігрувати у вигляді мінерально - органічної складової [15, 16].

РОЗДІЛ 3 ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ТОКСИЧНИХ ГАЗІВ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ м. РІВНЕ

3.1. Організація моніторингу атмосферного повітря в місті Рівне

Система моніторингу довкілля є невід'ємною складовою частиною щодо забезпечення сприятливого екологічного середовища існування.

Протягом тривалого часу в місті Рівне моніторинг стану повітряного простору та промислових викидів в атмосферу здійснює:

- Рівненський обласний центр з гідрометеорології;
- ДУ «Рівненський обласний лабораторний центр» Міністерства охорони здоров'я України, міжрайонні та міські відділи лабораторних досліджень.

Для визначення кількості забруднюючих речовин в місті Рівне було створено три стаціонарні пости спостереження, які були обладнані в різних частинах міста з різним інтенсивним рухом транспорту (табл. 3.1). Проби були відібрані на тротуарах, на відстані 1,5–2,0 м від проїжджої частини дороги. Одночасно з контролем атмосферного повітря визначалась кислотність атмосферних опадів. У складі атмосферного повітря визначалися отруйні гази: карбон (II) оксид (CO), нітроген(II), (IV) оксиди (NO, NO₂), сульфур(IV) оксид (SO₂), гідроген сульфід (H₂S), гідроген хлорид (HCl) і гідроген фторид (HF), аміак (NH₃), фенол, формальдегід, бенз(а)пірен, а також важкі метали – заліза, кадмію, марганець, мідь, нікель, свинець, хром і цинк [9].

Згідно [14] були складені карти-схеми забруднення атмосферного повітря на перехрестях вулиць Рівного протягом 2018 р. поквартально (рис. 3). Виокремлено 5 ступенів небезпечності: безпечний, слабо небезпечний, помірно небезпечний, небезпечний і дуже небезпечний.

Таблиця 3.1

Основні пости спостережень та їх характеристика

Пост спостереження	Адреса поста спостереження	Характеристика району спостереження	Основні забруднюючі речовини
1	вул. Небесної Сотні (р-н Залізничного вокзалу),	Жилий масив з інтенсивним рухом автомобільного та залізничного транспорту. Житлові будинки району опалюються природним газом	Шкідливі гази: карбон(II) оксид (CO), нітроген(IV) оксид (NO ₂), сульфур(IV) оксид (SO ₂), аміак, пил формальдегід, фенол, важкі метали
2	Перехрестя вулиць Академіка Грушевського та вул. Орлова.	У північно-східному напрямі розміщені ВАТ «Фабрика нетканих матеріалів» льонокомбінат GOLDI. У східному напрямі розташовано ВП «Акватон» (виготовлення емаль дроту). У північно-західному та північно-східному напрямках - АЗС та автостоянка Торговельного центру «Чайка».	карбон(II) оксид (CO), нітроген(IV) оксид (NO ₂), пил, сульфур(IV) оксид (SO ₂), гідроген хлорид (HCl) і гідроген фторид (HF), C ₆ H ₅ OH
3	Район луцького кільця	Жилий масив та кільце з інтенсивним рухом вантажного та легкового втомобільного транспорту.	карбон(II) оксид (CO), нітроген(IV) оксид (NO ₂), пил, сульфур(IV) оксид (SO ₂), аміак, бензапірен, пил.

На всіх постах спостереження регулярно відбиралися проби повітря для подальшого лабораторного дослідження і реєстрації вмісту забруднюючих речовин за допомогою автоматичних газоаналізаторів (УГ-2, електрохімічних сенсорів). Такі дослідження давали змогу здійснювати моніторинг атмосферного повітря та виявляти території з різним ступенем забруднення повітря. Дослідження проводилися 4 рази на добу, через рівні

проміжки часу. Основними показниками визначення якості повітря було визначення вмісту пилю, CO, CO₂, SO₂, NO, NO₂, HCl, HF, C₆H₅OH. За результатами отриманими з постів спостереження, визначено основні забруднюючі речовини в атмосферному повітрі м. Рівне

За статистичними результатами [31, 32] було проаналізовано кількість викидів шкідливих газів в атмосферне повітря протягом 2012–2022 років, що подано на рис 3.1.

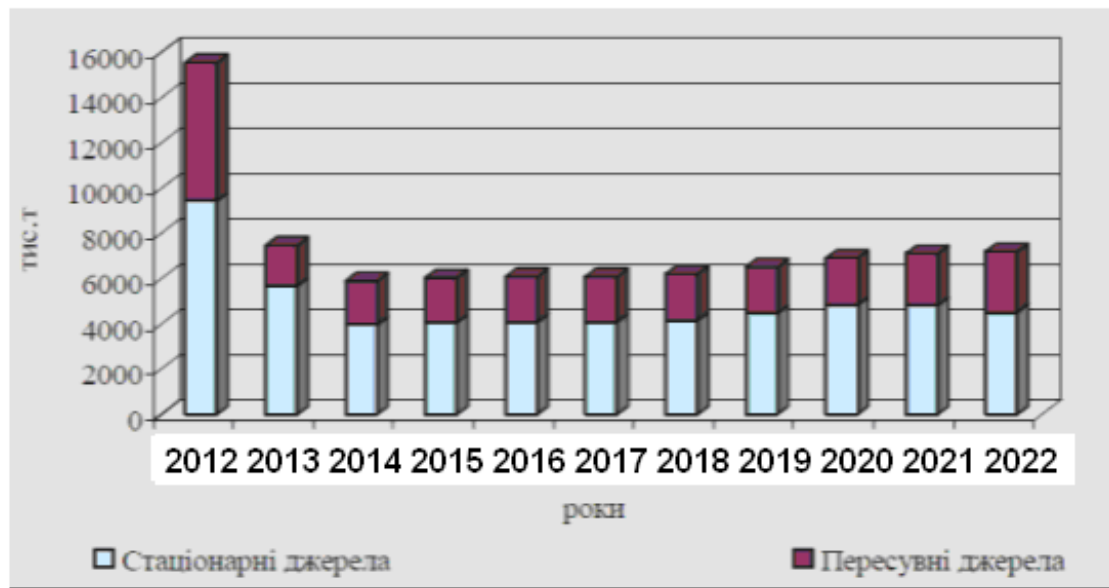


Рис.3.1. Кількість викидів шкідливих газів в атмосферне повітря протягом 2012–2022 років.

Проаналізувавши дані, які подані на рис. 3.1. можна відзначити, що протягом 2012–2014 років спостерігалось зменшення викидів різних отруйних газів в атмосферне повітря м. Рівне. Проте така тенденція спостерігалась лише протягом трьох років. Позаяк, вже з 2015 року забрудненість атмосферного повітря має тенденцію до плавного збільшення викидів в атмосферне повітря.

Встановлено, що основним джерелом забруднення міста Рівне є автомобільний транспорт, що становить 81% та вантажний транспорт – 15–17 % викидів. Автомобільний транспорт чинить негативний вплив,

спричиняючи руйнування природних ландшафтів, впливають на флору і фауну, викликають шумове забруднення, виділяють тверді відходи, а також виділяють стічні води при обслуговуванні.

Згідно відомої методики [19,20] визначено коефіцієнт токсичності автомобілів Дані занесено в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2.

Коефіцієнт токсичності автомобілів.

Тип автомобіля	Коефіцієнт Кт
Легковий автомобіль	1
Автобус	1,03
Дизельний вантажний автомобіль	3,7
Легкий вантажний автомобіль	2,3

Згідно табл. 2.2. можна зауважити ,що найбільшу кількість викидів в атмосферне повітря здійснюють дизельні вантажні автомобілі, коефіцієнт токсичності яких становить 3,7.

3.2. Визначення вмісту чадного газу в атмосферному повітря м. Рівне

Встановлено, що на викиди CO та CO₂ впливають рельєф дороги, швидкість руху автомобілів. Якщо збільшувати швидкість авто та різко зменшувати при гальмуванні то у вихлопних газах кількість CO зростає у 8-10 разів. Мінімальна кількість оксидів карбону виділяється в повітря при швидкості руху 60км/год. Встановлено, що вихлопні гази нагромаджуються у нижніх шарах атмосфери, тобто токсичні гази перебувають в зоні дихання людини Зважаючи на це автомобільний транспорт відносять до дуже небезпечних джерел забруднення атмосферного повітря поблизу шляхів автомобільного сполучення [33].

Рослини, які ростуть поблизу автомобільних магістралей накопичують в своїх листках, стеблах, кореневищах велику кількість токсичних для живих організмів як неорганічних так і органічних сполук

В даній роботі було здійснено визначення вмісту чадного газу а атмосферному повітрі м. Рівне протягом 2021–2022 років за допомогою газоаналізаторів та математичним розрахунковим методом.

3.2.1. Визначення вмісту шкідливих газів за допомогою універсальних газоаналізаторів

Вміст токсичних газів в повітрі визначають за допомогою газоаналізаторів або детекторів різного типу. Газоаналізатор – це прилади для визначення концентрації будь-яких газів в навколишньому середовищі, на промислових підприємствах, котельнях, шахтах для забезпечення технологічності процесу, попередження вибухонебезпечних ситуацій в промисловості, запобігання отруєння для населення. Сенсори газів використовуються для моніторингу навколишнього середовища, а також для визначення якості харчової продукції на складах, магазинах, в побутових умовах споживачами даної продукції. Моніторинг стану навколишнього середовища полягає в швидкому, вибірковому виявленню токсичних газів, в умовах різкого техногенного забруднення [30–34]. Його проводять за допомогою газоаналізаторів, різноманітних приладів, пристроїв, детекторів, сенсорів та ін.

В лабораторній практиці тривалий час шкідливі сполуки карбону (II) чадний газ (CO) і сульфур (IV) оксид (SO₂) сірчистий газ, визначали за допомогою однокомпонентних аналізаторів: універсального УГ–2, (рис. 3.2, а), а також ДОЗОР–С–П–СО (рис. 3.3.), для автоматичного періодичного вимірювання концентрації CO і SO₂ в повітрі (рис. 3.4).

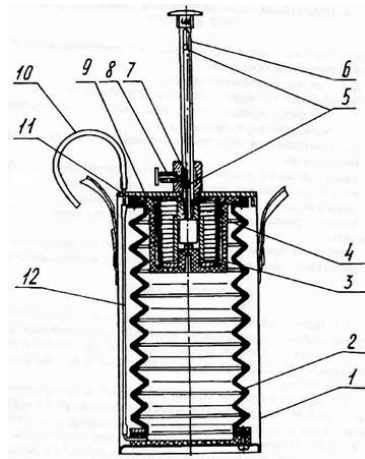


Рис .3.2 Будов аналізатора УГ-2 [5, 6]

1 – корпус; 2 – сільфон, 3 – пружина; 4 – кільце-розпір, 5 – канавка з двома заглибинами; 6 – шток, 7 – втулка, 8 – фіксатор, 9 – плата, 10 – гумова трубка, 11 – штуцер, 12 – гумова трубка



Рис .3.3. Світлина газоаналізатора ДОЗОР-С-П-СО [12]



Рис. 3.4. Газоаналізатор GM-8805 для визначення чадного газу

Принцип роботи таких газоаналізаторів, тобто детекторів, ґрунтується на вказуванні джерела забруднення повітря. Для пошуку джерел забруднення використовують звичайні хімічні засоби, що володіють характером індикатора. Найпростішим прикладом такого детектора є ручний портативний газоаналізатор марки УГ-2 (універсальний газоаналізатор), який виготовляють в Україні. В основі роботи даного приладу лежить здатність індикаторні трубки змінювати забарвлення наповнювача в результаті проходження крізь неї визначуваного повітря. Довжина забарвленого шару індикаторного порошку в трубці пропорційна концентрації визначуваного газу в повітрі. Для виявлення різних газів використовують окремі індикаторні трубки. Їх встановлюють на стаціонарних постах контролю за забрудненням. Всі автоматичні та експрес-методи, які характеризуються різною тривалістю визначення, точністю та відтворюваністю результатів [13]. Позаяк, робота таких аналізаторів дозволяє базуватися на визначенні великих концентрацій токсичних газів. Вони не придатні для експрес-визначень.

Найбільш сучасним газоаналізатором є детектор для визначення вмісту чадного газу марки GM-8805. Детектор чадного газу GM-8805 призначений для визначення вмісту карбон(II) оксиду в повітрі в житлових приміщеннях, в котельнях, на виробництві, де відбувається спалювання природного газу, дров, кам'яного вугілля.

Цифровий газоаналізатор CO GM-8805 дозволяє своєчасно інформувати про збільшення вмісту чадного газу. В основі роботи газового індикатора GM-8805 є принцип каталітичного доокиснення чадного газу на чутливому елементі сенсора. Цей процес супроводжується виділенням теплоти, кількість якого відповідає кількості доокисненого газу. Застосування каталітичних датчиків дозволяє отримати швидкий відгук на зміну складу газоповітряної суміші.

3.2.2. Моніторинг сполук карбону карбону (II) в атмосферному повітрі

В даній роботі визначали вміст сполук карбону(II) в атмосферному повітрі м. Рівне за допомогою універсальних газових аналізаторів типу GM-8805.

Вміст чадного газу визначали на постах спостереження протягом доби. Результати визначень відображені на рис 3.3. Згідно рис 3.3. встановлено, що найбільші викиди чадного газу в атмосферне повітря спостерігалися в період 12–14 години та 15–17 години.

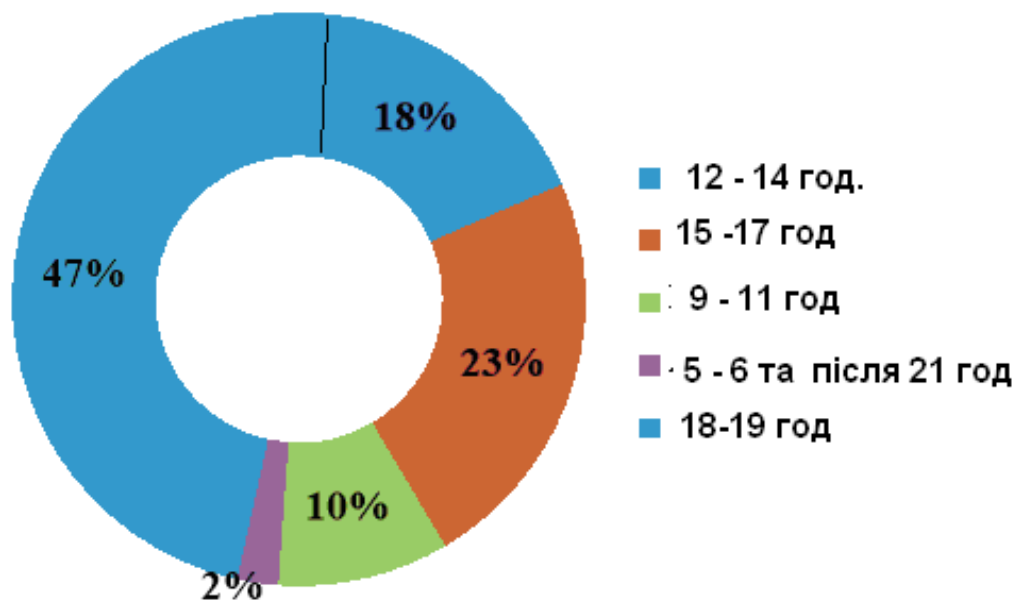


Рис .3.3. Залежність викидів чадного газу від часу .

Також визначали яка кількість газу CO виділяється в повітря за 1 годину. Для дослідження було обране перехрестя вулиці Київська-Галицького в районі центрального автовокзалу. Дослідження проводилися тричі на день: 1) 6–7 година ранку; 2) 13–14 година дня; 3) 19–20 година (вечір). Знаючи, що легковий автомобіль за одну годину викидає близько 3мг/м³ чадного газу, вантажний до 6мг/м³, а мотоцикл до 1,53 мг/м³, автобус до 7мг/м³, Було проведено обрахунки, яка кількість газу CO виділяється в повітря за 1 годину. Відповідні результати наведено в таблиці 3.2.

Приклад розрахунку.

Так, 20. 04. 2023 року в період 6–7 година ранку протягом однієї години біля заданої ділянки дослідження в середньому проїхало 150 автомобілів: серед них 25 вантажівок, 30 автобусів, 95 легкових автомобілів. Знаючи, що легковий автомобіль за одну годину викидає близько 3мг/м^3 чадного газу, вантажний до 6мг/м^3 , а автобус до 5мг/м^3 , мотоцикл $0,15\text{мг/м}^3$

Було проведено обрахунки, яка кількість газу СО виділяється в повітря за 1 годину.

$$95 \cdot 0,003 = 0,285\text{мг/м}^3, 25 \cdot 0,006 = 0,15\text{мг/м}^3; 30 \cdot 0,005 = 0,15\text{мг/м}^3.$$

Просумувавши можна отримати

$$\Sigma\text{СО} = 0,285 + 0,15 + 0,15 = 0,585\text{мг/м}^3.$$

Аналогічні обрахунки були проведені і для інших вулиць міста.

Таблиця 3.2

Розрахунки щодо визначення кількості викидів чадного газу протягом однієї години

Час моніторингу	Легкові автомобілі		Вантажні автомобілі		Автобуси		Мотоцикли		Всього
	К-ть	Вміст СО	К-ть	Вміст СО	К-ть	Вміст СО	К-ть	Вміст СО	
Ранок 6-7 год	50	0,15	8	0,048	8	0,04	5	0,0075	0,2455
Обід 13-14	302	0,906	25	0,15	21	0,105	2	0,003	1,164
Вечір 19-20	80	0,24	14	0,042	8	0,04	5	0,075	0,397
ВСЬОГО	432	0,296	47	0,24	37	0,185	12	0,086	1,8065

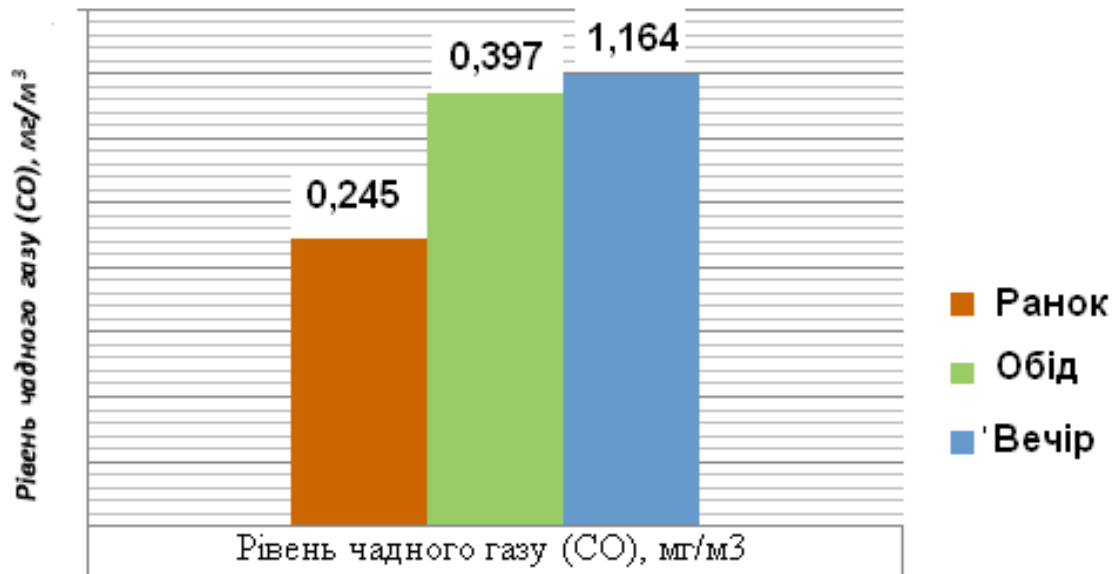


Рис. 3.4. Кількість викидів чадного газу протягом однієї години залежно від пори дня.

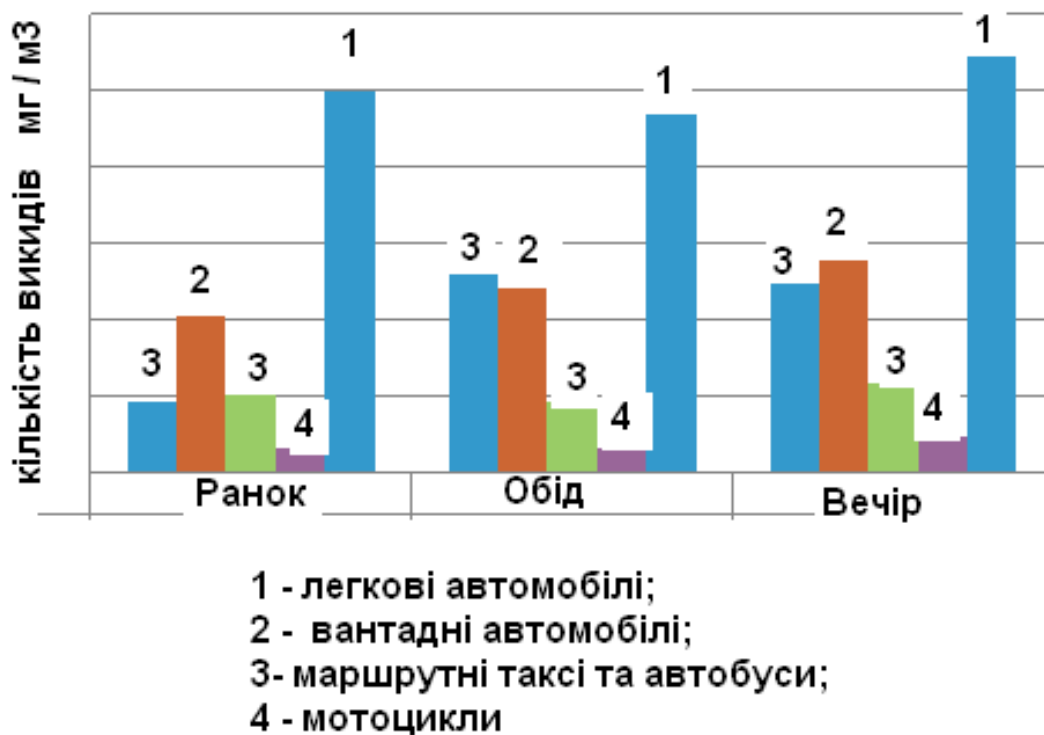


Рис. 3.5. Кількість викидів чадного газу, які виділяють в повітря різним видом транспорту залежно від пори доби.

Аналогічно було визначено вміст чадного газу протягом тижня в період з 17.04- 23.04 2023 року. Відповідні дані наведено в таблиці

Таблиця 3.3

Кількість виділеного в повітря чадного газу залежно від дня тижня

День тижня	Легкові автомобілі	Вантажні автомобілі	Автобуси	Мотоцикли	Всього
Понеділок	0,389	0,093	0,245	0,009	0,817
Вівторок	0,678	0,099	0,268	0,008	1,053
Середа	0,679	0,095	0,266	0,008	1,048
Четвер	0,778	0,094	0,301	0,007	1,243
П'ятниця	0,789	0,078	0,304	0,009	1,18
Субота	0,579	0,057	0,302	0,006	0,998
Неділя	0,589	0,065	0,268	0,006	0,928

токсичних продуктів. Найбільш загазованими виявилися вулиці, на яких збудовані високі будівлі, рух транспорту дуже високий, рух вітру надзвичайно слабкий.

3.3. Дослідження стану атмосферного повітря в м. Рівне протягом 2020-2023 років

В результаті досліджень на трьох постах спостереження були відібрані проби повітря, у яких було визначено основні забруднюючі речовини. Встановлено, протягом досліджуваного періоду, основними хімічними забруднювачами атмосферного повітря в м. Рівне є: CO – 84,5 %, HCl – 1,4 %, пил – 2,5 %, NO₂ – 3 %, SO₂ – HF (4,6 %), HCOOH – 4% [5, 6].

З'ясовано, що на всіх постах середньорічні концентрації забруднюючих речовин (2020–2022 рік) не перевищували нормативи, окрім фтороводню (HF) та мурашиного альдегіду (НСОН), концентрації яких перевищують показники ГДК в 1,55 та 1,88 разів відповідно. Протягом 2022 року відбувалось незначне зменшення середньомісячних концентрацій формальдегіду у атмосферному повітрі міста Рівне, які були в межах 1,81 – 1,44 ГДК.

Максимальне значення даної сполуки спостерігалось у січні – 1,67 ГДК, мінімальне – у лютому 2023 року – 1,3 ГДК [9, 10] .

Протягом досліджуваного періоду (2020 – 2022 роки) спостерігалось перевищення максимальної ГДК з разових ГДК від кількості спостережень на 16%. Порівняно з попередніми роками (2017 – 2018) зросло забруднення атмосферного повітря сполуками фенолу приблизно в 1,15 рази: в зимовий період становило 0,35 гранично допустимих концентрацій (ГДК) і 1,45–1,7 ГДК – влітку. Найбільша концентрація фенолу зафіксована у жовтні 2022 року на посту спостережень № 1 (вул. Небесної Сотні). Також зафіксовано 14,1 % випадків перевищення максимальної з разових ГДК від кількості спостережень за фенолом [4–6].

При визначенні вмісту гідроген фториду в об'єктах довкілля м. Рівне спостерігається чітка тенденція до його зростання протягом 2018–2022 років. Середньомісячна концентрація даного газу становила 1,21–1,25 в межах ГДК. Середньорічна концентрація HF зросла порівняно з попередніми роками, що становило 1,72 ГДК. Максимальна концентрація гідроген флуориду зафіксована у грудні 2021 року на посту спостережень №2 (на вул. Грушевського). Зафіксовано 10,7 % всіх випадків перевищення максимальної разової ГДК від кількості досліджень.

Варто відзначити, що вміст пилу в атмосферному повітрі м. Рівне не перевищували існуючих нормативів. Проявляється тенденція до його зниження порівняно з попередніми роками (2016-2020 рр.) і становило 0,13–0,32 ГДК [5, 6].

Аналогічно спостерігається незначне вмісту сполук нітрогену, а саме середньомісячні концентрації нітроген(II), (IV) оксидів (NO, NO₂) за час 2020-2022 років перебувало межах 0,29 – 0,77 і 0,12 – 0,36 ГДК відповідно. Максимум нітроген(II) оксиду (NO) спостерігався у жовтні 2021 року(пост №3) та в грудні 2020 року(пост №2) [5, 6].

З'ясовано, що середньомісячні концентрації хлороводню (HCl), сірководню (H₂S) та аміаку (NH₃), знаходилися в межах ГДК. Найбільші

значення щодо вмісту аміаку та сірководню зафіксовані у червні 2021 року (пост №1, 2) та у серпні 2020 року (пост № 1,3). Зростання концентрацій гідроген сульфід у характерне для літнього періоду для всіх постів спостереження [5, 6].

Щодо вмісту чадного газу, то протягом всіх років спостерігається суттєве збільшення в атмосферному повітрі м .Рівне. Середньомісячні концентрації карбон(II) оксиду (CO) зростали від 0,3 ГДК (2018) до 0,67 ГДК (2023). Максимальне значення разових концентрацій CO перебувало в межах 0,25- 1,95 ГДК. Різке зростання вмісту CO пояснюється зростанням кількості автомобілів у населення, скупченням автомобільного транспорту на всіх вулицях та магістралях міста, інтенсивним рухом на об'їзній дорозі на посту № 3. Найбільші максимальні значення вмісту чадного газу зафіксовані у березні - травні 2023 року. Найменші середньомісячні концентрації чадного газу спостерігалися у осінньо-зимовий період (2018 року), найбільші – у березні - квітні 2023 року через несприятливі погодні умови для всіх пунктів спостережень. Зафіксовані численні випадки перевищення максимально разової ГДК по вмісту CO протягом 2020-2022 років [4–6].

При складанні карт –схем забруднення м. Рівне було визначено що для перехрестя нашого міста властивий слабо небезпечний ступінь забруднення, з ступенем перевищення ГДК сумішшю отруйних речовин перебуває в межах 1,44 – 1,81.

Для зниження шкідливого впливу автотранспорту на атмосферне повітря рекомендовано:

- а) перехід автомобілів на газове паливо;
- б) використання високооктанових видів пального;
- в) використання альтернативних видів палива (зрідженого попутного нафтового газу, етанолу, водню)

- г) поліпшення технологічних та екологічних характеристик автомобільного палива;
- д) використання більш технологічно вигідних автомобілів;
- е) регулювання дорожнього руху, обмеження інтенсивності руху автомобілів до 300авто/год.
- є) раціональне керування автомобілями.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано стан атмосферного повітря м. Рівне за 2020–2022 роки.
2. Протягом 2020–2022 років для м. Рівне спостерігається тенденція до зниження забруднення навколишнього середовища, сполуками сульфуру, нітрогену, хлору. Позаяк, вміст карбон (II) оксиду зріс майже в 1,5 раза. Також зафіксовано збільшення середньорічних концентрацій сполук плюмбуму, феруму, кадмію, мангану, нікелю. свинцю.
3. Звикористанням газового аналізатора GM-8805 було визначено вміст карбон(II) оксиду в атмосферному повітрі на перехресті вулиць Київська- Д. Галицького в м. Рівне.
4. Встановлено, що кількість виділеного чадного газу залежить від пори доби так і днів тижня.
5. Зафіксовані численні випадки перевищення максимально разової ГДК по вмісту СО протягом 2020–2022 років.
6. Складено карти - схеми забруднення вулиць в місті Рівне. Встановлено, що для перехресть м. Рівне властивий слабо небезпечний ступінь забруднення. Ступінь перевищення ГДК сумішшю отруйних речовин перебуває в межах 1,44 – 1,81.
- 7 Розроблені теретичні рекомендації щодо зниження вмісту токсичних газів в атмосферному повітрі м. Рівне.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Simonov E.A., Vasyliuk O., Spinova Y. (2022). Ukraine War Environmental Consequences Work Group. roject: UWEC: Ukraine War Environmental Consequences.
- 2 Баб'як О.С., Біленчук П.В., Чирва Ю.О. (2000). Екологічне право України: Навчальний посібник. К: Атіка, 216 с.
- 3 Зубик С.В. (2007). Техноекологія. Джерела забруднення і захист навколишнього середовища: Навч. посібник. Львів: Оріяна-Нова, 400 с.
4. Кіптенко Є.М., Баштанник М.П., Козленко Т.В., Жемера Н.С., Трачук Н.Ою (2017). Оцінка стану забруднення атмосферного повітря та його прогнозування в промислових містах України.
5. Мартинюк Г.В., Гакало О.І. (2019). Дослідження хімічного складу атмосферного повітря м. Рівне. Збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної конференції *VinSmartEco* 16 – 18 травня 2019, м. Вінниця, Україна. – Вінниця: КВНЗ – Вінницька академія неперервної освіти, 2019, 292–294.
6. Мартинюк Г.В. (2018). Дослідження шкідливих викидів газів в атмосферне повітря за спалювання різних видів пального. *Регіональні геоекологічні проблеми в умовах сталого розвитку*: Збірник наукових праць III Міжнародної науково-практичної конференції (Рівне, 18–20 жовтня 2018 року). Рівне, 2018, 276 – 280.
7. Рубцева І (2021). Поняття й особливості детермінанти «охорона атмосферного повітря» *Екологічне право*, 6, 23-26
DOI <https://doi.org/10.32849/2663-5313/2021.6.17>
8. Девятко Г.А., Лацис С.А., Подольский В.Я., Закрасняний В.В (2004). Система екологічного моніторингу статусу повітря вздовж автомагістралей населених пунктів. *Технологія конструювання в електронній апаратурі*, 2, 28–29.

9. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю. (2004). Основи екології. К.: Либідь, 408 с.
10. Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В., Говорун А.Г. та ін. (2002). Екологія автомобільного транспорту: Навч. посіб. К.: Основа, 312 с.
11. Данилевич Я.Б., Денисов В.Я. (2005). Системні рішення проблем екологічної безпеки автотранспортного комплексу, як метод покращення екологічної ситуації у мегаполісах. Доп. IV Міжнар. наук.-практ. конф. «Автотранспорт: від екологічної політики до щоденної практики». К.: ЦУЛ, 2005. 200 с.
12. Набиванець Б.Й., Сухан В.В., Калабіна Л.В. (1996). Аналітична хімія природного середовища : Підручник. К.: Либідь, 304 с.
13. Кузнецов І Є., Троїцька Г.М. (1979). Захист повітряного басейну від забруднень шкідливими речовинами хімічних підприємств. М.: Хімія, 344с.
14. Стрілець І., Петровська М. (2015). Оцінка якості атмосферного повітря міста Львова. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Географія.*, 2(39), 179– 85.
15. Тарасова В.В. (2013). Вплив забруднення атмосферного повітря на стан здоров'я населення. *Агросвіт*, 16, 24–28.
- 16.11. Васюкова Г.Т., Ярошева О.І. (2009). Екологія. К.: Кондор, 524 с.
17. <http://www.menr.gov.ua>. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища України у 2018 році.
18. Тарасова В.В., Ковалевська І.М. (2012). *Статистичний аналіз взаємовідносин довкілля і суспільства НАСОА*, зб. наук.праць. К.: НАСОА, 67–74.
19. Ситніченко О.М. (2018). Актуальні питання правової охорони атмосферного повітря від забруднюючх речовин у відпрацьованих газах транспортних засобів. *Повітряне, космічне, екологічне право. Юридичний вісник*, 4 (49), 32–37.
- 20 Тарасова В.В. Фактори впливу на стан здоров'я населення / В.В. Тарасова, І.М. Ковалевська. *Вісник ЖНАЕУ*. — 2012. — № 2, т. 1. — С. 287—292.

- 21 6. Тарасова В.В., Парфенцева Н.О., Ковалевська І.М. (2012). Екологічна статистика: курс лекцій. Житомир: ЖНАЕУ, 142 с.
22. Словник-довідник сучасних екологічних та природоохоронних термінів. [укл. Гончаренко Г. Є., Совгіра С. В.]. К.: Наук. світ, 2010, 25 с.
23. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області у 2017 році. Рівне. 222 с.
24. Крешков А.П. (1976). Основи аналітичної хімії. Кількісний аналіз. М: Хімія. Переклад, 428 с.
25. Хорват Л. Кислотний дощ / Пер. с венг. В.В.Кримського; Під ред. Михайловського Ю. Н. М.: Хімія, 80 с.
26. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. Изд. 7-е, пер. и дон. В трех томах. Том III. Неорганические и элементоорганические соединения. Под ред. засл. деят. науки проф. Н.В. Лазарева и докт. бол. наук проф. И.Д. Гадаскиной. Л., Химия, 1977, 607с.
27. Вдовенко О.П. (2005). Загальна хімія. Вінниця: Нова книга, 288 с
28. Солтис М.М., Закордонський В.П. (2003). Теоретичні основи процесів хімічної технології. Львів.: Видавничий центр ЛНУ, 428с.
29. Огородник І. М., Дзуліт З. П. (2009). Економіка АПК. Вплив автотранспорту на екосистему держави, № 17–18.
- 30 Аксіментьєва О.І., Мартинюк Г.В., Гакало О.І. (2020). Застосування газових сенсорів для моніторингу якості харчових продуктів та об'єктів довкілля. Регіональні геоекологічні проблеми в умовах сталого розвитку. Збірник наукових праць IV Міжнар. наук.-практ. конференції (Рівне, 22–24 вересня 2020 р.). Рівне: видавець О. Зень, 2020, 61–65.
31. Прищєпа А. М., Брежицька О.А. (2007). Оцінка антропогенного навантаження на атмосферне повітря в контексті сталого розвитку. *Вісник КДПУ*, 1 (42). 22– 27.
- 32 За матеріалами Рівненського обласного центру з гідрометеорології (2017–2018 рр.) Рівне:, 2019. 210 с.

33. Русіло П.О., Костюк В.В., Афонін В.М. (2008). Вплив на довкілля автомобільного транспорту на всіх стадіях його життєвого циклу. *Науковий вісник НЛТУ України*, 18.3, 43–47.
34. Аксіментьєва О.І., Ціж Б.П., Чохань М.І. (2017). Сенсори контролю газових середовищ у харчовій промисловості та довкіллі: монографія. – Львів: Піраміда, 284 с.
- 35 Ковальчук П. (2003). Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища: Навч. Посібник.К.: Либідь, 208 с.