

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Навчально-науковий інститут агротехнологій, селекції та
екології**

**Кафедра екології, збалансованого природокористування та захисту
довкілля**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти

магістр

**на тему: «АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ
АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ М. ПОЛТАВИ»**

Виконала: здобувач вищої освіти
за освітньою програмою Агроекологія
спеціальності 101 Екологія
ступеня вищої освіти магістр
групи 101Еко_мд

Липівська Вікторія Олегівна

Керівник: Тараненко Анна Олексіївна,
к.с.-г.н., доцент

Рецензент: Коваленко Н.П., к.с.-г.н.,
доцент

Полтава – 2023 року

ЗМІСТ

ВСТУП	10
РОЗДІЛ I.....	13
ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПИТАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	13
1.1 Забруднення атмосферного повітря, як наслідок антропогенної діяльності.	13
1.2. Вплив забруднюючих речовин на людину.....	15
1.3. Особливості моніторингу забруднюючих речовин атмосферного повітря.	21
РОЗДІЛ II	26
АНАЛІЗ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ М. ПОЛТАВА.....	26
2.1. Аналіз структури викидів забруднюючих речовин в атмосферу міста. 26	
2.2 Аналіз джерел викидів забруднюючих речовин м. Полтава.	30
2.3. Система моніторингу стану атмосферного повітря та якість атмосферного повітря в м. Полтава.	43
2.4. Розрахунок індексу забруднення атмосферного повітря м. Полтава. ...	44
ВИСНОВКИ.....	47

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Організація моніторингу атмосферного повітря агломерації Полтава є актуальним та важливим питанням з метою забезпечення збирання, аналізу інформації про якість атмосферного повітря, розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень у галузі охорони атмосферного повітря, інформування населення про якість атмосферного повітря, вплив його забруднення на здоров'я та життєдіяльність населення.

Мета і завдання дослідження. *Метою дослідження є аналіз концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Полтава та розрахунок інтегрального індексу забруднення атмосферного повітря м. Полтава. Завданнями дослідження було:* характеристика структури викидів забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Полтава; аналіз динаміки викидів забруднюючих речовин основними джерелами забруднення: промисловістю та автомобільним транспортом; стан забруднення повітря в м. Полтава та оцінка ризиків, пов'язаних з цим наслідків для здоров'я людини. За допомогою методів статистичного аналізу здійснено обчислення характеристик просторовочасової структури концентрацій забруднюючих речовин м. Полтава і сформульовані фізичні механізми динаміки досліджуваних процесів. Проведений у такий спосіб аналіз часових рядів дає можливість одержати результати для подальших досліджень. Екологічний стан атмосферного повітря м. Полтава потребує значної уваги та додаткових досліджень для виявлення причин забруднення атмосферного повітря, а також впровадження заходів щодо покращення якості повітря.

Об'єкт і предмет досліджень. Об'єктом дослідження стан атмосферного повітря м. Полтава. Предметом дослідження є рівень концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Полтава.

Методи досліджень. Одними із методів дослідження були гравіметричний (вимірювання масової концентрації пилу в атмосферному повітрі), фотометричний (вимірювання масової концентрації диоксиду сірки

в атмосферному повітрі населених пунктів) та амперометричний. Також була задіяна мережа постів спостережень за станом атмосферного повітря та опадів (мобільний метеорологічний комплекс «ТРОПОСФЕРА»: атмосферний тиск, швидкість повітряного потоку, температура повітря та ін., вимірювач кількості та інтенсивності опадів автоматизований ВОА – 1М: кількість опадів, інтенсивність опадів), стаціонарний пост «ПОСТ-2А», 4 стаціонарних пунктах спостережень (ПСЗ): ПСЗ № 1 (просп. Першотравневий, 20), ПСЗ № 3 (вул. Зіньківська, 2), ПСЗ № 6 (вул. І. Мазепи, 45), ПСЗ № 7 (вул. Заводська, 1). Для проведення аналізів використовувались такі прилади та обладнання : газоаналізатор «Элан СО-50»; фотометр фотоелектричний КФК – 3 – 01 – «ЗОМЗ»; електроаспіратори: ASA 1S, ASA 6S, ЭА2СМ (лічильник газу РГ – 40); установки аспіраційні стаціонарні (УАС 100 G6); установки пневмонічні УП 1152С (ротаметри); спектрофотометр Ulob 102.

Державна система моніторингу довкілля є інтегрованою інформаційною системою, що має здійснювати збирання, збереження та оброблення екологічної інформації для відомчої та комплексної оцінки і прогнозу стану природного середовища, біоти та умов життєдіяльності, вироблення обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних соціальних, економічних та екологічних рішень на всіх рівнях державної виконавчої влади, удосконалення відповідних законодавчих актів, а також виконання зобов'язань України з міжнародних угод, програм, проектів і заходів. В Угоді про асоціацію з ЄС Україна зобов'язалася впровадити дві європейські директиви щодо якості повітря. Це наблизить українську систему моніторингу до стандартів ЄС.

На виконання вимог Закону України «Про охорону атмосферного повітря», постанови Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 року № 827, зі змінами, «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря», зокрема п.18 Порядок здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря Полтавська

міська рада повинна розробити відповідну програму за формою, встановленою Міністерством довкілля України. Цією постановою місто Полтава визнана агломерацією «Полтава» (агломераціями вважаються міста і передмістя з населенням понад 250 тисяч осіб), для здійснення моніторингу атмосферного повітря.

Під час виконання кваліфікаційної роботи були використані методи оцінювання інвентаризації викидів, прогнози, наукові дослідження. Для проведення оцінювання стану забруднення атмосферного повітря агломерації Полтава було використано статистичні дані з наступних джерел інформації:

- статистичні дані Головного управління статистики в Полтавській області щодо кількості суб'єктів господарювання, що здійснюють викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря стаціонарними джерелами та валових обсягів викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами (карта розміщення основних підприємств, що здійснюють викиди забруднювальних в межах агломерації Полтава);

- статистичну звітність 2-ТП «Повітря» щодо обсягів викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря стаціонарними джерелами суб'єктів господарювання;

- звіти по інвентаризації викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами суб'єктів господарювання щодо характеристик стаціонарних джерел викидів забруднюючих речовин та валових обсягів викидів забруднюючих речовин суб'єктами господарювання;

- статистичні дані Департаменту екології та природних ресурсів Полтавської обласної державної адміністрації щодо кількості виданих суб'єктам господарювання дозволів на викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря стаціонарними джерелами;

- статистичні дані лабораторії спостережень за забрудненням атмосферного повітря м. Полтави Полтавського обласного центру з гідрометеорології Державної служби України з надзвичайних ситуацій щодо концентрацій забруднюючих речовин у атмосферному повітрі в постах

спостережень (карти просторового розподілу концентрацій пилу, сірки діоксиду, діоксиду азоту, вуглецю оксиду в межах агломерації Полтава).

Практичне значення одержаних результатів. Екологічний стан атмосферного повітря м. Полтава потребує значної уваги та додаткових досліджень для виявлення причин забруднення атмосферного повітря, а також впровадження заходів щодо покращення якості повітря. Матеріали дослідження можуть бути використані під час розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень у галузі охорони атмосферного повітря, інформування населення про якість атмосферного повітря, вплив його забруднення на здоров'я та життєдіяльність населення.

Особистий внесок здобувача. Автором здійснено аналіз найпоширеніших забруднюючих речовин, що утворюються на енергоємних підприємствах м. Полтави, зокрема *діоксид сірки (SO_2)*, *пил*, *оксид вуглецю (CO)*, *оксиди азоту (N_xO_y)*, *фтористий водень (HF)* та *аміак (NH_3)*. Розглянуто основні особливості функціонування системи моніторингу забруднення атмосферного повітря в м. Полтава. Зокрема, розглядалися такі забруднюючі речовини: SO_2 , NO_2 , CO , CO_2 . Основними показниками забруднення повітря є тверді частки (PM), озон (O_3), діоксид сірки (SO_2) і діоксид азоту (NO_2). Проведено розрахунок інтегрального індексу забруднення атмосферного повітря м. Полтава. Здійснена характеристика структури викидів забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Полтава; проведений аналіз динаміки викидів забруднюючих речовин основними джерелами забруднення: промисловістю та автомобільним транспортом; здійснена оцінка стану забруднення повітря в м. Полтава та оцінка ризиків, пов'язаних з цим наслідків для здоров'я людини.

Апробація результатів роботи. Результати роботи апробовані на VII Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Ефективне функціонування екологічно стабільних територій у контексті стратегії

сталого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти». Полтава, 2023 рік.

Апробація результатів роботи. Результати роботи апробовані на VII Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти» 13 грудня 2023 року». Полтава, 2023 рік.

Публікації.

1. Тараненко А.О., Липівська В.О., Матухно Г.І. Аналіз техногенного навантаження на атмосферне повітря м. Полтави. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № Том 26 № 4. С. прийнято до друку. (довідка додається).

2. Липівська В.О., Тараненко А.О. Розрахунок індексу забруднення атмосферного повітря м. Полтава. Матеріали VII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти"». 2023. Полтава.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається із 54 сторінок тексту, 20 рисунків та додатків. Зміст роботи викладено у 2 розділах. Список використаної літератури становить 64 джерела.

ВСТУП

Діяльність людини негативно впливає на навколишнє середовище забруднюючи воду, яку ми п'ємо, повітря, яким ми дихаємо, і ґрунт в якому ростуть рослини. Хоча промислова революція мала великий успіх з точки зору технологій, суспільства та забезпечення численних послуг, він також запровадив виробництво величезних кількостей шкідливих речовин, що викидаються в повітря. Без сумніву, глобальна екологія забруднення вважається міжнародною проблемою охорони здоров'я з кількома гранями. Соціальні, економічні та законодавчі питання і звички способу життя пов'язані з цією основною проблемою. Очевидно, урбанізація та індустріалізація досягають безпрецедентних масштабів і вражаючих масштабів у всьому Світі в нашу епоху. Антропогенне забруднення повітря є однією з найбільших небезпек для здоров'я населення у всьому світі, враховуючи, що на нього припадає близько 9 мільйонів смертей на рік [3].

Безсумнівно, все вищезазначене тісно пов'язане зі зміною клімату, і в разі небезпеки наслідки можуть бути важкими для людства. Зміни клімату та наслідки глобального планетарного потепління серйозно впливають на численні екосистеми. Забруднення повітря має різні наслідки для здоров'я. Здоров'я вразливих та чутливих людей може постраждати навіть за найменшого забруднення повітря. Короткочасний вплив забруднювачів повітря тісно пов'язаний із ХОЗЛ (хронічною обструктивною хворобою легень), кашлем, задишкою, хрипами, астмою, респіраторними захворюваннями та високим рівнем госпіталізації (вимірювання захворюваності). Довгостроковими наслідками, пов'язаними із забрудненням повітря, є хронічна астма, легенева недостатність, серцево-судинні захворювання та смертність від серцево-судинних захворювань. Крім того, схоже, що забруднення повітря має різні шкідливі наслідки для здоров'я на ранніх етапах життя людини, такі як респіраторні, серцево-судинні, що можуть призводити до смертності або хронічних захворювань у дорослому віці. Дрібні та наддрібні тверді частинки пов'язані з більш серйозними

захворюваннями, оскільки вони можуть проникати в найглибші частини дихальних шляхів і легше досягати кровотоку. Зміни клімату та глобальне потепління підсилюють негативну ситуацію щодо забруднення атмосферного повітря.

Забруднення повітря в основному впливає на тих, хто живе у великих містах, де викиди автотранспорту найбільше погіршують якість повітря. Існує також небезпека промислових аварій, коли поширення токсичного туману може бути смертельним для населення прилеглих районів. Розсіювання забруднюючих речовин визначається багатьма параметрами, особливо стабільністю атмосфери та вітром.

Забруднення атмосферного повітря є основною екологічною причиною захворюваності та смертності в усьому світі. За оцінками, у 2015 році тривалий вплив твердих часток (PM) з діаметром менше або рівним 2,5 мкм (PM_{2,5}) спричинив від 4 до 9 мільйонів передчасних смертей. У всьому світі, рейтинг PM_{2,5} як п'ятий найбільший фактор ризику глобальної смертності [5].

Рівень забруднення повітря у європейських містах є нижчим від вимог ВООЗ щодо якості повітря. Тим не менш, дослідження показали зв'язок між забрудненням повітря та смертністю при концентраціях, нижчих за ці рекомендації, без доказів безпечного порогу впливу [9,11].

Відповідно, було підраховано, що в 2016 році понад 400 000 смертей (що дорівнює 7% річної смертності) в Європі були пов'язані з впливом PM_{2,5}, а понад 70 000 смертей (що дорівнює 1% річної смертності) були пов'язані з впливом NO₂. Більшість оцінок впливу забруднення повітря на здоров'я розраховано на глобальному рівні або на рівні. Однак, цей рівень аналізу дає мало вказівок на те, де потрібні термінові дії для зменшення несприятливих наслідків для здоров'я, пов'язаних із забрудненням повітря. Існує потреба в місцевих оцінках, які є більш релевантними для цільових політичних дій, і міста можуть представляти більш відповідну одиницю аналізу. У містах проживає 72% населення, і вони пропонують гарну можливість для зміни політики завдяки прямій місцевій підзвітності, кращій оперативності, ніж

національні уряди, і швидшим діям, ніж національні уряди. Крім того, міста часто є гарячими точками забруднення повітря. У містах автотранспорт є головним джерелом високого рівня забруднення повітря. В Європі внесок транспорту в міські концентрації $PM_{2,5}$ оцінюється в середньому в 14% від загальної міської концентрації $PM_{2,5}$, досягаючи 39% для окремих міст, і в концентрації NO_2 47%, досягаючи 70%. % для окремих міст. Крім того, місцеве спалювання палива (наприклад, побутове опалення, промислове спалювання та спалювання деревини) також сприяє високим концентраціям $PM_{2,5}$, із середнім внеском у міські концентрації $PM_{2,5}$ 13%, досягаючи до 48%.

Тому, якість атмосферного повітря особливо у містах є однією з найважливіших умов повноцінної життєдіяльності населення та збереження здорового довкілля для майбутніх поколінь.

РОЗДІЛ І

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПИТАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

1.1 Забруднення атмосферного повітря, як наслідок антропогенної діяльності.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, 92% населення світу живе в місцях, де рівень якості повітря перевищує рекомендовані норми. Останнім часом в Україні було найбільше смертей на кожні 100 000 осіб (зі 120 країн) через забруднення атмосферного повітря. Високий рівень забруднення атмосферного повітря спостерігається не лише в промислових регіонах, а й у столиці України. Основними джерелами забруднення є транспорт, енергетичні компанії, хімічно небезпечні підприємства, металургійні, машинобудівні, металообробні підприємства та промисловість, промисловість будівельних матеріалів, лісозаготівлі та ін. Найбільшим забрудненням атмосфери вважається небезпечна форма забруднення за об'ємом, оскільки забруднення промислово розвинутих міст токсичними речовинами набуває незворотного характеру та негативно впливає на здоров'я населення [1]. До основних техногенних забруднювачів, які викликають регіональні або глобальні зміни стану атмосфери і здоров'я населення, можна віднести оксиди вуглецю, діоксид сірки, оксиди азоту, вуглеводні сполуки, важкі метали, аерозолі. Ці забруднювачі надходять в атмосферу від стаціонарних і пересувних джерел забруднення [19,33]. Оцінка забруднення атмосферного повітря лише за викидами шкідливих речовин не повністю характеризує стан атмосферного повітря, через те, що не враховуються трансграничні переноси і забруднення від інших джерел (стаціонарних і пересувних). Тому для повної оцінки використовуються фонові концентрації основних забруднювачів. Концентрація забруднювальних речовин від окремих локальних джерел внаслідок процесів розсіювання і випадання домішок швидко зменшується з віддаленням від

джерела. Максимальні концентрації спостерігаються на відстані, що дорівнює 20 висотам труби. Тому небезпечні для здоров'я людини концентрації забруднювачів від таких джерел спостерігаються, як правило, на площі не більше 10-100 кв. км. В крупних промислових агломераціях відбувається накладання забруднення від окремих джерел тому загальна площа негативного впливу може бути близькою до площі агломерації або навіть перевищувати її [33]. Тверді частки - це хімічні сполуки і біологічні агенти. Це сукупність твердих і рідких тіл, які знаходяться у повітрі в приміщенні або на вулиці. Через різноманітну діяльність людини (наприклад, згорання двигуна в транспортних засобах, спалювання біомаси та іншого твердого палива, сільськогосподарську та промислову діяльність) або через природні причини (пил із посушливих районів) РМ можуть викидатися прямо в повітря або утворюються з викинутих забруднюючих речовин [49].

Дослідження наукових публікацій показало, що інформаційні параметри, які не відповідають сучасним вимогам швидкості та доступності використовуються для кількісної оцінки забруднення повітря в Україні. При цьому навіть із застосуванням АФІ фіксуються значні перевищення концентрацій різноманітних забруднюючих речовин в повітрі в Україні, зокрема оксиди сірки, азоту оксиди, фенол, формальдегід, фтористий водень, чадний газ, пил та ін. Основними забруднювачами повітря в Україні є підприємства переробної та добувної промисловості, постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря загальні викиди яких складають понад 92 % сумарних викидів від стаціонарних джерел. Серед видів економічної діяльності найбільша частка викидів забруднюючих речовин (без вуглецю викиди двоокису) припадає на постачання електроенергії, газу та кондиційованого повітря – 39,4%. Другою за обсягом є переробна промисловість викидів забруднюючих речовин в атмосферу. Це припадає 35,2%. При цьому частка в металургійне виробництво становить 29%. Добувна промисловість і розроблення кар'єрів становлять 17,7% загального обсягу кількості викидів в атмосферу [52]. Серед клімато-

погодних умов важливим є метеорологічний потенціал атмосфери. Цей показник характеризує переваження процесів (накопичення чи розсіювання протягом року на певній території) і визначається за повторюваністю днів зі швидкістю вітру 0-1 і більше 6 м с; днів з туманами та опадами. Якщо метеорологічний потенціал атмосфери більше 1, то переважають процеси накопичення, якщо менше 1, то – самоочищення атмосфери.

1.2. Вплив забруднюючих речовин на людину.

При сумарному забрудненні атмосферного повітря на рівні 10 ГДК спостерігається значне збільшення хронічних захворювань не тільки серед дітей, але і серед дорослих. Для деяких захворювань (ішемічна хвороба серця, гострі респіраторні хвороби і грип) суттєве їх поширення спостерігається тільки на рівні 20 ГДК. Таке забруднення мають промислові регіони та території, що прилягають до них. Найбільш небезпечно атмосферне забруднення для здоров'я дітей, яке знижує адаптаційні можливості дитячого організму, що призводить до зміни дихальних функцій і збільшення рівня легеневої патології. Також, у зонах розміщення атомних електростанцій можлива висока загальна захворюваність злоякісними пухлинами; теплових електростанцій і цементних заводів – силікози; в зоні металургійних заводів – хронічним бронхітом; кольорової металургії – раком легень; алюмінієвих заводів – отруєнь фтором [14,33]. Значно впливає на кількість шкідливих викидів склад автотранспорту, досконалість конструкції автомобілів, їх технічний стан, а також, якість і вид палива, яке використовується. Під час руху транспортних потоків в атмосферу надходить значна кількість токсичних речовин. Концентрація шкідливих речовин у повітрі внаслідок викидів від автотранспорту в багатьох містах світу перевищує їхні гранично допустимі концентрації [20]. Для кожної категорії транспортних засобів є маси, типи двигунів - ці стандарти вводять технічні норми викидів. Вони відображають максимальну масу викидів в атмосферу на одиницю роботи або пробігу, вироблених автомобілем і його двигуном. У вихлопних газах нормується вміст у г/кг або г/квт·год: окису вуглецю (СО);

вуглеводні (СН); оксиди азоту (NO_x); тверді частинки (ТЧ). Шкідливі речовини у вихлопних газах автомобілів створюють небезпечні концентрації для органів дихання людей. Це пов'язано з їх слабкою дисперсністю, а отже, довготривалим негативним впливом на здоров'я людини [17,22]. Зв'язок між даними щодо забруднення навколишнього повітря та смертністю від серцево-судинних захворювань, поширеністю високого артеріального тиску, високим рівнем холестерину, високим індексом маси тіла та цукровим діабетом 2 типу досліджують за допомогою кореляційного тесту. У деяких країнах результати показали, що серцево-судинні захворювання у літніх чоловіків і жінок мали загальну тенденцію до зниження [45]. Підвищені концентрації спостерігаються на території ТЕС, котелень, металургійних підприємств.

Діоксид сірки (SO₂) міститься у викидах хімічної, металургійної та паперової промисловості. Викиди діоксиду сірки сприяють утворенню кислотних дощів. Під час згоряння палива утворюється пил. *Чадний газ* (СО) утворюється при неповному згорянні вугільного палива. *Діоксид азоту* потрапляє в атмосферу під час при спалювання вугільного палива, а також у виробництві азотних добрив, фарб, синтетичних тканин [52]. Рівень забруднення атмосферного повітря визначається шляхом порівняння з гранично допустимими концентраціями (ГДК), включаючи їх разові та середньодобові значення [54]. Разові та середньодобові значення ГДК окремих забруднюючих речовин, концентрації яких вимірюють на стаціонарних постах. Найбільшу небезпеку становить бенз(а)пірен, який відноситься до речовин 1-го класу небезпеки. Інші перелічені речовини належать до 2–4 класів небезпеки [13,52]. Також, до основних факторів захворювань відносяться тверді частинки різного, але дуже малого діаметру, які проникають у дихальну систему через вдихання, викликаючи респіраторні та серцево-судинні захворювання, дисфункції репродуктивної та центральної нервової системи, а також рак. Незважаючи на те, що *озон* у стратосфері відіграє захисну роль від ультрафіолетового випромінювання, у високій концентрації на рівні землі він шкідливий, а також впливає на

дихальну та серцево-судинну системи. Крім того, оксид азоту, діоксид сірки, леткі органічні сполуки, діоксини та поліциклічні ароматичні вуглеводні вважаються забруднювачами повітря, шкідливими для людини. Чадний газ може навіть спровокувати пряме отруєння при вдиханні у великих кількостях. Важкі метали, такі як свинець, потрапляючи в організм людини, можуть призвести до прямого отруєння або хронічної інтоксикації залежно від впливу [28]. Попередні дослідження в інших країнах повідомляли про потенційні несприятливі наслідки впливу забруднювачів навколишнього повітря на якість сперми безплідних чоловіків, але дослідження на загальній популяції були обмеженими та суперечливими, а забруднювачі, які відіграють основну роль, залишаються неясними. Це дослідження мало на меті вивчити потенційний зв'язок між впливом шести забруднювачів повітря ($PM_{2,5}$, PM_{10} , NO_2 , SO_2 , O_3 і CO) протягом різних періодів розвитку сперми та якістю сперми серед населення в цілому, а також вивчити взаємодію між різними видами повітря вплив забруднюючих речовин. Було виявлено негативний зв'язок між впливом SO_2 та прогресуючою рухливістю та загальною рухливістю протягом 0–90 днів затримки та 70–90 днів затримки, а вплив SO_2 протягом 10–14 днів затримки негативно вплинув на концентрацію сперми та загальну кількість сперматозоїдів [2].

Вплив частинок *пилу* під час вдихання повітря може призвести до респіраторних проблем, захворювань і навіть смерті. Згідно досліджень, які проводили у медичних закладах, видно вплив частинок пилової бурі (монтморилоніту) на епітеліальні клітини легенів людини (A549) на рівні однієї клітини [16,23]. Використовуючи зображення живих клітин, стежили за окремими клітинами після впливу широкого діапазону концентрацій частинок пилу. Клітини, які загинули, взаємодіяли з частинками пилу довше та поглинули більше частинок пилу, ніж клітини, що вижили. У той час як більш високі концентрації пилу знижували життєздатність залежно від дози, вплив на загибель клітин був немонотонним, причому проміжна концентрація пилу призводила до більшої частки вмираючих клітин

порівняно з нижчими та вищими концентраціями. Подібні підходи до однієї клітини можуть слугувати основою для оцінки інших типів аерозолів, що покращить розуміння наслідків пилових бур для здоров'я [50]. Загалом було включено 752 нових підтверджених культуральним дослідженням випадків туберкульозу, зареєстрованих у закладах профілактики та боротьби з туберкульозом. Середні індивідуальні концентрації забруднення повітря для 5 різних вікон експозиції варіюються від 90 днів до 720 днів до встановлення діагнозу, були оцінені за допомогою вимірювань з монітора, розташованого найближче до домашніх адрес пацієнтів. Модель логістичної регресії, скоригована для потенційних факторів, використовувалася для оцінки кореляції між забрудненням повітря та ризиком захворювання на резистентний туберкульоз за п'яти окремих вікон впливу [53,57]. У медичних журналах поширюється інформація про токсичні забруднювачі навколишнього середовища, що порушують нормальну функцію плаценти та ендотелію. Також підтверджено, що вплив дрібних твердих часток навколишнього середовища (PM_{2,5}) у третьому триместрі асоціюється з підвищеним ризиком прееклампсії в мета-аналізі, що включає дев'ять когортних досліджень. Існують також докази *металів* (свинець, кадмій), хлорорганічних пестицидів і поліциклічних біфенілів і ризику прееклампсії. Фталати та бісфеноли є додатковими класами повсюдно поширених хімічних речовин, що руйнують ендокринну систему, і неоднозначні докази є факторами ризику [54].

Також все більше визнається, що повсюдне поширення зручного одноразового пластику призвело до глобальної проблеми забруднення пластиком із значними наслідками для навколишнього середовища та здоров'я. Зростає усвідомлення того, що фрагменти пластику розсіюються в повітрі та можуть бути вдихнуті людьми, що може спричинити негативний вплив на дихальну та інші системи. Природні та розширені дані збираються та порівнюються з лабораторними аналізами, щоб покращити розуміння потенційного несприятливого впливу вдихуваних частинок пластику на

здоров'я людини [27]. Вперше пластик мікророзміру в навколишньому середовищі виявили у 2016 році. Відтоді його виявили як у внутрішніх, так і зовнішніх зразках атмосфери, причому всередині приміщень було продемонстровано, що вони містять велику частку частинок. Рідкий розподіл частинок пояснюється їх швидким транспортуванням на великій відстані, чому в основному сприяє їх крихітний розмір (від 1 мкм до 5 мм) і низька щільність. Через поточні обмеження щодо розміру, який можна виявити, методів аналізу, а також відсутність стандартизованих процедур відбору проб і аналітичних процедур було проведено небагато досліджень мікропластику, що переноситься повітрям. Таким чином, факти щодо появи, глобального просторового розподілу, долі та загроз екосистемі та здоров'ю людини повітряних ще далекі від повного з'ясування [29]. З огляду на обговорювані аспекти, а також враховуючи умови зовнішнього повітря та різноманітні вторинні джерела, потенційну проблему впливу високих концентрацій *формальдегіду* у внутрішніх приміщеннях неможливо вирішити шляхом подальшого посилення вже існуючих правил, зокрема тому, що пікові концентрації і, отже, високі експозиції залишаться в основному без впливу. У зв'язку з тим, що *формальдегід* є сполукою з пороговою дією, цей аспект має велике значення. Отже, належним варіантом управління ризиками було б передусім звернення до пікових концентрацій, що походять із тимчасових та періодичних джерел [34].

Високі концентрації *озону* на поверхні можуть негативно вплинути на здоров'я людини та екологію і можуть утворювати фотохімічний смог у денний час [12]. *Озон* на рівні землі утворюється в результаті фотохімічної реакції (реакція з сонячним світлом) забруднюючих речовин, таких як NO_x від транспортних засобів і промислових викидів, а також летких органічних сполук, що викидаються транспортними засобами, розчинниками та промисловістю. Тому найвищі рівні забруднення O_3 припадають на періоди сонячної погоди. SO_2 — безбарвний газ із різким запахом. Основне антропогенне джерело SO_2 утворюється в результаті спалювання

сірковмісного викопного палива (нафти, вугілля) і виплавки мінеральних руд, що містять сірку, для опалення, транспортних засобів і виробництва електроенергії. Остеопороз характеризується зменшенням вмісту кісткової маси та мікроархітектури тканин. Це результат кумулятивних факторів, що впливають на здоров'я кісток. Кілька досліджень та організацій повідомляють про збільшення поширеності остеопорозу за останні кілька десятиліть, що може призвести до збільшення ризику наступних остеопоротичних переломів [7]. Поширеність дефіциту вітаміну D в багатьох країнах сприяє порушенню кальцієвого балансу, остеопенії та остеопорозу. Багатоцентрове дослідження остеопорозу (IMOS) повідомило, що більше двох третин жінок і половина чоловіків старше 50 років мають низьку мінеральну щільність кісткової тканини. В останні роки тенденція до зростання захворювань є перспективною критичною проблемою громадського здоров'я [18,39].

Карбонільні сполуки негативно впливають на здоров'я людини та відіграють важливу роль у атмосферних хімічних реакціях у тропосфері. Домінуючими джерелами атмосферних карбонілів були вихлопні гази транспортних засобів, нафтохімічні процеси та спалювання в житлових приміщеннях, про що свідчить хороша кореляція між карбонілами та основними забруднювачами, такими як CO та NO_x, і діагностичним співвідношенням формальдегіду до ацетальдегіду. Крім того, зворотні траєкторії свідчать про те, що транспорт повітряних мас також сприяє утворенню карбонільних сполук. Крім того, карбоніли продемонстрували сильну позитивну кореляцію з PM_{2,5}, ймовірно, через стимулюючу дію карбонільних сполук на атмосферну окислювальну здатність (АОС), що, у свою чергу, призводить до збільшення концентрації PM_{2,5}. З іншого боку, фотохімічне старіння PM_{2,5} викликає збільшення концентрації вторинних карбонілів [15].

Для оцінки ступеня забруднення атмосферного повітря використовуються фактичні максимально-разові і середньодобові

концентрації за декілька років, але не менше ніж за 2. Ці концентрації зіставляються з максимально-разовими і середньодобовими гранично допустимими концентраціями (ГДК). Максимально-разова ГДК необхідна для попередження рефлекторних реакцій у людини (відчуття запаху, зміни біоелектричної активності головного мозгу, світлової чутливості очей тощо) за короткотривалого впливу забруднювачів (до 20 хвилин), а середньодобова ГДК – з метою попередження резорбтивного (загальнотоксичного, канцерогенного, мутагенного та інше) впливу забруднювачів [33].

1.3. Особливості моніторингу забруднюючих речовин атмосферного повітря.

Системи моніторингу необхідні для отримання інформації про концентрацію твердих частинок і надання такої інформації доступності громадськості [56,63]. Моніторинг масових концентрацій частинок у навколишньому середовищі зазвичай виконується за допомогою невеликої кількості фіксованих інструментів із розривами в просторовому охопленні, які зазвичай оцінюються за допомогою моделювання чи інтерполяції. Результати моніторингових досліджень довкілля, спрямованих на проведення постійних натурних спостережень за явищами і процесами, що відбуваються в реальній дійсності, створюють необхідну основу для підготовки обґрунтованих рішень, спрямованих на підвищення рівня безпечної життєдіяльності людей, функціонування природних комплексів і об'єктів народного господарства [30,47]. Ефективність обробки результатів моніторингових досліджень значно підвищується за рахунок використання сучасних програмних засобів, що відносяться до геоінформаційних систем (ГІС) або виконують їх окремі функції, спрямовані на збір, зберігання, систематизацію баз даних (БД), редагування, перекласифікацію, видачу проміжні та підсумкові дані та результати у вигляді різних засобів просторового зображення. Математичне моделювання дозволяє обґрунтувати можливості відтворення сутності явища (процесу) моніторингу, його характеристику на різних етапах прояву та структурної визначеності на

основі застосування математичних розрахунків у роботі геоінформаційних систем [44,59]. Ефективний моніторинг повітря необхідний для кращого розуміння джерел і природи забруднення повітря для оцінки впливу, формулювання екологічної політики та оцінки ефективності такої політики. Існуючі системи моніторингу повітря, розташовані в міських місцях, часто обмежені в кількості та мають першочергову мету встановлення відповідності стандартам повітря та рекомендаціям. Зазвичай, станції моніторингу зазвичай розташовані подалі від джерел викидів і можуть не дозволяти враховувати вплив місцевих джерел на якість атмосферного повітря [8]. Незважаючи на те, що стаціонарні станції моніторингу атмосферного повітря надають дані щодо концентрації $PM_{2,5}$ в навколишньому середовищі в певному населеному пункті, вони мають обмеження щодо оцінки фактичного впливу на окремих осіб і населення за допомогою моделей час-активність [48]. Для забезпечення оптимальної роботи існуючої інформаційної системи моніторингу довкілля актуальним стало використання математичного моделювання на основі алгоритму асиміляції даних. Практична цінність роботи полягає в тому, що наведені результати можна використовувати для оцінки стану атмосферного повітря в режимі реального часу, моделювання стану атмосферного повітря в кожній точці міста та визначення зони підвищеної екологічної ризик у промисловому місті [61].

Для організації дослідницької діяльності щодо впливу *парникових газів* необхідно проводити численні експерименти на спеціалізованих майданчиках, більш відомих як вуглецеві полігони [40,41]. Просторові дані про викиди парникових газів зазвичай подаються у формі просторової сітки, яка також називається сіткою викидів. Дані про викиди на національному або провінційному рівні дезагреговані для того, щоб оцінити викиди в кожній клітинці сітки [35]. Виникає потреба в наявності обладнання, яке дозволяє вирішувати завдання збору та аналізу інформації в цій сфері. Для цих цілей створюється система моніторингу, яка може бути встановлена на безпілотний

літальний апарат, яка здатна аналізувати склад атмосферного повітря, а також зберігати отриману інформацію та передавати її на цільовий пристрій користувача. У даному випадку розглядається процес проектування та створення апаратно-програмного комплексу даного пристрою [4]. Процеси розсіювання забруднюючих речовин над складним рельєфом набагато складніші, ніж над рівнинними територіями, оскільки на них впливає взаємодія атмосфери з орографією в різних просторових масштабах [62]. Розроблено комбіновані моделі селективного та гібридного типів з індексацією часових рядів для прогнозування рівня забруднення атмосферного повітря в інфокомунікаційних системах моніторингу стану довкілля. Описані моделі дозволяють досягти більш високої точності короткострокового та середньострокового прогнозування порівняно з моделями, що входять до базового набору цих комбінованих моделей. Моделі та відповідні методи можуть бути використані при розробці інфокомунікаційних систем моніторингу стану навколишнього природного середовища та програмно-апаратних комплексів загального моніторингу довкілля [6].

Комісія Lancet із забруднення навколишнього середовища та здоров'я повідомила, що забруднення спричинило 9 мільйонів передчасних смертей у 2015 році, що робить його найбільшим екологічним фактором ризику захворювань і передчасної смерті у світі. Зменшення відбулося в кількості смертей, пов'язаних з типами забруднення, пов'язаними з крайньою бідністю [56]. Однак це зменшення смертності від забруднення побутового повітря та забруднення води компенсується збільшенням смертності через забруднення навколишнього повітря та забруднення токсичними хімікатами (тобто свинцем). Незважаючи на постійні зусилля агентств ООН, зацікавлених груп, зацікавлених осіб і деяких національних урядів (переважно в країнах з високим рівнем доходу), загалом можна виявити незначний реальний прогрес у боротьбі із забрудненням, особливо в країнах із низьким і середнім рівнем доходу, де забруднення є найбільшим. Необхідно терміново звернути увагу

на контроль забруднення та запобігання захворюванням, пов'язаним із забрудненням, з наголосом на забруднення повітря та отруєння свинцем, а також на небезпечне хімічне забруднення. Забруднення, зміна клімату та втрата біорізноманіття тісно пов'язані між собою. Успішний контроль над цими об'єднаними загрозами вимагає глобально підтримуваного формального науково-політичного інтерфейсу для інформування про втручання, впливу на дослідження та спрямування фінансування. Забруднення, як правило, розглядається як локальна проблема, яку потрібно вирішувати за допомогою субнаціонального та національного регулювання або, іноді, за допомогою регіональної політики в країнах з вищим рівнем доходу. Однак зараз стає дедалі очевиднішим, що забруднення є глобальною загрозою, і що його причини, його розповсюдження та вплив на здоров'я виходять за межі місцевих кордонів і вимагають глобальної відповіді. Необхідні глобальні дії щодо всіх основних сучасних забруднювачів. Глобальні зусилля можуть взаємодіяти з іншими глобальними програмами екологічної політики, особливо тому, що широкомасштабний швидкий перехід від усіх видів викопного палива до чистої відновлюваної енергії є ефективною стратегією для запобігання забрудненню, а також уповільнення зміни клімату, і таким чином досягається подвійна користь для здоров'я планети [58].

У роботі розглянуто проведення регіонального картографічного моніторингу для виявлення територіального розподілу показника якості атмосферного повітря території Полтавської області за місячний період на основі анімаційної карти. Дослідження спрямовані на оптимізацію інтервалу фіксації та картографічного зображення індексу якості атмосферного повітря ізолінією; врахування транскордонних забруднювачів повітря в межах модельної території з коригуванням його показника якості як індикатора картографування; виявлення природних та антропогенних факторів, що впливають на показник картографування [26,42]. У роботі використані загальні та спеціальні методи наукового дослідження, зокрема: аналіз і

синтез, наукова класифікація, порівняльний, інформаційний, кібернетичний, геоінформаційне картографування. У результаті виконання роботи виявляється певна циклічність у просторовому розвитку явища в часі, яка узгоджується зі зміною його по днях. Зростання забруднення повітря фіксується щодня приблизно з 12 до 24 години. Експериментально доведено, що найбільш негативно на якість атмосферного повітря модельної території впливають антропогенні чинники, зокрема викиди від стаціонарних та пересувних джерел [43]. Порівняльний аналіз карт забрудненості атмосферного повітря та метеорологічного потенціалу атмосфери свідчить про те, що на території України переважають процеси розсіювання [33].

РОЗДІЛ II

АНАЛІЗ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ М. ПОЛТАВА

2.1. Аналіз структури викидів забруднюючих речовин в атмосферу міста.

Аналіз даних щодо викидів забруднюючих речовин у повітря м. Полтави від стаціонарних джерел забруднення протягом 2016–2020 р.р. показав, що за останні роки рівень забруднення атмосферного повітря в місті залишався стабільним. Загалом спостерігається найбільше забруднення повітря в центральній частині міста; чистіше повітря спостерігається в лісопаркових зонах, особливо в західній частині міста. Найбільше впливає на якість атмосферного повітря виробляє наступні галузі: хімічна, нафтопереробна [10,21].

Механізм засмічення привертає все більшу увагу через широке застосування волокнистої фільтрації в промисловості. *Волокниста фільтрація* є одним із найефективніших способів видалення твердих частинок із рідини з повсюдним застосуванням у різноманітних сферах, включаючи очищення вихлопних газів для транспортних засобів та електростанцій, очищення стічних вод у мінеральній та нафтовій промисловості (*речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинок та волокон)*) [31]. Базуючись як на наявних епідеміологічних, так і на токсикологічних доказах, зосереджуємося на окремих властивостях *металів*, які зазвичай зустрічаються в забрудненні повітря $PM_{2,5}$, а також на їхніх концентраціях, джерелах і шкідливих впливах на здоров'я (*метали та їх сполуки*) [32,55]. Основне антропогенне джерело (озон) SO_2 утворюється в результаті спалювання сірковмісного викопного палива (нафти, вугілля) і виплавки мінеральних руд, що містять сірку, для опалення, транспортних засобів і виробництва електроенергії. Підвищені концентрації *озону* на поверхні спостерігались у 2019 та 2020 роках - 0,000003 тис. т, з 2016 по 2018 роки були нижче - 0,000001 тис. т.

Неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС) є важливими прекурсорами озону та вторинних органічних аерозолів і відіграють важливу роль у хімії тропосфери [24]. Діоксид сірки (SO_2) міститься у викидах хімічної, металургійної та паперової промисловості. Викиди діоксиду сірки сприяють утворенню кислотних дощів. Під час згоряння палива утворюється пил. Фтор та його сполуки надзвичайно отруйні. F_2 має подразнюючу дію, в кілька разів сильнішу ніж HF . Потрапляючи на шкіру, HF розчиняє білки, глибоко проникає в тканини, викликає тяжкі виразки. Флуор у складі фторапатита входить до складу зубної емалі, його дефіцит викликає карієс, а надлишок – підвищення ламкості кісток. Хлор відноситься до групи задушливих речовин, викликає сильне подразнення слизових оболонок, може призвести до набряку легенів. Високі концентрації призводять до рефлекторного гальмування дихального центру. Хлор – найважливіший біогенний елемент. Хлорид-іони входять до складу шлункового соку, беруть участь у різноманітних внутріклітинних процесах – підтримці осмотичного тиску та регуляції водно-сольового обміну [60]. За зовнішнім виглядом фреони являють собою безбарвний газ або рідину, що не має запаху. Фреон не горить на повітрі, тому є абсолютно пожежобезпечним. Аміак (NH_3), найпоширеніший лужний газ в атмосфері, відіграє значну роль в утворенні $PM_{2,5}$, хімічному складі атмосфери та утворенні нових частинок [25,37,38].

У наведені дані з 2016 року по 2020 рік по загальному обсягу викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря в агломерації «Полтава» та викиди від стаціонарних джерел. Дивлячись на результати викидів можна вважати, що концентрації забруднюючих речовин йдуть до спаду. Можна побачити, що високий рівень викидів був у 2016 році - 2,4175 тис. т, у 2017 році рівень трохи знизився - 2,33233 тис. т, у 2018 році обсяг знижується, але він все ж таки залишається у зоні ризику, він становить - 2,22465 тис. т, у 2019 році - 1,9861 тис. т, а у 2020 рівень забруднення поступово знизився до 1,710 тис. т. (Рис.1).

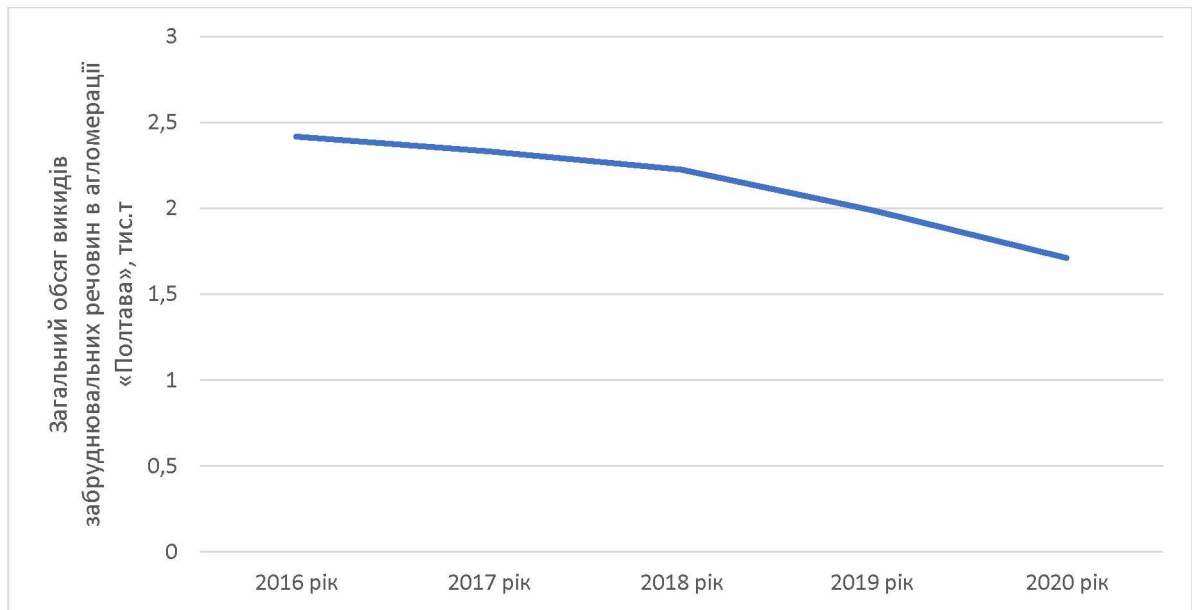


Рис.1. Динаміка загального обсягу викидів забруднювальних речовин в агломерації «Полтава», тис.т

Аналізуючи статистичні дані обсягу викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел, ми бачимо, що загальна тенденція також йде до скорочення. У 2016 році спостерігалось значне перевищення концентрацій – 1,208823 тис. т., у 2017 році викиди знизились до 1,166217 тис.т., а у 2018 до 1,112332 тис.т., що вважається переважно високим, на наступний 2019 рік динаміка зменшилась ще трохи – 0,992979 тис.т., у 2020 дійшла до 0,855055 тис.т., що показує невеликий спад та відходу від групи ризику (Рис. 2)

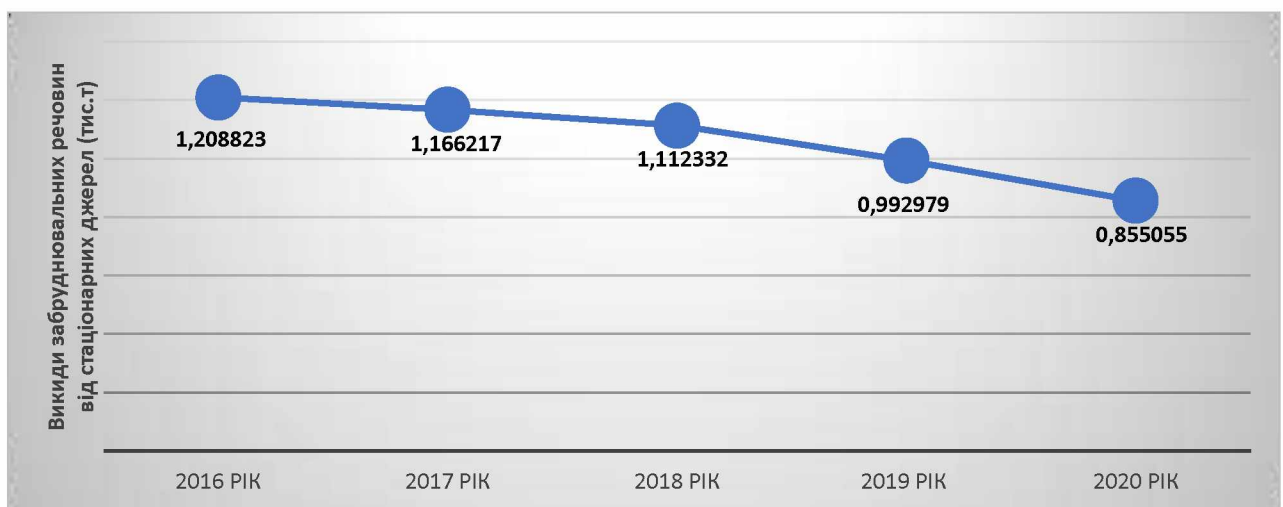


Рис.2. Динаміка викидів забруднювальних речовин від стаціонарних джерел (тис.т)

Рис. 3 дає характеристику динаміки викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел за кожною з видів забруднюючих речовин. Зображено підвищення кількості викидів сполук азоту, принаймі з 2016 по 2020 рр. вони залишаються найвищими. Наступними забруднюючими речовинами є речовини у вигляді суспендованих твердих та оксид вуглецю. У 2016 році їх концентрація майже однакова (0,237543 тис.т.) та (0,23593 тис.т.), але починаючи з 2018 року викиди твердих речовин спадають. Обсяг оксиду вуглецю залишався стабільним впродовж 5 років. Також можна помітити зниження діоксиду та інших сполук сірки з 2018 по 2020 рр. (у 2018 - 0,15049 тис. т., у 2020 - 0,02661 тис т.). Згідно рис.3 метали та їх сполуки найменше забруднюють навколишнє середовище, але у відмінності від 2016 року, на 2020 видно що концентрація зростає, що є має негативний характер.

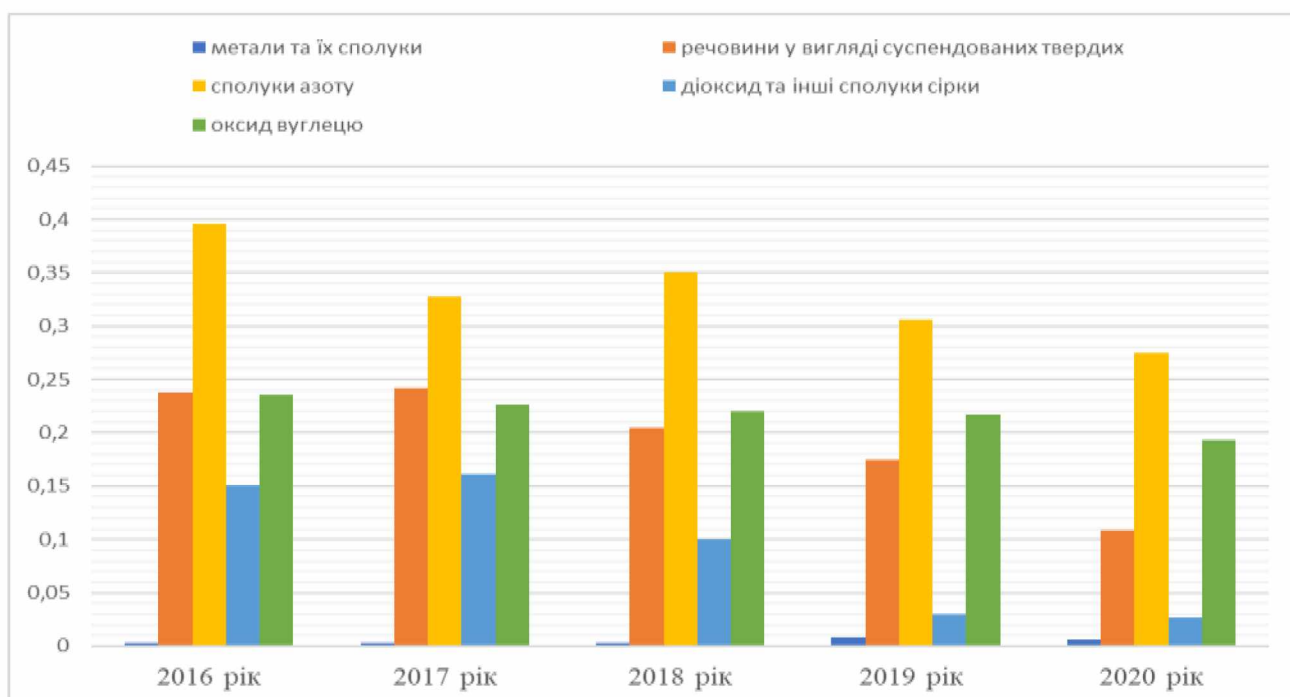


Рис.3. Динаміка викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел, тис. т.

Рис. 4 показує, що у 2019 році була найвищий обсяг викидів усіх забруднюючих речовин. При цьому, відмічено значне перевищення хлору (0,000581 тис. т.). Але на 2020 рік його вміст зменшується до 0,000475 тис. т. Також помітно що, зі всіх інших забруднюючих речовин вибивається ще

фтор. На жаль, за статистикою його динаміка залишається і на 2020 рік високою - 0,000108 тис.т., ніж у 2016 - 0,000044 тис.т. Фреони та ціаніди мають майже однакові показники у 2018 році. Однак, фреони на даний час зменшилися практично остаточно, тоді як ціаніди залишалися стабільними з 2016 по 2019 рр., а у 2020 пішли на спад. Стійкі органічні речовини були досить високими у 2016 та 2017 рр., на 2020 рік дані по ним відсутні.

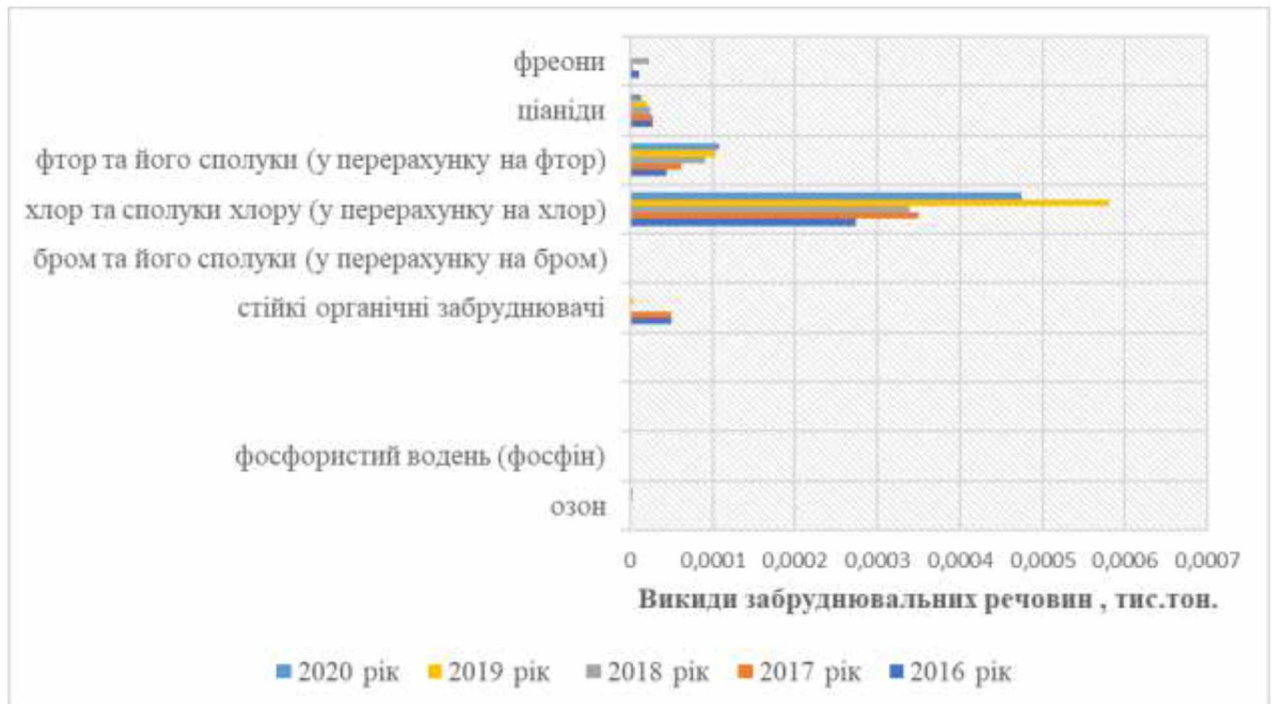


Рис.4. Динаміка викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел, тис. т.

Статистичні дані показують, що обсяг викидів забруднюючих речовин в агломерації «Полтава» станом на 2020 рік має тенденцію до скорочення, враховуючи і стаціонарні джерела у тому числі.

2.2 Аналіз джерел викидів забруднюючих речовин м. Полтава.

На 2022 рік нараховувалось 494 підприємства Полтавської області, які здійснювали викиди забруднюючих речовин та парникових газів. У 2021 році кількість становила 525, у 2020 піднялась до 576. Також слід враховувати, що станом з 2016 по 2019 роки кількість залишалась нестабільною: станом на 2019 рік було нараховано 623 підприємства, у 2018 році – 614, однак у 2017 вона становила 641, у 2016 році – 540, у 2015 – 651, а у 2014 вона була

найменшою – 464. Тобто, ми бачимо, що у наступні роки кількість підприємств коливалась між 540 та 623, а станом на 2022 рік вона все ж знижена до 494. Найбільше підприємств розташовано у Полтаві та Кременчуці. В середньому одним підприємством області було викинуто в атмосферне повітря 52,2 т (у 2021 році це становило 99,9 т, роком менше (2020) викидів нараховано 79, 539 т, з 2017 по 2019 обсяг викидів коливався між 81, 797 т та 87, 196 т : 2019 рік – 81,797 т, у 2018р. – 84,945т, у 2017р. – 87,196т, у 2016 році кількість забруднюючих речовин піднялася до 104,103т, коли минулого року (2015) вона була знижена до 85,4 т, а станом на 2014 рік вона знов підвищена - 135,6т) забруднюючих речовин. Великий вплив дільності спострегіється у м. Кременчук, де викинуто 27,4% від усіх викидів стаціонарних джерел області. Одним з великих забруднювачів атмосферного повітря у області залишається ПАТ «Укртатнафта» – він нараховує 22,8% обласних викидів. У м. Горішні Плавні об'єми викидів забруднюючих речовин становлять 26% від усіх викидів стаціонарних джерел області, з яких майже 40 % – у вигляді суспендованих твердих частинок. Найбільшим забруднювачем атмосфери є все ж ПрАТ «Полтавський ГЗК» – 21% обласних викидів.

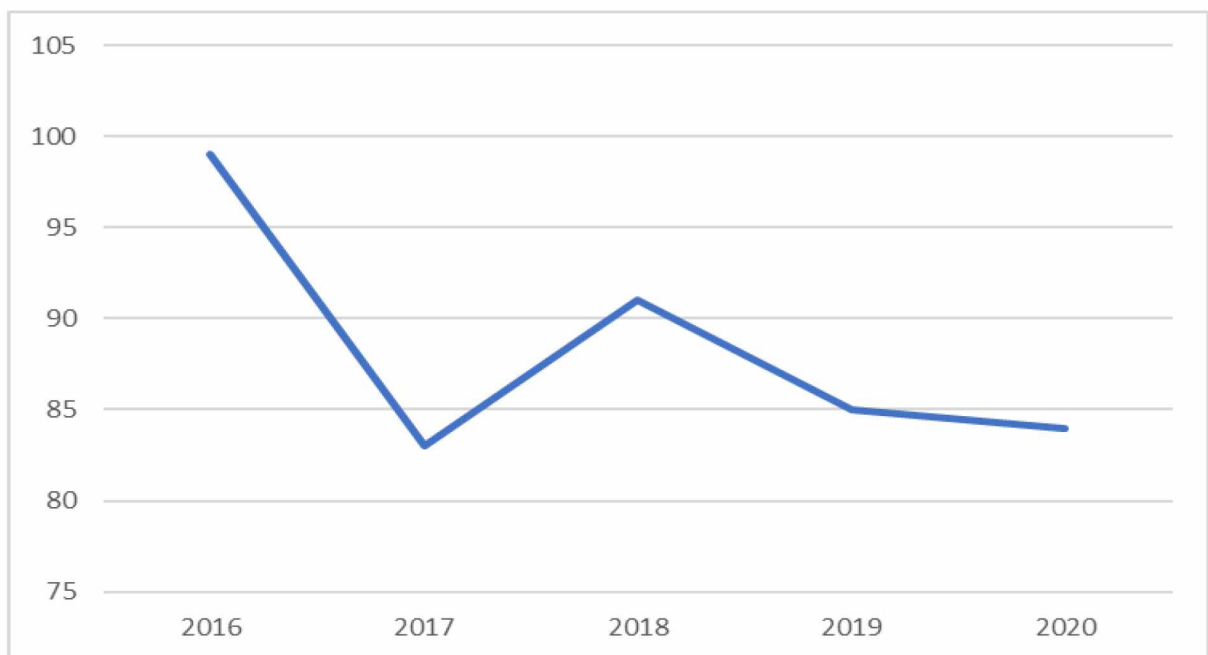


Рис. 5. Загальна кількість підприємств, що здійснюють викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря, од.

На рис. 5 зображено, що загальна кількість підприємств, які здійснювали викиди забруднюючих речовин у 2016 році становила 99. Набагато більше ніж у 2017 – 83. Проте на 2018 рік кількість підвищилась до 91, але у 2019 все ж таки знизилась до 85 підприємств. Станом на 2020 рік існувало 84.

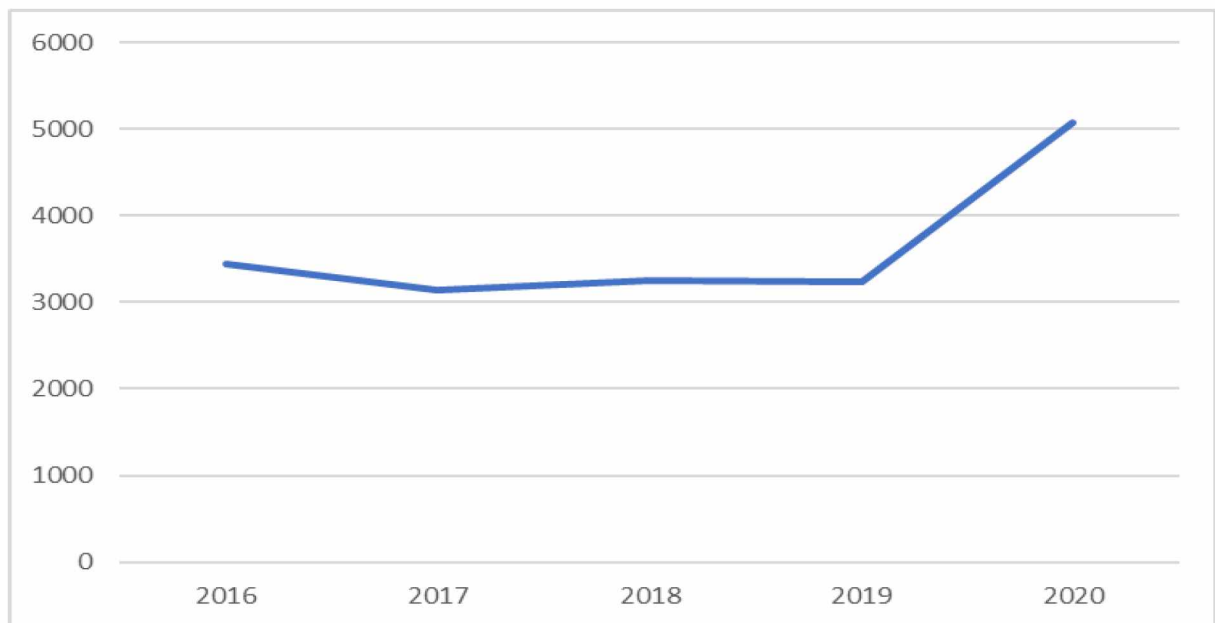


Рис. 6. Кількість зареєстрованих транспортних засобів, од.

Як показує рис. 6, кількість зареєстрованих транспортних засобів з 2016 по 2020 рр. нараховувало 18 154. Кількість зареєстрованих транспортних засобів, які належать юридичним особам на 2016 рік складало 351, що менше по відношенню до наступних років : 2017 рік – 502; 2018 – 550; 2019 – 572; 2020 – 646. Кількість, яка належить фізичним особам у 2016 році нараховувала 3093, наступного року чисельність зменшилась до 2642, на 2018 рік вона трішки підвищилась – 2707, 2019 року вона знову знизилась до 2657, а у 2020 році кількість становила 4434. Видно що, з 2016 по 2020 рр. кількість зареєстрованих транспортних засобів значно виросла, це насамперед каже про те, що забруднення атмосферного повітря збільшиться у 2 рази, так як викидів шкідливих речовин буде становити 90 %, у тому

числі: 94 % - у викидах оксиду азоту, 92 % - у оксиду вуглецю, 90 % - сажі, 75 % викидів метану та неметанових органічних сполу, 70 % викидів діоксиду сірки та 62-65 % діоксид азоту [46,51].

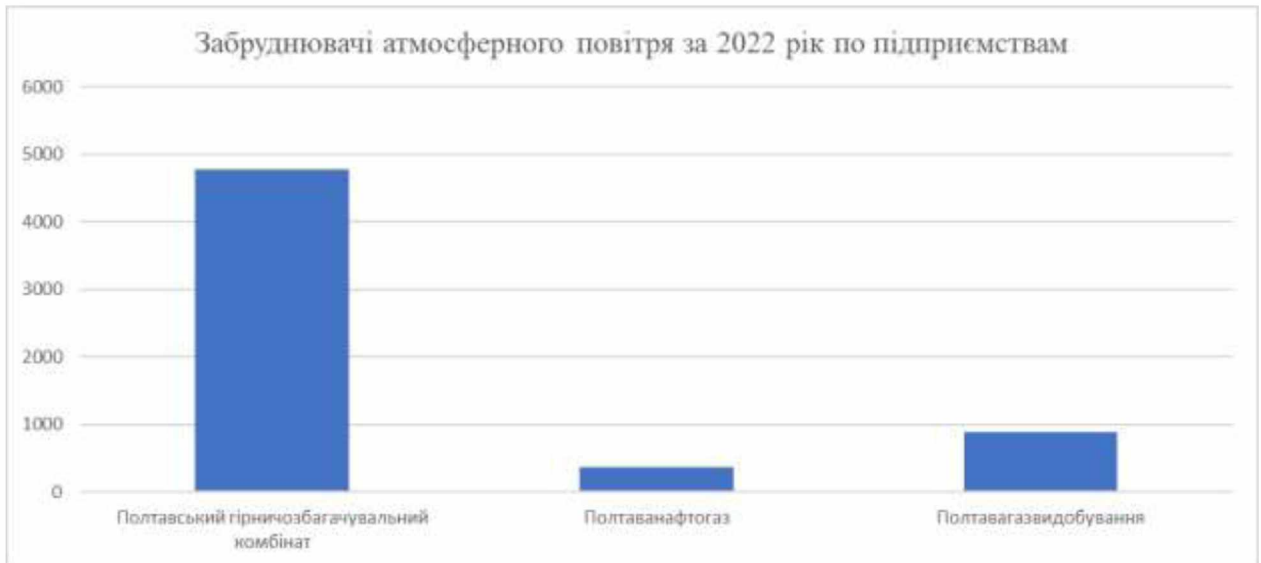


Рис. 7. Забруднення атмосферного повітря м. Полтава за підприємствами

Рис.7 зображає викиди забруднюючих речовин за підприємствами, розташованими в межах агломерації «Полтава» за 2020 рік. Можна бачити, що головним забруднювачем атмосферного повітря був *Полтавський гірничозбагачувальний комбінат*, частка викидів якого становила 4777,4, викиди *Полтавагазвидобування* виявились більш низькими та дорівнювали 885,6, а забруднення від підприємства *Полтаванафтогаз* значили найменше 372,4 [51].

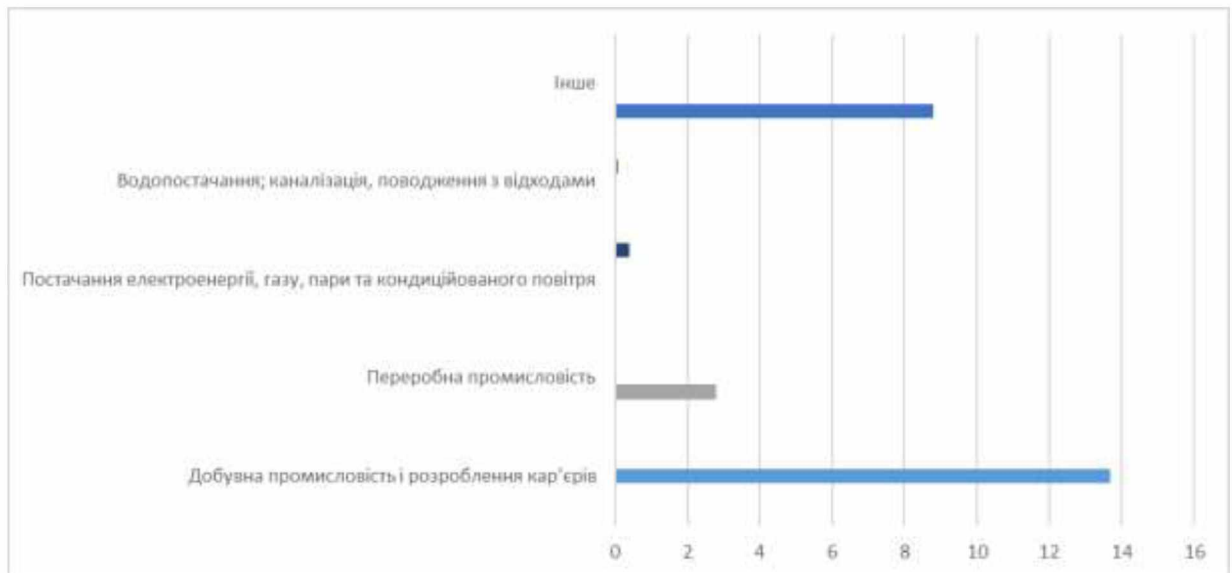


Рис. 8. Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря у 2022 році за видами економічної діяльності тис.т

Обсяг викидів забруднюючих речовин за видами економічної діяльності (рис.8) показує, що найбільше забруднює *добувна промисловість і розроблення кар'єрів* – 13,7 тис.т., потім йде *переробна промисловість*, яка становить 2,8 тис.т., далі *постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря* – 0,4, ще нижче стоїть *водопостачання* – 0,1. *Інше* – 8,8. Загалом обсяг викидів становить 25,8.

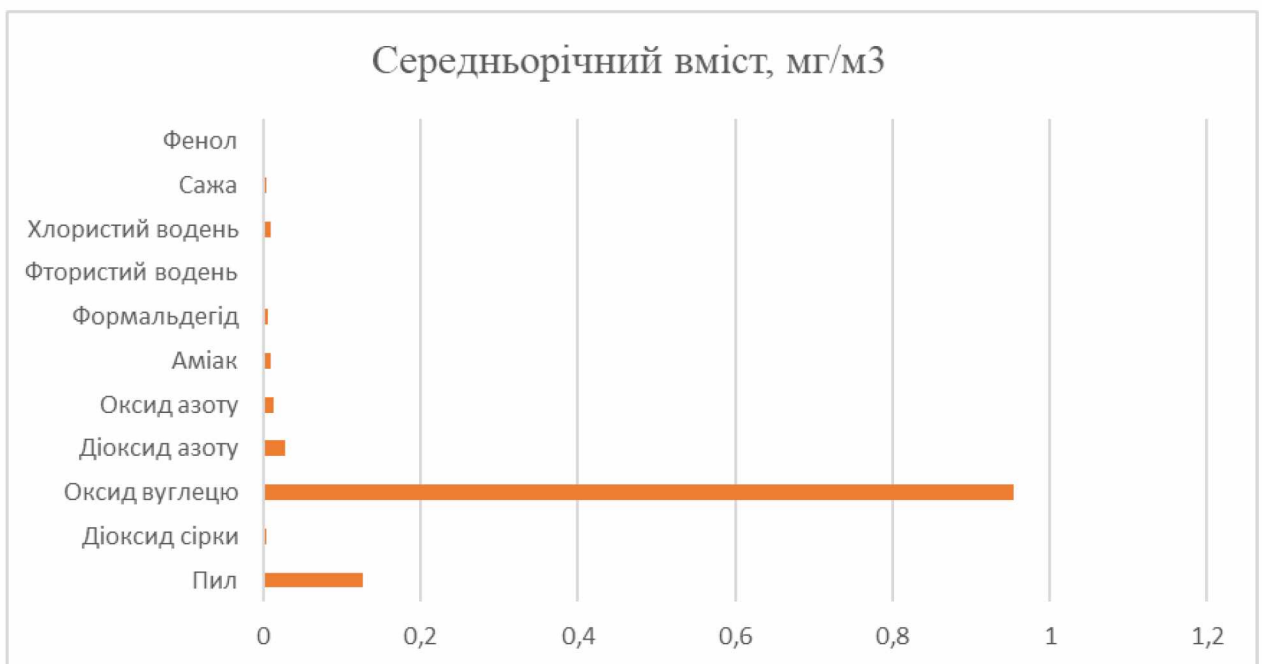


Рис. 9. Вміст основних забруднюючих речовин в атмосферному повітрі

Аналіз вмісту основних забруднюючих речовин (рис. 9) показує, що найбільш високу концентрацію має *оксид вуглецю* – 0,98, *пил* становить – 0,12, більше за *діоксид азоту* – 0,02 та *оксид азоту* – 0,01, також *аміак* і *хлористий водень* мають однаковий відсоток – 0,009, далі йде *формальдегід* – 0,006, який трохи вищий за *діоксид сірки* та *сажу*, у яких концентрація теж однакова – 0,004, показник *фтористого водню* та *фенолу* ідентичний та самий низький з всіх – 0,001. У порівнянні з максимально-разовими ГДК, тут є зменшення всіх елементів за концентрацією окрім *пилу*, який перевищує середньорічний вміст.

Видно що, у максимально-разовій ГДК *діоксид сірки*, *оксид азоту*, *хлористий водень*, *аміак* та *сажа* мають більш вищі концентрації, що до *діоксиду азоту* та *фтористого водню*, то вони навпаки менше від середьорічної концентрації.



Рис. 10. Вміст основних забруднюючих речовин в атмосферному повітрі

Як зображено на рис. 10, найвищий за всі речовини *оксид вуглецю* – 5, *діоксид сірки* та *пил* однакові – 0,5, *діоксид азоту* становить трохи менше – 0,4, також однакова концентрація у *хлористого водню* та *аміаку* – 0,2, нижче вважається *сажа*, яка становить – 0,1 за ним йде *діоксид азоту* – 0,08, далі *формальдегід* – 0,03, потім *фтористий водень* – 0,02 та *фенол* – 0,01.

Аналіз структури викидів забруднюючих речовин у м. Полтава за 2022 рік показує, що речовинами, що перевищують гранично-допустиму концентрацію є пил 5 (0,15) та діоксид азоту 0,4 (0,2).

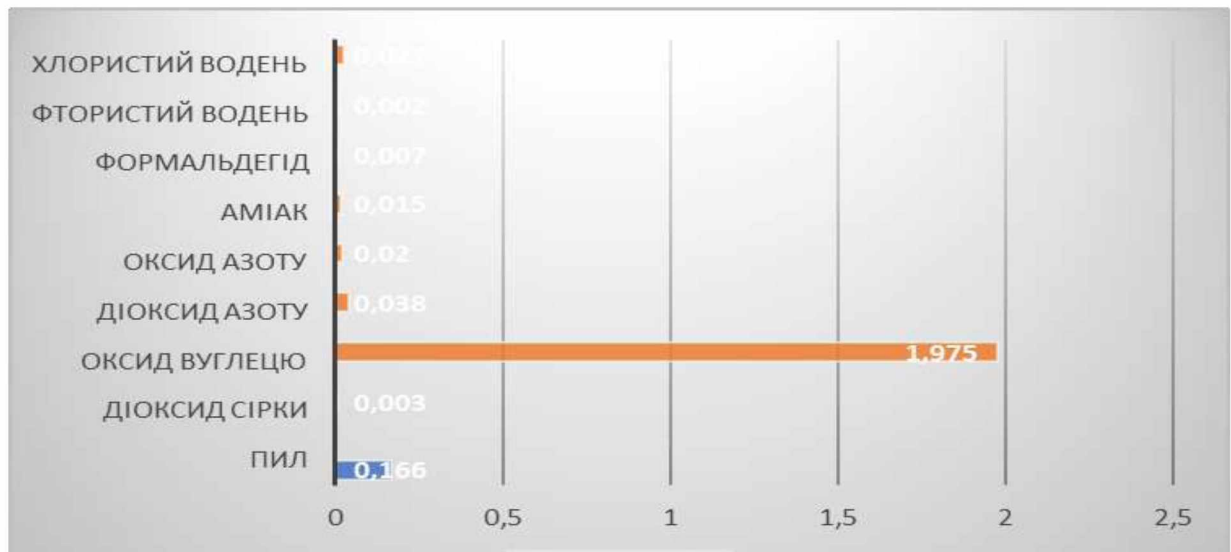


Рис. 11. Найбільші середні і максимальні концентрації забруднюючих речовин (в кратності ГДК) в атмосферному повітрі міст 2022 року

В даному випадку (рис. 11) найбільш високу концентрацію має *оксид вуглецю* – 1,975. Інші речовини становлять меншу частку викидів, з них: *пил* – 0,166, *діоксид азоту* – 0,038, *хлористий водень* – 0,027, *оксид азоту* – 0,02, *аміак* – 0,015, *формальдегід* – 0,007, *діоксид сірки* – 0,003, *фтористий водень* – 0,002.

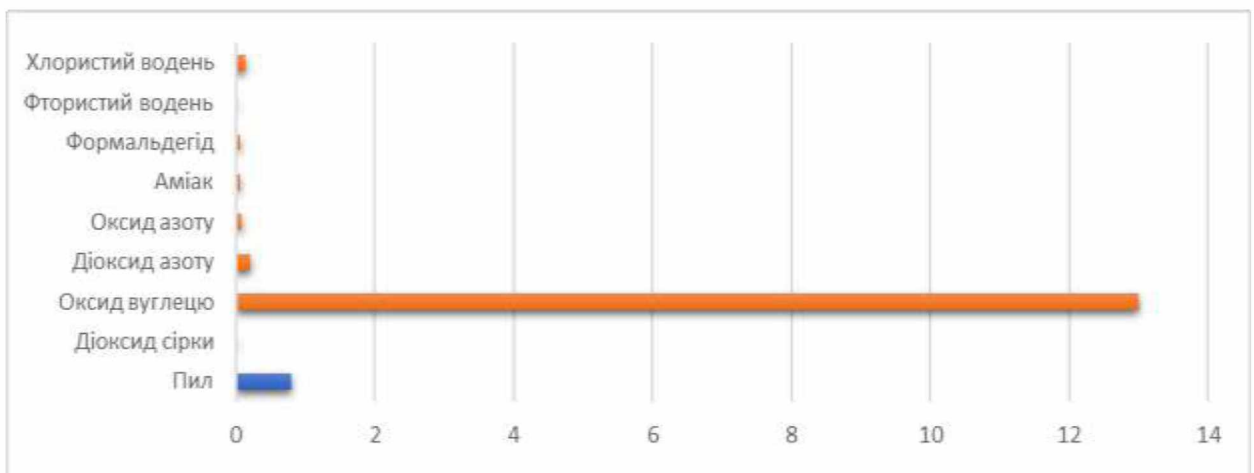


Рис. 12. Найбільші середні і максимальні концентрації забруднюючих речовин (в кратності ГДК) в атмосферному повітрі міст 2022 року

У максимально разовій концентрації (рис. 12) також найвищим є *оксид вуглецю* частка якого становить аж 13. При цьому він і залишається єдиним високим. *Пил* стоїть нижче оксиду, але вище інших забруднювальних речовин – 0,8. *Діоксид азоту* дорівнює 0,2, коли *хлористий водень* – 0,1, *оксид азоту* становить 0,08, далі йде *аміак* – 0,06, нижче *формальдегід* – 0,05, потім *діоксид сірки* – 0,02 та *фтористий водень* – 0,01.

Аналіз структури викидів забруднюючих речовин у м. Полтава за 2021 рік показує (рис. 13) високу концентрацію *оксиду вуглецю* – 1,95. Він також стоїть найвищим. *Пил* дорівнює 0,14, *діоксид азоту* – 0,03, *оксид азоту* та *хлористий водень* мають однакові показники – 0,02. Також, менше за них становить *аміак* – 0,01. Нижчу концентрацію мали *формальдегід* – 0,006, *діоксид сірки* – 0,003 та *фтористий водень* – 0,002. Можна побачити, що середньорічна концентрація забруднюючих речовин майже не відрізняється від максимально-разової, за елементом, що середньорічна концентрація *оксиду вуглецю* трішки нижча за максимально-разову.

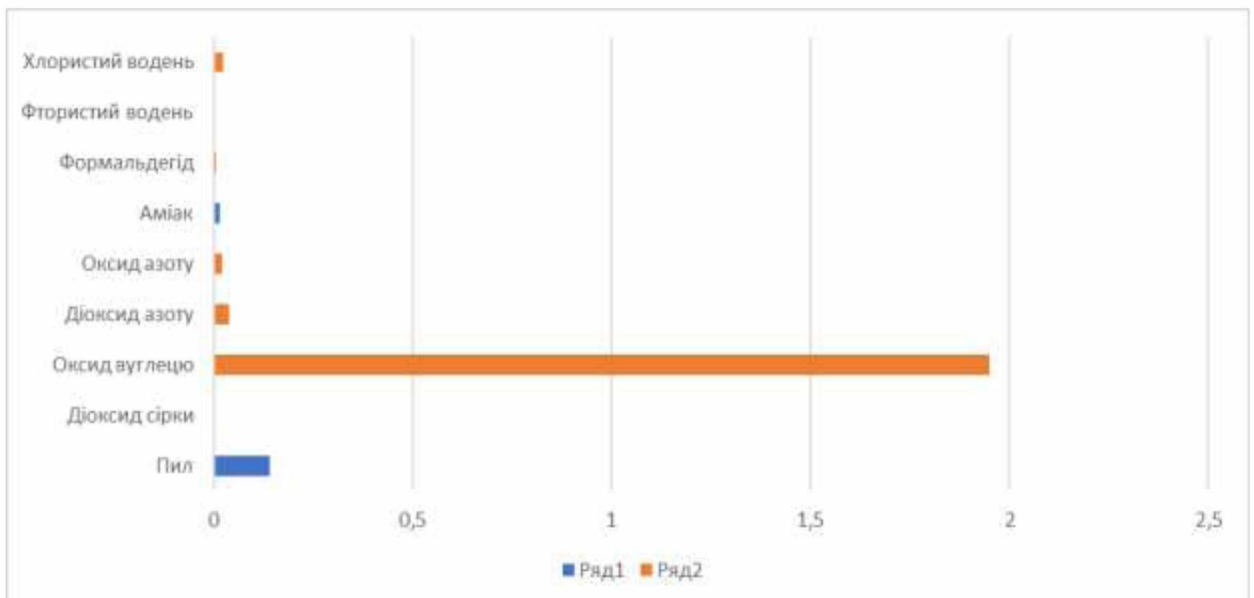


Рис. 13. Середньорічні концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі в м. Полтава за 2021 рік

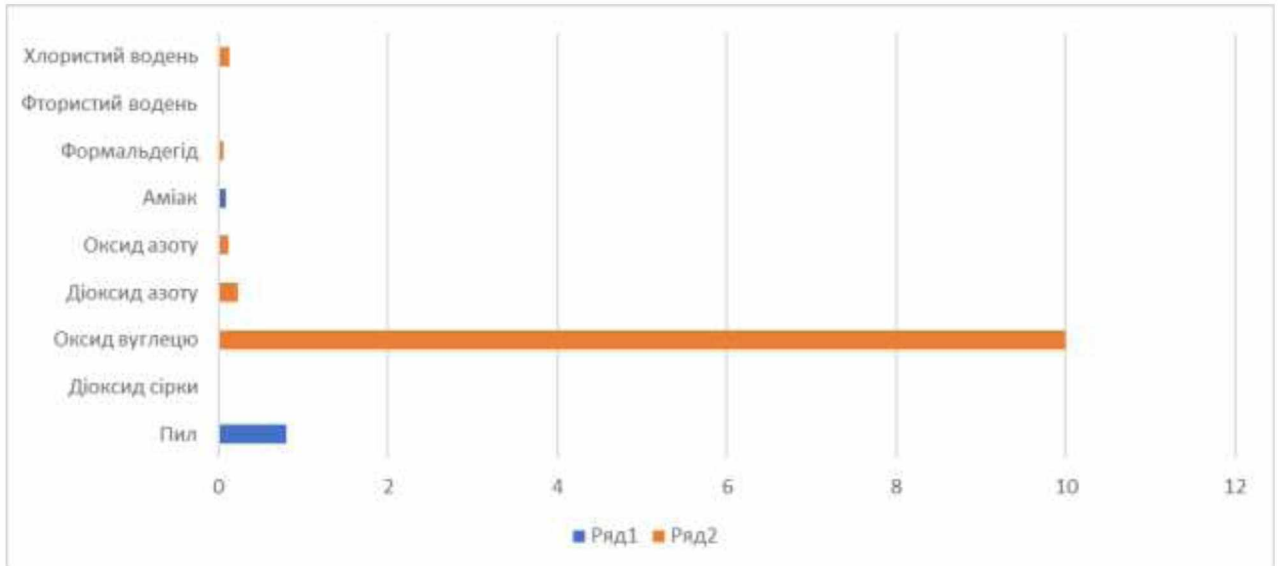


Рис. 14. Максимально-разові середньорічні концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі в м. Полтава за 2021 рік

Рис. 14 показує знов перевищення *оксиду вуглецю* – 10, *пилу* – 0,8, *діоксид азоту* – 0,2, *оксид азоту* та *хлористий водень* ідентичні – 0,1. Також видно, що *аміак* – 0,09, стоїть трохи вище *формальдегіду* – 0,05, *діоксиду сірки* – 0,02 та *фтористого водню* – 0,01.

Аналіз структури викидів забруднюючих речовин у м. Полтава за 2020 рік показує (рис.15) показує, що вміст *оксид вуглецю* становив 2,07, тобто трохи вище інших речовин. Частка *пилу* підпадала до 0,1. *Діоксид азоту* – 0,03 має показник трішки більше за *хлористий водень* – 0,021, *оксид азоту* – 0,019 та *аміаку*, що дорівнювала 0,012. Так само, як *формальдегід* – 0,005 стоїть вище *діоксиду сірки* – 0,003 та *фтористого водню* – 0,002.

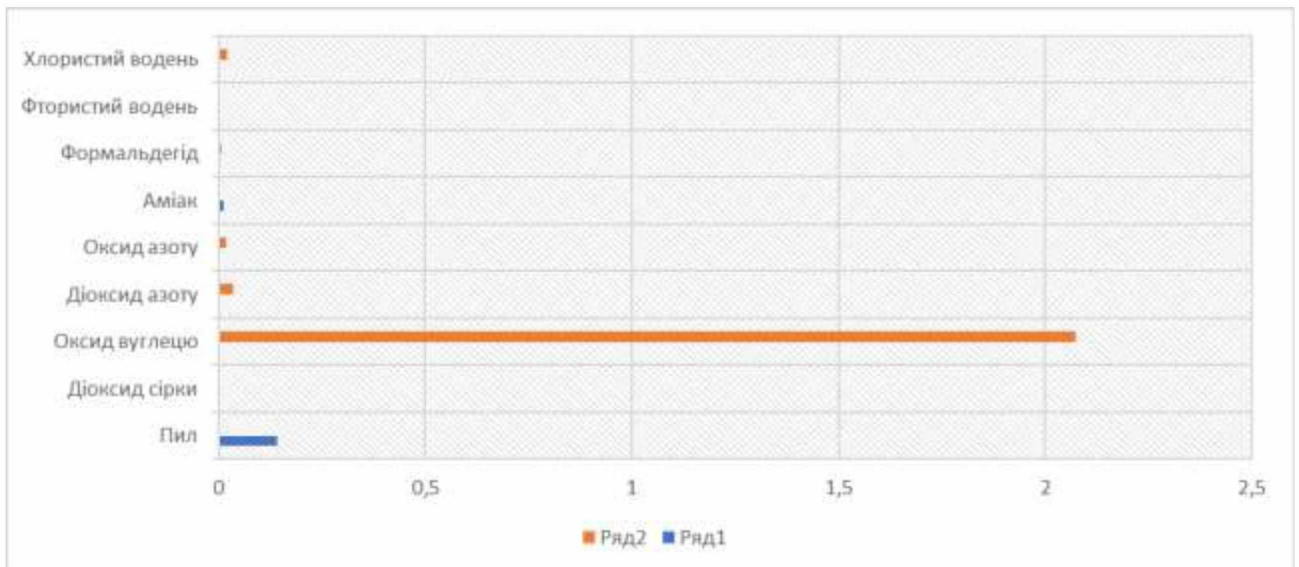


Рис. 15. Середньорічні концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі в м. Полтава за 2020 рік

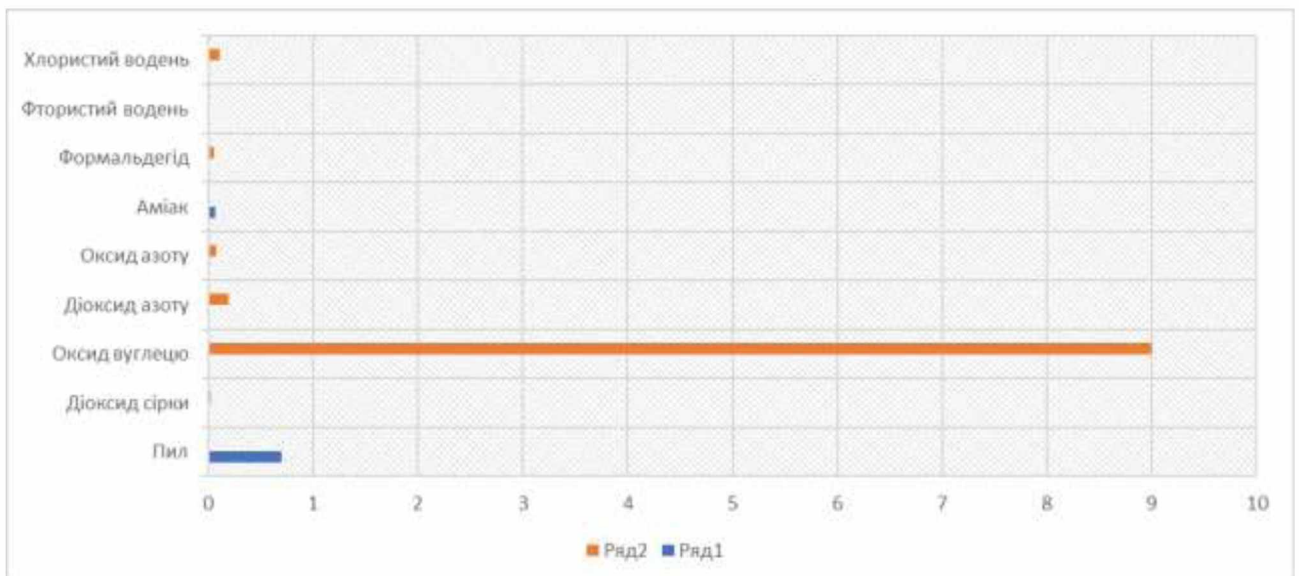


Рис. 16. Максимально-разові середньорічні концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі в м. Полтава за 2020 рік

До забруднюючих речовин максимально разової концентрації на рис.16, відноситься *пил* концентрація якого складає 0,7, менше стоїть *діоксид азоту* – 0,2, ще менше *хлористий водень*, який дорівнює 0,1. *Оксид азоту* складає 0,08, трохи менше становить *аміак* – 0,07, тоді як *формальдегід* – 0,05, *діоксид сірки* складає 0,02 та *фтористий водень* має найменшу частку викидів 0,01. Концентрація оксиду вуглецю досить висока – 9.

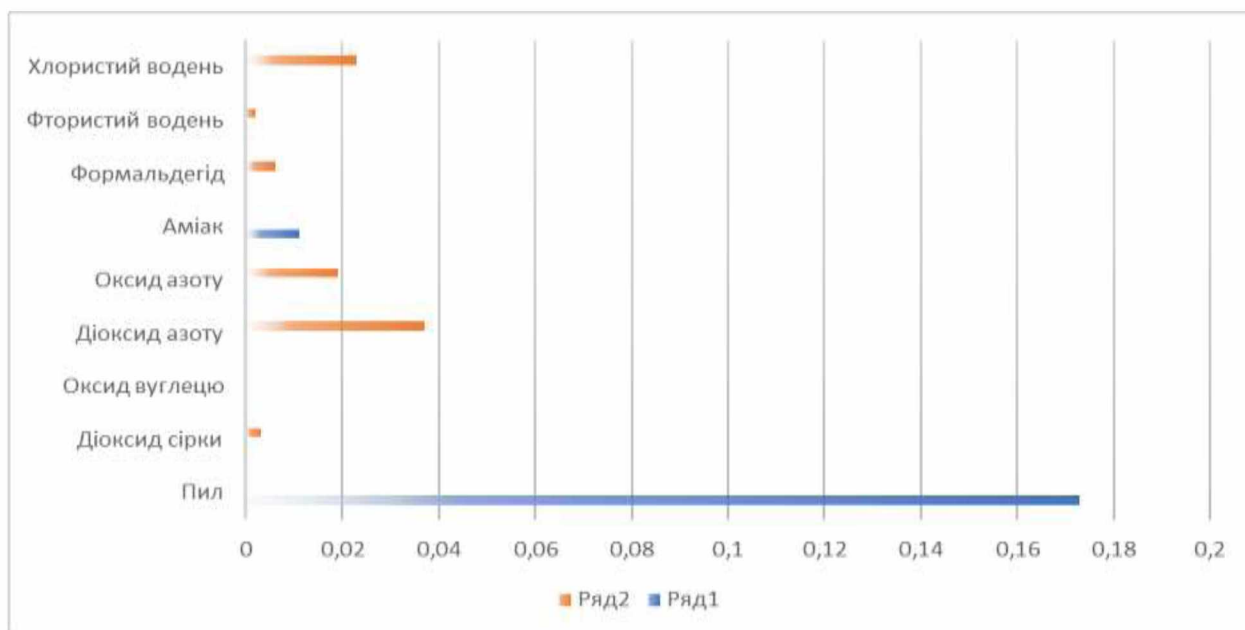


Рис. 17. Середньорічні концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі в м. Полтава за 2019 рік

Аналіз структури викидів забруднюючих речовин у м. Полтава за 2019 рік (рис.17) показує, що середньорічна концентрація *пилу* значила 0,17, тоді як *діоксид азоту* становив менше 0,03, ще нижче були *хлористий водень*, який дорівнював 0,02, *оксид азоту* – 0,019 та *аміак* – 0,011. Обсяг *формальдегіду* – 0,006, *діоксид сірки* становив 0,003, менше за нього *фтористий водень* – 0,002. Найвищим вважався *оксид вуглецю* – 1,9. Середньорічна концентрація забруднюючих речовин відрізняється від максимально разової концентрації. Середньорічна концентрація *пилу*, *діоксид азоту*, *оксид азоту*, *хлористого водню*, *формальдегіду*, *діоксиду сірки*, *фтористого водню* та *аміаку* вище за максимально разову, лише *оксид вуглецю* становить менше. А у маскимально-разовій концентрації всі забруднюючі речовини, окрім *оксиду вуглецю*, навпаки становлять менше за середньорічну. В даному випадку видно гарне перевищення *пилу*, тобто загальне масове навантаження пилу в атмосфері для кожного розміру частинок [36].

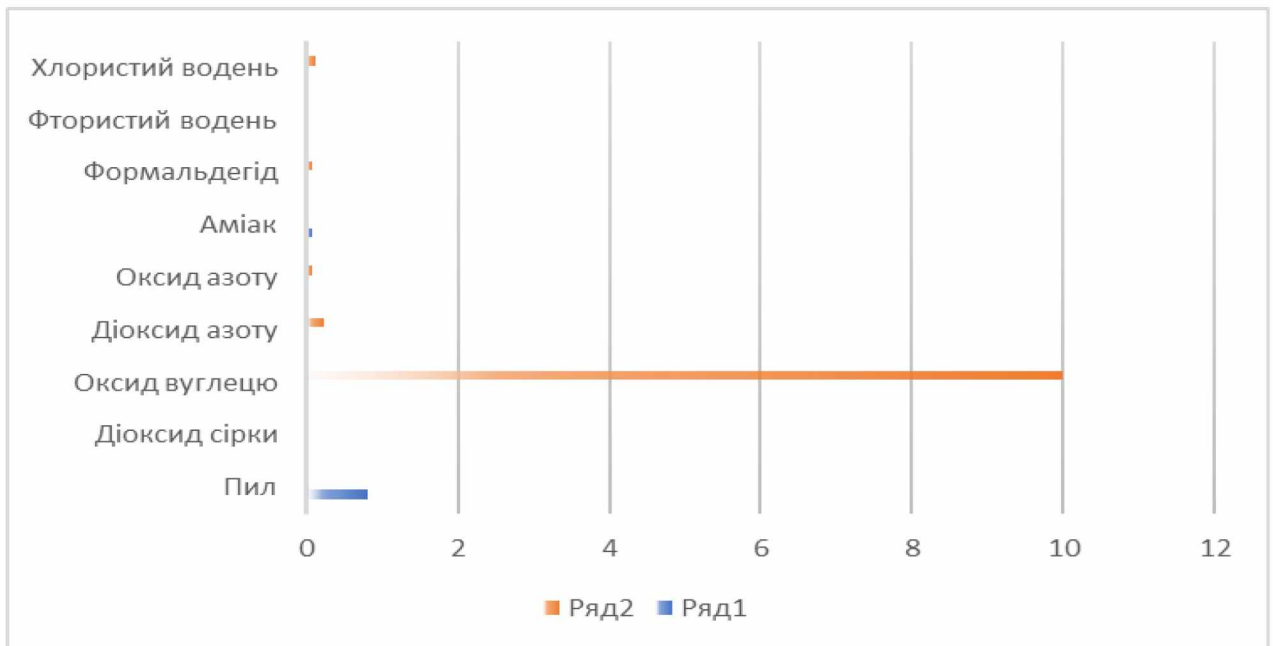


Рис. 18 Максимально-разові середньорічні концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі в м. Полтава за 2019 рік

Тоді як, максимально разова концентрація (рис.18) *оксида вуглецю* становила 10. *Пил* дорівнював 0,8, *діоксид азоту* – 0,2 та *хлористий водень* - 0,1. Далі йдуть речовини, які стоять трохи нижче: *оксид азоту* – 0,08, *аміак* – 0,07, *формальдегід* – 0,06, *діоксид сірки* – 0,02 та найменший *фтористий водень* - 0,01.

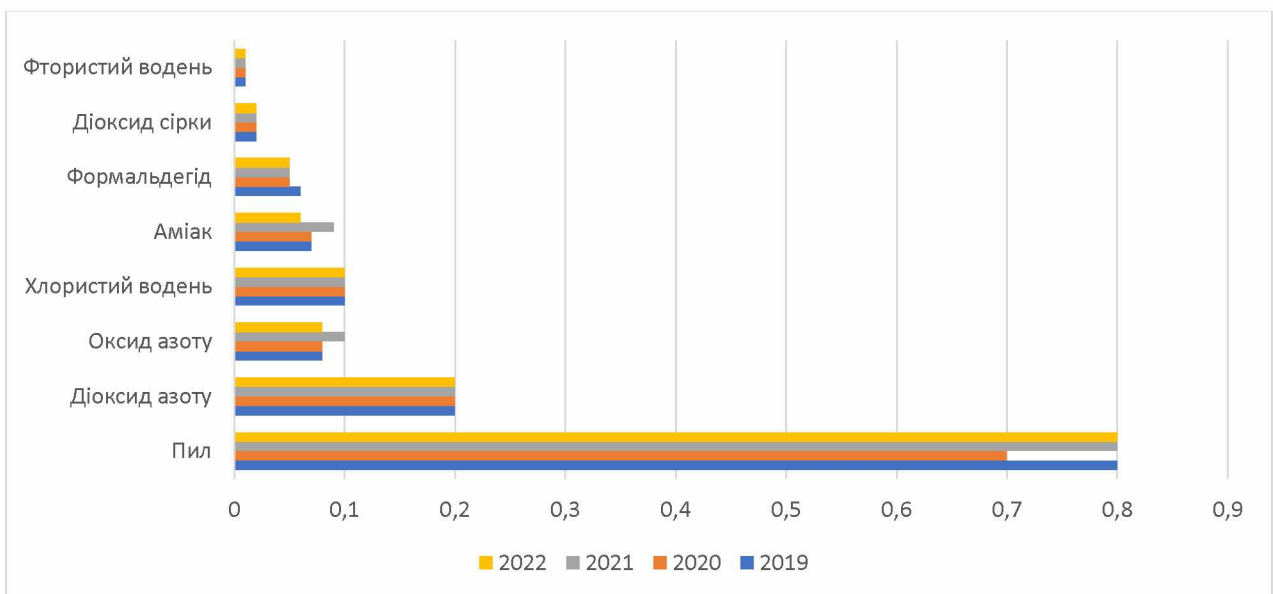


Рис. 19. Концентрація забруднюючих речовин за період з 2019 по 2022 рр.

Як зображує рис. 19 концентрація *пилу*, яка, станом на 2022 рік найвища з усіх – 0,8. При тому у 2020 р. обсяг впав до 0,7, але наступного

року знов піднявся до 0,8. Нижче стоїть *діоксид азоту*, який становить однакові результати за всі роки – 0,2, ще нижче є *оксид азоту*, який був трохи завищений лише у 2021 році, становить – 0,08. *Хлористий водень* нараховує 0,1 за всі роки. Обсяг *аміаку* був нестабільним – у 2019 та 2020 рр. (0,07) менше за 2021 (0,09), а у 2022 (0,06) менше за попередні. *Формальдегід* мав підвищену концентрацію лише у 2019 році (0,06), у останні – однакові (0,05). *Діоксид сірки* стоїть передостаннім та його обсяг був незмінним протягом усіх років – 0,2, та найменше забруднюючий *фтористий водень*, який має також однакове число – 0,01.

Оксид вуглецю є основною забруднюючою речовиною, яка надходить в атмосферне повітря та є небезпечним парниковим газом, що призводить до зміни клімату.

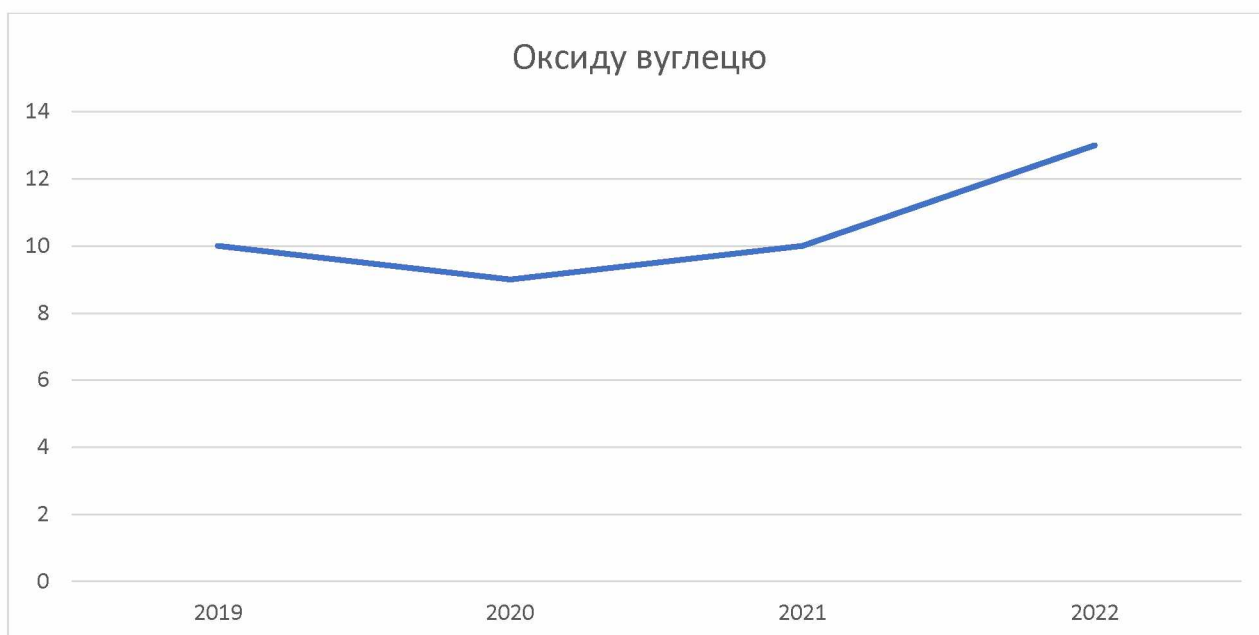


Рис. 20. Концентрація забруднюючих речовин за період з 2019 по 2022 рр.

За період з 2019 по 2022 рр. (рис. 20) концентрації *оксиду вуглецю* були найвищим в усі роки дослідження: у 2019 році концентрація речовини становила виросла до 10, наступного року знизилась до 9, на 2021 рік вона підвищилась знов до 10, а у 2022 році концентрація підвищилась до 13. Видно, що обсяг речовини з 2019 по 2022 рр. був нестабільним.

2.3. Система моніторингу стану атмосферного повітря та якість атмосферного повітря в м. Полтава.

З метою здійснення моніторингу за станом атмосферного повітря на території міста використовується наступна класифікація пунктів спостережень:

- фонова;
- промислова;
- транспортна,

Фонова концентрація (мг/м³) є однією із характеристик забруднення атмосфери на території, яка розглядається. Для кожного джерела викидів фонова концентрація характеризує сумарну концентрацію, яка створюється усіма іншими джерелами, за винятком того, що розглядається і визначається для всієї території, яка попадає в зону впливу джерела забруднення атмосфери. Врахування фону для даної речовини при розробці проектної документації забезпечують проектні організації. Фонова концентрація встановлюється для кожної забруднюючої речовини за даними спостережень. При відсутності необхідних даних врахування фонового забруднення повітря від сукупності джерел викидів проводиться розрахунковим шляхом. За фонову концентрацію приймається статистично достовірна максимально разова концентрація (середня за 20 хвилин), яка визначається за даними спостережень, як значення концентрації, що перевищується не більш, ніж в 5% випадків загальної кількості спостережень. Значення метеорологічних параметрів для визначення фонових концентрацій приймається за матеріалами метеорологічної станції, репрезентативної для міста в цілому. Якщо в якій-небудь градації виявиться менше 100 спостережень, то отримане для цієї території значення фонові концентрації приймається як орієнтовне і уточнюється з накопиченням даних [60].

Транспортно-орієнтований пункт спостереження – розміщений поблизу автомобільних магістралей для визначення рівня забрудненості повітря від викидів автотранспорту.

Міський фоновий пункт спостереження – розміщений на території міста, де вплив забруднювальних речовин представляє вплив на загальну частину міського населення, наприклад, міські житлові райони.

Промисловий пункт спостереження – розміщений у зоні впливу промислового об'єкта або підприємства [24].

Станом на 01.08.2021 р. в межах м. Полтава діюча система моніторингу стану атмосферного повітря складається з наступних пунктів спостереження:

Пост спостереження забруднення № 1 (ПСЗ №1), просп. Першотравневий, 20. Забруднюючі речовини, за якими проводиться моніторинг: пил, вуглецю оксид, ангідрид сірчистий, азоту діоксид, фтористий водень, формальдегід.

Пост спостереження забруднення № 3 (ПСЗ №3), вул. Зіньківська, 2. Забруднюючі речовини, за якими проводиться моніторинг: пил, вуглецю оксид, сірчистий ангідрид, азоту діоксид, азоту оксид, аміак.

Пост спостереження забруднення № 6 (ПСЗ №6), вул. Івана Мазепи, 45. Забруднюючі речовини, за якими проводиться моніторинг: пил, вуглецю оксид, формальдегід, ангідрид сірчистий, азоту діоксид, хлористий водень.

Пост спостереження забруднення № 7 (ПСЗ №7), вул. Маршала Бірюзова, 85. Забруднюючі речовини, за якими проводиться моніторинг: пил, вуглецю оксид, формальдегід, ангідрид сірчистий, азоту діоксид, фтористий водень.

2.4. Розрахунок індексу забруднення атмосферного повітря м. Полтава.

Для оцінювання стану повітряного середовища запропоновано низку комплексних показників забруднення атмосфери (сумісно з кількома забруднюючими речовинами). Найпоширенішим є індекс забруднення атмосфери (ІЗА). ІЗА кількісно характеризує рівень забруднення за окремою домішкою (забруднюючою речовиною), що враховує різницю в швидкості зростання ступеня шкідливості речовин, приведеного до ступеня шкідливості діоксиду сірки, зі зростанням перевищення ГДК_{сді}.

$$I_i = \left(\frac{C_{сер}}{ГДК_{СДі}} \right)^{a_i}$$

де I_i - одиничний індекс забруднення для i -ої речовини;

$C_{сер}$ - середня концентрація в повітрі i -ої речовини;

$ГДК_{СДі}$ - гранично допустима концентрація середньодобова для i -ої речовини;

a_i - безрозмірна константа приведення ступеня шкідливості i -ої речовини до шкідливості діоксиду сірки, яка залежить від того, до якого класу небезпечності належить забруднююча речовина.

За формулою 1, розраховано індекс забруднення атмосфери (ІЗА) для 11 забруднювальних речовин: формальдегіду, хлористого водню, фтористого водню, пилу, сажі, оксиду азоту, діоксиду азоту, діоксиду сірки, оксиду вуглецю, аміаку. Та розрахований загальний індекс забруднення атмосфери для м. Полтава

1. $I_{\text{Формальдегід}} = (0,053)^{1,3} = 0,068$;
2. $I_{\text{Хлористий водень}} = (0,140)^{1,3} = 0,18$;
3. $I_{\text{Фтористий водень}} = (0,016)^{1,3} = 0,016$;
4. Неметанові легкі органічні сполуки:
 - $I_{\text{Пил}} = (0,800)^1 = 0,800$;
 - $I_{\text{сажа}} = (0,188)^1 = 0,188$;
5. $I_{\text{Оксид азоту}} = (0,080)^1 = 0,080$;
6. $I_{\text{Діоксид азоту}} = (0,200)^1 = 0,200$;
7. $I_{\text{Діоксид сірки}} = (0,020)^1 = 0,020$;
8. $I_{\text{Оксид вуглецю}} = (13)0,9 = 11,7$;
9. $I_{\text{Аміак}} = (0,060)0,9 = 0,054$.

$$0,068 + 0,18 + 0,016 + 0,800 + 0,188 + 0,080 + 0,200 + 0,020 + 11,7 + 0,054 = 13,306; 13,306 : 11 = 1,209.$$

Загальний індекс становить - 1,209, тому за таблицею критеріїв оцінки рівня забруднення повітря, наше місто відноситься до першої категорії (<2,5) - чиста атмосфера.

Критерії оцінки рівня забруднення повітря

I_n	Рівень забруднення
< 2,5	чиста атмосфера
2,5 – 7,5	слабко забруднений
7,6 – 12,5	забруднений
12,6 – 22,5	сильно забруднений
22,6 – 52,5	високо забруднений
>52,5	екстремальне забруднений

Клас та ступінь небезпечності

Клас небезпечності	Ступінь небезпечності	Величина ГДК, мг/м ³	a_i
I	Надзвичайно небезпечні	<0,1	1,7
II	Високонебезпечні	0,1-1,0	1,3
III	Помірнонебезпечні	1,0-10,0	1,0
IV	Малонебезпечні	> 10,0	0,9

За цією таблицею видно, що до високонебезпечних забруднювачів належать : формальдегід, хлористий водень та фтористий водень 0,016. Вони відносяться до 2 класу небезпеки. Діоксид сірки відповідає – 0,020, тому відноситься до 3 класу небезпеки, також до помірнонебезпечного ступеня належать: діоксид азоту, який становить 0,200, оксид азоту 0,080 та неметанові легкі органічні сполуки (пил – 0,800 та сажа 0,188). Оксид вуглецю - 11,7 та аміак - 0,054 відносяться до малонебезпечних сполук. Незважаючи на те, що оксид вуглецю має досить високу концентрацію, він підпадає під 4 клас небезпеки.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі здійснений аналіз найпоширеніших забруднюючих речовини, що утворюються на енергоємних підприємствах м. Полтави, зокрема діоксид сірки (SO_2), пил, оксид вуглецю (CO), оксиди азоту (N_xO_y), фтористий водень (HF) та аміак (NH_3). Також розглянуто основні особливості функціонування системи моніторингу забруднення атмосферного повітря в м. Полтава. Зокрема, розглядалися такі забруднюючі речовини: SO_2 , NO_2 , CO , CO_2 . Основними показниками забруднення повітря є тверді частки (PM), озон (O_3), діоксид сірки (SO_2) і діоксид азоту (NO_2). Серйозний ризик для здоров'я створюється не лише від впливу твердих частинок, але й від впливу SO_2 , O_3 та NO_2 .

Показано перевищення допустимих концентрацій пилу та формальдегіду при аналізі рівня забруднення атмосферного повітря міст за даними, отриманими зі стаціонарних об'єктів. Це свідчить про важливість урахування взаємозалежності між рівнями та розміщенням джерел забруднення природних ресурсів міста, насамперед атмосферного повітря, при планових рішеннях щодо озеленення міської території. Матеріали дослідження можуть бути використані для планування екологічної функціональності зелених зон м. Полтави. Екологічні аспекти архітектурно-планувальних рішень сучасних міст мають бути інтегровані в місцеві стратегії та програми розвитку, генеральні плани міст, планування транспортної системи, стратегії охорони навколишнього середовища та потребують підтримки місцевого самоврядування та держави.

Отримані результати досліджень свідчать про необхідність створення інформаційно-аналітичної системи моніторингу з метою ефективного зберігання, обробки та аналізу даних на засадах комплексного моніторингу довкілля для збору, зберігання та обробки даних про забруднення.

Наведено результати розрахунку індексів забруднення атмосфери. Існує певна різниця в гранично допустимих значеннях забруднюючих речовин в атмосферному повітрі. Експериментально доведено, що найбільш

негативно на якість атмосферного повітря модельної території впливають антропогенні чинники, зокрема викиди від стаціонарних та пересувних джерел. Встановлено, що проблемою є відсутність спостережень за $PM_{2,5}$ та PM_{10} відповідно до постанови КМ від 14 серпня 2019 року №827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря», відсутність автоматизованого аналізу забруднення повітря та відсутність широкого інформування та зацікавлення громадськості щодо стану атмосферного повітря міста. Виявлено ряд недоліків діючої системи моніторингу атмосферного повітря міста. З метою інформування населення щодо якості атмосферного повітря в м. Полтава реалізуються інтернет-ресурси для публікацій результатів вимірювання рівня забруднення атмосферного повітря за допомогою громадського контролю. В результаті розрахунки та аналітичні дослідження перетворюються у зрозумілі користувачеві тематичні карти забруднення атмосферного повітря міста $PM_{2,5}$ та PM_{10} .

Аналіз головних компонентів був застосований для визначення зв'язків між забруднювачами та групами, присутніми в атмосферному повітрі досліджуваної місцевості. Поширеність сполук відрізнялася залежно від сезонності відбору проб, без змін середньої концентрації між роками моніторингу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Popov O., Iatsyshyn A., Kovach V., Artemchuk V., Kameneva I., Taraduda D., Sobyna V. . Assessment-for-the-Population-of-Kyiv-Ukraine. *Journal of Health and Pollution*, 2020. № 1. P. 1 – 2.
2. F. Zhang, H. Li, W. Xu. Sulfur dioxide may predominate in the adverse effects of ambient air pollutants on semen quality among the general population in Hefei, China. *Science of The Total Environment*. 2023. № 867. P. 4 – 6.
3. WHO. Air Pollution. WHO. Available online at: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1 (accessed October 8, 2023).
4. Dovgal V., Gura D., Stepanenko V., Dyachenko R. An Approach to the Development of an Atmospheric Air Monitoring System. *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2022)*. 2023. № 706. P. 1.
5. Moores FC. Climate change and air pollution: exploring the synergies and potential for mitigation in industrializing countries. *Sustainability*. 2009. № 1. P. 43–54.
6. Kuchansky A., Biloshchytskyi A., Andrashko Y., Vatskel V., Biloshchytska S., Danchenko O., Vatskel I. Combined Models for Forecasting the Air Pollution Level in Infocommunication Systems for the Environment State Monitoring. *2018 IEEE 4th International Symposium on Wireless Systems in the International Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS-SWS): materials of international science and practice conf.*, Lviv, Ukraine, 20-21 Sept. 2018, Lviv, 2018. P. 1 – 4.
7. Crilley L. R., Shaw M., Pound R., Kramer L. J., Price R., Young S., Lewis A. C., Pope F. D. Evaluation of a low-cost optical particle counter (Alphasense OPC-N2) for ambient air monitoring. *European Geosciences Union :Atmospheric Measurement Techniques*. 2018. № 2. P. 1.

8. Wei P., Ning Z., Ye S., Sun L. Impact Analysis of Temperature and Humidity Conditions on Electrochemical Sensor Response in Ambient Air Quality Monitoring. *Signal and Information Processing in Chemical Sensing*. 2018. Vol. 18, No. 2. P. 1 – 2.
9. Eze IC, Schaffner E, Fischer E, Schikowski T, Adam M, Imboden M. Long- term air pollution exposure and diabetes in a population-based Swiss cohort. *Environ Int*. 2014. № 70 P. 95–105.
10. Kheirour S., Alizadeh M., Abad R. M., Barkabi-Zanjani S., Mesgari-Abbasi M. Effects of sulfur dioxide, ozone, and ambient air pollution on bone metabolism related biochemical parameters in a rat model. *Environ Health Toxicol*. 2020. № 1. P. 1 – 2.
11. Burden of Disease from Ambient and Household Air Pollution. Available online: https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/en/ (accessed August 15, 2023).
12. Zhu B., Huang X., Xia S., Lin L., Cheng Y., He L. Biomass-burning emissions could significantly enhance the atmospheric oxidizing capacity in continental air pollution. *Environmental Pollution*. 2021. № 285. P. 2 – 4.
13. Pietras B. G. The Origin of Dust Particles in Atmospheric Air in Krakow (Poland) (Atmospheric Background). *Quality of Urban Space versus Quality of Urban Life*. 2022. Vol. 11, No. 2. P. 1.
14. Dryden R., Morgan M. G., Bostrom A., Bruin W. Public Perceptions of How Long Air Pollution and Carbon Dioxide Remain in the Atmosphere. *Risk Analysis AN INTERNATIONAL JOURNAL: An Official Publication of the Society for Risk Analysis*. 2017. Vol. 38, No. 3. P. 1.
15. Wang J., Li O., Yang X., Pan G., Fan G., Zhang H., Xia Z., Sun X., Xu H., Chen Y., Zhu C. Characteristics of atmospheric carbonyls pollution in winter around petrochemical enterprises over North China. *Air Quality, Atmosphere & Health*. 2023. № 3. P. 1673 – 1687.

16. Filonchuk M., Peterson M., Hurynovich V. Air pollution in the Gobi Desert region: Analysis of dust-storm events. *Quarterly Journal the Royal Meteorological Society*. 2020. Vol. 147, No. 735.

17. Дмитрів І., Скиба М. Вплив вікової структури парку легкових автомобілів на екологію великого міста. *Науковий журнал «Молодий вчений»*. 2022. № 8. С. 1 – 2.

18. Yang L., Zeng Y., Wang X., An Z. Meteorological Condition and Air Pollution Exposure Associated with Vitamin D Deficiency: A Cross-Sectional Population-Based Study in China. *Risk Management and Healthcare Policy*. 2020. Vol. 13. No. 34. P. 71 – 78.

19. Ming T., Li W., Yuan Q., Davies P., Richter R., Peng C. Perspectives on removal of atmospheric methane. *Advances in Applied Energy*. 2022. Vol. 5, No. 1. P. 11 – 12.

20. Фоменко Г. Р. Транспортні потоки та їх вплив на рівень забруднення міських магістралей : ХНАДУ, 2020. С. 120.

21. Положення про Департамент екології та природних ресурсів Полтавської обласної державної адміністрації, затверджене розпорядженням голови облдержадміністрації 16.08.2021 №600.

22. Sassykova L., Aubakirov Y., Sendilvelan S. The Main Components of Vehicle Exhaust Gases and Their Effective Catalytic Neutralization. *Oriental journal of chemistry. An international private access, peer-reviewed research journal*. 2019. Vol. 35, No. 1. P. 2 – 5.

23. Лавренко Я. П. Реконструкція котельні виробничої ТЕЦ з використанням альтернативного палива в місті Полтава. Полтава: Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2021. С. 23 – 25.

24. Li M., Zhang Q., Zheng B., Tong D., Lei Y. Persistent growth of anthropogenic non-methane volatile organic compound (NMVOC) emissions in China during 1990–2017: drivers, speciation and ozone formation potential. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2019. Vol. 19, No. 13. P. 1 – 8.

25. Maksiuta N., Golik Y. Comparative Analysis of Pollution of Atmospheric Air in Cities (an Example of Leipzig and Poltava). *Proceedings of CEE 201 : Advances in Resource-saving Technologies and Materials in Civil and Environmental Engineering*. 2019. Vol. 47, No. 1. P. 1 – 4.
26. Bondarenko E., Kyryliuk M., Yatsenko O. Cartographic monitoring of atmospheric air quality on the territory of Poltava region (monthly trend). *15th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*. 2021. № 1. P. 1 – 2.
27. Amato-Lourenço L. F., Galvão L., Weger L., Hiemstra P. S., Vijver M. G., Mauad T. *An emerging class of air pollutants: Potential effects of microplastics to respiratory human health. Science of The Total Environment*. 2020. Vol. 749, No. 1. P. 1.
28. Manisalidis I., Stavropoulou E., Stavropoulos A., Bezirtzoglou E. Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Public Health: Environmental health and Exposome*. 2020. Vol. 8, No. 1. P. 1 – 8.
29. Munyaneza J., Jia O., Qaraah F. A., Hossain M. F., Wu C., Zhen H., Xiu G. A review of atmospheric microplastics pollution: In-depth sighting of sources, analytical methods, physiognomies, transport and risks. *Science of The Total Environment*. 2022/ Vol. 822, No.1. P. 1.
30. Bernatska N., Dzhumelia E., Dyakiv V., Mitryasova O., Salamon I. Web-Based Information and Analytical Monitoring System Tools – Online Visualization and Analysis of Surface Water Quality of Mining and Chemical Enterprises. *Polskie Towarzystwo Inzynierii Ekologicznej (PTIE)*. 2023. № 1. P. 1 – 5.
31. Tao R., Yang M., Li S. Effect of adhesion on clogging of microparticles in fiber filtration by DEM-CFD simulation. *Powder Technology*. 2020. Vol. 360, No. 1. P. 3 – 8.
32. Chen L., Maciejczyk P., Thurston G. D. Chapter 6 - Metals and air pollution. *Handbook on the Toxicology of Metals*. 2022. Vol. 1, No. 2. P. 7 – 9.

33. Барановський В. А. Екологічні проблеми атмосферного повітря : монографія. Київ : Центр екологічної освіти та інформації, 2000. С. 3 – 4.
34. Salthammer T. Formaldehyde sources, formaldehyde concentrations and air exchange rates in European housings. *Building and Environment*. 2019. Vol. 150, No. 2. P. 1 – 6.
35. Bun R., Nahorski Z., Horabik-Pyzel J., Danylo O., See L., Lesiv M. Development of a high-resolution spatial inventory of greenhouse gas emissions for Poland from stationary and mobile sources. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 2018. Vol. 24, No. 3. P. 12 – 13.
36. Zaporozhets A., Babak V., Sverdlova A., Scherbak L. Review of the state of air pollution by energy objects in Ukraine. *System Research in Energy*. 2022. Vol. 71, No. 2. P. 44 – 45.
37. Pan Y., Gu M., He Y., Wu D., Liu C., Song L., Tian S. Revisiting the Concentration Observations and Source Apportionment of Atmospheric Ammonia. *Advances in Atmospheric Sciences*. 2020. Vol. 37, No. 13. P. 1 – 6.
38. Wu C., Lv S., Wang F., Liu X., Li J., Liu L., Zhang S., Du W. Ammonia in urban atmosphere can be substantially reduced by vehicle emission control: A case study in Shanghai, China. *Journal of Environmental Sciences*. 2023. Vol. 126, No. 3. P. 13 – 14.
39. Li M., Peng C., Zhang K., Xu L., Wang J., Yang Y., Li P., Liu Z., He N. Headwater stream ecosystem: an important source of greenhouse gases to the atmosphere. *Water Research*. 2021. Vol. 190, No. 1. P. 1 – 3.
40. Tarasova O., Vermeulen A., Sawa Y., Houweling S., Dlugokencky E. The state of greenhouse gases in the atmosphere using global observations through 2021. *AS – Atmospheric Sciences : Atmospheric composition variability and trends. Abstract EGU23-15201*. 2023. №1. P. 1 – 2.
41. Vasylieva N., Sytnyk S. Agricultural Greenhouse Gas Emissions: Ukrainian Involvement in the Global Ecological Challenge. *Environmental Research, Engineering and Management : Aplinkos tyrimai, inžinerija iu vadyba*. 2019. Vol. 75, No. 3. P. 1 – 7.

42. Bondarenko E., Kyryliuk M., Yatsenko O. Geoinformation support data analysis of monitoring studies (on the example of air pollution). *European Association of Geoscientists & Engineers. Geoinformatics*. 2021. № 2. P. 14 – 15.
43. Korchenko O., Pohrebennyk V., Kreta D., Klymenko V., Anpilova Y. Gis and remote sensing as important tools for assessment of environmental pollution. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference : SGEM*. 2019. Vol. 19, No. 2,1. P. 23 – 24.
44. Lan H., Ruiz-Jimenez J., Leleev Y., Demaria G., Jussila M., Hartonen K., Riekkola M. Quantitative analysis and spatial and temporal distribution of volatile organic compounds in atmospheric air by utilizing drone with miniaturized samplers. *Chemosphere*. 2021. Vol. 282, No. 1. P. 4 – 6.
45. Dehghani S., Vali M., Jafarian A., Oskoei V., Maleki Z., Hoseini M. Ecological study of ambient air pollution exposure and mortality of cardiovascular diseases in elderly. *Scientific Reports*. 2022. № 12. P. 1 – 2.
46. Zaporozhets A., Babak V., Sverdlova A., Scherbak L., Kuts Y. Review of the State of Air Pollution by Energy Objects in Ukraine. *System Research in Energy*. 2023. Vol. 71, No. 2. P. 3 – 4.
47. Valenzuela C. M., García A. G., Avila V. C., Alemán D. B., Avalos M. A., Valdez J., Carranza G., Ambríz L. Applying the Global Monitoring Plan and analysis of POPs results in atmospheric air in Mexico (2017–2018). *Chemosphere*. 2022. Vol. 303, No. 2. P. 9.
48. Park J., Ryu H., Kim E., Choe Y., Heo J., Lee J., Cho S., Sung K., Cho M., Yang W. Assessment of PM_{2.5} population exposure of a community using sensor-based air monitoring instruments and similar time-activity groups. *Atmospheric Pollution Research*. 2020. Vol. 11, No. 11. P. 7 – 8.
49. Shiferaw A., Kumie A., Tefera W. The spatial and temporal variation of fine particulate matter pollution in Ethiopia: Data from the Atmospheric Composition Analysis Group (1998–2019). *PLOS ONE Collections. EARTH & ENVIRONMENT : Urban Transportation*. 2023. № 1. P. 1 – 2.

50. Ardon-Dryer K., Mock C., Reyes J., Lahav G. The effect of dust storm particles on single human lung cancer cells. *Environmental Research*. 2020. Vol. 181, No. 1. P. 2 – 7.
51. Ou J., Zheng L., Tang Q., Liu M., Zhang S. Source analysis of heavy metals in atmospheric particulate matter in a mining city. *Environmental Geochemistry and Health*. 2021. Vol. 44, No. 1. P. 15 – 16.
52. Pironti C., Ricciardi M., Motta O., Miele Y. Microplastics in the Environment: Intake through the Food Web, Human Exposure and Toxicological Effects. *Fate and Effects of Micro- and Nanoplastics in Soil and Aquatic Ecosystems*. 2021. Vol. 9, No. 9. P. 12 – 13.
53. Nahorski Z., Holnicki P. Consequences and Modeling Challenges Connected with Atmospheric Pollution. *Automatic Control, Robotics, and Information Processing*. 2020. № 7. P. 4 – 7.
54. Erinc A., Davis M. D., Padmanabhan V., Langen E., Goodrich J. M. Considering environmental exposures to per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) as risk factors for hypertensive disorders of pregnancy. *Environmental Research*. 2021. Vol. 197, No. 1. P. 1 – 3.
55. Hoogh, Flückiger, Benjamin. A review of exposure assessment methods for epidemiological studies of health effects related to industrially contaminated sites. *Uni Basel Research Database: Journal article*. 2019. № 4. P. 148 – 149
56. Fuller R., Landrigan P. J., Balakrishnan K., Bathan G., Bose-O'Reilly S., Brauer M. The Lancet Commission on pollution and health. *The lancet commissions*. 2018. Vol. 391, No. 10119. P. 123 – 125.
57. Yao L., LiangLiang C., JinYue L., WanMei S., Lili S., YiFan L., HuaiChen L. Ambient air pollution exposures and risk of drug-resistant tuberculosis. *Environment International*. 2019. Vol. 124, No. 4. P. 1 – 6.
58. Fuller R., Landrigan P. J., Balakrishnan K., Bathan G., Bose-O'Reilly S., Brauer M. Pollution and health: a progress update. *International Congress*

on Peer Review and Scientific Publication: The Lancet Planetary Health. 2022. Vol. 6, No. 6. P. 1 – 2.

59. Bondarenko E., Kyryliuk M., Yatsenko O. Geoinformation support data analysis of monitoring studies (on the example of air pollution). *European Association of Geoscientists & Engineers. Geoinformatics*. 2021. № 1. P. 2.

60. Неорганічна хімія. р-Елементи VII А групи. URL : https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/neorg_him_konspekt/50.html (дата звернення 15. 08. 23).

61. Zaporozhets A., Babak V., Isaienko V., Babikova K. Analysis of the Air Pollution Monitoring System in Ukraine. *Systems, Decision and Control in Energy I*. 2020. № 298. P. 85 – 110.

62. Giovannini L., Ferrero E., Rotach M. Atmospheric Pollutant Dispersion over Complex Terrain: Challenges and Needs for Improving Air Quality Measurements and Modeling. *Atmospheric Processes over Complex Terrain*. 2020. Vol. 11, No. 6. P. 12.

63. Guo Y., Wang S., Zhu J., Zhang R., Gao S., Saiz-Lopez A., Zhou B. Atmospheric formaldehyde, glyoxal and their relations to ozone pollution under low- and high-NO_x regimes in summertime Shanghai, China. *Atmospheric Research*. 2021. Vol. 258, No. 12. P. 31 – 32.

64. Коваленко Ю. Л. Моніторинг довкілля : навч. посіб. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. С. 52 – 54.

ДОДАТКИ