

ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «ІНСТИТУТ ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я  
ім. О.М. МАРЗЄЄВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ МЕДИЧНИХ  
НАУК УКРАЇНИ»

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

ПЕТРОСЯН АРІНА АГАСІЇВНА

УДК 614.71/72:351.777:616-053.2/5

**ДИСЕРТАЦІЯ**  
**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ ГІГІЄНІЧНОЇ ОЦІНКИ**  
**ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ**

14.02.01 - Гігієна та професійна патологія  
(біологічні науки)

Подається на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук.

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ А.А. Петросян

Науковий консультант: Турос Олена Ігорівна, докторка медичних наук,  
професорка

Київ - 2021

## АНОТАЦІЯ

*Петросян А.А.* Наукове обґрунтування системи гігієнічної оцінки якості атмосферного повітря. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук за спеціальністю 14.02.01 – «Гігієна та професійна патологія» (біологічні науки). – Державна установа «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України», Київ, 2021.

У дисертаційній роботі на підставі проведених досліджень науково обґрунтовано та удосконалено систему гігієнічної оцінки якості атмосферного повітря, що базується на ймовірнісному підході та використанні нових інформаційних технологій. В результаті проведення комплексу натурних вимірювань концентрацій розширеного переліку ЗР та моделювання розповсюдження забруднення у приземному шарі атмосфери, розширено можливості наукових досліджень щодо оцінок небезпеки забруднення повітря для здоров'я населення. Використані сучасні методичні підходи лягли в основу наукового обґрунтування імплементації міжнародного законодавства в частині моніторингу та спостереження за рівнями забруднення атмосферного повітря, встановлення меж допустимого ризику, оцінки небезпеки для здоров'я населення та розроблення профілактичних заходів у системі громадського здоров'я.

На сьогодні діюча в Україні система оцінки якості атмосферного повітря характеризується відсутністю міжсекторальної координації дій органів виконавчої влади (основні регулятори – Міністерство охорони здоров'я України, Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, Держпродспоживслужба та Український гідрометеорологічний центр ДСНС України), що унеможливорює здійснення комплексної гігієнічної оцінки впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення та знижує ефективність прийняття управлінських рішень. Відтак, ця система вимагає

методологічних змін шляхом використання міждисциплінарного підходу, який базується на впровадженні єдиних оцінок якості атмосферного повітря від «джерела викиду» до «здоров'я» населення.

В рамках виконаного дослідження проаналізовано дані статистичної звітності структури забруднення атмосферного повітря в Україні та показано, що промислове забруднення (63 % у загальному забрудненні) є нагальною проблемою не тільки регіонів (зокрема, техногенно-навантажених), але й держави в цілому. Такі висновки дозволив зробити аналіз валового забруднення повітря у різних країнах від викидів промислових підприємств та автотранспорту. Вищевказане спонукало до пошуку комплексних методичних підходів, які будуть направлені на удосконалення системи гігієнічної оцінки атмосферного повітря, та в подальшому можуть бути використані для оцінки здоров'я населення України. Зазначено, що таким універсальним гігієнічним підходом є методологія оцінки ризику для здоров'я населення, яка є надійним управлінським інструментом, що дозволяє оцінити вплив забруднення повітря на здоров'я населення, з урахуванням соціально-економічних розрахунків для подальшої розробки контр-заходів медико-екологічного спрямування.

Під час проведення еколого-гігієнічного та фізико-географічного оцінювання досліджуваних територій (зон впливу) було виконано аналіз діяльності 43 промислових підприємств різного господарського спрямування та 46 ділянок автодоріг і 14 перехресть. Використовуючи інструменти ГІС-технологій, за розробленим алгоритмом удосконалено етап експозиції шляхом оброблення та конвертації метеорологічних, топографічних (створено цифрові моделі рельєфів) даних, характеристик землекористування та джерел викидів. Перевірена та оброблена інформація була сконвертована та занесена до відповідних модулів програмного комплексу ISC-AERMOD View та розраховано усереднені годинні, добові і річні концентрації забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери від викидів різних груп промислових підприємств та автотранспорту. Додатково виконано порівняльний аналіз з максимально

разовими концентраціями, що були змодельовані за допомогою програми ЕОЛ+ (законодавчо закріплена в дозвільній системі та реалізує методику ОНД-86). Отримані дані показали відсутність принципових розходжень у розрахованих значеннях приземних концентрацій, але розрахунки виконані в ЕОЛ+ показують сталий розподіл ізоліній концентрацій в усіх напрямках на різних відстанях від джерел викидів підприємства та підтверджують отримання максимально негативного сценарію щодо поширення забруднюючих речовин, виключаючи оцінки впливу метеорологічних, орографічних та характеристики землекористування даних. Показано неможливість використання законодавчо закріплених в Україні програмних комплексів, що реалізують методику ОНД-86 під час оцінок хронічних впливів забруднення атмосферного повітря на організм людини, які необхідні у разі визначення та розрахунків ризику для здоров'я населення. Для вирішення даного питання оцінено співвідношення усереднених концентрацій хімічних речовин у загальному забрудненні атмосферного повітря та визначено середній коефіцієнт співвідношення між: середньодобовою та максимально разовою концентраціями – на рівні 0,17 ( $C_{сд}=0,17 \cdot C_{мр}$ ); середньорічною та середньодобовою концентраціями – на рівні 0,1 ( $C_{ср} = 0,1 \cdot C_{сд}$ ).

Обґрунтовано методичні підходи до визначення місць розташування автоматизованих постів спостережень (АПС) на підставі результатів оцінки ризику для здоров'я населення, враховуючи прив'язки до місць найвищої щільності проживання населення та розташування закладів освіти. Також, розроблено пропозиції до організації регіональної автоматизованої мережі спостережень за станом атмосферного повітря на прикладі Дніпропетровської області.

Розглянуто питання щодо організації кількості АПС, відповідно до вітчизняних і міжнародних вимог, та доведено неможливість «сліпого» використання європейських вимог на території України, особливо в промислових містах, які характеризуються зосередженням великої кількості



промислових підприємств, та навіть у невеликих містах з населенням до 50 тисяч осіб. Це обумовлено варіабельністю просторового поширення забруднення навколо промислових підприємств на значні відстані та щільністю проживання населення в зонах їх впливу.

За даними проведених безперервних натурних досліджень (30496 вимірювань масових концентрацій твердих часток пилу (PM<sub>10</sub> та PM<sub>2.5</sub>) та 774 вимірювань концентрацій озону, м. Київ, 2018-2019 рр.), показано необхідність впровадження та розширення моніторингових програм вимірювання PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> та озону в атмосферному повітрі населених місць України. Встановлено, що рівні середньодобових концентрацій PM<sub>10</sub> та PM<sub>2.5</sub>, перевищують нормативні значення рекомендовані ВООЗ та Директивою 2008/50/ЄС, а населення перебуває під хронічним інгаляційним впливом PM<sub>10</sub> (в основному у квітні, травні, вересні, жовтні, що зумовлено несприятливими метеорологічними умовами та аеробіологічним забрудненням) та PM<sub>2.5</sub> (в основному у листопаді-березні під час опалювального сезону).

На підставі інструментальних досліджень концентрацій озону визначено, що виявлені величини перевищують гігієнічні критерії, встановлені рекомендаціями ВООЗ та Директивою 2008/50/ЄС майже у кожному випадку. Водночас, піки максимальних масових концентрацій (>0,2 мг/м<sup>3</sup>) озону фіксувалися у травні та червні, що за оцінками ВООЗ, зумовлює зростання числа додаткових випадків щоденних смертей на 3-5 % у порівнянні зі смертністю при експозиції на розрахунковому фоновому рівні.

Ще одним з актуальних питань, яке було досліджено в рамках представленої роботи та вимагає вирішення в рамках дозвільних процедур у разі отримання підприємством дозволу на викид в атмосферне повітря є розробка технологічних нормативів допустимих викидів (ТНДВ). ТНДВ, зазвичай, погоджуються Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України без оцінок впливу на здоров'я населення. Під час проведених досліджень, використовуючи гігієнічні підходи було розроблено, оцінено та встановлено

перспективні та поточні ТНДВ забруднюючих речовин і висновки найкращих доступних технологій і методів управління (НДТМ; рекомендовані ЄС) для різних типів устаткування. Показана неможливість впровадження (без урахування оцінки впливу на здоров'я) висновків НДТМ, які затверджено та рекомендовано ЄС. Це зумовлено специфікою (ефекти потенціювання та сумації ЗР; фон) промислового забруднення атмосферного повітря та жорсткішими вимогами щодо нормування його якості в Україні. На підставі проведених досліджень та результатів оцінки ризику встановлено та погоджено п'ять ТНДВ із устаткування (установок) для різних видів виробництв.

У ході проведених досліджень науково обґрунтовано важливість використання ймовірнісного підходу під час встановлення розмірів санітарно-захисних зон (СЗЗ) для промислових підприємств у разі проведення державної санітарно-епідеміологічної експертизи (ДСЕЕ).

Визначено необхідність вивчення закономірностей розповсюдження потенційно-небезпечних хімічних речовин у приземному шарі атмосфери та аналізу рівнів їх концентрацій в зоні впливу підприємства (радіус 40 висот найбільшої труби, м) на різних відстанях в усіх напрямках сторін світу за румбами з урахуванням територіальних особливостей розташування промислових об'єктів (характеристики землекористування, топографічних та метеорологічних даних) та сельбищних територій.

Розроблено алгоритм та доведено ефективність використання МОРЗН під час обґрунтування розмірів СЗЗ для промислових підприємств I-II класу небезпеки та показано важливість її впровадження на законодавчому рівні в рамках дозвільних процедур з метою прийняття управлінських рішень.

На підставі виконаних досліджень узагальнено оцінки щодо рівнів інгаляційного ризику для здоров'я населення від викидів різних видів промислових підприємств (металургійних, машинобудівних, хімічних, коксохімічних, гірничорудних, теплоенергетичних, будівельних, нафтопереробних, виробництв олії та тваринних жирів, тваринницьких) та

автотранспорту з метою подальшої розробки профілактичних і природоохоронних заходів на етапі управління ризиком та досягнення рівнів прийняттого ризику різними об'єктами економічної системи. Розраховано рівні неканцерогенного ризику (HQ) при оцінках гострих (на рівні усередненої добової концентрації;  $HQ_{acute} = 1,1 \div 7,9$ ) та хронічних (на рівні усередненої річної концентрації;  $HQ_{chronic} = 1,1 \div 8,5$ ) інгаляційних впливів пріоритетних хімічних речовин промислових підприємств та автотранспорту на здоров'я експонованого населення досліджуваних міст. Встановлено, що розраховані рівні неканцерогенних ризиків ( $HQ = 3,0 \div 6,0$ ;  $HQ \geq 6$ ), відповідно до рекомендацій ВООЗ, відносяться до помірних та високих рівнів забруднення повітря та можуть спричиняти виникнення, відповідно, слабких та виражених ефектів у чутливих груп населення (людей похилого віку, вагітних жінок та дітей).

Оцінено рівні сумарного канцерогенного ризику ( $ICR_{total}$ ) та індивідуального ризику смерті (IRM) для експонованого населення від інгаляційного впливу фракції твердих часток пилу з діаметром менше 10 мкм ( $PM_{10}$ ). Визначено, що можливі соціальні втрати населення у вигляді додаткових випадків розвитку новоутворень у індивідуума від інгаляційного впливу досліджуваних груп промислових підприємств та автотранспорту можуть становити від дев'яти випадків на 10 тис. населення до п'яти випадків на 1000 осіб; у вигляді додаткових випадків смертей, зумовлених інгаляційним впливом  $PM_{10}$  від вищевказаних об'єктів, можуть становити від восьми випадків на 10 тис. населення до трьох випадків на 1000 осіб.

Створено алгоритм управління ризиком від небезпеки забруднення атмосферного повітря пріоритетними забруднюючими речовинами через визначення ймовірності виникнення патологічних станів здоров'я населення, обумовлених проживанням в зонах неприйняттого ризику. Встановлено, що найбільш несприятливий прогностичний рівень захворюваності від впливу усіх груп промислових підприємств та автотранспорту очікується у вигляді: легеневих хвороб, зокрема, бронхіальної астми (гострих та хронічних станів),

серцево-судинних та захворювань центральної нервової системи. Серед населення, яке проживає в зонах впливу металургійних, машинобудівних, хімічних, теплоенергетичних, будівельних, нафтопереробних підприємств та поруч автомагістралей, необхідно передбачати організацію профілактичних програм у вигляді медичних оглядів дітей/дорослих, генетичного та соціально-гігієнічного моніторингу.

Проведені дослідження дозволили розробити пропозиції щодо удосконалення системи гігієнічної оцінки якості повітря шляхом впровадження ймовірнісного підходу та сучасних методичних інструментів в санітарно-епідеміологічну і природоохоронну практики (запропоновано створення міжсекторальної моделі партнерства органів виконавчої влади) з метою обов'язкового досягнення рівнів прийнятної ризику для здоров'я населення, як основного критерію еколого-гігієнічної безпеки в конкретній соціально-економічній системі (місто, зона, агломерація).

За результатами досліджень та участю автора отримано 2 патенти на корисну модель та видано 5 інформаційних листів. Результати, отримані в дисертації, знайшли своє практичне відображення при внесенні змін та доповнень до нормативно-правових актів України (в частині імплементації європейського законодавства); Національних планів дій з охорони навколишнього природного середовища України на періоди 2011-2015 рр. та 2016-2020 рр.; наказах МЕРПУ № 671 від 21.12.2012 р., №262 від 01.07.2015 р., № 260 від 01.07.2015 р., № 261 від 01.07.2015 р., № 504 від 25.12.2015, відповідно при затвердженні технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин із устаткування (установки) для різних видів виробництв; національних доповідях про стан навколишнього середовища в Україні у 2015, 2017 та 2018 рр.

Результати оцінки ризику використано при розробленні та доповненнях екологічних програм м. Запоріжжя, Маріуполь, Чорноморськ та комплексних програм здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря у містах Київ, Кам'янське, Марганець та Жовті води. Отримані дані,

також впроваджені у навчальний процес ВНЗ України, що підтверджено відповідними актами впровадження.

**Ключові слова:** атмосферне повітря, забруднююча речовина, експозиція, гострий та хронічний інгаляційний вплив, моніторинг, технологічні нормативи допустимих викидів, оцінка ризику для здоров'я населення, санітарно-захисна зона, управління ризиком.

## SUMMARY

*Petrosian A.A.* Scientific substantiation of ambient air quality hygienic assessment framework. – Manuscript.

Dissertation for the Doctor of Biological Sciences degree, speciality 14.02.01 – Hygiene and Occupational Pathology (biological sciences). – State Institution «O.M. Marzиеiev Institute for Public Health, National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv, 2021.

In the dissertation work, on the basis of the conducted research, the system of hygienic assessment of ambient air quality, based on the probabilistic approach and use of new information technologies, was scientifically substantiated and improved. As a result of a set of field measurements of an expanded list of pollutants and modeling of the transport of pollution in the surface layer of the atmosphere, the scientific opportunities to estimate the risk of atmospheric pollution to the health of the population were expanded. Applied modern methodological approaches formed the basis for the scientific substantiation of the implementation of the international legislation in Ukraine in terms of monitoring and surveillance of air pollution levels, establishment of the limits of permissible risk, substantiation of the levels of the danger to the health of the population and preventive measures in the system of public health.

Today, the current ambient air quality assessment system in Ukraine is characterized by a lack of intersectoral coordination of the executive bodies (the main

regulators are the Ministry of Health of Ukraine, the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine, the State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection and the Ukrainian Hydrometeorological Center of the State Emergency Service of Ukraine), which makes it impossible to carry out a comprehensive hygienic assessment of the impact of air pollution on the health of the population and reduces the effectiveness of management decisions. Therefore, this system requires methodological changes through the use of an interdisciplinary approach based on the introduction of uniform ambient air quality estimates from the «emission source» to the «health» of the population.

Within performed study, the data of statistical reporting of the structure of atmospheric pollution in Ukraine were analyzed and industrial pollution (63 % of total pollution) was shown to be an urgent problem not only in the regions (technogenically loaded, in particular) but also in the state as a whole. Such conclusions were made due to the analysis of gross air pollution in different countries from emissions of industrial enterprises and motor transport. The above motivated a search of the comprehensive methodological approaches that would be aimed at the improvement of the system of hygienic assessment of ambient air and could be applied in the assessment of the health of the population of Ukraine in the future. It is noted that such a universal hygienic approach is a methodology for human health risk assessment (MHHRA), which is a reliable management tool that allows to assess air pollution from the source of emissions to the health of the population, taking into account socio-economic calculations for further development of countermeasures of medico-ecological direction.

The analysis of the activity of 43 industrial enterprises of different economic direction, 46 highway sections and 14 crossroads was performed during eco-hygienic and physico-geographical assessment of the studied territories (zones of impact). Using the tools of GIS-technologies, according to the created algorithm, the stage of exposure was improved by processing and converting of meteorological, topographic data (digital terrain models were created), land use and emission sources' characteristics.

Verified and processed information was converted and entered into the appropriate modules of the ISC-AERMOD View software package, and the average 1-hour, daily and annual concentrations of pollutants in the surface layer of atmosphere from the emissions of various groups of industrial enterprises and vehicles were calculated. In addition, a comparative analysis was performed with the maximal single concentrations, which had been modeled using the program EOL+ (legally consolidated in the permitting system and implements the method of OND-86). The findings didn't show the fundamental differences in the calculated values of surface concentrations, but the calculations performed in EOL+ showed a constant distribution of isolines of concentrations in all directions at different distances from the emission sources and confirm the most negative scenario for pollutants' transport, excluding evaluates of meteorological, topographic and characteristics of land use data. It is shown that it is impossible to use the software packages adopted by the law in Ukraine, which implement the OND-86 method in the assessment of chronic exposure impact of air pollution on the human organism which are necessary to determine and calculate the risk to the health of the population. To solve this problem, the ratio of average concentrations of chemicals in the total air pollution was estimated, and the average ratio between average daily and maximal single concentrations at the level of 0.17 ( $C_{ad} = 0.17 \times C_{ms}$ ); average annual and average daily concentrations at the level of 0.1 ( $C_{aa} = 0.1 \times C_{ad}$ ) was determined.

Methodical approaches to the establishment of the location of automated monitoring stations (AMS) were substantiated on the basis of the findings of the assessment of risk to the health of the population, taking into account the links to the highest population density and the location of educational institutions. The proposals for the organization of regional automated network for monitoring of the state of ambient air have been also developed on the example of Dnipropetrovsk oblast.

The issue on the organization of the number of AMS in accordance with domestic and international requirements was considered and the impossibility of "blind" use of the European requirements in Ukraine was proved, especially in the industrial cities,

which are characterized by a large number of industrial enterprises (even in the small cities with up to 50 thousand people). This is due to the variability of the spatial transport of pollution around industrial enterprises at long distances and the density of the population in the areas of their exposure.

According to the findings of continuous field studies (30 496 measurements of mass concentrations of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> and 774 measurements of ozone concentrations, Kyiv, 2018-2019), a need in the implementation and expansion of the monitoring programs for measuring particulate matter (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) and ozone in ambient air of the settlements of Ukraine is demonstrated. The levels of average daily concentrations of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> were noted to exceed the standard values recommended by the WHO and the Directive 2008/50/EC and the population was under chronic inhalation exposure to PM<sub>10</sub> (mainly in April, May, September, October due to unfavourable meteorological conditions and aerobiological pollution) and PM<sub>2.5</sub> (mainly in November-March during the heating season).

Based on instrumental studies of ozone concentrations, detected values were determined to exceed the hygienic criteria, established by the WHO recommendations and the Directive 2008/50/EC, in almost every case. At the same time, peaks of maximum mass concentrations ( $> 0.2 \text{ mg} / \text{m}^3$ ) of ozone were recorded in May and June, which, according to the WHO estimations, caused an increase in the number of additional daily deaths by 3-5 % in comparison with the mortality at the exposure at the calculated background level.

Development of technological standards for permissible emissions (TSPE) was another urgent issue studied within presented work and which required a solution within the permitting procedures in case the company obtained a permit for emissions into ambient air. The TSPE are usually approved by the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine without assessments of the impact on the health of the population. In performed research, the current and prospective TSPE of the pollutants and conclusions of the best available technologies and management methods (BAT recommended by the EU) for different types of equipment were



developed and evaluated with the help of the hygienic approaches. The impossibility of the implementation (without taking into account the health effect assessment) of the BAT conclusions, approved and recommended by the EU, is shown. This is due to the specificity (effects of potentiation and summation of pollutants; background concentrations) of industrial air pollution and stricter requirements to the standardization of its quality in Ukraine. Based on the conducted research and the results of risk assessment, five TSPE for the equipment (installations) for different types of productions were established and agreed.

In the course of the research, the importance of the use of probabilistic approach, when determining the size of sanitary protection zones for industrial enterprises in case of state sanitary-epidemiological examination, was scientifically substantiated.

The need to study the patterns of the transport of potentially adverse chemicals in the surface layer of atmosphere and analysis of the levels of their concentrations in the area of exposure of the enterprises (radius 40 heights of the largest pipe, m) by the bearings at different distances in all directions of the world, taking into account the territorial features of the location of the industrial objects (characteristics of land use, topographic and meteorologic data) and residential areas, was established.

An algorithm of the use of MHHRA was developed, the efficiency of its use at the substantiation of the size of sanitary protection zones for industrial enterprises of I- II class of danger was proved and the importance of their implementation at the legislative level within permitting procedures for management decisions was shown.

Based on the performed research, the estimates on the levels of inhalation risk to the health of the population from the emissions of various types of industrial enterprises (metallurgical, machine-building, chemical, coke-chemical, mining, thermal power plant, construction, production of oil and animal fats, livestock complexes) and motor transport were generalized for further development of preventive and environmental measures at the stage of risk management and reaching levels of acceptable risk by various objects of economic system.

Levels of non-carcinogenic risk (HQ) have been calculated in assessing acute (at the level of average daily concentration;  $HQ_{acute}=1.1\div7.9$ ) and chronic (at the level of average annual concentration;  $HQ_{chronic}=1.1\div8.5$ ) inhalation effects of priority chemicals of industrial enterprises and vehicles on the health of exposed population of studied cities. It was found that, according to the WHO recommendations, the calculated levels of non-carcinogenic risks ( $HQ = 3.0\div6.0$ ;  $HQ\geq6$ ) belonged to moderate and high levels of air pollution and could cause, respectively, weak and pronounced effects in vulnerable groups of the population (elderly people, pregnant women and children).

The levels of total carcinogenic risk ( $ICR_{total}$ ) and individual risk of mortality (IRM) for exposed population from the inhalation effect of the particulate matter fraction with a diameter less than  $10\ \mu m$  ( $PM_{10}$ ) have been assessed. It was determined that the possible social costs of the population in the form of additional probability of the development of tumors in the individual from the inhalation exposure of the studied groups of the industrial enterprises and vehicles could be from 9 cases per 10,000 population to 5 cases per 1,000 people; in the form of additional deaths due to inhalation of  $PM_{10}$  from the above facilities, can make up from 8 cases per 10,000 population to 3 cases per 1,000 people.

An algorithm for risk management of air pollution with priority pollutants through the determination of the probability of pathological states of the population's health, caused by living in the areas of unacceptable risk, has been created. It was established that the most unfavourable prognostic level of morbidity from the impact of all groups of the industrial enterprises and vehicles was expected in the form of lung diseases, in particular, bronchial asthma (acute and chronic states), cardiovascular and central nervous system diseases. It is necessary to provide the organization of preventive programs in the form of medical checkups of children / adults, socio-hygienic and genetic monitoring in the population living in the areas of the impact of metallurgical, machine-building, chemical, thermal power, construction enterprises, oil refineries and near highways.

The conducted research allowed to develop proposals for the improvement of the system of hygienic assessment of air quality by means of the implementation of a probabilistic approach and modern methodological tools in sanitary-epidemiological and environmental practice (creation of the intersectoral model of partnership of the executive bodies), in order to achieve acceptable levels of health risk as a main criterion of ecological and hygienic safety in a particular socio-economic system (city, zone, agglomeration).

According to the findings and with the author's participation, 3 utility model patents have been obtained and 5 newsletters have been issued. The obtained results have been reflected in the practical implementation of changes and addendums to the regulations of Ukraine (in terms of the implementation of the European legislation); National Action Plans for Environmental Protection of Ukraine, 2011-2015 and 2016-2020; orders of MEPRU № 671, 21.12.2012; №262, 01.07.2015; № 260, 01.07.2015; №261, 01.07.2015; №504, 25.12.2015, respectively, when approving the technological standards of the permissible emissions of pollutants from the equipment (installations) for different types of production; National Reports on the environmental state in Ukraine in 2015, 2017 and 2018.

The results of risk assessment were used in the development and addendums of the environmental programs of the cities of Zaporizhzhia, Mariupol, Chernomorsk and comprehensive programs of state monitoring in the field of ambient air protection in the cities of Kyiv, Kamianske, Marhanets and Zhovti Vody. The findings were also introduced into educational process of the Ukrainian higher schools, which is confirmed by the relevant implementation acts.

**Key words:** ambient air, pollutant, exposure, acute and chronic inhalation exposure, monitoring, technological standards of permissible emissions, human health risk assessment, sanitary protection zone, risk management.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1) наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

- у наукових фахових виданнях України та наукових періодичних виданнях інших держав:

1. Турос О.І., Петросян А.А., Картавцев О.М., Давиденко Г.М., Кобзаренко І.В. Оцінка токсичності викидів стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря в контексті аналізу ризику для здоров'я населення // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2010. Вип. 55. С. 35-42. *(участь в аналізі і узагальненні результатів, підготовка висновків)*
2. Турос О.І., Петросян А.А., Ананьєва О.В., Картавцев О.М., Загородній В.В. Порівняльний аналіз ризику для здоров'я населення від викидів промислових підприємств різних галузей народно-господарської діяльності // Довкілля та здоров'я. 2012. № 4 (63). С. 34-38. *(проведення наукових досліджень, обґрунтування висновків)*
3. Турос О.І., Петросян А.А., Давиденко Г.М., Близнюк В.В., Ананьєва О.В., Севальнєв А.І. Аналіз оцінки соціальних втрат здоров'я населення, обумовлених забрудненням атмосферного повітря (на прикладі викидів ЗЧ<sub>10</sub>) // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2012. Вип. 59. С. 52-57. *(проведення розрахунків, аналіз отриманих результатів, підготовка висновків)*
4. Турос О.І., Петросян А.А., Ананьєва О.В., Картавцев О.В. Розширення можливостей санітарно-епідеміологічної експертизи при обґрунтуванні встановлення розміру санітарно-захисної зони для феросплавного підприємства на етапі управління ризиком // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2013. Вип. 61. С. 62-70. *(участь в аналізі і узагальненні результатів, підготовка висновків)*

5. Турос О.І., Ковтуненко І.М., Петросян А.А. Оцінка експозиційного навантаження на організм людини – критерій безпеки дії пилоквих аероалергенів атмосферного повітря // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2013. Вип. 62. С. 42-46. *(участь у проведенні розрахунків, аналіз та узагальнення результатів)*
6. Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А. Вдосконалення підходів до кількісної оцінки забруднення атмосферного повітря викидами автомобільних транспортних засобів // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2014. Вип. 63. С. 22-31. *(участь у проведенні натурних досліджень, підготовка висновків)*
7. Петросян А.А. Аналіз ризику для здоров'я дитячого населення, яке проживає в зонах забруднення атмосферного повітря викидами сірки діоксиду // Медичні перспективи. 2015. Т. XX, №4. С. 91-97. *(ідея роботи, проведення наукових досліджень, обґрунтування висновків)*
8. Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А. Оцінка експозиції забрудненим повітрям у салоні пасажирських транспортних засобів // Актуальні проблеми транспортної медицини : навколишнє середовище; професійне здоров'я; патологія. 2015. №4. Т. 2 (42-2). С. 25-31. *(статистична обробка та аналіз одержаних результатів)*
9. Петросян А.А., Черненко Л.М. Аналіз міжнародних законодавчих документів, які регулюють якість атмосферного повітря // Медичні перспективи. 2016. Т. XXI, №1. С. 130-133. *(ідея роботи, збір міжнародних законодавчих документів для аналізу, підготовка висновків)*
10. Турос О.І., Петросян А.А., Давиденко Г.М. Оцінка соціальних втрат здоров'я населення, зумовлених промисловим забрудненням атмосферного повітря викидами зважених часток ( $ЗЧ_{10}$ ) // Медичні перспективи. 2017. Т. 22, № 1. С. 97-102. *(участь у зборі первинних матеріалів, проведення математичного моделювання та узагальнення результатів)*

11. Давиденко Г.М., Петросян А.А. Дослідження забруднення атмосферного повітря зваженими частками пилу: оцінка наслідків // Вісник Вінницького національного медичного університету. 2017. №1, Ч. 1 (Т. 21). С. 165-168. *(участь у зборі первинних матеріалів, проведення математичного моделювання)*
12. Турос О.І., Слаутенко Є.Г., Петросян А.А., Моргульова В.В. Сучасні можливості оцінки забруднення атмосферного повітря підприємствами свинарської галузі // Вісник Вінницького національного медичного університету. 2018. №1(22). С. 217-221. *(участь у проведенні натурних досліджень, математичне моделювання та узагальнення результатів)*
13. Турос О.І., Петросян А.А., Маремуха Т.П., Моргульова В.В. Переваги використання оцінки ризику для здоров'я населення при обґрунтуванні розмірів санітарно-захисних зон для теплоенергетичних об'єктів // Довкілля та здоров'я. 2018. №3(88). С. 45-49. *(ідея роботи, участь в аналізі і узагальненні результатів, підготовка висновків)*
14. Турос О.І., Маремуха Т.П., Петросян А.А., Брезіцька Н.В. Дослідження забруднення атмосферного повітря зваженими частинками пилу (PM<sub>10</sub> та PM<sub>2,5</sub>) у м. Києві // Довкілля та здоров'я. 2018. №4(89). С. 36-39. *(участь у проведенні натурних досліджень та узагальненні одержаних результатів)*
15. Turos O., Maremukha T., Petrosian A., Mykhina L., Morhulova V. Integral indicators as tools for air quality assessment // Довкілля та здоров'я. 2019. №1(90). С. 51-55. *(участь у проведенні досліджень, описання та узагальнення результатів)*
16. Турос Е.И., Ананьева О.В., Петросян А.А. Исследование влияния выбросов автомобильного транспорта на здоровье населения на основании показателей риска (пример Соломенского района г. Киева) // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. Минск, 2013. Вып. 22. С.112-117. *(участь у проведенні досліджень, виконання розрахунків ризику, підготовка висновків)*

17. Caldwell Jane C., Serdyuk A., Turos O., Petrosian A., Kartavtsev O., Avaliani S., Golub A., Strukova E., Brody M. Risk Assessment Capacity Building Program in Zaporizhzhia, Ukraine: Emissions Inventory Construction, Ambient Modeling, and Hazard Results // Journal of Environmental Protection. 2013. Vol. 4. P.1476-1487. *(участь у проведенні досліджень, описання та узагальнення результатів)*
18. Ананьева О.В., Петросян А.А. Изучение закономерностей формирования загрязнения атмосферного воздуха выбросами автомобильного транспорта // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. Минск, 2014. Вып. 24. С. 49-55. *(участь у проведенні натурних досліджень, підготовка висновків)*
19. Маремуха Т.П., Петросян А.А. Загрязнение атмосферного воздуха фракциями мелкодисперсной пыли (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) в районе функционирования угольной ТЭС // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. Минск, 2016. Вып. 26. С. 39-42. *(участь в аналізі і узагальненні результатів, підготовка висновків)*
20. Слаутенко Е.Г., Петросян А.А. Гигиеническое обоснование размеров санитарно-защитных зон для свинокомплексов средней мощности с учетом особенностей распространения запахообразующих химических веществ в атмосферном воздухе // Проблемы здоровья и экологии. Гомель, 2018. №1 (55). С. 98-101. *(участь в узагальненні результатів, підготовка висновків)*
21. Shelestov A., Kolotii A., Borisova T., Turos O., Milinevsky G., Gomilko I., Bulanay T., Fedorov O., Shumilo L., Pidgorodetska L., Kolos L., Borysov A., Pozdnyakova N., Chunikhin A., Dudarenko M., Petrosian A., Danylevsky V., Miatselskaya N., Choliy V. Essential variables for air quality estimation // International Journal of Digital Earth. 2020. Vol. 13(2). P. 278-298. *(участь у проведенні досліджень, описання та узагальнення результатів)*

**2) наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**

**- тези доповідей:**

22. Petrosian A., Turos O., Voznyuk O., Kartavtsev O. Inhalation Impact of Metallurgy Enterprises Emissions on Human Health (Exposure and Risk Assessments) // ISES – 2011 (Oct. 23-27, 2011): abstract compilation. Baltimore, MD (USA), 2011. Abstract number : TT06-02. P. 180.
23. Voznyuk O., Turos O., Petrosian A., Kartavtsev O. Children Exposure to NO<sub>2</sub> Close to Busy Intersections in Zaporizhia, Ukraine // ISES – 2011 (Oct. 23-27, 2011): abstract compilation. Baltimore, MD (USA), 2011. Abstract number : TT07-03. P. 183.
24. Turos O., Petrosian A., Voznyuk O. Assessment of Human Health Risk Attributed to Ambient Air Pollution Formed by Different Types of Industries in Ukraine // ISES – 2011 (Oct. 23-27, 2011): abstract compilation. Baltimore, MD (USA), 2011. Abstract number : WT06-05. P. 227.
25. Турос О.І., Петросян А.А., Вознюк О.В., Давиденко Г.М., Картавцев О.М. Оцінка інгаляційного впливу зважених часток (ЗЧ<sub>10</sub>) на здоров'я населення, що проживає в промислових містах України // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (сьомі марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. (15-16 вер. 2011 р.). Київ, 2011. С. 117-118.
26. Турос О.І., Вознюк О.В., Петросян А.А., Картавцев О.М. Просторове поширення викидів азоту діоксиду та оцінка ризику для здоров'я населення від автомобільного транспорту у одному з промислових міст України // Східноєвропейський журнал громадського здоров'я (матеріали міжнародної наук.-практ. конференції, присвяченої Всесвітньому дню здоров'я). 2011. № 1 (13). С. 246-247.
27. Турос О.І., Петросян А.А. Методичні питання щодо впровадження методології оцінки ризику для здоров'я населення органами державної санітарно-епідеміологічної служби України // Східноєвропейський журнал громадського здоров'я (матеріали міжнародної наук.-практ. конференції, присвяченої Всесвітньому дню здоров'я). 2011. № 1 (13). С. 247-248.



28. Турос Е.И., Петросян А.А., Картавцев О.Н., Ананьева О.В., Маремуха Т.П. Роль оценки риска для здоровья населения в интегрированном управлении качеством воздуха // Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей : сборник статей. Том I. М., 2012. С. 737-740.
29. Турос О.І., Петросян А.А., Картавцев О.М. Порівняльний аналіз концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери при проведенні інструментальних та розрахункових досліджень // Гігієнічна наука та практика: сучасні реалії : матеріали XV з'їзду гігієністів України (20-21 вер. 2012 р., Львів). Львів, 2012. С. 260-262.
30. Turos O., Petrosian A., Ananyeva (Voznyuk) O. Approaches to Exposure and Human Health Risk Assessment Related to Ambient Air Pollution // ISES – 2012 (Oct. 28 - Nov. 1, 2012): abstract compilation. Seattle, Washington (USA), 2012. Abstract number : TuP-06. P.150.
31. Турос О.І., Петросян А.А., Черненко Л.М., Давиденко Г.М., Маремуха Т.П. Недосконалість системи моніторингу атмосферного повітря та шляхи її поліпшення // Східноєвропейський журнал громадського здоров'я (матеріали міжнародної наук.-практ. конференції, присвяченої Всесвітньому дню здоров'я. 2012. № 1 (17). С. 267- 268.
32. Турос О.І., Петросян А.А., Ананьева О.В., Маремуха Т.П. Оцінка ризику для здоров'я населення як інструмент управління якістю повітря // Казантип Еко-2013 : сб. тр. XXI Международной научно-практ. конф. (3-7 июня 2013 г.). Том 2. Щелкино, АР Крым, 2013. С. 256-261.
33. Турос Е.И., Петросян А.А. Внедрение оценки риска для здоров'я населения при управлении качеством атмосферного воздуха в Украине // Формирование и реализация экологической политики на региональном уровне : сб. матер. VI Всероссийской научно-практ. конф. с международ. Участием (24-25 октября 2013, Ярославль). Ярославль, 2013. С. 99-103.
34. Petrosian A., Turos O., Ananyeva O., Zagorodniy V., Chernenko L. Risk of asthmatic morbidity in children exposed to sulfur dioxide industrial emissions //

- ISEE, ISES, ISIAQ –2013 – Annual Conference (Aug. 19-23, 2013): abstracts. Basel, Switzerland, 2013. Abstract number : O-4-14-06. P. 239.
35. Turos O., Petrosian A., Davydenko G. Ananyeva O. Social Costs of Air Pollution in Population Highly Exposed to Industrial Emissions // ISES – 2014 – Annual Conference (Oct. 12-16, 2014): abstracts. Cincinnati, Ohio, USA, 2014. Abstract number : Su-P-52. P.25.
36. Турос О.І., Петросян А.А., Давиденко Г.М., Близнюк В.В., Ананьєва О.В. Оцінка соціальних втрат здоров'я населення, яке проживає в умовах високих експозицій забруднення атмосферного повітря викидами зважених часток від промислових підприємств // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (десяті марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. К., 2014. С. 142-143.
37. Turos O., Petrosian A., Zvinchuk O., Ananyeva O. Measurement and modeling of the variability of air pollution by heavy metals in one of the Ukrainian cities with the metallurgical industry // ISES – 2015 – Annual Conference (Oct. 18-22, 2015): abstracts. Henderson, Nevada, USA, 2015. Abstract number : Su-P-58. P. 32.
38. Турос О.І., Моргульова В.В., Петросян А.А., Парсаданян К.Г. Нові інформаційні ресурси в гігієні атмосферного повітря // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (одинадцяті марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. Івано-Франківськ, 2015. С. 328-330.
39. Turos O., Petrosian A., Ananyeva O., Morgulova V. Incorporation human health risk assessment into system of air quality regulation // EuNetAirNewsletter. COST Action TD 1105. Iss. 8/Sep 2016. P. 8. URL : <http://www.cost.eunetair.it/>
40. Петросян А.А., Моргульова В.В. Моделювання розповсюдження забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери, обумовлене діяльністю підприємств гірничо-металургійного комплексу України // Українсько-польська конференція «Проблеми забруднення та очистки повітря: контроль, моніторинг, каталітичні, фотокаталітичні та сорбційні

- методи очистки» : матеріали конференції (6-8 листопада 2016 р., м. Київ). Київ, 2016. С. 103-104.
41. Турос О.І., Петросян А.А., Ананьєва О.В., Моргульова В.В., Кобзаренко І.В. Розробка технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин на підставі оцінки ризику для здоров'я населення // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (дванадцяті марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. Київ, 2016. С. 128-130.
  42. Турос О.І., Петросян А.А., Михіна Л.І., Маремуха Т.П. Проблеми якості повітря в Україні та оцінки його впливу на громадське здоров'я // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (дванадцяті марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. Київ, 2016. С. 131-132.
  43. Tuross O., Petrosian A., Ananyeva O., Morgulova V. Development of emission standards for metallurgical industry based on results of human health risk assessment // ISES – 2016 – Annual Conference (Oct. 09-13, 2016): abstracts. Utrecht, Netherlands, 2016. Abstract number : Tu-Po-13. P. 477.
  44. Турос О.І., Маремуха Т.П., Петросян А.А., Моргульова В.В. Використання даних дистанційного зондування Землі високої роздільної здатності (космічні знімки) при вирішенні еколого-гігієнічних питань // Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки. Шоста Всеукраїнська конференція «GEO-UA». К., 2018. С. 66-67.
  45. Слаутенко Є.Г., Петросян А.А. До питання вивчення впливу на здоров'я населення забруднення атмосферного повітря свиноконкомплексами // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (чотирнадцяті марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. (11 – 12 жовт. 2018 р.). К., 2018. С. 85-88.
  46. Петросян А.А., Моргульова В.В. Використання моделювання забруднення атмосферного повітря в сельбищних зонах // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (чотирнадцяті марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. (11-12 жовт. 2018 р.). К., 2018. С. 209-211.

47. Петросян А.А. Оцінка ризику для здоров'я населення як інструмент еколого-гігієнічної діагностики // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (п'ятнадцяті марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. (15-16 жовт. 2019 р.). К., 2019. С. 89 – 91.
48. Турос О.І., Кобзаренко І.В., Михіна Л.І., Петросян А.А., Маремуха Т.П., Моргульова В.В., Брезіцька Н.В. Визначення рівнів масової концентрації озону в приземному шарі атмосферного повітря // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (п'ятнадцяті марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. (15-16 жовт. 2019 р.). К., 2019. С. 85-87.
49. Morhulova V., Petrosian A., Maremukha T. Improved methods of assessing the impact of air pollution on public health // ISES, ISIAQ – 2019. – SU-PO-18. P.19.
50. Turos O., Petrosian A., Kobzarenko I., Kharchenko K., Maremukha T., Ananyeva O. Measurement of ambient ozone (O<sub>3</sub>) levels, correlation with the NO<sub>x</sub> levels and the development of the monitoring network for O<sub>3</sub> // ISES, ISIAQ – 2019. SU-PO-14. P.41.
51. Turos O., Maremukha T., Petrosian A., Brezitska N., Mykhina L., Ananyeva O. Study of air pollution by particulate matter (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>) in Kyiv, Ukraine // ISES, ISIAQ –2019. – TU-PO-36. P. 214.

**3) наукові праці, що додатково відображають наукові результати дисертації:**

*- в інших виданнях:*

52. Турос О.І., Петросян А.А., Михіна Л.І. Гігієна повітря // Досвід та перспективи наукового супроводу проблем гігієнічної науки та практики : зб. наук. пр. К, 2011. С. 133-149.
53. Турос О.І., Петросян А.А., Ананьєва О.В., Маремуха Т.П., Кобзаренко І.В. Використання оцінки ризику для здоров'я населення в системі управління якості повітря // Збірник законодавчих та нормативно-правових актів, які регулюють діяльність суб'єктів господарювання в частині запобігання

несприятливого впливу на стан здоров'я і життя людини шкідливих факторів атмосферного повітря. Київ, 2014. С. 15-20.

54. Турос О.І., Давиденко Г.М., Петросян А.А. та ін. Соціальні втрати здоров'я населення, обумовлені промисловим забрудненням атмосферного повітря // Актуальні питання захисту довкілля та здоров'я населення України: результати наукових розробок 2014 р. Київ, 2015. С. 8-34.
55. Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А. та ін. Вдосконалення гігієнічної оцінки забруднення атмосферного повітря викидами автомобільного транспорту // Актуальні питання захисту довкілля та здоров'я населення України: результати наукових розробок 2014 р. Київ, 2015. С. 240-275.
56. Турос О.І., Черненко Л.М., Петросян А.А. Спосіб розробки технологічного нормативу допустимих викидів вуглецю оксиду від агломераційних машин підприємств гірничо-металургійного комплексу України // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. Вип. 66. К., 2015. С. 36-44.
57. Петросян А.А. Використання оцінки ризику при управлінні якістю повітря та збереженні громадського здоров'я // Довкілля та здоров'я. 2016. № 2(78). С. 47-50.
58. Давиденко Г.М., Петросян А.А., Близнюк В.В. Економічні оцінки збитків від передчасної смертності внаслідок захворювань дихальних шляхів // Довкілля та здоров'я. 2017. № 2. С. 39-44.
59. Турос О.І., Маремуха Т.П., Кобзаренко І.В., Петросян А.А., Михіна Л.І., Брезіцька Н.В., Давиденко Г.М., Харченко К.О. Забруднення атмосферного повітря зваженими частками пилу ( $ЗЧ_{10}$  и  $ЗЧ_{2,5}$ ) у Деснянському районі м. Києва // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. Вип. 67. К., 2017. С. 31-37.

***- патенти, інформаційні листи:***

60. Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А., Михіна Л.І., Маремуха Т.П., Сухачов Д.С. Деклараційний патент на корисну модель (51) А61В 10/00. Спосіб прогнозування забруднення атмосферного повітря викидами

автомобільного транспорту. Заявник і власник ДУ «ІГМЕ ім. О. М. Марзеєва НАМНУ». №96939 від 25.02.2015 р., Бюл.№4.

61. Турос О.І., Близнюк В.В., Давиденко Г.М., Петросян А.А. Обґрунтування доцільності поєднання різних економічних підходів та методології оцінки ризику для здоров'я населення при оцінках соціально-економічних збитків здоров'я населення / ДУ «ІГЗ ім. О.М. Марзеєва НАМН України»; ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України». К., 2015. 5 с. (Укрмедпатентінформ МОЗ України / Інформаційний лист про нововведення № 149-2015).
62. Турос О.І., Близнюк В.В., Давиденко Г.М., Петросян А.А. Обґрунтування підходів до оцінки соціальних втрат, обумовлених підвищеними ризиками від дії забрудненого атмосферного повітря для здоров'я населення України / ДУ «ІГЗ ім. О.М. Марзеєва НАМН України»; ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України». К., 2015. 6 с. (Укрмедпатентінформ МОЗ України / Інформаційний лист про нововведення № 150-2015).
63. Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А., Михіна Л.І., Маремуха Т.П., Ліхобицький І.В., Сухачов Д.С. Вдосконалення підходів до оцінки кількісного впливу забруднення атмосферного повітря, обумовленого викидами автомобільного транспорту та визначення зон підвищеного ризику для здоров'я населення / ДУ «ІГЗ ім. О.М. Марзеєва НАМН України». К., 2015. 4 с. (Укрмедпатентінформ МОЗ України / Інформаційний лист про нововведення № 227-2015).
64. Турос О.І., Петросян А.А., Маремуха Т.П., Черненко Л.М. Використання оцінки ризику для здоров'я населення при розробці технологічних нормативів допустимих викидів / ДУ «ІГМЕ ім. О.М. Марзеєва НАМН України»; Санітарно-епідеміологічна станція Державного управління справами. К., 2015. 3 с. (Укрмедпатентінформ МОЗ України / Інформаційний лист про нововведення № 334-2015).

65. Турос О.І., Слаутенко Є.Г., Моргульова В.В., Петросян А.А., Ананьєва О.В. Визначення розповсюдження хімічних забруднюючих речовин з вираженими запахоутворюючими властивостями, що утворюються в процесі діяльності свинокомплексів / ДУ «ІГЗ ім. О.М. Марзєєва НАМН України». К., 2017. 4 с. (Укрмедпатентінформ МОЗ України / Інформаційний лист про нововведення № 300-2017).
66. Турос О.І., Петросян А.А., Слаутенко Є.Г., Моргульова В.В., Маремуха Т.П. Деклараційний патент на корисну модель (51) А61В 10/00. Спосіб визначення розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі». Заявник і власник ДУ «ІГЗ ім. О. М. Марзєєва НАМНУ». № 131880 (11); заявл. 11.02.2019; Бюл. № 3.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ .....	31
ВСТУП .....	32
РОЗДІЛ 1 АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГО-ГІГІЄНИЧНОЇ ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ТА ЙОГО ВПЛИВУ НА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ (аналітичний огляд літератури)	
1.1 Національна політика щодо охорони атмосферного повітря в Україні та її відповідність міжнародним вимогам .....	46
1.2 Методичні підходи до оцінки якості атмосферного повітря та його впливу на здоров'я населення .....	60
1.2.1 Система державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря .....	67
1.2.2 Аналіз математичних моделей просторового поширення концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери .....	76
1.3 Оцінка ризику та впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення .....	87
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ТА ОБСЯГ ДОСЛІДЖЕНЬ	
2.1 Методичний підхід та програма дослідження .....	99
2.2 Аналіз фізико-географічних та еколого-гігієнічних параметрів територій дослідження за допомогою картографічних методів (геоінформаційних систем) .....	103
2.3 Методологія оцінки ризику для здоров'я населення .....	110
2.3.1 Етап ідентифікації небезпеки .....	111
2.3.2 Етап оцінки залежності «доза – відповідь» .....	114
2.3.3 Етап оцінки експозиції .....	115
2.3.4 Характеристика ризику для здоров'я населення .....	119



2.3.5 Критерії рівнів ризику для здоров'я населення.....	12348
2.2.7 Етап управління ризиком .....	125
2.4 Методи інструментальних досліджень визначення концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери .....	126
РОЗДІЛ 3 СУЧАСНІ МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ ОЦІНКИ РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ В СИСТЕМІ ГІГІЄНИЧНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ .....	130
3.1 Еколого-гігієнічний аналіз забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств та автотранспорту в Україні .....	131
3.2 Удосконалення етапу експозиції в процедурі оцінки ризику для здоров'я населення .....	141
3.3 Порівняльний аналіз та оцінка співвідношення усереднених концентрацій у загальному забрудненні атмосферного повітря .....	150
РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ, РОЗБУДОВА ТА УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ МЕРЕЖІ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА СТАНОМ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	
4.1 Наукове обґрунтування розміщення постів моніторингу в сельбищних зонах .....	164
4.2 Розширення переліку пріоритетних забруднюючих речовин, що підлягають спостереженню в загальній системі державного моніторингу .....	189
РОЗДІЛ 5 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ НОРМАТИВІВ ДОПУСТИМИХ ВИКИДІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ .....	201
РОЗДІЛ 6 ВИКОРИСТАННЯ ОЦІНКИ РИЗИКУ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ДЕРЖАВНОЇ САНИТАРНО-ЕПІДЕМІОЛОГІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ ДЛЯ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗМІРІВ САНИТАРНО-ЗАХИСНИХ ЗОН ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ .....	236

РОЗДІЛ 7 ОЦІНКА РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ТА СОЦІАЛЬНІ ВТРАТИ НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ВИКИДАМИ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ ТА АВТОТРАНСПОРТУ .....	264
7.1 Результати оцінки та аналізу інгаляційного ризику для здоров'я населення, обумовленого впливом викидів різних видів промислових підприємств .....	270
7.2 Результати оцінки та аналізу інгаляційного ризику для здоров'я населення, обумовленого впливом викидів автотранспорту .....	289
РОЗДІЛ 8 НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ ПРОФІЛАКТИКИ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА СТАН ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я (аналіз та узагальнення результатів) .....	297
ВИСНОВКИ .....	316
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	323
ДОДАТКИ .....	375

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

HQ	неканцерогенний ризик
ICR	індивідуальний канцерогенний ризик
IRM	індивідуальний ризик смерті
PM <sub>10</sub>	тверді частки пилу з діаметром 10 мікрон
PM <sub>2,5</sub>	тверді частки пилу з діаметром 2.5 мікрон
RfC	референтна концентрація
EPA	Агентство США з охорони довкілля
АПС	автоматизований пост спостережень
ВООЗ	Всесвітня організація охорони здоров'я
ГДК <sub>с.д.</sub>	гранично допустима середньо добова концентрація
ГДК <sub>м.р.</sub>	гранично допустима максимально разова концентрація
ГІС	геоінформаційна система
ДВ	джерело викиду
ДЗЗ	дистанційне зондування Землі
ДСП	державні санітарні правила
ДСЕЕ	державна санітарно-епідеміологічна експертиза
ДУ „ІГЗ НАМНУ”	Державна установа «Інститут громадського здоров'я ім. М.О. Марзєєва Національної академії медичних наук України»
ЄЕК	Європейська економічна комісія
ЄС	Європейський Союз
ЗР	забруднююча речовина
КМУ	Кабінет Міністрів України
МОЗ	Міністерство охорони здоров'я України
МОРЗН	методологія оцінки ризику для здоров'я населення
МЗДПР	Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України
НДТМ	найкращі доступні технології і методи управління
ЛОС	леткі органічні сполуки
ОБРВ	орієнтовні безпечні рівні впливу
ОВД	оцінка впливу на довкілля
ОР	оцінка ризику
пил НДЗС	пил недиференційований за складом
ПША	приземний шар атмосфери
ДВ	джерело викиду
СЗЗ	санітарно-захисна зона
ТНДВ	технологічний норматив допустимих викидів
ЦМР	цифрова модель рельєфу

## ВСТУП

**Актуальність теми.** За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), забруднення атмосферного повітря є одним з провідних факторів ризику, з яким пов'язано 4,2 млн смертей на рік, що становить близько 7,6 % додаткових смертей у світі [1]. На долю цього забруднення припадає 29 % випадків усіх передчасних смертей, пов'язаних з раком легень, 17 % захворювань, викликаних гострими інфекціями нижніх дихальних шляхів, 43 % хронічних обструктивних хвороб легень, 24 % інсультів, 25 % ішемічних хвороб серця [2], [3]. При цьому встановлено, що 91 % світового населення проживає у районах, де рівень забруднення перевищує допустимі рівні, встановлені в рекомендаціях ВООЗ з якості повітря, а дев'ять з десяти людей дихають повітрям з високими концентраціями забруднюючих речовин (ЗР) [4].

До ЗР, про негативний вплив яких на здоров'я населення отримано найпереконливіші докази, належать тверді частки пилу ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ), озон, діоксиди азоту та сірки [3], [5]. За даними звіту «State of global air», від 87 до 93 % населення Європи знаходиться під експозицією високих рівнів концентрацій  $PM_{2.5}$ , 61-83 % –  $PM_{10}$ , 97-98 % – озону, 85-91 % – бенз(а)пірену, 36-37 % – сірки діоксиду, 8-12 % – азоту діоксиду [6]. Викиди твердих часток пилу є одним з компонентів забруднення атмосферного повітря, що є шостим за величиною фактором ризику передчасних смертей в усьому світі, призводячи до 4,1 млн смертей від хвороб серця, інсультів, раку легень, хронічних захворювань легень та респіраторних інфекцій. Сюди відносять й озон, рівень концентрацій якого у приземному шарі атмосферного повітря невинно збільшується та є причиною 254,0 тис. додаткових смертей від хронічних захворювань легень [7] – [9].

В Україні від забруднення атмосферного повітря потерпає близько 80 % всього населення в регіонах, де рівень забруднення повітря не відповідає гігієнічним нормативам [10] – [12]. Найбільшого впливу зазнає населення, яке

проживає у техногенно-навантажених регіонах, де рівні ризику перевищують допустимі величини, зумовлені викидами стаціонарних та пересувних джерел [10], [13] – [22]. Сумарний рівень забруднення в містах східного регіону України у 6,41 разів перевищує допустимі нормативи, у західному спостерігаються перевищення у 4,9 разів, у північному – в 3,5 разів. При цьому, лише 15,3 % мешканців промислових міст проживають в умовах незначного забруднення, 52,8 % – помірного, 24,3 % – високого, 7,6 % – дуже високого забруднення [23].

Високий рівень забруднення повітря, що був підтверджений антирейтинговим переліком країн світу, в якому Україна займає дев'яте місце, обумовлений високим рівнем промислового та транспортного забруднення у країні. Спостереження свідчать, що тільки за один рік в атмосферу України потрапляє близько 4 млн т шкідливих речовин від викидів промислових підприємств та автотранспорту. При цьому, найбільший внесок у загальне забруднення атмосферного повітря України за останнє десятиліття вносять об'єкти промисловості (2,508 млн т) та автомобільний транспорт (1,358 млн т) [24].

Відповідно до угоди про Асоціацію між ЄС та Україною, було ратифіковано та імplementовано низку багатосторонніх міжнародно-правових угод і нормативних актів, серед яких основними є Конвенція про транскордонне забруднення повітря на великі відстані (ЗУ №2707-ХІІ від 16.10.1992 р.) та 8 Протоколів до неї; Організаційна конвенція (ЗУ №832-ХІV від 06.07.1999 р.) [25], [26]. До них напряму дотичні Директива ЄС 2008/50/ЄС «Про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи»; Директива ЄС 2004/107/ЄС щодо миш'яку, кадмію, ртуті, нікелю та поліциклічних ароматичних вуглеводнів у навколишньому повітрі; Директива ЄС 2010/75/ЄС «Про промислові викиди (інтегроване запобігання та контроль забруднення)» [27] – [29]. Основною метою цих документів є зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря та запобігання його негативного

впливу на здоров'я населення на підставі ризикових оцінок. Також, важливість використання методології оцінки ризику для здоров'я населення (МОРЗН) підкреслено в деклараціях двох основних європейських процесів «Довкілля для Європи» (Київ, 2003; Белград, 2007; Астана, 2011, Батумі, 2016) та «Довкілля та здоров'я» (Лондон, 1999; Будапешт, 2004; Парма, 2010; Острава, 2017), які націлені на об'єднання зусиль щодо виявлення та подолання загальнодержавних проблем охорони атмосферного повітря та здоров'я населення [30].

Відомо, що у світовій практиці на основі результатів оцінювання ризику встановлюють гігієнічні нормативи, обґрунтовують розміри санітарно-захисних зон для промислових підприємств і приймають містобудівні рішення, створюють профілактичні і природоохоронні програми [8], [31] – [42]. В умовах керування територіальними громадами, прийняття управлінських рішень щодо зниження ризику для здоров'я населення до прийняттого рівня створює умови для удосконалення системи гігієнічної оцінки якості повітря на державному рівні [8], [43] – [45].

Обов'язковість використання ймовірнісного підходу у вигляді МОРЗН знайшла своє відображення й в останніх державних стратегічних і планових документах України, зокрема у ЗУ «Про санітарне та епідемічне благополуччя населення»; ЗУ «Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року» (ЗУ №2697-VIII від 28.02.2019 р.); ЗУ «Про оцінку впливу на довкілля» (ЗУ №2059-VIII від 23.05.2017 р.); ЗУ «Про стратегічну екологічну оцінку» (ЗУ №2354-VIII від 20.03.2018 р.) [46] – [49]. Але, на жаль, питання застосування МОРЗН не є обов'язковим та законодавчо не закріплено у загальній дозвільній системі, де питання оцінювання впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення розглядається лише для отримання промисловим підприємством дозволу на викид у частині обґрунтування розміру санітарно-захисної зони та під час розроблення проєктів оцінки впливу на довкілля. Водночас, оцінювання токсичності викидів залишається поза увагою органів регулювання та контролю, що є

причиною недооцінки біологічних ефектів, зумовлених особливостями забруднення атмосферного повітря різними видами та територіальним розташуванням промислових підприємств і автотранспорту. В першу чергу, це зумовлено застарілістю, неефективністю системи державного моніторингу (відсутністю типізації розташування та автоматичних систем пробовідбору на постах спостереження), що призводить до розрізненості даних спостережень Українського гідрометеорологічного центру Державної служби надзвичайних ситуацій (ДСНС) України, лабораторних центрів Міністерства охорони здоров'я (МОЗ) України та Державної екологічної інспекції України. Така ситуація погіршується ще й внаслідок законодавчо закріпленого використання критеріального підходу, відповідно до концепції «нульового» ризику, який не враховує хронічний інгаляційний вплив ЗР на здоров'я усіх груп експонованого населення протягом життя [50] – [53]. Незважаючи на прийняття Постанови КМУ від 14.08.2019 р. за №827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» [54], нерегульованим залишається питання визначення вмісту твердих часток пилу (з діаметром менше 10 мкм –  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ) та озону, оскільки їх державний моніторинг й досі не запроваджений в Україні за відсутності технічних можливостей перепрофілювання мережі моніторингу. Важливим в цьому сенсі є й контроль за біологічним забрудненням повітря, зокрема, пилом рослин, який здійснюється в Україні спорадично [55].

Отже, основною проблемою ширшого впровадження державної системи моніторингу та МОРЗН є відсутність комплексного системного підходу до використання сучасних інструментів щодо оцінювання якості атмосферного повітря, які вимагають визначення рівнів експозицій населення за різні періоди усереднення (година, доба, місяць, рік) для подальших розрахунків ризику для здоров'я населення. Це, своєю чергою, потребує внесення змін та доповнень до основних нормативно-методичних документів чинного санітарного та екологічного законодавства, адаптації та створення

математичних (розрахункових) програмних комплексів, регламентів, технічних умов та інструкцій.

Аналізуючи вищевикладене, у світлі виконання Україною взятих на себе міжнародних зобов'язань, можна констатувати, що система оцінки та управління якістю атмосферного повітря вимагає перегляду. Перш за все – шляхом методичних змін у використанні системного підходу, що базується на впровадженні єдиних оцінок впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення (від «джерела викиду» до «стану здоров'я») та ймовірнісного підходу з використанням нових інформаційних технологій у науковому обґрунтуванні управлінських рішень на державному, регіональному та локальному рівнях. Подібні дії дадуть змогу об'єднати соціальний та екологічний складники системи регулювання якості повітря та створять основу для реалізації Глобальних цілей стійкого розвитку. Цим зумовлено вибір теми, мети та завдань наукового дослідження.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Роботу виконано в рамках таких науково-дослідних робіт Державної установи «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва Національної академії медичних наук України»: «Оцінка соціальних втрат, обумовлених підвищеними ризиками від дії забрудненого атмосферного повітря для здоров'я населення», 2012-2014 рр. (№ держреєстрації 0115U002081); «Наукові засади оцінки ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря викидами автомобільного транспорту», 2012-2014 рр. (№ держреєстрації 0112U001053); «Вдосконалення наукових підходів до гігієнічної оцінки діяльності теплоенергетичних об'єктів», 2015-2017 рр. (№ держреєстрації 0115U000648); «Наукове обґрунтування критеріїв оцінки небезпеки, обумовленої забрудненням атмосферного повітря речовинами у вигляді твердих суспендованих частинок, відповідно до вимог ЄС», 2018-2020 рр. (№ держреєстрації 0118U003709).

Деякі положення дисертаційної роботи висвітлено у рамках: міжнародного проекту SAICM QSP «Розвиток субрегіонального



інституційного співробітництва у сфері охорони здоров'я для зміцнення спроможності та обміну інформацією для вирішення проблем впливу небезпечних хімікатів на здоров'я в Білорусі та Україні» за фінансової підтримки ВООЗ та Програми з навколишнього середовища ООН (ЮНЕП), 2018 р.; міжнародного проєкту «Breathing Together for Local Air Quality, CONSPIRO» Європейського об'єднаного дослідного центру (EU JRC) «Європейська стратегія для Дунайського регіону» (пріоритетна область з питань якості повітря), 2017-2018 рр.; міжнародного проєкту BELUGA Каролінського Інституту, 2016-2019 рр.; цільової програми наукових досліджень НАН України «Аерокосмічні спостереження довкілля в інтересах сталого розвитку та безпеки як національний сегмент проєкту Горизонт-2020 ERA-PLANET», виконуваної за підтримки EU JRC (НДР «Визначення концентрацій забруднюючих речовин (зважених частинок та озону) у приземному шарі атмосфери та інформування громади щодо їх небезпеки для здоров'я населення», 2017-2020 рр.).

**Мета роботи** – удосконалення системи гігієнічної оцінки якості атмосферного повітря для обґрунтування та розроблення управлінських заходів, спрямованих на збереження громадського здоров'я.

Для досягнення поставленої мети було визначено такі **завдання**.

1. Проаналізувати стан забруднення атмосферного повітря в Україні відповідно до національних та міжнародних вимог.
2. Адаптувати сучасні методичні підходи та інструменти для визначення експозиції в процедурі гігієнічної оцінки якості повітря.
3. Удосконалити національні вимоги до впровадження автоматизованої мережі спостережень (моніторингу) атмосферного повітря.
4. Обґрунтувати гігієнічні вимоги до розроблення технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин.
5. Науково обґрунтувати використання ймовірнісного підходу до встановлення розмірів санітарно-захисних зон для промислових

підприємств під час проведення державної санітарно-епідеміологічної експертизи.

6. Оцінити ризик для здоров'я та соціальні втрати населення від забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств та автотранспорту.
7. Розробити та удосконалити систему гігієнічної оцінки якості повітря шляхом впровадження інноваційних технологій та процедури оцінки ризику для здоров'я населення.

**Об'єкт дослідження:** система оцінки якості повітря, заснована на критеріях безпеки для здоров'я населення.

**Предмет дослідження:** рівні експозиційних навантажень (концентрацій) ЗР у приземному шарі атмосферного повітря; ризики для здоров'я, зумовлені хімічним забрудненням атмосферного повітря (неканцерогенні та канцерогенні); технологічні нормативи допустимих викидів ЗР; конвенції, директиви та регламенти ЄС, законодавчі та нормативно-правові акти України; форми статистичної звітності щодо характеристики забруднення атмосферного повітря (документи дозвільного характеру).

**Методи дослідження:** бібліографічний метод аналізу наукової та нормативно-методичної інформації; еколого-гігієнічний аналіз інформації щодо забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств та автотранспорту; статистичні методи оброблення даних (за допомогою EXCEL, STATISTICA 10.0); фізико-хімічні методи аналізу; математичні методи (моделювання забруднення атмосферного повітря за допомогою програмного комплексу ISC-AERMOD View, ліцензія ISCA Y0002896); оцінка ризику для здоров'я населення (визначення ексцесу ризиків для індикаторів здоров'я); картографічні методи з використанням геоінформаційних систем (ГІС; ArcGis 10.1) та даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ; космічні знімки).

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає в розробленні теоретичних та методичних засад удосконалення гігієнічної складової

міждисциплінарної системи оцінки якості атмосферного повітря з використанням ймовірнісного підходу за допомогою реалізації комплексу натурних вимірювань, структурно-логічного моделювання розповсюдження ЗР у приземному шарі атмосфери (ПША), впровадженні нових інформаційних технологій для визначення зон підвищеного інгаляційного ризику для здоров'я населення та розробки профілактичних програм у сфері громадського здоров'я. В результаті виконаного системного дослідження вперше здійснено комплексну еколого-гігієнічну та фізико-географічну оцінку забруднення атмосферного повітря на різних територіях України; обґрунтовано визначення зон впливу в населених пунктах з урахуванням щільності проживання населення, токсичності викидів та територіальних особливостей забруднення стаціонарними та пересувними джерелами, використовуючи дані ДЗЗ та ГІС; визначено особливості формування інгаляційного ризику на певних територіях за окремі проміжки часу впливу та встановлено закономірності для різних періодів усереднення (година, доба, рік); доведено необхідність використання методичних підходів МОПЗН для організації, удосконалення та здійснення автоматизованого моніторингу атмосферного повітря в зонах та агломераціях (у т.ч. обов'язковість впровадження спостережень за  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  та озоном); під час розроблення технологічних нормативів допустимих викидів ЗР в атмосферне повітря, використовуючи результати оцінки ризику, проведено порівняльний аналіз з висновками найкращих доступних технологій та методів управління (НДТМ), що рекомендовані ЄС; запропоновано впровадження ймовірнісного підходу та сучасних методичних інструментів для удосконалення системи гігієнічної оцінки якості повітря під час прийняття управлінських рішень на державному рівні.

**Практичне значення** отриманих результатів полягає в тому, що наукові положення дисертації використані у якості прикладної основи для адаптації програмних комплексів щодо можливості розрахунків концентрацій

ЗР у ПША за різний період усереднення, які дадуть змогу оцінювати ризик як за умови хронічних, так і гострих інгаляційних впливів викидів ЗР на здоров'я експонованого населення. Результати дисертації дозволили розширити методичну базу з впровадження методології оцінок ризику від забруднення атмосферного повітря стаціонарними і пересувними джерелами шляхом перегляду нормативно-правових документів та внесення змін у процедуру погодження документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів для отримання дозволу на викиди (в частині обґрунтування розмірів СЗЗ), затвердження технологічних нормативів допустимих викидів та обґрунтування системи гігієнічної оцінки якості повітря на державному рівні як складової соціально-гігієнічного моніторингу. З метою удосконалення процедур оцінки впливу на довкілля, стратегічної екологічної оцінки та прийняття містобудівних рішень, під час складання міських програм соціально-економічного розвитку розроблено профілактичні та природоохоронні заходи.

За результатами досліджень та участю автора отримано 2 патенти на корисну модель: «Спосіб прогнозування забруднення атмосферного повітря викидами автомобільного транспорту» (№96939-2015) та «Спосіб визначення розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі» (№131880-2018); опубліковано 5 інформаційних листів: №149-2015 «Обґрунтування доцільності поєднання різних економічних підходів та методології оцінки ризику для здоров'я населення при оцінках соціально-економічних збитків здоров'я населення», №150-2015 «Обґрунтування підходів до оцінки соціальних втрат, обумовлених підвищеними ризиками від дії забрудненого атмосферного повітря для здоров'я населення України», №227-2015 «Вдосконалення підходів до оцінки кількісного впливу забруднення атмосферного повітря, обумовленого викидами автомобільного транспорту та визначення зон підвищеного ризику для здоров'я населення», №334-2015 «Використання оцінки ризику для здоров'я населення при розробці

технологічних нормативів допустимих викидів», №300-2017 «Визначення розповсюдження хімічних забруднюючих речовин з вираженими запахоутворюючими властивостями, що утворюються в процесі діяльності свинокомплексів».

Матеріали, отримані під час виконання дисертаційної роботи, знайшли своє практичне відображення у вигляді змін та доповнень до проєктів ЗУ «Про стратегічну екологічну оцінку», ЗУ «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності», ЗУ «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», ЗУ «Про Стратегію національної екологічної політики України на період до 2020 року»; розпорядження КМУ «Про схвалення концепції реформування державної системи моніторингу довкілля»; Національного плану дій з охорони навколишнього природного середовища України на періоди 2011-2015 рр., 2016-2020 рр.; наказу МВС України «Про затвердження Порядку встановлення зон та агломерацій за рівнем забруднення атмосферного повітря та їх класифікації»; положень щодо імплементації Директив 2008/50/ЄС про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи та 2004/107/ЄС про миш'як, кадмій, ртуть, нікель та ПАВ в атмосферному повітрі; наказах МЕРУ №671 від 21.12.2012 р., №262 від 01.07.2015 р., № 260 від 01.07.2015 р., № 261 від 01.07.2015 р., № 504 від 25.12.2015, під час затвердження технологічних нормативів допустимих викидів ЗР із устаткування (установки) для різних видів виробництв; національних доповідях про стан навколишнього середовища в Україні у 2015, 2017 та 2018 рр. Результати оцінки ризику та розроблені методичні підходи були використані під час створення Запорізької обласної комплексної програми охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки (рішення Запорізької ОДА від 28.03.2013 р. за №29), проєкту програми «Організація, розбудова та удосконалення регіональної автоматизованої мережі спостережень за станом атмосферного повітря у

Дніпропетровській області», міських програм – «Охорона та оздоровлення навколишнього середовища м. Маріуполь на 2012-2020 роки» (рішення Маріупольської міської ради від 25.09.12 р. за №6/22-2462 (зі змінами) з додатками 1,2,3, відповідно до рішення міської ради №7/8-375 від 30.06.20016 р.), «Охорона довкілля, раціонального використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки на території м. Чорноморська Одеської області на 2017-2020 рр.» (рішення Чорноморської міської ради від 12.03.2016 р. за №38-VII), «Здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря та управління якістю атмосферного повітря м. Київ (2019-2021 рр.)». Також, результати впроваджено у навчальний процес кафедри загальної гігієни ДЗ «Дніпропетровська державна медична академія МОЗ України», кафедри гігієни та екології №4 Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління, ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченко та у практичну діяльність ДУ «Запорізький обласний лабораторний центр МОЗ України», Головних управлінь Держпродспоживслужби в м. Києві, Донецькій та Хмельницькій областях, ТОВ «Автоекоприлад», ТОВ «Центр екології та розвитку нових технологій», що підтверджено відповідними актами впровадження, наданими у 2017-2020 роках.

**Особистий внесок здобувача.** Авторкою обґрунтовано ідею, визначено завдання і програму досліджень, виконано комплекс теоретичних досліджень, а саме: проведено патентно-інформаційний пошук; складено аналітичний огляд літератури за проблемою дослідження, обґрунтовано дизайн дослідження та вибір адекватних методик; проаналізовано та порівняно нормативно-методичні національні та міжнародні документи. Самостійно зібрано та узагальнено статистичний матеріал щодо характеристики джерел і складу викидів промислових підприємств; здійснено статистичну обробку даних натурних вимірювань; оцінено та узагальнено розрахункові дані

(усереднені 1-годинні, 24-годинні та річні концентрації) щодо особливостей та закономірностей поширення забруднення у ПША на підставі математичного моделювання; розраховано та оцінено ризики для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря викидами різних видів промислових підприємств та автотранспорту; розроблено та обґрунтовано алгоритм оцінки та управління ризиком від забруднення атмосферного повітря для створення профілактичних та природоохоронних програм. Проведено науковий аналіз і узагальнення результатів та сформульовано висновки. Особистий внесок здобувачки становить понад 85 % від загального обсягу роботи.

**Апробація результатів дослідження.** Основні положення дисертації доповідались і обговорювались на: міжнародних конференціях «ISES» (Балтімор, Сіетл, США, 2011, 2012); міжнародних конференціях «ISEE, ISES, ISIAQ» (Базель, Швейцарія, 2013; Утрехт, Нідерланди, 2016); міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій Всесвітньому дню здоров'я (Київ, 2011, 2012); міжнародному екологічному форумі «Довкілля для України» (Київ, 2012); XV З'їзді гігієністів «Гігієнічна наука та практика: сучасні реалії» (Львів, 2012); міжнародному форумі «Новітні технології ГІС та ДЗЗ в Україні» (Київ, 2012, 2017, 2018); VI Міжнародному форумі «Комплексне забезпечення лабораторій» (Київ, 2013); семінарі «Врегулювання питання процедури розгляду та погодження Держсанепідслужбою України документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів, для отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами» (Київ, 2014); міжнародній третій літній школі «Measurements of atmospheric aerosols: Aerosol physics, sampling and measurement techniques» (Гельсінкі, Фінляндія, 2015); науковій конференції з міжнародною участю «Запровадження національного плану дій щодо НІЗ на період до 2020 року, відповідно до Європейської стратегії «Здоров'я-2020» (Київ, 2015); українсько-польській конференції «Проблеми

забруднення та очистки повітря: контроль, моніторинг, каталітичні, фотокаталітичні та сорбційні методи очистки» (Київ, 2016); 5-6th Annual Forum of the EU Strategy for the Danube Region (Братислава, Словаччина, 2016; Будапешт, Угорщина, 2017); семінар-нараді «Наукове забезпечення діяльності Держпродспоживслужби щодо здійснення державного нагляду (контролю) у сфері санітарного законодавства» (Київ, 2017); круглому столі ВООЗ «Пріоритети довкілля та здоров'я в Україні» (Київ, 2018); робочих нарадах з виконання проєктів Цільової програми НАН України «ERA-PLANET/UA», Horizon-2020 (Київ, 2017, 2018, 2019); робочих засіданнях експертної групи європейського об'єднаного дослідного центру з питань якості повітря (Іспра, Італія, 2016; Загреб, Хорватія, 2016; Белград, Сербія, 2017; Софія, Болгарія, 2018; Бухарест, Румунія, 2018; Прага, Чехія, 2018); міжнародному порівняльному семінарі «WHO/JRC INTERCOMPARISON WORKSHOP ON AIR QUALITY MONITORING – NO/N<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>» (Ланген, Німеччина, 2015, 2018); науково-практичних конференціях «Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (марзеєвські читання)» (Київ, 2011, 2014, 2015, 2016, 2018, 2019); міжнародній конференції «Environmental health and sustainable urban development (Рига, Латвія, 2019); міжнародній виставці «Waste Air & Gas Management» (Київ, 2018, 2019); міжгалузевому заході – платформа екологічних та технологічних рішень «ПИЛОГАЗООЧИСТКА-2020» (Київ, 2020).

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 66 наукових праць, серед них: 29 статей, з них 21 – у наукових фахових виданнях України та наукових періодичних виданнях інших держав, 8 – в інших виданнях та 30 тез доповідей на вітчизняних та міжнародних конференціях, форумах та з'їздах. Отримано 2 патенти на корисну модель та видано 5 інформаційних листів. Публікації виконано самостійно та у співавторстві.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація має анотацію українською та англійською мовами, складається зі вступу, восьми розділів (результати



власних досліджень, їх аналіз та узагальнення), висновків, списку використаних джерел, що містить 437 літературних посилань (229 – кирилицею, 208 – латиницею). Роботу викладено на 438 сторінках (обсяг основного тексту становить 322 сторінки), вона містить 103 рисунки, 22 таблиці, 6 додатків.

**РОЗДІЛ 1**

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГО-ГІГІЄНИЧНОЇ ОЦІНКИ  
ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ТА ЙОГО ВПЛИВУ НА  
ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ (аналітичний огляд літератури)**

**1.1 Національна політика щодо охорони атмосферного повітря в  
Україні та її відповідність міжнародним вимогам**

Нинішню екологічну ситуацію забруднення атмосферного повітря в Україні можна охарактеризувати як кризову, що формувалася протягом тривалого періоду через нехтування об'єктивними законами розвитку і відтворення природно-ресурсного комплексу України. Відбувалися структурні деформації народного господарства, за яких перевага надавалася розвитку сировинно-видобувних, найбільш екологічно-небезпечних галузей промисловості [47], [56].

Основним законодавчим актом, що здійснює правове регулювання в сфері якості повітря та досягнення поставлених до України міжнародних вимог є Закон України (ЗУ) «Про охорону атмосферного повітря» від 16.10.1992 р. №2707-ХІІ, що спрямований на збереження та відновлення природного стану атмосферного повітря, створення сприятливих умов для діяльності, забезпечення медико-екологічної безпеки та запобігання шкідливому впливу атмосферного повітря на здоров'я людей та навколишнє природне середовище [57]. На підставі вищесказаного, з метою створення механізму реалізації статей №№4, 5, 6, 7, 11, 35 ЗУ «Про охорону атмосферного повітря», Кабінетом Міністрів України (КМУ) було затверджено ряд постанов (зі змінами за вимогою сьогодення), основними з яких є: Постанова №1598 від 29.11.2001 р. «Про затвердження переліку найбільш поширених і небезпечних забруднюючих речовин, викиди яких в атмосферне повітря підлягають регулюванню», Постанова №1655 від 13.12.2001 р. «Про затвердження порядку ведення державного обліку в галузі охорони атмосферного повітря», Постанова №1780 від 28.12.2001 р. «Про

затвердження порядку розроблення та затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел», Постанова №302 від 13.03.2002 р. «Про затвердження порядку проведення та оплати робіт, пов'язаних з видачею дозволів на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами, обліку підприємств, установ, організацій та громадян – суб'єктів підприємницької діяльності, які отримали такі дозволи» [58] – [61].

Крім постанов КМУ, механізм регулювання якості атмосферного повітря здійснюється також і через відповідні нормативні акти, затверджені різними міністерствами та відомствами, зокрема: наказом Міністерства екології та природних ресурсів України №177 від 10.05.2002 р. «Про затвердження інструкції про порядок та критерії взяття на державний облік об'єктів, які справляють або можуть справити шкідливий вплив на здоров'я людей і стан атмосферного повітря, видів та обсягів забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря», наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України № 7 від 10.02.1995 р. «Про затвердження інструкції про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин на підприємстві», наказом №108 від 9.03.2006 р. «Про затвердження Інструкції про загальні вимоги до оформлення документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів, для отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами для підприємств, установ, організацій та громадян – підприємців», наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України №317 від 16.08.2004 р. «Про затвердження переліку типів устаткування, для яких розробляються нормативи гранично допустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел» [62] – [65].

Слід зауважити, що відповідно до вимог європейського законодавства для поліпшення системи регулювання якості повітря було внесено зміни до ЗУ «Про охорону атмосферного повітря», направлені на удосконалення дозвільної системи в галузі охорони атмосферного повітря. Ці зміни передбачають

впровадження системи регулювання викидів ЗР від стаціонарних та пересувних джерел забруднення; видачу дозволів на викиди; встановлення нормативів гранично допустимих викидів ЗР стаціонарних джерел; ведення державного обліку в галузі охорони атмосферного повітря; використання геоінформаційних систем та програмного забезпечення при здійсненні державного обліку видачі дозволів; встановлення жорстких технологічних нормативів та нормативів якості атмосферного повітря, що передбачає не тільки попередження забруднення атмосфери, але і боротьбу з ним [57].

Таким чином, на сьогодні в Україні, з метою зменшення викидів ЗР в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел, схвлено та імplementовано ряд міжнародних нормативно-правових актів і механізмів регулювання в галузі охорони атмосферного повітря (згідно Угоди про асоціацію між Україною та ЄС, затвердженою Постановою КМУ №1106 від 25.10.2017 р.; Цілей сталого розвитку на період до 2030 року), де основними завданнями є попередження впливу названого забруднення на громадське здоров'я та боротьба з погіршенням якості атмосферного повітря.

Основними серед цих нормативно-правових актів є [25], [26], [49], [66] – [71]:

- Конвенція про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля – Орґуська конвенція (ЗУ №832-XIV (832-14) від 06.07.1999 р.) та протокол до неї «Про реєстри викидів і перенесення забруднювачів» (ЗУ № 980-VIII від 03.02.2016 р.);
- Конвенція про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті (ЗУ №534-XIV від 19.03.99 р.) та протокол до неї «Про стратегічну екологічну оцінку» (ЗУ № 562-VIII від 01.07.2015 р.);
- Рамкова конвенція ООН про зміну клімату (ЗУ №2707-XII від 16.10.1992 р.), Кіотський протокол (ЗУ №1430-IV (1430-15) від 04.02.2004 р.), Паризька угода (ЗУ № 1469-VIII від 14.07.2016 р.);

- Віденська конвенція про охорону озонового шару (№995-088 від 22.03.1985 р.) та Монреальський протокол про речовини, що руйнують озоновий шар;
- Конвенція про транскордонне забруднення повітря на великі відстані (ЗУ № 2707- XII від 16.10.1992 р.) та 8 протоколів до неї (протоколи: про боротьбу з підкисленням, евтрофікацією і приземним озоном (Гетеборзький протокол, 1999 р.); про стійкі органічні забруднювачі (СОЗ, 1998 р.); про важкі метали (1999 р.); про подальше скорочення викидів сірки (1994 р.); про обмеження викидів летючих органічних сполук або їх транскордонного переміщення (1991 р.); про обмеження викидів окислів азоту або їх транскордонних потоків (1988 р.); про скорочення викидів сірки або їх транскордонних потоків принаймні на 30 % (1985 р.); про довгострокове фінансування Спільної програми моніторингу й оцінки поширення забруднювачів повітря на великі відстані в Європі (ЄМЕП; 1984 р.). Україною на сьогодні ратифіковано лише, протокол про довгострокове фінансування ЄМЕП; протокол про обмеження викидів окислів азоту або їх транскордонних потоків; протокол про скорочення викидів сірки або їх транскордонних потоків, принаймні на 30 %; частково – Гетеборзький протокол;
- Стокгольмська конвенція про стійкі органічні забруднювачі (ЗУ №949-V (949-16) від 18.04.2007 р.).

Для впровадження названих документів прийнято ряд ЗУ, в яких питання охорони атмосферного повітря віднесені до першочергових, а саме: «Основні напрямки державної політики України в галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки» (п. 29, Постанова Верховної Ради України від 05.03.1998 р. №188/98-ВР); ЗУ «Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року» (ЗУ №2697-VIII від 28.02.2019 р.); ЗУ «Про оцінку впливу на довкілля (ОВД)» (ЗУ №2059-VIII від 23.05.2017 р.); ЗУ «Про стратегічну екологічну оцінку (СЕО)» (ЗУ №2354-VIII від 20.03.2018 р.); Розпорядження КМУ від 18.08.2017 р. № 605-

р «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» тощо. Основні вимоги цих ЗУ, відповідно до виконання зобов'язань України за Угодою про Асоціацію передбачають екологічну модернізацію основних галузей промисловості, жорсткі обмеження на викиди основних ЗР, оприлюднення інформації про ризики реалізації інфраструктурних проєктів, зміну підходів до контролю за підприємствами та спрощення дозвільних процедур [47] – [49], [67], [72], [73].

Вагомим досягненням в законодавчій базі щодо імплементації, вищевказаних конвенцій та протоколів є прийняття Верховною Радою України ЗУ «Про оцінку впливу на довкілля» та ЗУ «Про стратегічну екологічну оцінку» та, відповідно, запуск у грудні 2017 р. Єдиного реєстру з ОВД. Створена національна база передбачає окремі (різні) процедури участі громадськості у процесі розробки і прийнятті цих проєктів, що робить прозорою реалізацію управлінських рішень органами виконавчої влади щодо можливості функціонування промислових об'єктів. Але, на жаль, виникає багато складнощів при проведенні ОВД та СЕО, що в першу чергу пов'язано з відсутністю чіткої та належної процедури оцінки впливу діяльності промислових об'єктів на навколишнє середовище. Крім того, неперіоритетність екологічних вимог на тлі лібералізації та спроб дерегуляції підприємницької діяльності з прийняттям ЗУ «Про регулювання містобудівної діяльності», фактично призвели до повного розбалансування системи оцінки впливу на довкілля. В тому числі – щодо ролі та можливості участі виконавчих органів влади (МЗДПР та МОЗ) у процесі погодження проєктів. Наразі, відсутній й досвід застосування закону про СЕО, а саме – оцінки впливу планів і програм на довкілля. Основні перешкоди у практичному застосуванні СЕО пов'язані з визначенням повноважень громадськості, спеціальними положеннями щодо містобудівної діяльності, мораторієм на місцеві програми соціально-економічного розвитку. Це вимагає розробки відповідного законодавства, методичної бази, підготовки фахівців, підвищення потенціалу органів виконавчої влади та участі громадськості у процесі прийняття рішень [74].

Що стосується реалізації та виконання протоколу «Про реєстри викидів і перенесення забруднювачів» (РВПЗ) в рамках прийняття ЗУ №980-VIII від 03.02.2016 р., то на сьогодні ні чинна нормативно-правова, ні існуюча інституційна та технічні бази не забезпечують виконання зобов'язань за Протоколом. Лише у березні 2018 р. Мінприроди опублікувало для громадського обговорення проект концепції створення Загальнодержавної автоматизованої системи «Відкрите довкілля». Частиною цієї системи є модуль, спрямований на впровадження та функціонування національного РВПЗ в електронному вигляді у режимі он-лайн. Концепція передбачає внесення змін до чинних нормативно-правових актів, реформу відповідних інституцій та створення, власне, системи РВПЗ в електронному вигляді [75], [76].

На сьогодні, держава активно працює й в напрямку імплементації Віденської конвенції. В результаті цієї роботи затверджені Постанови КМУ №579 від 29.05.1996 р. та №624 від 16.05.2002 р. «Державна програма науково-технічного переоснащення системи гідрометеорологічних спостережень та базової мережі спостережень за забрудненням навколишнього природного середовища», «Про посилення державного регулювання стосовно ввезення в Україну та вивезення з України озоноруйнівних речовин» та прийнято ЗУ «Про регулювання господарської діяльності з озоноруйнівними речовинами та фторованими парниковими газами» (№376-IX від 12.12.2019 р.). Але аналіз вищевказаних документів показав, що основною перешкодою для впровадження Віденської конвенції є відсутність чіткого законодавчого регулювання в Україні порядку збору інформації, яка стосується стану озонового шару, її опрацювання, зберігання (реєстру) та обміну з відповідними міжнародними органами. Також, слід зауважити про недостатньо високий технологічний рівень розвитку державної системи гідрометеорологічних спостережень, яка не завжди дає можливість здійснювати ефективний моніторинг та спостереження за станом озонового шару і його впливом на здоров'я населення та довкілля [70], [77] – [79].

Але окрему увагу хотілося б приділити впровадженню та найшвидшій транспозиції в систему оцінки якості повітря Директив ЄС (зокрема, в рамках імплементації Конвенції про транскордонне забруднення повітря на великі відстані та Стокгольмської конвенції про стійкі органічні забруднювачі). Їх основною метою є регулювання та оцінка якості повітря та його впливу на здоров'я населення, а саме (основні) [27] – [29], [80] – [83]:

– Директива 2008/50/ЄС про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи (рамкова директива про якість атмосферного повітря) створює основу для оцінки якості атмосферного повітря на рівні Співтовариства та скасовує і замінює попередню Рамкову директиву про якість атмосферного повітря (96/62/ЄС), три «дочірні Директиви» (1999/30/ЄС, 2000/69/ЄС, 2002/3/ЄС) та Рішення Ради 97/101/ЄС. Ця Директива пов'язана з Конвенцією ЄЕК ООН про транскордонне забруднення повітря на великі відстані та вісьмома протоколами до неї.

– Директива 2008/50/ЄС доповнюється Директивою 2004/107/ЄС про миш'як, кадмій, ртуть, нікель та поліциклічні ароматичні вуглеводні в атмосферному повітрі. Основні положення цих Директив включають стандарти якості атмосферного повітря (граничні значення, цільові значення, порогові значення, критичні рівні, довгострокові цілі), а також строки дотримання, докладні правила оцінки якості атмосферного повітря та правила моніторингу і вимірювань, правила створення зон і агломерацій, підготовки планів якості атмосферного повітря та короткострокових планів дій. Ця Директива пов'язана з Конвенцією ЄЕК ООН про транскордонне забруднення повітря на великі відстані та протоколами до неї про важкі метали та стійкі органічні сполуки, а також Стокгольмською конвенцією про стійкі органічні забруднювачі.

– Директива 2001/81/ЄС про гранично допустимі викиди для окремих забруднюючих атмосфери речовин, що встановлюються на національному рівні. Вона відображає положення Протоколу ЄЕК ООН про боротьбу з підкисленням, евтрофікацією і приземним озоном (Гетеборзький протокол) і визначає національні гранично допустимі викиди діоксиду сірки, оксидів азоту, летючих



органічних сполук (ЛОС) та амонію. Останнім часом було здійснено перегляд цієї Директиви для транспозиції переглянутого у 2012 році Гетеборзького протоколу. В результаті були прийняті національні гранично допустимі рівні викидів до 2020 (2025) року для діоксиду сірки, оксидів азоту, ЛОС, аміаку та зважених твердих часток пилу (PM<sub>2.5</sub>).

– Директива 2010/75/ЄС про промислові викиди (всеохоплююче запобігання і контроль за забрудненнями) являє собою основний інструмент регулювання для окремих важливих стаціонарних джерел, що належать до сфери застосування колишньої Директиви IPPC, тощо. Ця Директива поступово скасовує та замінює 7 Директив: Директиву 96/61/ЄС про всеохоплююче запобігання і контроль за забрудненнями (зведена редакція Директиви 2008/1/ЄС), Директиву 1999/13/ЄС про обмеження викидів ЛОС, що утворюються в результаті використання органічних розчинників у окремих видах діяльності та установках (зі змінами та доповненнями, внесеними Директивою 2004/42/ЄС), Директиву 2000/76/ЄС про спалювання відходів, Директиву 2001/80/ЄС про обмеження викидів окремих ЗР з великих спалювальних установок в атмосферне повітря та три Директиви, які стосуються використання діоксиду титану у промисловості (78/176/ЄЕС, 82/883/ЄЕС та 92/112/ЄЕС). Основні положення включають гранично допустимі викиди та технічні вимоги до експлуатації великих спалювальних установок, сміттєспалювальних установок та установок сумісного спалювання, установок з використанням органічних розчинників, використання діоксиду титану у промисловості, правила видачі інтегрованих дозволів для важливих промислових і сільськогосподарських установок, найкращі наявні методики (найкращі доступні технології і методи управління – НДТМ), довідкові документи по НДТМ (BATCs та BREFs), висновки по НДТМ.

Стосовно пересувних джерел емісій, викиди транспортних засобів та позашляхової рухомої техніки регулюються наступними основними Директивами: 2005/55/ЄС про наближення законодавства держав-членів щодо вжиття заходів до викидів газоподібних забруднювачів та зважених (твердих)

частинок з дизельних двигунів при використанні у транспортних засобах, а також викидів газоподібних забруднювачів з двигунів з примусовим запалюванням, які працюють на природному газі або зрідженому нафтовому газі під час використання у транспортних засобах; 2002/88/ЄС про наближення законодавства держав-членів щодо вжиття заходів до викидів газоподібних забруднювачів та твердих часток пилу з двигунів внутрішнього згорання, які встановлюються на позашляховій рухомій техніці, та внесення змін і доповнень до Директиви 97/68/ЄС; 94/63/ЄС стосовно контролю викидів ЛОС, що виникають зі сховищ бензину та при його транспортуванні з терміналів до сервісних станцій.

Вищевказані нормативно-правові акти в першу чергу направлені на: удосконалення системи моніторингу та оцінки якості атмосферного повітря, в тому числі – осадження ЗР; надання інформації громадськості, включаючи розроблення і використання індикаторів; зміцнення узгодженої та комплексної політики у сфері забруднення атмосферного повітря для врахування пріоритетів щодо подальших дій; перегляд та оновлення, у разі необхідності, стандартів якості атмосферного повітря та національних гранично допустимих викидів з метою досягнення довгострокових цілей неперевищення критичних навантажень і рівнів; розроблення більш досконалих систем збору інформації, моделювання і прогнозування; ухвалення відповідних заходів щодо зниження рівнів приземного озону і твердих часток пилу.

Важливим напрямком у галузі приведення законодавства України у відповідність до вимог ЄС законодавчо визначено «моніторинг і оцінка якості атмосферного повітря, зокрема, щодо загальнопоширених забруднюючих речовин, зонування території, планів поліпшення якості атмосферного повітря в зонах і агломераціях» (розділ 5 ЗУ «Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року»). Саме цим питанням і присвячені основні директиви з якості атмосферного повітря – 2008/50/ЄС та 2004/107/ЄС [27], [28], [47]. Незважаючи на розпорядження КМУ від 31.05.2017 р. №616-р «Про схвалення Концепції реформування системи державного нагляду

(контролю) у сфері охорони навколишнього природного середовища», наказу МВС України від 28.02.2018 р. №154 «Про порядок здійснення моніторингу за вмістом миш'яку, кадмію, ртуті, нікелю та поліциклічних ароматичних вуглеводнів в атмосферному повітрі» та постанови КМУ від 14.08.2019 р. №827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря», для завершення транспозиції вимог відповідних Директив до законодавства України, необхідно ще вжити наступних заходів, а саме встановити [54], [80], [84], [85]:

- взаємозв'язок між різними методами вимірювання (спостереження, моделювання, розрахунковий тощо) та закріпити еталонні методи вимірювання та критерії, визначені в Секції А та Секції С Додатка VI до Директиви 2008/50/ЄС та до Секції I Додатка III і Секції I Додатка IV до Директиви 2004/107/ЄС;
- нормативи для твердих часток пилу з діаметром до 10 мкм (PM<sub>2.5</sub>; PM<sub>10</sub>) в атмосферному повітрі та забезпечити їх моніторинг в атмосферному повітрі (додатково для озону);
- удосконалити правове регулювання порядку розміщення постів спостереження за якістю атмосферного повітря та пунктів відбору проб, передбачити спостереження за межами населених пунктів;
- розробити плани щодо підвищення якості повітря для зон та агломерацій, у яких рівні ЗР перевищують будь-яку з граничних величин чи будь-який цільовий показник або якщо є ризик такого перевищення, та встановити вимоги до інформування громадськості щодо якості повітря.

Що стосується імплементації Директиви 2010/75/ЄС про промислові викиди (всеохоплююче запобігання і контроль забруднень), було створено міжвідомчу робочу групу для подальшого впровадження та виконання нормативно-правових, інституційних та інформаційних заходів стосовно промислових викидів. У 2016 р. тривав процес доопрацювання проєкту Національного плану скорочення викидів забруднюючих речовин від великих спалювальних установок, розроблений відповідно до вимог Директиви

№2010/75/ЄС та рішень Ради Міністрів Енергетичного Співтовариства, за результатами якого були отримані схвальні висновки Енергетичного Співтовариства та який розпорядженням від 08.11.2017 р. №796-р КМУ був затверджений. При цьому, згідно оновлення Енергетичної стратегії України на період до 2030 р. передбачається збільшення споживання вугільної продукції (у зв'язку з газовою залежністю), що ставить під загрозу досягнення Україною вимог ЄС. Для вирішення вищевказаних питань (проблем) схвалено Національний план дій з енергоефективності на період до 2030 року та план заходів з його реалізації, який передбачено зобов'язаннями України в рамках реалізації Договору про заснування Енергетичного Співтовариства. Також, у 2017 р. було затверджено проєкт ЗУ «Про внесення змін до ЗУ «Про теплопостачання» щодо стимулювання виробництва теплової енергії з альтернативних джерел енергії. Проєктом передбачено визначення тарифу на теплову енергію, вироблену з альтернативних джерел, які є українськими енергетичними ресурсами, на рівні 90 % від тарифу на теплову енергію, вироблену з природного газу. Окрім цього, у першому читанні погоджено законопроект щодо фонду енергоефективності (ЗУ «Про Фонд енергоефективності» від 08.06.2017 р. №2095-VIII), ключовою метою якого є фінансова, технічна та інформаційна підтримка населення у процесі комплексної енергомодернізації. Але основним досягненням щодо імплементації Директиви 2010/75/ЄС є розроблення проєкту ЗУ «Про запобігання, зменшення та контроль промислового забруднення», що передбачає впровадження інтегрованого дозволу для великих підприємств, які є найбільшими забруднювачами довкілля. Прийняття закону встановить чіткі процедури контролю за промисловим забрудненням на території України та стимулюватиме підприємства до модернізації виробництва і впровадження нових НДТМ [29], [68], [73].

З метою зменшення викидів ЗР в атмосферне повітря від викидів автомобільного транспорту та зниження негативних впливів на довкілля та здоров'я, ратифіковано низку міжнародно-правових угод та розроблено серію законодавчих ініціатив (на підставі ЗУ «Про приведення законодавства України

у сфері автомобільного транспорту у відповідність з актами Європейського Союзу)), основною з яких є «Національна транспортна стратегія на період до 2030 року» (розпорядження КМУ №430-р від 30.05.2018 р.). З урахуванням вимог Директиви 98/70/ЄС щодо якості бензину та дизельного палива, а також Директиви 2005/33/ЄС щодо зменшення вмісту сірки у певних видах рідкого палива [76, 77], КМУ було затверджено «Технічний регламент щодо вимог до автомобільних бензинів, дизельного, суднових та котельних палив» (Постанова №927 від 01.08.2013 р.), який встановлює вимоги до палив, що виробляються, вводяться в обіг та реалізуються на території України. Відповідно до Технічного регламенту, кінцевим терміном введення в обіг автомобільних бензинів та дизельного палива екологічного класу Євро-4 є 31.12.2017 р., Євро-5 – не обмежено, що свідчить про відставання нашої країни у питаннях регулювання викидів автомобільного транспорту від європейських сусідів. На сьогодні в Україні діють стандарти палива «ДСТУ 4839:2007. Бензини автомобільні підвищеної якості. Технічні умови» і «ДСТУ 4840:2007. Паливо дизельне підвищеної якості». Технічні умови, які задовольняють вимоги сучасних нових імпортованих автомобілів, відповідають нормам Євро-3, Євро-4, Євро-5 та є гармонізованими з європейськими стандартами EN 228:2004 та EN 590:2004 у частині технічних вимог і методів контролювання [79, 80]. При цьому (за рахунок імплементації вищезазначених директив), зміна складу пального, особливо в містах, дозволить в короткий строк зменшити викиди ЗР від транспортних засобів (неспалених вуглеводнів, монооксиду карбону та вторинних забруднювачів, таких як озон, бензин, тощо). Також, у рамках міжнародної співпраці, Україна бере участь у діяльності Загальноєвропейської програми з транспорту, довкілля та охорони здоров'я (THE PER). Зокрема, стосовно розробки схем сталого та здорового транспорту у містах та ініціативи ЄС «Східне партнерство», що була започаткована у 2009 році та є продовженням східного напрямку Європейської політики сусідства і вимагає приведення Україною чинного законодавства та стандартів у відповідність до діючих європейських вимог. Реформування у сфері транспорту будуть стосуватися,

зокрема, стандартів підвищення безпеки на дорозі та покращення планування інфраструктури, з метою інтеграції до трансєвропейської транспортної мережі [86], [87].

Аналізуючи вищевикладене, можна відзначити, що провідна роль щодо досягнення стратегічних цілей у сфері покращення якості та охорони атмосферного повітря (імплементация конвенцій, директив та виконання основних вимог чинного законодавства), в основному, належить Міністерству захисту довкілля та природних ресурсів України (МЗДПР України), яке, відповідно до Положення про нього, затвердженого Наказом Президента України від 13.04.2011 р. № 452/2011, уповноважене здійснювати нормативно-правове регулювання у сфері охорони атмосферного повітря, а саме: затверджувати граничнодопустимі та технологічні нормативи допустимих викидів та видавати документи дозвільного характеру (дозволи на викиди ЗР в атмосферне повітря від стаціонарних джерел промислових підприємств; ЗУ «Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності» № 2806-IV від 06.09.2005 р.) [88].

Функції охорони здоров'я населення від негативного впливу забруднення атмосферного повітря належать новій структурі Міністерства охорони здоров'я України – Центру охорони громадського здоров'я України, – та Державній службі України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів (надалі – Держпродспоживслужба, створена замість Державної санітарно-епідеміологічної служби України). Саме нормативно-правовими актами останніх, в рамках виконання основних положень ЗУ «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», затверджено гігієнічні нормативи якості атмосферного повітря, а саме: «Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами). ДСП № 201-97», наказ МОЗ №52 від 14.01.2020 р. «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць», зареєстрованого в Міністерстві юстиції України за №156/34439 від 10.02.2020 р. Ці нормативи є

важливими і з огляду на те, що саме вони формують критеріальну основу для визначення гранично допустимих викидів ЗР в атмосферне повітря та розробки технологічних нормативів допустимих викидів промислових підприємств [46], [89], [90]. При тому, що ДСП № 201-97, які були спрямовані на забезпечення такого стану атмосферного повітря, за якого не завдається шкода громадському здоров'ю, були скасовані рішенням Державної служби України з питань регуляторної політики та розвитку підприємництва від 30.05.2014 р. за № 31.

Що стосується питання оцінки впливу забруднення атмосферного повітря на громадське здоров'я (як того вимагають міжнародні документи, ратифіковані Україною), то воно розглядається лише при розробці проектів оцінки впливу на довкілля та при погодженні дозвільних документів (отриманні дозволу на викиди) у частині обґрунтування розміру СЗЗ. Необхідність такого обґрунтування виникає у разі встановлення (зменшення) СЗЗ та погодження з Держпродспоживслужбою у випадках її невідповідності до вимог «Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів ДСП № 173-96» (п.п. 5.2, 5.4, 5.6, 5.8, 8.6, 8.38, 8.40) [91]. У випадках її дотримання, дозвіл на викиди погоджується органами практичної медицини без проведення оцінок впливу діяльності промпідприємства на здоров'я населення, яке проживає в зоні його інгаляційного впливу. При цьому, слід зазначити, що нормативні санітарні розриви для певних груп промислових підприємств (за видами господарської діяльності – хімічні, металургійні, машинобудівні, сільськогосподарські тощо) були розроблені за часів Радянського Союзу та не враховують реалії сьогодення щодо: зміни технологічних процесів та складу викидів промпідприємств; специфіки розташування територій підприємств по відношенню до експонованого населення (виключаючи вплив метеорологічних та топографічних характеристик на розсіювання забруднюючих речовин в зоні дихання експонованого населення), уникаючи оцінки ризику, що можуть бути завдані здоров'ю населення, яке проживає в зонах впливу промислових підприємств [92].

Таким чином, беручи до уваги вищенаведене та незважаючи, на велику кількість нормативно-методичних документів, які останнім часом були розроблені та затверджені Україною в рамках імплементації міжнародних зобов'язань, національна політика в галузі охорони та управління якості атмосферного повітря вимагає кардинальних змін. Перш за все, істотних трансформацій та уніфікації повинні зазнати законодавчі документи України, які стосуються:

- дозвільної системи у сфері господарської діяльності під час отримання промисловими підприємствами дозволу на викиди в атмосферне повітря; розроблення гранично допустимих викидів і затвердження технологічних нормативів допустимих викидів та проведення ОВД (відповідальним за якими є МЗДПР України);
- забезпечення та збереження здоров'я населення України, особливо – при розробленні документів в яких обґрунтовуються обсяги викидів; проведенні ОВД та СЕО (регулюють та є відповідальними за дане питання МОЗ України, Держпродспоживслужба);
- проведення моніторингу за станом атмосферного повітря (його проводить Український гідрометеорологічний центр ДСНС України, лабораторні центри МОЗ України та Державна екологічна інспекції МЗДПР України).

## **1.2 Методичні підходи до оцінки якості атмосферного повітря та його впливу на здоров'я населення**

Відповідно до ЗУ «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» (ЗУ № 4005-ХІІ від 24.02.1994 р.), «Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року» (ЗУ №2697-VIII від 28.02.2019 р.) та розпорядження КМУ від 26.06.2018 р. №530-р «Про затвердження Національного плану заходів щодо неінфекційних захворювань для досягнення глобальних цілей сталого розвитку» (план НІЗ), основними завданнями здійснення природоохоронної політики в Україні є



забезпечення санітарно-епідеміологічного благополуччя та здоров'я населення. Положеннями останнього (план НІЗ) передбачено зменшити на третину передчасну смертність від неінфекційних захворювань: серцево-судинних захворювань, раку, діабету та хронічних респіраторних захворювань та інших [46], [47], [93]. Але слід зауважити, що питання необхідності втручання центральних органів виконавчої влади в управління та контроль якістю атмосферного повітря виникає лише в тому випадку, коли фактичний рівень його забруднення не є прийнятним для суспільства. При цьому, оцінити і регламентувати наслідки впливу величезної кількості несприятливих чинників (викиди промислових підприємств, автотранспорту тощо), присутніх в атмосферному повітрі, надзвичайно складно. Виникає необхідність пошуку методичних підходів щодо визначення пріоритетів у діях, спрямованих на поліпшення медико-екологічної ситуації в техногенно-навантажених регіонах, що призведе до найбільш оптимального забезпечення охорони здоров'я населення [67]. Однак, на жаль, система управління якістю атмосферного повітря, що формувалася в нашій країні протягом тривалого часу, використовуючи критеріальний підхід не може гарантувати повну безпеку для здоров'я населення як на національному, так і на регіональному або муніципальному рівнях [51] – [54]. В першу чергу, це пов'язано з відсутністю можливості ранжування всього різноманіття несприятливих факторів за ступенем їх значущості та складністю обов'язкової оцінки часткового внеску того чи іншого джерела забруднення в погіршення стану громадського здоров'я. У свою чергу, це призвело до зниження ефективності використання коштів, які витрачаються на природоохоронну діяльність у зв'язку з важкістю обліку джерел забруднення при розробленні оздоровчих заходів, витрат на різні варіанти превентивних дій та їх здійснення на практиці, при оцінці сприйняття ризику населенням та ін. [37]. В цілому, до теперішнього часу практично не використовується принцип «перестороги», заснований на методах попереджувального санітарного нагляду, який дозволяє визначати причинно-наслідкові зв'язки між впливом факторів довкілля (в. т.ч. атмосферного повітря)

і можливими змінами стану здоров'я людини. Ць унеможлиблює здійснення поступальної стратегії під час розроблення регулюючих заходів щодо зниження та/або усунення факторів ризику, які при цьому виникають для здоров'я населення. Неодмінно, для отримання достовірних висновків щодо наявності причинно-наслідкових зв'язків, слід коректно планувати епідеміологічні, клінічні та гігієнічні дослідження. Обов'язково враховувати вплив таких факторів, як спосіб життя, наявність шкідливих звичок та уникати такої помилки, як «екологічна омана», коли висновок про наявність достовірного зв'язку між впливом забруднення атмосферного повітря та змінами, які спостерігаються у стані здоров'я населення, робиться на основі усереднених оцінок експозицій і показників здоров'я для значної популяції (наприклад, населення великого промислового центру) [37], [94].

Нині, в Україні існують різні форми статистичної звітності щодо характеристики стану забруднення атмосферного повітря та здоров'я населення. Однак, відомча розрізненість не дає можливості використовувати їх для подальших досліджень та розробленні управлінських заходів медико-екологічного спрямування, які будуть направлені на покращення системи гігієнічної оцінки атмосферного повітря, та надалі, – здоров'я населення України.

Аналізуючи вищенаведене, можна стверджувати, що сучасна система гігієнічної оцінки (діагностики) якості атмосферного повітря, яка використовує великий арсенал різноманітних методів досліджень (демографічних, статистичних, епідеміологічних, клінічних, експериментальних та ін.), повинна передбачати [95] – [97]:

- коректну оцінку рівнів експозиції (шляхом проведення моніторингу та моделювання поширення забруднюючих речовин в приземному шарі атмосферного повітря), враховуючи тривалість, частоту та інтенсивність впливу на окрему людину чи досліджувану популяцію;

- характеристику стану здоров'я популяцій, її окремих груп, включаючи вразливі підгрупи (діти, вагітні, люди похилого віку), а також індивідумів;
- комплексну санітарно-епідеміологічну оцінку ситуації, що дозволяє встановити наявність об'єктивного та переконливого зв'язку між експозиційними рівнями впливу джерел забруднення атмосферного повітря та станом здоров'я населення;
- встановлення внеску факторів (джерел) забруднення повітря в етіологію порушень стану здоров'я в популяції, в різних її підгрупах та в окремих індивідів.

При цьому, тільки системний науковий підхід, заснований на виявленні потенційно небезпечних факторів, встановленні рівнів їх впливу, всебічному аналізі порівняльної медико-соціальної та економічної значущості наслідків цих впливів, аналізі витрат і вигод при різних варіантах управлінських дій, здатний на сьогодні забезпечити вирішення складних завдань в області профілактики порушень громадського здоров'я. В даний час, подібний підхід реалізований у методології аналізу ризику, яка широко використовується практично у всіх країнах світу (США, Канаді, Австралії, країн ЄС та СНД) і міжнародних організаціях (Агентства США з охорони довкілля, ВООЗ, WTO, FAO, ILO та ін..) та програмах (UNEP, IPCS та ін.). В той же час, наявність коректних епідеміологічних даних та проведених епіддосліджень дозволяє створювати адекватні моделі ризику для громадського здоров'я і давати прогноз, найбільш наближений до реальності [2], [8], [98] – [103].

Як наголошується в доповіді ВООЗ про стан охорони здоров'я у світі, що має підзаголовок "Зменшення ризику, сприяння здоровому способу життя», «головним елементом профілактики має стати вивчення факторів ризику для здоров'я» [5], [7]. На сьогоднішній день міжнародною науковою спільнотою знайдено оптимальне співвідношення між такими, що раніше здавалися суперечливими один одному підходами, як оцінка ризику, принцип «предостороги», оцінка впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я

(*impact assessment*), епідеміологічні дослідження, гігієнічне нормування. Усі перераховані вище підходи пов'язані між собою необхідністю проведення оцінки ризику для здоров'я (незалежно від того, якими методами вона проводиться) та характеристики збитку і аналізу ефективності профілактичних заходів на основі концепції витрати / вигоди [8], [96], [104].

На теперішній час, в Україні поняття щодо необхідності визначення «ризиків для здоров'я населення» внесено в основні стратегічні нормативно-правові документи – ЗУ «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» (ст. №10), ЗУ «Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року», ЗУ «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності», ЗУ «Про оцінку впливу на довкілля» та ЗУ «Про стратегічну екологічну оцінку». Також, існує нормативно-методична база для проведення подібних робіт: Методичні рекомендації МР 2.2.12-142-2007 «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря», затверджені наказом МОЗ України №184 від 13.04.2007 р.; ДБН А.2.2-1-2003 «Склад та зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд». Зміна 1 [46] – [49], [84], [95], [105].

Різні аспекти методології оцінки ризику для здоров'я населення (МОРЗН) були успішно апробовані в багатьох містах України лабораторією якості повітря ДУ «ІГЗ ім. О.М. Марзєєва НАМНУ», в рамках пілотних проєктів Агентства США з охорони довкілля (*grant registration #X4-83199301*) та Представництва Світового банку в Україні, що показало перспективність і переваги їх використання в порівнянні з традиційними (критеріальними) для нашої країни командно-адміністративними методами регулювання якостю атмосферного повітря. Але на жаль, дослідження з оцінки ризику для здоров'я населення в основному проводяться (й до сьогодні), лише за ініціативи промислових підприємств та міських влад (окремих міст) в рамках наукових досліджень та при розробленні проєктів ОВНС та ОВД (нові промислові об'єкти, зміни у технологічних процесах тощо), бо їх необхідність законодавчо не передбачена в

дозвільній системі регулювання якості повітря. Таким чином, ми маємо ряд проблем щодо широкого впровадження МОРЗН населення (для населення, яке проживає в зонах впливу різних об'єктів господарської діяльності) у практику контролюючих органів під час планування та забудови населених місць. Особливо – під час погодження матеріалів щодо обґрунтування та зменшення розмірів СЗЗ, отримання підприємством дозволу на викид стаціонарних джерел в атмосферне повітря, розроблення технологічних нормативів допустимих викидів та для інших заходів, пов'язаних з відсутністю відповідних нормативно-методичних документів та процедури проведення подібних досліджень на державному рівні, як цього вимагає міжнародне законодавство [29], [46], [48], [56], [91].

Перш за все, це стосується нормативно-правових актів МОЗ України, якими встановлені чинні гігієнічні нормативи якості атмосферного повітря (наказ МОЗ №52 від 14.01.2020 р. «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць», зареєстрованого в Міністерстві юстиції України за №156/34439 від 10.02.2020 р.), які використовуються при проведенні розрахунків (моделюванні) концентрацій у ПША та натурних (інструментальних) вимірювань в сельбищних зонах та на межі СЗЗ [90], [91]. Також, слід зазначити, що розрахунки розсіювання шкідливих речовин у ПША виконуються з використанням автоматизованих систем розрахунку забруднення атмосфери, рекомендованих до використання Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України, що реалізує «Методику розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств. ОНД-86» [106]. Отже, моніторингові та розрахункові дослідження щодо визначення стану забруднення атмосферного повітря, які проводяться в Україні, через відсутність автоматизованих постів спостережень, передбачають оцінку якості повітря лише при гострих інгаляційних впливах (максимально разова – 20-хв період усереднення та середньодобова), унеможливаючи оцінки хронічних інгаляційних впливів, як того вимагає міжнародна спільнота (Директива ЄС

2008/50/ЄС; Директива ЄС 2004/107/ЄС). Таким чином, нормативно-методичні підходи та документи, які регламентують вищенаведене, потребують удосконалення та адаптації до реалій сьогодення [27], [28], [54].

Загальновідомо, що визначення експозиції (усереднених масових концентрацій) хімічних речовин в атмосферному повітрі є одним з найважливіших етапів в системі гігієнічної оцінки якості повітря, який є складовою частиною не тільки оцінок впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення, але й процесу управління ризиком при прийнятті стратегічних програм медико-екологічного спрямування. Відповідно до загальноприйнятих рекомендацій ВООЗ, міжнародних агенцій з охорони довкілля та директив ЄС, оцінку вмісту усереднених масових концентрацій хімічних речовин в атмосферному повітрі проводять з використанням даних моніторингу та / або шляхом моделювання поширення і поведінки хімічних речовин у ПША [3], [96], [98], [107].

Зрозуміло, що моніторинг якості атмосферного повітря (а саме автоматизований) є найважливішим інструментом для аналітичного визначення вмісту ЗР у ПША та підґрунтям запровадження державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря. При цьому, вибір пріоритетних для аналізу забруднень, тимчасові масштаби і місця розміщення постів контролю (спостережень) повинні відповідати меті оцінки експозиції населення. В подальшому, з метою оцінки впливу забруднення повітря на здоров'я експонованого населення та розробки управлінських заходів на державному рівні можливо [27], [108]:

- визначати фактичний вплив ЗР для конкретної місцевості на досліджуваній території (наприклад, «гарячі» точки);
- встановлювати території для більш поглибленого контролю (досліджень);
- оцінювати головний шлях (маршрут) надходження ЗР в організм;
- підтверджувати наявність або відсутність потенційного (реального, враховуючи одночасний та комбінований ефект експозиції) забруднення на досліджуваній території.

Останнім часом важливу роль в оцінці експозиції відведено й методам математичного моделювання розсіювання ЗР у ПША, їх міжсередовищним переходам та накопиченню в суміжних середовищах. Використання математичних моделей має ряд переваг (на відміну від моніторингу) щодо оцінок просторового поширення хімічних речовин та дозволяє визначити співвідношення «джерело-рецептор»; оцінити просторовий розподіл концентрацій ЗР та експозицій населення; встановити внесок різних джерел в сумарні концентрації ЗР; оптимізувати стратегії зниження обсягу викидів та проаналізувати сценарії, пов'язані з викидами; прогнозувати зміни концентрацій ЗР в часі; проаналізувати репрезентативність постів моніторингу та оптимізувати процес організації їх мережі [96].

Результати моделювання можуть бути представлені у вигляді побудови карт полів концентрацій ЗР з метою кількісної оцінки розсіювання викидів на аналізованих територіях та особливостей цих територій (метеорологічних, топографічних, містобудівних). З використанням ГІС-технологій розрахункові концентрації можуть зіставлятися з щільністю населення, місцями розташування постів спостереження за якістю атмосферного повітря, лікувальних і дитячих установ. Такий поглиблений аналіз дозволяє виділити ті зони, які в обов'язковому порядку повинні бути враховані під час оцінювання експозиції та, крім того, надають можливість щодо точного встановлення чисельності населення, яке знаходиться під впливом різних концентрацій аналізованих хімічних речовин [10], [21], [22], [44], [109], [110].

### **1.2.1 Система державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря**

Атмосферне повітря, як й інші елементи довкілля, потребує постійного моніторингу, що здійснюється з метою забезпечення збору, обробки, зберігання та аналізу інформації про стан навколишнього природного середовища, прогнозування його змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій для

прийняття ефективних управлінських рішень [57]. На основі даних та інформації, отриманої в результаті здійснення моніторингу визначається рівень забруднення атмосферного повітря на певній території за певний проміжок часу, відповідність стану атмосферного повітря вимогам його якості; здійснюється контроль та оцінка впливу на якість повітря заходів, спрямованих на обмеження викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря; оцінка впливу забруднення атмосферного повітря на навколишнє природне середовище, здоров'я та життєдіяльність населення [108]. В рамках зовнішньої політики України, яка спрямована на перспективи входження до Європейського Союзу (ЄС) був затверджений План заходів виконання Угоди про асоціацію, що відкрило нові можливості щодо впровадження стандартів у сфері охорони довкілля, у т.ч. – атмосферного повітря [67].

На сьогодні в Україні моніторинг атмосферного повітря здійснюється Українським гідрометеорологічним центром ДСНС України та частково лабораторними центрами МОЗ України (у сельбищних, рекреаційних, промислових (на межі СЗЗ) зонах та за скаргами населення) та Державною екологічною інспекцією, яка здійснює вибірковий контроль на джерелах викидів промислових об'єктів [54].

Український гідрометеорологічний центр ДСНС України проводить моніторинг атмосферного повітря у 53 містах на 162 стаціонарних постах, 2 маршрутних постах та на 2 станціях транскордонного перенесення, де вихідна інформація про концентрації ЗР представляється у  $\text{мг/м}^3$  та у індексах забруднення атмосфери (ІЗА). Оцінка стану забруднення атмосферного повітря в містах України здійснюється за даними спостережень у 39 містах на 129-ти неавтоматизованих стаціонарних постах (через анексію Криму та проведенням операції Об'єднаних сил на сході країни). Кількість постів спостережень (ПС) було визначено (ще за радянських часів) розміром міста і особливостями структури промисловості, відповідно до вимог РД 52.04.186-89. Найбільше, 16 постів – у Києві, 10 постів – у Харкові, 8 – в Одесі, 6 – у Дніпрі. Великі промислові центри – Запоріжжя, Кривий Ріг, Маріуполь – мають по п'ять постів



спостереження, у той час як для більшості обласних центрів їх кількість не перевищує чотирьох. В атмосферному повітрі згідно до цього визначається вміст 22 ЗР, включаючи 8 важких металів [111] – [113].

Що стосується моніторингових досліджень, які виконують лабораторні центри Міністерства охорони здоров'я України, то вони представляють собою загальну інформацію щодо максимальних разових концентрацій специфічних ЗР (відповідно до сфери акредитації) в атмосферному повітрі сельбищних зон у відносних показниках – перевищеннях гранично-допустимих концентрацій [90].

На жаль, в існуючих системах спостережень, збір і обробка інформації, в основному, неавтоматизовані, засновані на рутинних лабораторних методах аналізу проб атмосферного повітря і використовуються не стільки для прийняття оперативних управлінських рішень, скільки для статистичного аналізу [10], [114]. Лише 60 % хімічних речовин підлягають моніторингу, решта залишається поза увагою регуляторів [115], нерегульованим залишається й питання визначення вмісту твердих часток пилу (з діаметром менше 10 мкм –  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ) та озону, незважаючи на останні нормативно-правові акти [22], [54], [116]. Погано врегульованим нормативно-правовою базою є й використання фіксованих (еталонних) вимірювань або моделювання. Внаслідок цього наявна система моніторингу має обмежені дані про стан забруднення повітря на всій території, а також – дані про довгострокову динаміку показників. Наприклад, у м. Києві викиди автотранспорту зумовлюють понад 80 % забруднення повітря [22]. В залежності від характеристик автомагістралі, транспортних потоків, особливостей погоди, землекористування, забудови та рослинності їхнє поширення відрізняється. Навіть у межах декількох сотень метрів можуть спостерігатися значні відмінності концентрацій шкідливих речовин. Це стосується й оцінок промислового забруднення. Отже, для врахування усіх цих факторів, на додачу до фіксованих спостережень, необхідно також моделювати забруднення [27]. Іншою вадою наявної системи моніторингу є проведення вимірювань у встановлених часових проміжках. Це унеможливорює фіксування максимальних значень у випадку, якщо вони спостерігаються в інший період

добу, а також впливає на точність усереднення та проведення ґрунтовних оцінок забруднення щодо хронічного впливу на здоров'я експонованого населення.

На відміну від України, де є дані про забруднення повітря лише на постах моніторингу підхід країн ЄС (Директиви ЄС 2008/50/ЄС та 2004/107/ЄС) передбачає неперервність спостережень у просторі. Для цього територія держав-членів поділяється на зони та агломерації. Агломераціями вважаються міста і передмістя з населенням понад 250 тисяч осіб або інші території відповідно до вимог законодавства (табл. 1.1) [27], [117].

Таблиця 1.1

**Принципи побудови мережі у міських агломераціях, відповідно до РД 52.04.186-89 у порівнянні з Директивою 2008/50/ЄС**

Чисельність населення	Кількість ПС за РД 52.04.186-89	Кількість ПС за Директивою 2008/50/ЄС
до 50 тис.	1	1
50-100 тис.	2	1
100-200 тис.	2-3	1
200-500 тис.	3-5	2(250-499 тис.)
500 тис.-1 млн	5-10	2 (500-749 тис.)
понад 1 млн	10-20	2 (750-999 тис.) 3 (1-1,9 млн) 4 (2-3,749 млн) 6 (3,750-5,999 млн) 7 (понад 6 млн)

Покривати всю територію пунктами відбору проб нераціонально, тому в ЄС для оцінки якості повітря використовуються різні методи: фіксовані вимірювання з відбором проб, індикативні вимірювання та моделювання. Основними ЗР, за якими ведеться спостереження є сірки діоксид, сполуки азоту, вуглецю оксид, тверді частки пилу  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ , свинець, бензол, бенз(а)пірен, формальдегід. Вимірювання концентрації озону здійснюється за певних умов і регулюється окремими нормами [118].

Нормативи безпеки як для здоров'я населення (поріг небезпеки), так і для екосистем (критичний рівень) встановлено відповідно до Директив ЄС

2008/50/ЄС та 2004/107/ЄС [27], [28]. При цьому, держави ЄС мають гарантувати дотримання граничних величин – рівнів вмісту речовини в повітрі, встановлених з метою уникнення, попередження чи зменшення шкідливих впливів на здоров'я населення та/або довкілля в цілому. Окрім цього, кожна держава визначає мету щодо зменшення впливу РМ<sub>2.5</sub> – відсоткове скорочення їх концентрацій у повітрі протягом визначеного періоду. Якщо в певній зоні чи агломерації рівні ЗР перевищують будь-яку з граничних величин або будь-який цільовий показник, держава зобов'язана розробити план заходів для приведення показника до норми. Якщо показник не перевищено, але є ризик перевищення, розроблюються короткострокові плани дій [2], [119], [120]. Окремими положеннями регулюються проблемні питання перевищення нормативів внаслідок транскордонного забруднення [25], [29]. Також Директиви зобов'язують надавати інформацію населенню про якість повітря безкоштовно і за допомогою легкодоступних заходів (наприклад, у вигляді індексів якості повітря) [121], [122].

З урахуванням вищесказаного, у серпні 2019 р. в Україні стартувала реформа державного моніторингу та управління якістю атмосферного повітря з набуттям чинності Постанови КМУ №827 від 14.08.2019 р. «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» [54]. Уряд ухвалив новий Порядок здійснення державного моніторингу повітря, який розробили у рамках виконання Україною зобов'язань в екологічній частині Угоди про асоціацію з ЄС, йдеться про імплементацію вимог Директиви 2008/50/ЄС та Директиви 2004/107/ЄС, які визначають вимоги до моніторингу атмосферного повітря та його якості. Крім того, було повністю переглянуто стару систему моніторингу, змінений підхід до формування мережі спостережень та оцінювання якості атмосферного повітря, чітко визначені функції суб'єктів моніторингу, переглянуті обов'язкові для моніторингу показники та режими, впроваджено механізм регулярного інформування та розробки коротко- та довгострокових планів дій [27], [28], [120].

Суб'єктами моніторингу якості атмосферного повітря було визначено МЗДПР, МОЗ, ДСНС, ДАЗВ, орган виконавчої влади Автономної Республіки Крим з питань охорони навколишнього природного середовища, обласні, Київська міська держадміністрація та виконавчі органи міських рад. При цьому, суб'єкти моніторингу атмосферного повітря зобов'язуються встановлювати пункти спостережень, проводити спостереження за рівнями ЗР та вмістом складових та/або показників атмосферних опадів, проводити аналіз і прогнозування стану атмосферного повітря та оцінювати його якість з дотриманням законодавства про охорону атмосферного повітря, єдиних методичних вимог у сфері державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря, а також вимог ЗУ «Про метрологію та метрологічну діяльність» [123].

Кожен з суб'єктів моніторингу повинен виконувати наступні завдання [54]:

- МЗДПР – загальну організацію та координацію суб'єктів моніторингу атмосферного повітря;
- МОЗ – встановлювати пункти спостережень та вести спостереження за рівнями забруднюючих речовин, визначати можливі впливи забруднення атмосферного повітря на здоров'я та життєдіяльність населення на основі спостережень за рівнями ЗР та результатів моніторингу атмосферного повітря, отриманих іншими суб'єктами моніторингу атмосферного повітря;
- ДСНС (Український гідрометеорологічний центр) – встановлювати пункти спостережень та вести спостереження за рівнями ЗР, показниками та складовими атмосферних опадів у мережі спостережень національної гідрометеорологічної служби, забезпечувати суб'єктів моніторингу якості атмосферного повітря гідрометеорологічними прогнозами;
- ДАЗВ – встановлювати пункти спостережень та вести спостереження за рівнями ЗР у зоні відчуження та зоні безумовного (обов'язкового) відселення території, що зазнала радіоактивного забруднення

внаслідок Чорнобильської катастрофи (у межах об'ємної активності радіонуклідів);

- орган виконавчої влади Автономної Республіки Крим з питань охорони навколишнього природного середовища – встановлювати пункти спостережень та вести спостереження за рівнями ЗР в межах території Автономної Республіки Крим;
- обласні, Київська міська держадміністрація, виконавчі органи міських рад – встановлювати пункти спостережень та вести спостереження за рівнями ЗР в межах території відповідної зони або агломерації.

На сьогодні прийнята Постанова носить поки що, суто формальний характер, але її впровадження та реалізація передбачають здійснення низки вимог, зокрема [27], [28], [54]:

- передбачати здійснення моніторингу та управління якістю повітря за принципом розподілу території України на зони та агломерації, (здійснено: утворено відповідні зони та агломерації);
- у кожній із зон та агломерації визначити відповідальний орган управління якістю повітря, що здійснюватиме координацію реалізації моніторингу, а також заходів з управління якістю повітря, зокрема підготовку та виконання планів поліпшення якості повітря, короткострокових планів дій тощо;
- врегулювати порядок визначення режимів оцінювання для кожної зони та агломерації залежно від рівня забруднення території;
- передбачати створення інформаційно-аналітичної системи даних про якість повітря та своєчасного інформування населення;
- визначати показники рівнів забруднення атмосферного повітря, перевищення яких вимагає впровадження заходів для поліпшення стану повітря або мінімізації шкідливого впливу забруднення на здоров'я населення;

- включити до переліку ЗР, моніторинг яких здійснюється обов'язково,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$  та озон, які мають значний негативний вплив на здоров'я людини та рекомендовані для вимірювання ВООЗ [3], [7], [108];
- передбачати створення нової мережі постів спостережень, які відповідають мінімальним європейським вимогам до моніторингу;
- розробити програми моніторингу для зон та агломерацій на кожні 5 років.

Також, хотілося б зауважити, що останні роки в Україні з'являється все більша кількість громадських організацій та комерційних проєктів, які не тільки піднімають питання щодо реалізації законодавчих ініціатив у сфері моніторингу якості атмосферного повітря, але й створюють окремі ІТ-продукти, спрямовані на покращення ситуації у сфері інформування населення щодо якості повітря. Безумовно, це є поштовхом для органів виконавчої влади щодо термінового впровадження та створення державної системи моніторингу за якістю повітря, яка відповідає сучасним реаліям та вимогам ЄС щодо проведення вимірювань (методи, обладнання тощо).

Одним з діючих проєктів, які реалізуються громадськими організаціями в Україні є проєкт EcoInfo [124]. Місією проєкту є інформування громадськості про стан якості атмосферного повітря в місцезнаходженні користувача сайту. Але, незважаючи на технічну і візуальну привабливість цього проєкту, він не вказує методологію, якою керується при вимірюванні якості атмосферного повітря. При цьому, варто відмітити, що наразі, активно проводиться розвиток систем моніторингу якості повітря на регіональному рівні. Ініціативні групи великих міст, особливо тих, що мають суттєве промислове навантаження, організовують проєкти громадського моніторингу.

Зокрема, у кінці 2017 р. в Дніпропетровській області запустили в тестовому режимі систему моніторингу забруднення повітря. Наразі, в області функціонує три стаціонарні пости – у Дніпрі, Нікополі та Павлограді, а також один мобільний пост, який може здійснювати моніторинг ЗР у будь-якій точці області [125], [126].

Проект громадського моніторингу якості повітря EcoCity почав роботу у 2019 р. На сайті проекту представлено онлайн-мапу з нанесеними постами моніторингу та вказано індекс якості повітря (AQI), що визначає ступінь ризику від забруднення повітря [127]. Створено й Громадську організацію «Збережи Дніпро», що активно функціонує в останні роки [128]. Діяльність організації спрямована на підвищення обізнаності населення у питаннях забруднення повітря, надання доступу до інформації, розповсюдження даних вимірювання РМ власних станцій моніторингу повітря (в тому числі безкоштовно). Дані щодо якості повітря від станцій Save Dnipro збирають та передають у SaveEcoBot та світові агрегатори [129], [130].

Не менш цікавим є досвід екологічної організації «EcoCitizens». Це був проект краудсорсингового моніторингу стану довкілля, основною ідеєю якого було накопичення та обробка великого масиву екологічної інформації за допомогою моніторингових пристроїв на базі платформ Arduino чи Raspberry Pi. Однією із переваг проекту зазначено те, що вся інформація про стан довкілля матиме геопросторову прив'язку, що дозволить використовувати численні методи обробки геопросторової інформації під час візуалізації та аналізі цих даних. Відносна низька вартість моніторингових пристроїв дозволяє масове їхнє використання, що сприятиме розвитку щільної моніторингової мережі [120]. На жаль, проект не отримав можливості розвиватись далі, хоча повністю відповідав сучасному розвитку громадського контролю за екологічними показниками.

У 2019 р. в м. Києві ініціатива Kyiv Smart City запровадила систему публічного моніторингу якості повітря. У рамках проекту Managing Air Quality у місті було встановлено стаціонарні станції. Це перші датчики в Україні, що передають інформацію зі супутника Sentinel-5p та наземних джерел інформації. Вони мають сенсори для вимірювання концентрацій ЗР у повітрі в режимі реального часу. Усі дані вимірів надходять на платформу [air.kyivsmartcity.com](http://air.kyivsmartcity.com), на якій можна переглянути та завантажити інформацію про рівень забруднення повітря в усіх районах столиці [131]. Проект Managing Air Quality було створено,

аби надати широкому колу користувачів максимально корисну інформацію про стан якості повітря в Києві.

Аналогічні проекти громадського контролю продовжують з'являтися в Україні, розробляючи мобільні додатки, які дозволяють отримувати актуальну інформацію про стан атмосферного повітря. Але, навіть у цьому випадку, слід звернути увагу на те, що джерелом даних для такого відображення повинні бути дані офіційного моніторингу, а використання подібних проектів можливе в якості допоміжних оцінок. Також, слід зазначити, що громадські організації продовжують активно формувати запит на доступ до показників екологічного стану довкілля, що дозволяє стверджувати про актуальність розробки державної системи моніторингу атмосферного повітря разом з комунікаційною стратегією щодо відображуваних результатів.

### **1.2.2 Аналіз математичних моделей просторового поширення концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери**

Проблема захисту довкілля та забезпечення якісного життя населення надзвичайно актуальна у наш час, коли більшість людей живуть під «факторною» експозицією та зазнають щоденного впливу забруднення довкілля (зокрема, атмосферного повітря). Забруднення повітря різноманітними промисловими об'єктами та автотранспортом є актуальною проблемою, в першу чергу, міст як в Україні, так і за кордоном [10], [21], [22], [40], [42], [44], [107], [119]. Підвищена концентрація ЗР викликає необхідність у вирішенні задач оцінки та моделювання поширення ЗР у ПША з метою запобігання або зменшення їх впливу.

На сьогоднішній день розробка програмного забезпечення та автоматична обробка даних надає широкі можливості у сфері аналізу розповсюдження забруднення повітря ПША, що відбувається за численними сценаріями. В умовах недостатньої кількості постів моніторингу для вирішення задач прогнозування забруднення, візуалізації розповсюдження та визначення



концентрацій вмісту різноманітних речовин у повітрі з метою аналізу впливу на населення, використовують різні методики оцінювання забруднення повітря ПША. Ці методики засновані на різноманітних математичних моделях турбулентного перенесення та розсіювання забруднюючих речовин з урахуванням їх фізико-хімічних особливостей.

Для прогнозування якості атмосферного повітря використовуються різноманітні методики – від найпростіших до комплексних. На даний момент більшість з них спрямовані на проведення короткострокового від 1 до 3 днів прогнозування концентрацій забруднюючих речовин. При цьому, методики прогнозування забруднення базуються на використанні різноманітних моделей, таких як кліматичні, статистичні та тривимірні [132]. Вищевказані методики мають багато переваг, але мають один спільний недолік. Вони припускають деяку стабільність процесів, що визначають стан повітря, але будь-які кліматичні зміни (короткочасні або довгострокові) або зміна кількості викидів знижує їх ефективність. Один з шляхів вирішення даної проблеми – це використання детермінованих тривимірних моделей, що намагаються математично представити всі найважливіші процеси, які впливають на рівень забруднення повітря. Ці моделі, фактично, складаються з декількох підмоделей, які взаємодіють при моделюванні викиду, передачі або перетворення забруднення повітря, а саме [133], [134]:

- моделі викидів, що моделюють просторовий розподіл викидів забруднюючих речовин у часі, обумовлених антропогенними або природними джерелами;
- метеорологічні моделі, що прогнозують метеорологічні умови, вплив хімічних чинників (сонячної активності, температури, вологості, тощо), випромінювань (температура), опадів, які визначають перенесення і змішування забруднюючих речовин та використовують тривимірну метеорологію даних моделей в поєднанні з даними про викиди [135];
- хімічні моделі, що використовують рівні основних параметрів хімічної кінетики, спектроскопічні властивості і термодинамічні співвідношення

для моделювання перетворення первинного забруднення у вторинне, враховуючи властивості композиції та морфології (вимірювані дистрибутивні та оптичні властивості) забруднюючих речовин.

Моделі поширення ЗР в атмосферному повітрі, своєю чергу, поділяють на наступні класи: моделі розсіювання ЗР у ПША; моделі забруднення атмосферного повітря [136]. Основною метою, яких є визначення співвідношень джерело-рецептор та внеску викиду різних джерел до сумарної концентрації; оцінка просторового розподілу концентрації та експонованого населення; оптимізація стратегій зниження обсягу викидів різних видів підприємств і аналіз сценаріїв викидів; прогнозування зміни концентрацій ЗР відносно часу та сезону тощо. Використання даних моделей потребує наявності актуальної метеорологічної та фізико-географічної інформації щодо досліджуваної місцевості. Також, необхідна вичерпна інформація про джерела викидів та дані щодо проживання населення на досліджуваній території. Зазвичай, моделі розсіювання описуються процесами турбулентної дифузії в атмосфері та класифікуються наступним чином: Ейлерові моделі (розв'язання рівнянь атмосферної дифузії); Гаусові моделі (Гаусовий розподіл концентрацій у горизонтальному та вертикальному напрямках); Лагранжеві моделі (дослідження процесів у масах повітря, імітування процесів розсіювання) [133], [137] – [139].

Модель Ейлера вирішує рівняння збереження маси для даного забруднювача [140]. Особливістю моделі Ейлера є використання фіксованої решітки (вертикальної та горизонтальної). Розв'язання хімічного рівняння відбувається одночасно в усіх точках перетину даної решітки, при цьому відбувається врахування процесу обміну ЗР між точками перетину. Для оптимізації розрахункового процесу враховують особливості досліджуваної місцевості. Для різних випадків створюються особливі вбудовані архітектури. Так, для територій, де немає суттєвого забруднюючого навантаження і концентрації речовини в повітрі є досить однорідними (наприклад, сільська місцевість), застосовують «грубі» архітектури. Тоді як для територій міст, які

мають яскраво виражені осередки забруднення – більш якісні. Це дозволяє знизити кількість обчислень для певних випадків.

Алгоритм моделі Гауса є найбільш поширеним у моделюванні аналізу повітряної дисперсії та використовується у програмних комплексах, які затверджені в Україні. Алгоритм моделі заснований на припущенні, що забруднююча речовина буде розповсюджуватися згідно з нормальним статистичним розподілом [141]. При цьому, можливе внесення деяких спрощень під час реалізації даної моделі, а саме: концентрації ЗР не впливають на розріджений потік (пасивна дисперсія); молекулярна і поздовжня дифузія (дифузія вздовж напрямку вітру) незначні; турбулентні потоки є лінійними; бічна середня швидкість і вертикальна швидкість вітру дорівнюють нулю, має місце ідеальний випадок плоскої поверхні.

Модель Гауса найчастіше використовується для прогнозування дисперсії безперервних, плавучих викидів ЗР в атмосферне повітря від рівня поверхні землі або від наземних ДВ. Ця модель може також бути використана для прогнозування дисперсії переривчастих викидів забруднення повітря (багатошарові моделі) [133].

Модель Лагранжа. Цей алгоритм дозволяє аналізувати дані змін у базовій решітці та на основі цього прогнозувати дисперсію ЗР. На зміни у базовій решітці, головним чином, впливає процес співпадіння напрямку вітру або вектору поля вітру за напрямком руху хмари ЗР. При цьому, функція ймовірності повинна бути визначена як функція повних метеорологічних даних, близьких до джерел забруднення. В тих випадках, коли у викиді джерела присутні суміші газу та часток пилу, аерозолів, для математичного опису процесу включають додаткові рівняння, що описують розподіл та щільність часток пилу. Кожна ЗР описується окремим рівнянням [140], [142], [143].

До допоміжних моделей забруднення атмосферного повітря також можна віднести наступні моделі [133], [136]:

- напівемпіричні, що базуються на емпіричній параметризації та застосовуються для опису процесів турбулентної дифузії в атмосфері у моделях розсіювання;
- стохастичні, основані на напівемпіричних чи статистичних методах та орієнтовані на проведення аналізу співвідношення між якістю атмосферного повітря та вимірюваннями атмосферних параметрів, або – на прогнозування випадків підвищеного забруднення повітря;
- рецепторні, розглядають концентрації ЗР, що виміряні у рецепторній точці, та оцінюють відсотковий внесок різних джерел у цій концентрації;
- моделі Ханна базуються на формулі для оцінки найбільшої концентрації ЗР, що викидається точковим джерелом у напрямку вітру;
- Вох-моделі полягають у тому, що осад повітря розглядається у формі коробки та приймається, що повітря всередині коробки має однорідну концентрацію.

Також потрібно зазначити, що всі моделі, побудовані на основі розглянутих рівнянь можуть бути класифіковані за масштабами атмосферних процесів [144] як: макромасштабні (протяжністю більше 1000 км); мезомасштабні (протяжністю більше 1 км і менше 1000 км) та мікромасштабні (протяжність менше 1 км). З іншого боку, за тривалістю їх поділяють на: локальні (менше декількох хвилин), від локальних до регіональних (декілька годин), від регіональних до континентальних (декілька днів) та від континентальних до глобальних (тиждень і більше) [145].

На сьогодні, вищевказані моделі реалізовані в комп'ютерних програмах розрахунку розповсюдження ЗР в атмосферному повітрі, які розроблені науковими установами і організаціями та рекомендовані на державному рівні як інструмент в дозвільній системі багатьох країн світу. При цьому, процес оцінювання величини концентрації атмосферного забруднення складається з кількох етапів, належне виконання яких забезпечує коректний результат. Спочатку, необхідно визначити особливості процесу забруднення повітря ПША та підібрати відповідну математичну модель з урахуванням особливостей

рельєфу місцевості і висоти ДВ [146]. Далі, потрібно визначити клас стійкості (турбулентності) для конкретних умов за допомогою відповідних вимірів або візуально отриманих параметрів. Наступними кроками є встановлення метеорологічних параметрів, які визначають розповсюдження ЗР, параметрів джерел забруднення та рельєфу місцевості. Потім проводиться розрахунок коефіцієнтів турбулентності на визначеній відстані, концентрацій і коефіцієнтів дисперсії згідно з моделлю.

Детальніше розглянемо найбільш розповсюджені моделі, що застосовуються в США, країнах Євросоюзу, Канаді та інших країнах. Найбільш поширеним програмним комплексом є модель атмосферної дисперсії ISC-AERMOD View (Канада, США) заснована на алгоритмі Гаусової моделі та призначена для моделювання стану ПША на короткі дистанції (у радіусі до 50 км) від стаціонарних промислових джерел забруднення [147], яка дозволяє визначити одноденні, добові місячні та річні концентрації ЗР. Програмний комплекс ISC-AERMOD View був розроблений спільною робочою групою вчених з Американського метеорологічного товариства (AMS) та Комітету з удосконалення регуляторної політики Агентства США з охорони довкілля (EPA). А у 2005 році була прийнята EPA, як рекомендована на державному рівні – регуляторна модель. Інтегрована система моделювання атмосферної дисперсії ISC-AERMOD View включає наступні модулі:

- препроцесор метеорологічних даних (AERMET) з інструментальним набором AERSURFACE, який опрацьовує метеорологічні дані ПША та обчислює атмосферні параметри, необхідні для дисперсійної моделі, такі як атмосферні турбулентні характеристики, висоти перемішування, швидкість тертя, довжини Моніна-Обухова та поверхневого теплового потоку.
- препроцесор рельєфу місцевості (AERMAP), основне призначення якого забезпечити фізичний взаємозв'язок між особливостями місцевості та поведінкою забруднення повітря. Він генерує дані щодо місцезнаходження та висотних показників кожної рецепторної точки.

На відміну від існуючих моделей, ISC-AERMOD View враховує вертикальну неоднорідність ПША в його дисперсійних розрахунках. Це досягається "усередненням" параметрів фактичного ПША до "ефективних" параметрів еквівалентного однорідного ПША [148], [149]. Одне з головних удосконалень, яке ISC-AERMOD View вносить у прикладне дисперсійне моделювання – це його здатність характеризувати ПША через масштаб поверхневого та змішаного шарів. ISC-AERMOD View будує вертикальні профілі необхідних метеорологічних змінних на основі вимірювань та екстраполяцій цих вимірювань, використовуючи подібність (масштабування) співвідношень. Вертикальні профілі швидкості вітру, напрямку вітру, турбулентності, температури та градієнту температури оцінюються за допомогою усіх доступних метеорологічних спостережень [150], [151]. Особливістю цієї моделі є необхідність ретельної підготовки вхідних даних, що при великій кількості джерел забруднення займає значний час, але є доцільною під час оцінювання ризиків для здоров'я населення, обумовлених викидами промислових джерел забруднення.

Наступною моделлю, що була прийнята Агентством з охорони довкілля США (EPA) як альтернативна модель для оцінки перенесення ЗР на великі відстані та їх впливу на федеральні райони, а також для деяких невеликих відстаней за складних метеорологічних умов, є CALPUFF [152]. Це удосконалена нестационарна система метеорологічного та повітряного моделювання якості повітря, що призначена для моделювання викидів від точкових або лінійних джерел, що мають неперервний плавучий характер та технічні можливості для врахування особливостей розповсюдження забрудників в умовах висотної забудови. Система моделювання складається з трьох основних компонентів і набору програм попередньої та постобробки: CALMET (діагностична тривимірна метеорологічна модель), CALPUFF (модель дисперсії якості повітря) і CALPOST (пакет постобробки). Основними перевагами моделі є: імітація ефектів розповсюдження ЗР у часі та просторі за різних метеоумов (модель Ейлера); можливість імітації добового циклу для кожної речовини; використання

тривимірних метеорологічних полів тощо. Недоліки – неможливість роботи з моделлю користувачів без спеціальних кваліфікаційних навичок роботи, відсутність моделювання «важких газів», неврахування у розрахунках температури джерела і відсутність моделювання сухого осадження.

Ще однією з розробок вчених Агентства США з охорони довкілля є модель позитивної матричної факторизації (PMF). Це математична рецепторна модель, яка надає наукову підтримку для розробки та аналізу стандартів якості повітря і води та застосовується для досліджень впливу розповсюдження забруднення та екологічної експертизи [153]. Модель PMF може аналізувати широкий діапазон даних проб навколишнього середовища та знижує велику кількість змінних у складних аналітичних наборах даних до комбінацій видів, що називаються типами джерел і внесками джерел. Програмне забезпечення моделі PMF використовує графічні інтерфейси, що полегшує введення даних для користувача, візуалізацію моделі діагностики та експорт результатів. Модель безкоштовна і не вимагає використання ліцензії чи іншого програмного забезпечення [154].

Що стосується програмних комплексів, що поширені та рекомендовані у країнах ЄС, то загальновідомим є математичний комплекс Austal 2000, який був розроблений компанією Ingenieurbüro Janicke (м. Дунум, Німеччина) на замовлення Федерального міністерства охорони навколишнього середовища та ядерної безпеки ФРН. Це модель еталонної дисперсії, бо прийнята як така, що відповідає вимогам «Технічної інструкції щодо контролю за якістю повітря». Вона імітує дисперсію ЗР у повітрі, використовуючи процес випадкової ходьби (імітаційна модель Лагранжа) і має можливість враховувати вплив на розповсюдження ЗР від забудови території, особливостей рельєфу, виснаження ЗР у вологому або сухому стані та хімічних реакцій першого порядку. До недоліків програми можна віднести: важкість моделювання взаємодії великої кількості окремих джерел забруднення, що потребує використання нелінійної хімії. Austal-2000G є розробкою аналогічною, Ingenieurbüro Janicke, для моделювання дисперсії запахів [155].

Програмний комплекс ADMS 3, ADMS 5 (система моделювання атмосферної дисперсії), який був розроблений Кембриджським дослідницьким консультативним центром з охорони навколишнього середовища (CERC) Великобританії – це передова дисперсійна модель атмосферного забруднення для розрахунку концентрацій ЗР в атмосферному повітрі, які викидаються безперервно з точкових, лінійних, об'ємних та площинних джерел, або з перервами з точкових джерел. При цьому, ADMS прийнята ЕРА як "альтернативна" модель. Даний математичний комплекс включає алгоритми, які враховують вплив навколишньої забудови на шляху розсіювання забруднювального шлейфа; вплив рельєфу та узбережжя; мокре, гравітаційне і сухе осадження; короткострокові коливання концентрації ЗР; хімічні реакції; радіоактивний розпад і гамма-доза; забруднення шлейфом в залежності від відстані; струмені та направлені викиди; час усереднення від короткострокового до річного; видимість конденсованого шлейфа. Але, на жаль, одночасно вона може моделювати та опрацьовувати лише до 300 джерел викидів [156].

Також, поряд з розглянутими вище моделями, у різних країнах використовуються й інші альтернативні моделі, в основі яких лежить рівняння розподілу Гауса, а саме: OCD, ADAM, CTDMPLUS, SCIPUFF, AFTOX тощо [156], [157]. Наприклад, модель дисперсії берегової лінії (SDM) – також Гаусова дисперсійна модель, яка використовується для визначення концентрацій ЗР у ПША від високих стаціонарних ДВ, що розташовані поблизу берегової лінії. Моделі DEGADIS, SLAB та HGSYSTEM прогнозують дисперсію газів та аерозолів, які щільніші за повітря, HOTMAC та RAPTAD – моделі, що використовуються при проведенні досліджень на території зі складним рельєфом місцевості та щільною міською забудовою, де інші моделі виявилися неефективними. Ейлерові моделі та моделі Нав'є-Стокса (CAMx, Chensi, PANACHE, REMSAD, WYNDVALLEY) [158].

Іноді додатково застосовується Лагранжева модель для розрахунку перенесення пилу та інших речовин (RAPTAD, PANACHE, HYSPLIT). Найбільш досконалі програми враховують фактори хімічної кінетики (ADAM, ADAM-3,



CAMx, PANACHE, REMSAD, RPM-IV та інші), перенесення тепла (ADAM, PANACHE), складності геометрії області (ADAM-3, ISC-3, PANACHE та інші), турбулентності (PANACHE). Аналогічні розрахунки можуть здійснюватися також й універсальними системами моделювання (Flow Vision, FLUENT, GAS DYNAMICSTOOL, PHOENIX та інші) [158].

Що стосується України, то до використання на державному рівні у дозвільній системі рекомендовані програмні комплекси (по типу ЕОЛ; лист №5185/18-10 від 22.05.2003), що реалізують «Методику розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств. ОНД-86», в основі якої лежить модель Гауса. Система дозволяє розраховувати поля забруднення з урахуванням фонових (існуючих) концентрацій для точкової моделі ДВ ЗР з круглим та прямокутним вістям труби, для лінійної моделі, двох моделей площинного джерела тощо [106], [159], [160]. За допомогою даного програмного комплексу оцінюються максимальні концентрації ЗР (за 20-30 хвилинний інтервал усереднення – гострі інгаляційні впливи) при несприятливих метеоумовах для територій з віддаленістю не більше 100 км [161].

Для аналізу забруднення повітря від автомобільного транспорту використовують наступні моделі: CALINE3, CAL3QHC, CAL3QHCR та CALRoads. Остання реалізує пакет моделювання повітряної дисперсії для прогнозування впливу повітря на забруднювачі поблизу автомобільних дорожніх доріг, що поєднує моделі повітряної дисперсії мобільних джерел CALINE4, CAL3QHC та CAL3QHCR в єдиний інтегрований графічний інтерфейс [156], [162].

Існує модель ADMS-Roads, яка поєднує моделювання дисперсії викидів ЗР від автомобільних джерел забруднення малих дорожніх мереж з викидами від промислових підприємств. Вона дає змогу опрацювати велику кількість автомобільних джерел, а також декілька стаціонарних точкових, лінійних або площинних ДВ. Також слід відмітити моделі PROKAS-V (Німеччина),

DISPERSION21 (Швеція), що призначені для аналізу забруднення від пересувних ДВ [163].

Водночас, необхідно зазначити й про наявність розроблених у світі, фотохімічних моделей якості повітря, які стали інструментами, що широко використовуються органами регулювання питань щодо стану забруднення повітря ПША для оцінки ефективності стратегій контролю. Це масштабні моделі якості повітря, які здатні продемонструвати зміни концентрацій забруднюючих речовин (в основному,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  та озону) в атмосферному повітрі, характеризуючи хімічні та фізичні процеси в атмосфері. Прикладами таких моделей є: Models-3/CMAQ, CAMx, REMSAD, UAM-V, MDS [163], [164]. Загалом, крім вище зазначених моделей на ринку існує безліч інших, розроблених спеціалістами Канади (MLCD, MLDPn, Trajectory), Австралії (AUSPLUME, pDsAUSMOD та pDsAUSMET, LADM, TAPM, DISPMOD AUSPUFF), Індії (HAMS-GPS), що задовольняють різноманітні потреби споживачів [165] – [167].

Також, в окрему категорію можна виділити моделі, що спеціалізуються на представленні результатів моделювання розповсюдження так званих «важких газів», які мають більшу за повітря густину, однак, у випадку наявності у суміші крапель стають «важким газом». Необхідність урахування розглянутих ефектів стало причиною переходу від Гаусових моделей до моделей «важкого газу», що дало змогу суттєво покращити прогностичні можливості методичного апарату [168]. Найбільш відомими реалізаціями моделей розсіювання «важкого газу» є методика Всесвітнього банку; зведення методик HGSYSTEM; методики, розроблені за підтримки провідних закордонних дослідницьких організацій TNO (Нідерланди), DNV Technica (Норвегія); методики РД 03-26-2007 та програмні комплекси «ТОКСИ» різних версій: «ТОКСИ+», «ТОКСИ+Risk» (РФ) та АЛОНА (США) [169], [170].

Отже, визначення єдиної класифікації моделей розповсюдження ЗР у ПША від різних типів ДВ є складною задачею через багатогранність та наявність великої кількості аспектів у підході до моделювання. Спеціалізація моделей

проявляється в їх тісній прив'язці до особливостей рельєфу та забудови досліджуваної місцевості, метеорологічних параметрів, масштабу проведення дослідження, особливостей забруднюючих речовин та багатьох інших факторів. Встановлено, що практична реалізація завдання моделювання у великих масштабах за умови врахування великої кількості факторів, вимагає значних обчислювальних ресурсів, що пов'язано з необхідністю вирішувати системи рівнянь великої розмірності, а також потребує ретельної підготовки вхідних даних для подальшої обробки.

За останні десятиліття були розроблені численні програмні продукти, що наразі, можуть допомогти у вирішенні найрізноманітніших завдань у сфері моделювання забруднення атмосферного повітря та оцінок його впливу на здоров'я населення.

### **1.3 Оцінка ризику та впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення**

У Цілях Сталого розвитку, прийнятих у 2015 р. на 70-й ювілейній сесії Генеральної асамблеї ООН, йдеться про нарощування потенціалу в області раннього попередження, зниження і регулювання глобальних ризиків для здоров'я, а також скорочення кількості випадків смертей, пов'язаних з впливом хімічних факторів на довкілля (в т.ч. атмосферного повітря) [66]. Досягнення цих цілей буде сприяти зміцненню національної безпеки та забезпечення сталого розвитку країн на довгострокову перспективу [47], [56].

Стан здоров'я населення значною мірою залежить від впливу природних і антропогенних факторів навколишнього природного середовища і біологічних особливостей популяції [171], [172]. За оцінками комісії по забрудненню і здоров'ю, близько дев'яти мільйонів випадків смертей в усьому світі пов'язані з погіршенням стану довкілля, з яких близько половини – із забрудненням атмосферного повітря [173]. За даними ВООЗ, близько 90 % населення Земної кулі живе в умовах забрудненого атмосферного повітря, що входить у п'ятірку

основних факторів ризику смертності в країнах, що розвиваються [5], [174]. Підраховано, що рівень смертності у світі від серцево-судинних захворювань, пов'язаних із забрудненням атмосферного повітря становить 2,4 мільйона на рік, з яких 269 000 випадків (48 % від загальної кількості випадків) – у Європі, що знижує середню очікувану тривалість життя приблизно на 2,2 роки [175], [176]. У свою чергу, це призводить до збільшення числа випадків госпіталізації, інвалідності, ранньої смерті від респіраторних захворювань, хвороб серця, інсульту, раку легенів і діабету, а також – від інфекційних захворювань, таких як пневмонія [3], [7], [9], [177].

Загальновідомо, що основними джерелами забруднення атмосферного повітря є великі підприємства металургії, теплоенергетики, хімії, нафтопереробки та вугільної промисловості, але слід відзначити й вплив на забруднення повітря та здоров'я населення підприємств будівельної, легкої, харчової, сільськогосподарської промисловості та автотранспорту [10], [11], [19] – [22], [39], [44], [179] – [184].

Відповідно до звітів ВООЗ, до основних науководоведених забруднювачів повітря, які впливають на здоров'я людини, відносять зважені у повітрі тверді частки пилу ( $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ) і газоподібні забруднювачі, такі як озон, сірки діоксид, вуглецю оксид, сполуки азоту та важкі метали [1], [3], [6], [8].  $PM_{10}$ , в основному, утворюються в результаті ресуспендування ґрунту, будівельних робіт і діяльності промислових підприємств;  $PM_{2.5}$  – від спалювання палива, в тому числі – вихлопних газів автомобілів [185]. Утворені таким чином частки, зазвичай, складаються з вуглецю, перехідних металів, складних органічних молекул, сульфату і нітратів. Вихлопні гази двигуна автомобіля (особливо, дизельні) багаті наночастинками, що складають лише невелику частку від загальної маси  $PM_{2.5}$ , але є найбільш агресивними [186] – [189]. Крім власної токсичності, сполуки сірки та азоту, вступаючи у фотохімічні реакції утворюють складні вторинні частинки, що складаються з токсичних для організму людини неорганічних та органічних сполук. Одним із прикладів є озон, який утворюється в результаті фотохімічних реакцій  $NO_2$  з леткими вуглеводнями у присутності

сонячного світла [178], [190]. Викиди важких металів, в основному, характерні для виробничих процесів металургійних та машинобудівних підприємств [10], [115].

Загальновідомо, що найбільшого впливу зазнає населення, яке проживає у техногенно-навантажених регіонах, де рівні ризику перевищують допустимі величини (індивідуальний ризик протягом життя більший за  $1 \times 10^{-4}$ ), зумовлені викидами стаціонарних та пересувних джерел [10], [94].

Проведені наукові дослідження з оцінки ризику для здоров'я населення в багатьох промислових містах РФ показали, що рівні індивідуального канцерогенного ризику коливаються в межах від  $10^{-5}$  до  $10^{-4}$ , однак на сильно забруднених територіях, де зосереджено основні гіганти металургійної, хімічної та нафтопереробної промисловості (м. Череповець, Магнітогорськ, Орськ, Новокузнецьк, Самара, Волгоград, Воронеж) вони досягають  $1 \times 10^{-3}$  (високі рівні ризику для населення) та більше. Наприклад, у м. Череповець забруднення атмосферного повітря металургійними підприємствами є причиною 460 додаткових випадків онкозахворювань протягом життя або 7 додаткових випадків на рік; у м. Магнітогорськ – до 15,9 додаткових випадків; у м. Новокузнецьк – до 4,3 додаткових випадків онкозахворювань на рік серед експонованого населення віком до 70 років, що обумовлені викидами хрому, нікелю, свинцю, миш'яку та кадмію [39], [182], [190] – [193]. Дослідження, демонструють до 2,7 додаткових випадків онкозахворювань на рік проведені у м. Самара від викидів нафто- та газопереробки, а у м. Волгограді шкода від викидів хімічної промисловості оцінюється 13 додатковими випадками захворювань на рак впродовж року [194] – [196]. Такі рівні ризику спостерігаються й у промислових містах Республіки Казахстан, що формуються викидами кадмію та миш'яку у м. Шимкенті ( $1,62 \times 10^{-2}$  та  $2,14 \times 10^{-2}$ ) та Алмати ( $1,8 \times 10^{-3}$  та  $9,2 \times 10^{-3}$ ) [197].

При дослідженнях та аналізі рівнів забруднення атмосферного повітря хімічними канцерогенами (бенз(а)пірен, бензол, формальдегід, нітрозодиметиламін, нітрозодиетиламін), які були ідентифіковані у повітрі м.

Київ, Кременчук, Дніпро, Черкаси та Кривий Ріг, можна очікувати зростання захворювань органів дихання, імунної системи, вроджених вад розвитку тощо. Загалом, сумарний канцерогенний ризик для здоров'я населення досліджуваних населених пунктів, що створюється ідентифікованими сполуками становив 1,8-7,3 випадків раку на 1 тис. населення. Це обумовлює щорічний приріст екологічно пов'язаних онкологічних захворювань до 10,4 випадків на 100 тис. населення [19], [198]. У дослідженнях проведених Горовою А.І., Бучавим Ю.В. визначено, що майже 70 тис. населення м. Кам'янське проживають на територіях, що характеризуються підвищеними рівнями ризику, зумовленого викидами промислових підприємств [199], [200]. Високі рівні ризику, обумовлені викидами металургійних підприємств, визначаються в наукових роботах Білецької Е.М. та співавт., Капранова С.В., Белоконь К.В. [201] – [203].

За даними науковців інших країн світу були оцінені рівні ризику захворюваності раком протягом життя для безпорогових речовин (канцерогенів), що викидаються промисловими підприємствами. Так, наприклад, при рівні концентрації  $1 \text{ мкг/м}^3$  ризик захворювання раком для акрилонітрилу становить  $2 \times 10^{-5}$  (O'berg, M.T.), для бензолу ризик захворюваності лейкемією становить  $6 \times 10^{-6}$  (Crump, K.S.), для кадмію ризик становить  $1,8 \times 10^{-3}$  (Takenaka, S. та ін.), для миш'яку рівень ризику становить  $1,5 \times 10^{-3}$ . Що стосується хрому, то при його концентрації  $1 \text{ мкг/м}^3$  ризик захворювання раком легень становить  $4 \times 10^{-2}$  (Langard та ін.), а для нікелю –  $3,8 \times 10^{-4}$ . При рівні концентрації бенз(а)пірену  $1 \text{ нг/м}^3$  рівень ризику захворювань дихальних шляхів складає  $8,7 \times 10^{-5}$  (WHO ROE). Оцінки, отримані щодо впливу вінілхлориду, доводять, що при концентрації  $1,7 \text{ мкг/м}^3$  рівень канцерогенного ризику становить  $1 \times 10^{-6}$  (Nicholson, W.J.) [8], [108].

Що стосується досліджень оцінок впливу викидів автотранспорту на здоров'я населення, то загальний рівень канцерогенного ризику у м. Києві, оцінюється як високий і складає  $4,1 \times 10^{-3}$ . При цьому, характер примігстральної забудови міста суттєво впливає на ступінь забруднення атмосферного повітря. На території із закритою житловою забудовою реєструється перевищення ГДК у 100 % проб для бенз(а)пірену, нітрозодиметиламіну та формальдегіду, а

розповсюдження цих речовин у глибину кварталу сягає 100 м і більше. Популяційний канцерогенний ризик для населення, яке проживає в адміністративних районах м. Києва, в цілому по місту, за рахунок інгаляційного надходження суми канцерогенів, складає 11151 випадків онкологічної захворюваності протягом 70 років, що обумовлює щорічний приріст (надфоновий розвиток новоутворень) на рівні 159 випадків на рік [17], [204].

Дослідження проведені у Шевченківському районі м. Полтава свідчать, що сумарний популяційний ризик для здоров'я населення складає від 0,31 до 0,89 додаткових випадків смертей, пов'язаних з впливом автотранспорту [205], [206]. За даними досліджень, проведених у Білорусії (м. Мінськ), канцерогенний ризик від забруднення атмосферного повітря склав  $8 \times 10^{-5}$ , що може проявлятися у двох додаткових випадках онкозахворювань на 10 тис. населення на рік. Водночас, ризик для здоров'я населення, що проживає на приміагістральних територіях, становив  $9 \times 10^{-4}$ , що може обумовлювати до 9 додаткових випадків смерті до існуючого фонового рівня на рік [207]. Відповідно до результатів, отриманих С.Л. Аваліані та співавторами, канцерогенний ризик для здоров'я населення, що перебуває в зоні впливу автомобільного транспорту в м. Москва, знаходився на недопустимому для здоров'я населення рівні  $10^{-4}$ , що, в цілому є характерним для більшості сучасних великих міст [208].

Багаточисленні епідеміологічні дослідження показують чіткий зв'язок між забрудненням атмосферного повітря та розвитком серцево-судинних захворювань, включаючи ішемічну хворобу серця [209], [210], аритмії і зупинки серця [211], [212], серцеву недостатність [213], цереброваскулярні захворювання [214], захворювання периферичних артерій [215], [216] і венозну тромбоемболію [217]. Забруднення повітря змінює популяції циркулюючих стовбурових клітин [218] і впливає на рівень смертності після трансплантації легень [219].

Механізм, за допомогою якого забруднення атмосферного повітря може сприяти виникненню серцево-судинних захворювань, інсульту, діабету II типу, поки що недостатньо вивчений. Дослідження, проведені на клітинних моделях ссавців, а також клінічні дослідження дозволили висунути припущення про

існування кількох механізмів дії забруднення атмосферного повітря, які можуть призвести до виникнення цих захворювань. До них відносяться запалення, окислювальний стрес та судинна (ендотеліальна) дисфункції [220]. Внесок кожного механізму, ймовірно залежить від фізико-хімічних властивостей конкретної ЗР та індивідуальної чутливості організму людини [221], [222].

Метааналіз досліджень показав, що тверді частки пилу при потрапленні в легені здатні провокувати альвеолярне запалення з виділенням медіаторів, які викликають у сприйнятливих людей загострення захворювань легень та підвищення згортання крові [223] – [225]. Було виявлено, що вплив РМ у міських умовах викликає запалення легенів, підвищує рівень циркулюючих лейкоцитів і запальних цитокінів, таких як фактор некрозу пухлини альфа, інтерлейкін-1, інтерлейкін-6, С-реактивний білок і фібриноген, що підсилюють експресію клітинних молекул, що сприяють міграції лейкоцитів в судинну стінку, які впливають на скоротливу функцію міокарда [226] – [228].

Запальні процеси спільно з окислювальним стресом потенційно посилюють патофізіологічну дію забруднювачів. У Шотландії були проведені дослідження, які показали, що вдихання вихлопних газів дизельного двигуна на рівнях, що зустрічаються у міських умовах, погіршують регуляцію тонуусу судин і ендогенний фібриноліз. Ці дані підтверджують потенційний механізм, який пов'язує забруднення атмосферного повітря з патогенезом атеротромбоза і гострого інфаркту міокарда [229]. Окислювальний стрес також призводить до зміни циркулюючих ліпідів. В дослідження *in vitro* та *in vivo* на мишах було показано, що частинки вихлопних газів дизеля і окислені фосфоліпіди синергетично впливають на експресію декількох генів, які пов'язані з розвитком атеросклерозу [230]. Дослідження, проведені у Німеччині виявили, що забруднення РМ призводять до збільшення вмісту ліпопротеїнів у плазмі та фосфоліпази А2, незалежного чинника ризику розвитку інсульту [231]. Ці проатерогенні молекули проникають в субендотеліальні клітини і викликають подальшу ендотеліальну дисфункцію.



Відкриття у повітрі фракції твердих часток, менше 2,5 мікрон дозволило пояснити ще один механізм дії забруднення повітря на здоров'я людини. Завдяки своїм невеликим розмірам, мікрочастки здатні долати альвеолярно-капілярний бар'єр, проникаючи в системну циркуляцію крові і безпосередньо впливати на судини і клітини крові [232]. Дослідження *in vitro* показали, що вплив наночастинок, які утворюються при згорянні палива, активує прозапальну відповідь в ендотеліальних клітинах [233]. Було також виявлено, що наночастинки, які утворюються при згорянні палива, посилюють експресію молекул адгезії і білка адгезії судинних клітин на поверхні ендотеліальних клітин [234], [235]. Показано, що частинки вихлопних газів дизеля збільшують проникність ендотеліальних клітин за рахунок зниження трансендотеліальної резистентності і перерозподілу ендотеліальних кадгерінів судин з клітинної мембрани внутрішньоклітинно [236] – [238]. Останнім часом було доведено, що мікрочастки, які утворюються при спалюванні, швидко переміщуються з легенів у систему кровообігу та накопичуються в областях судинного запалення [239]. Тим самим, викликаючи запалення легень, що призводить до стимуляції нервових сенсорних рецепторів на альвеолярній поверхні та до зміни вегетативної функції і серцево-судинного гомеостазу [240]. Існують численні дані, що свідчать про зниження різних параметрів варіабельності серцевого ритму (BCR) після впливу  $PM_{2.5}$  [241]. Зниження BCR є відомим маркером вегетативної дисфункції серця, що пов'язаний з гіршим прогнозом у пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями [242], [243]. Миготлива аритмія є добре відомим фактором ризику розвитку інсульту. Кілька досліджень на тваринах показали, що вплив РМ збільшує частоту виникнення аритмії [244], [245]. Цей механізм може сприяти зв'язку між забрудненням атмосферного повітря і кардіоемболічним інсультом [246].

Вперше чіткий взаємозв'язок між забрудненням повітря і серцево-судинними захворюваннями було виявлено у дослідженні, проведеному в США. Був виявлений взаємозв'язок між високими рівнями  $PM_{2.5}$  і збільшенням кількості госпіталізованих хворих, а також смертністю від серцево-судинних

захворювань [247]. Peters A. та співавтори у своїх дослідженнях показали, що концентрації  $PM_{2.5}$  в повітрі, підвищені на  $25 \text{ мкг/м}^3$ , можуть збільшити протягом декількох годин і до однієї доби після впливу, ризик виникнення інфаркту міокарда [248]. Devlin R.B. та співавтори показали, що короткочасний вплив  $PM_{2.5}$  викликає зміни варіабельності серцевого ритму і реполяризацію серця у людей похилого віку [249].

Загальний метааналіз, проведений китайськими науковцями, показав значний зв'язок тривалого впливу  $PM_{2.5}$  з виникненням артеріальної гіпертензії. Дослідження проведене в м. Торонто (Канада) продемонструвало 2-годинне підвищення діастолічного артеріального тиску у здорових молодих чоловіків при збільшенні концентрації  $PM_{2.5}$  та  $O_3$  в атмосферному повітрі [250]. Крім того, було доведено, що короткострокові впливи  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$  значною мірою пов'язані з виникненням гіпертонії [251], [252]. У дослідженнях Varath S. та ін. було виявлено, що спільна дія  $PM_{2.5}$  і озону може викликати звуження судин [253], хоча тільки озон не впливав на функцію судин [254]. Вплив забруднення атмосферного повітря, пов'язаного з дорожнім рухом, збільшує ризик виникнення алергічних захворювань дихальних шляхів і зниження функції легень у дітей [255] та дорослих [256], сприяє прогресуванню інвалідності в літньому віці [257]. Дослідження, які були проведені у Швеції, показали, що у здорових чоловіків-волонтерів після вдихання вихлопних газів, що створюються дизельним двигуном під час руху автомобіля в умовах холостого ходу, порушувалася судинна функція [258]. Виявлено, що проживання на відстані менше 100 м від автотранспортної магістралі на тлі збільшення концентрації в атмосферному повітрі  $PM_{2.5}$  призводить до зниження функції легень [259], а тривалий вплив  $NO_2$  та  $PM_{2.5}$ , пов'язаний зі збільшенням ризику виникнення астми у жінок [260].

Слід зазначити, що забруднення атмосферного повітря, крім серцево-судинних та захворювань легень, може сприяти захворюванню інших органів і систем [261]. До них відносяться: загострення метаболічного синдрому і діабету [262], [263], хронічна хвороба нирок [264], різні форми раку [265], [266], запальні

захворювання кишківника [267], остеопороз [268], захворювання печінки і шкіри [269], [270], аутоімунні захворювання [271] та безпліддя [272]. У деяких дослідженнях був виявлений зв'язок між забрудненням атмосферного повітря і захворюваннями центральної нервової системи.

З'являється все більше доказів того, що забруднення повітря пов'язано з порушенням когнітивних функцій у будь-якому віці та підвищеним ризиком розвитку хвороби Альцгеймера й інших деменцій в літньому віці. Цей взаємозв'язок особливо виражений для забруднення атмосферного повітря продуктами згоряння палива автомобільного транспорту [273], [274]. Зростає й число досліджень, що показують взаємозв'язок між забрудненням повітря та несприятливими наслідками вагітності. У дослідженнях, проведених в Китаї, виявлено, що забруднення  $PM_{2.5}$  збільшує ризик передчасних пологів і низької ваги у новонароджених [275]; самовільних викиднів та мертвонародження [276], а також провокує збільшення частоти виникнення астми у дітей, народжених у жінок, які зазнали впливу  $PM_{2.5}$  на терміні від 6 до 22 тижнів вагітності [277]. У науковій роботі, проведеної в Словенії, виявлено, що підвищення концентрації  $PM_{2.5}$  і  $PM_{10}$  на  $10 \text{ мкг/м}^3$  та озону на  $10 \text{ ppb}$  збільшує ризик передчасних пологів [278].

У ряді досліджень, проведених в різних країнах, показано вплив забруднення атмосферного повітря на фертильність людини. Дослідження, проведені в Іспанії, продемонстрували зв'язок між зниженням рівня народжуваності та підвищенням рівня забруднення атмосферного повітря, пов'язаного з автомобільним транспортом [279]. У дослідженні S. Mahalingaiah та ін. було виявлено збільшення ризику вторинного безпліддя у жінок, які проживають поруч від автомобільних доріг ( $<200 \text{ м}$ ) [280]. Серед інших вивчених забруднювачів атмосферного повітря (поліциклічні ароматичні вуглеводні,  $O_3$ ,  $NO_2$ ), тільки рівні сполук азоту були достовірно пов'язані зі зниженням фертильності в перший місяць вагітності [281]. У Чехії у молодих чоловіків з області Теплице, які піддавалися дії підвищеного рівня сірки діоксиду,

були виявлені аномалії сперматозоїдів, що виникають під час дозрівання сперматид [282].

Мета-аналіз опублікованих епідеміологічних досліджень, проведених канадськими вченими, показав, що при збільшенні  $PM_{2.5}$  на  $10 \text{ мкг/м}^3$  підвищується ризик народження дітей з аутизмом [283]. Дослідження, проведені в м. Калгарі (Канада) показали, що короткочасне збільшення концентрації  $O_3$  в атмосферному повітрі збільшує ризик перфорованого апендициту [284].

Barth A. та ін. знайшли докази того, що забруднення повітря, особливо – поліциклічними ароматичними вуглеводнями, може сприяти ушкодженню ДНК [285]. У дітей, що піддаються впливу підвищених концентрацій  $NO_x$ ,  $PM_{2.5}$  і  $PM_{10}$ , змінюється довжина теломери [286]. Крім того, забруднення повітря може впливати на метилювання ДНК і змінює експресію генів [287] і [288], а епігенетична модифікація ядерного генома, впливає, відповідно на мітохондріальну ДНК [289].

Виходячи з вищевикладеного, забруднення повітря може брати участь в пошкодженні майже всіх органів та систем організму людини. За розрахунками Lelieveld J.1. та ін., проведених у 2015 р., додаткова смертність від забруднення повітря в Європі склала 790 тис. людей на рік, у світі – 8,8 млн на рік [175], що перевищує додаткову смертність у світі від тютюнопаління на 7,2 млн на рік [290]. Слід зазначити, що такі різноманітні негативні наслідки впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я людини можна пояснити активізацією загальних механізмів – окислювального стресу і запалення, які виникають в організмі людини при більшості захворювань і підсилюють шкідливу дію один одного. У зв'язку з цим, для зниження рівня захворюваності та смертності у світі проводяться численні дослідження, які спрямовані на розробку регламентуючих критеріїв (найбільш «оптимальних» нормативів) оцінки якості повітря з метою впровадження профілактичних та природоохоронних управлінських заходів. Наприклад, розрахунки проведені німецькими вченими, показали, що в результаті переходу до відновлювальних джерел енергії (сонце, вітер, біопаливо, геотермальна енергія), на противагу

використання викопного палива, тільки в Європі можна буде уникнути надмірної смертності на 434 тис. випадків на рік. При цьому, можна очікувати збільшення середньої тривалості життя на 1,2 роки, а рівень смертності знизився б приблизно на 55 % [175].

### **Резюме до розділу**

Аналіз опрацьованих літературних джерел дозволив визначити актуальні проблеми еколого-гігієнічної оцінки забруднення атмосферного повітря та його впливу на здоров'я населення та визначити коло питань, які потребують негайного вирішення і оптимізації у разі прийняття управлінських заходів медико-екологічного спрямування.

Визначено, що основною проблемою національної політики України в удосконаленні системи оцінки якості атмосферного повітря є розрізненість і відсутність міжсекторальної відповідальності та координації діяльності основних регуляторів на законодавчому рівні. Це вимагає створення підґрунтя, шляхом адаптації міжвідомчих механізмів, для ефективної реалізації міжнародних зобов'язань. Зокрема, визначення ролі інших центральних органів виконавчої влади у реалізації міжнародних угод у сфері довкілля та збереження здоров'я населення, посилення співпраці Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України з іншими органами державної влади щодо реалізації міжнародних угод, зокрема, забезпечення координації такого процесу з боку основних регуляторів, а саме: Міністерства охорони здоров'я України (в т.ч. Центру громадського здоров'я України), Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів, Міністерства розвитку громад та територій України тощо.

Показано, що для забезпечення санітарно-епідеміологічного благополуччя населення, яке проживає у зонах підвищеного аерогенного ризику, необхідно використовувати системний науковий підхід, заснований на поєднанні трьох

основних напрямків: проведення моніторингу/моделювання; оцінки ризику для здоров'я населення та епідеміологічних досліджень.

Реформування системи державного моніторингу повітря, відповідно до вимог Постанови КМУ від 14.08.2019 р. № 827 щодо імплементації Директив 2008/50/ЄС та 2004/107/ЄС, вимагають активної співпраці урядових установ та громадських організацій для розвитку державної системи моніторингу атмосферного повітря в Україні. Однак, необхідно зазначити щодо наявності великої кількості технічних, організаційних та матеріальних питань, які, наразі, потрібно вирішувати для забезпечення якісного функціонування системи. Неодмінно, слід враховувати міжнародний досвід (виключити його «сліпе» калькування), але при цьому передбачати використання наявного ресурсного потенціалу (напрацьованого роками у сфері проведення моніторингу), оцінювати реалії та особливості промислового забруднення України.

Визначено, що найбільш доцільним та обґрунтованим для вирішення задач щодо розрахунків експозиційних навантажень (усереднених концентрацій у ПША) від викидів промислових підприємств та автотранспорту є програмний комплекс ISC-AERMOD View, використання якого є оптимальним для оцінювання гострого та хронічного інгаляційного впливу ЗР на здоров'я експонованого населення, яке проживає в зонах впливу різних об'єктів господарської діяльності.

Аналізуючи вищевикладене, можна стверджувати, що вирішення проблеми забруднення атмосферного повітря та його впливу на стан здоров'я населення є своєчасним та актуальним, але вимагає пошуку єдиних методичних підходів з метою удосконалення системи гігієнічної оцінки якості атмосферного повітря для обґрунтування та розробки управлінських заходів, спрямованих на збереження громадського здоров'я. Тому дослідження за цим напрямком не втрачають актуальність і потребують подальшого розвитку.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИ ТА ОБСЯГ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1 Методичний підхід та програма дослідження

У відповідності до поставленої мети роботи був визначений ряд завдань, вирішення яких дозволило сформулювати науково обґрунтовані підходи до удосконалення системи гігієнічної оцінки якості атмосферного повітря з урахуванням токсичності його забруднення викидами промислових підприємств і автотранспорту та оцінок їх впливу на громадське здоров'я. Таким чином, програма дослідження передбачала вирішення наступних задач:

1. Аналіз політики щодо охорони та оцінки якості атмосферного повітря в Україні та її відповідність міжнародним вимогам;
2. Фізико-географічна та еколого-гігієнічна оцінки територій (зон впливу) промислових підприємств та автотранспорту;
3. Розрахунки усереднених концентрацій ЗР у ПША (від викидів промислових підприємств та автотранспорту) за допомогою дисперсійних моделей;
4. Оцінка співвідношень максимально разових, середньодобових та середньорічних концентрацій ЗР у загальному забрудненні атмосферного повітря;
5. Натурні дослідження якості атмосферного повітря;
6. Розрахунки ризику для здоров'я населення від викидів промислових підприємств та автотранспорту.

Для розв'язання поставлених завдань був використаний наступний комплекс методів:

- бібліографічний метод аналізу наукової та нормативно-методичної інформації;

- еколого-гігієнічний аналіз даних щодо забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств та автотранспорту;
- статистичні методи оброблення даних (за допомогою EXCEL, STATISTICA 10.0 з розрахунком мінімальних (min) і максимальних (max) значень, середнього значення (M), середньоквадратичного відхилення ( $\sigma$ ));
- фізико-хімічні методи аналізу (стаціонарний автоматизований пост спостережень та пересувна медико-екологічна лабораторія, обладнані газоаналізаторами HORIBA);
- математичні методи (моделювання забруднення атмосферного повітря за допомогою програмного комплексу ISC-AERMOD View, ліцензія ISCA Y0002896);
- оцінка ризику для здоров'я населення (визначення ексцесу ризиків для індикаторів здоров'я);
- картографічні методи з використанням геоінформаційних систем (ГІС; ArcGis 10.1) та даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ; космічні знімки).

Вивчення державної та міжнародної законодавчої нормативно-правової бази здійснювалося системно по відношенню до регулювання чинників забруднення атмосферного повітря (промислових підприємств та автотранспорту) та оціночних характеристик меж ризику для здоров'я населення. Для аналізу документів стосовно наявності ключових слів «забруднення атмосферного повітря» та «здоров'я населення», був використаний комплекс загальнонаукових методів, таких як бібліосемантичний, теоретичний та аналітичний. Проаналізовано 69 документів, з них 38 міжнародних та 31 національний. Основною детермінантою, на яку було сфокусоване дослідження, було «забруднення повітря» та «здоров'я», а потім похідні від цього «вплив на здоров'я населення» та «оцінка ризику для здоров'я населення».

У відповідності до поставлених завдань було проведено аналіз забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств та автотранспорту в Україні на підставі даних офіційної статистичної звітності (2010, 2015-2018 рр.)



за допомогою методів одномірної статистики в середовищі програмного комплексу EXCEL.

Картографічні методи були використані для аналізу еколого-гігієнічних та фізико-географічних параметрів територій дослідження (21 населений пункт), просторового розподілу та визначення розташування джерел викидів (ДВ) промислових підприємств та ділянок автодоріг і перехресть руху автотранспорту із використанням редактора карт ArcMap геоінформаційних систем (ArcGis 10.1) та даних високої роздільної здатності (космічні знімки) [108], [200], [291], [292].

Моделювання рівнів забруднення атмосферного повітря викидами ЗР від різних об'єктів господарської діяльності (промислових підприємств) було проведено для 7576 стаціонарних джерел 43 основних промислових підприємств, розташованих у різних регіонах України; від автотранспорту – для 28 ділянок автодоріг та 6 перехресть у Дарницькому та Дніпровському районах та 18 ділянок автодоріг у Солом'янському районі м. Київ; та для 8 основних перехресть центральних автодоріг у м. Запоріжжя. Характеристика обсягу досліджень узагальнена та представлена в табл. 2.1.

Розрахунки усереднених концентрацій ЗР у ПША були виконані, використовуючи метод комп'ютерного (математичного) моделювання, реалізований за допомогою програмного комплексу ISC-AERMOD View. До модулів програми були введені наступні параметри: рельєф територій дослідження, метеоумови за певний часовий період, характеристики землекористування, параметрів та характеристики ДВ. У результаті агрегації перерахованих вище даних, у кожній рецепторній точці були визначені усереднені 1-годинні, 24-годинні та річні концентрації ЗР від заданої групи джерел досліджуваних підприємств та автотранспорту [147], [293].

Серію 30496 натурних вимірювань рівнів масових концентрацій  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  було виконано на стаціонарному автоматизованому пункті спостереження та 774 натурних вимірювань концентрацій озону за допомогою мобільної медико-екологічної лабораторії, оснащених газоаналізаторами HORIBA [294], [295].

Таблиця 2.1

## Обсяги та об'єкти досліджень

№ п/п	Перелік промислових підприємств за видами економічної діяльності	Місто	Кількість		
			промислових підприємств	стаціонарних джерел викидів	забруднюючих речовин
1.	Металургійні	Запоріжжя	8	1316	47
		Маріуполь	2	680	42
		Кам'янське	1	543	43
		Алчевськ	1	5	4
		Донецьк	1	3	4
		Єнакієве	1	7	4
		Кривий Ріг	1	8	4
		Дніпро	1	3	4
2.	Машинобудівні	Дружківка	3	329	46
		Ромни	1	23	20
		Запоріжжя	2	186	46
3.	Хімічні	Черкаси	2	1111	62
		Кам'янське	1	401	54
4.	Коксохімічні	Запоріжжя	1	193	28
		Кам'янське	2	631	39
		Макіївка	1	142	34
		Дніпро	1	171	31
5.	Гірничорудні	Кривий Ріг	1	563	61
		Марганець	1	116	29
		Жовті води	1	106	40
6.	Теплоенергетичні	Київська область	1	75	6
7.	Нафтопереробні	Дрогобич	1	316	43
		с. Яреськи Полтавської області	1	24	6
8.	Будівельні (виробництво цементу)	Миколаїв	1	95	19
		Кам'янське	1	117	34
9.	Виробництво олій та тваринних жирів	Дніпро	1	148	41
		Запоріжжя	1	213	64
10.	Сільськогосподарські (свинокомплекси)	с. Полствин, Черкаська область	1	10	9
		с. Мельники, Черкаська область	1	26	19
		с. Малинівка, Житомирська область	1	15	14

продовження табл. 2.1

11.	Автотранспорт	Запоріжжя	8 перехресть		6
		Київ			
		Дарницький та Дніпровський райони	28 ділянок автодоріг та 6 перехресть		6
		Солом'янський район	18 ділянок автодоріг		
Всього		43	7576	-	

Точки відбору були розташовані за адресою: м. Київ, вул. Попудренка, 50. Статистична обробка результатів отриманих даних та вимірювань концентрацій ЗР була здійснена за допомогою інструментів програмних пакетів EXCEL, STATISTICA 10.0 (з розрахунком мінімальних (min) і максимальних (max) значень, середнього значення (M), середньоквадратичного відхилення ( $\sigma$ )) [296].

При розрахунках рівнів ризику для здоров'я експонованого населення, обумовлених викидами різних видів промислових підприємств та автотранспорту була використана загальна процедура методології оцінки ризику для здоров'я населення (Human Health Risk Assessment), розроблена та рекомендована Агентством США з охорони довкілля та ВООЗ [8], [97], [103].

## **2.2 Аналіз фізико-географічних та еколого-гігієнічних параметрів територій дослідження за допомогою картографічних методів (геоінформаційних систем)**

Загальновідомо, що на рівні просторового поширення/розсіювання концентрацій ЗР у ПША, пов'язані з їх перенесенням від ДВ, впливають клімато-метеорологічні та топографічні умови географічних територій та фактори, які визначаються фізичними параметрами ДВ, особливостями їх розташування відносно підстилаючої поверхні землі та фізико-хімічними властивостями ЗР [133], [135].

З метою визначення основних факторів та параметрів, що можуть мати

визначальний вплив на формування забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств та автомобільного транспорту в межах сельбищних зон, широко використовуються картографічні підходи за допомогою методів геоінформаційного аналізу [108], [292].

Геоінформаційні системи або географічні інформаційні системи (ГІС) – системи, призначені для збору, збереження, аналізу і графічної візуалізації просторових даних і пов'язаної з ними інформації про представлені в ГІС об'єкти. Тобто, ГІС є набором інструментів, що дозволяють здійснювати пошук, аналізувати і редагувати цифрові карти, а також додаткову інформацію про об'єкти, розташовані на них. У ГІС використовується інформація двох типів: позиційні або географічні дані (місцезорозташування об'єктів) та непозиційні або атрибутивні дані, що описують географічні дані [297] – [299].

Таким чином, в рамках проведених досліджень було виконано уточнення, аналіз та обробку вхідних даних з метою фізико-географічної оцінки досліджуваних територій (м. Запоріжжя, Маріуполь, Кам'янське, Дніпро, Алчевськ, Донецьк, Єнакієве, Кривий Ріг, Марганець, Дружківка, Ромни, Жовті води, Черкаси, Дрогобич, Трипілля, Миколаїв, Ромни, сс. Полствин та Мельники Черкаської області, с. Яреськи Полтавської області, с. Малинівка Житомирської області), з використанням картографічних методів аналізу, а саме можливостей ГІС-технологій (програмного продукту ArcGis 10.1 (Esri) у середовищі ArcMap). Додатково для якісної оцінки були використані дані дистанційного зондування земної поверхні високої роздільної здатності (супутникові знімки), які не тільки сумісні з картографічними форматами даних, а й ГІС, що забезпечують вичерпну базу для абсолютного позиціонування та картографії [300].

Вищевказане дозволило охарактеризувати кожену точку дослідження та прилеглу до неї територію, а зазначені показники класифікувати у наступні категорії: землекористування (щільність і характеристика типу промислової та житлової забудови, рослинності, наявність водойми тощо), метеорологічні параметри і топографічні особливості розташування, характеристика розташування та параметри джерел забруднення.

Для розрахунку окремих показників було використано підхід кругових та прямокутних (буферних) зон, відповідно до якого числове значення шуканого параметру розраховувалося на основі просторових даних в межах окремих, визначених відносно точок вимірювання, зон різного радіусу від 25 до 12000 м, у залежності від зони впливу досліджуваного об'єкту. Зазначений підхід визначення фізико-географічних параметрів території дослідження є стандартизованим та детально описаний у методології проєкту з дослідження впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення у європейському регіоні ESCAPE, що був реалізований за сприяння ЄС [301].

Аналіз типів землекористування території дослідження проводився з використанням даних ДЗЗ (космічні знімки) для визначення специфічних коефіцієнтів, що матимуть вплив на розповсюдження забруднення у ПША. Перед- та постпроцесінгові розрахунки та обчислення були виконані в системі геодезичних координат WGS-84. На підставі цього, відповідно до рекомендованої ЕРА процедури оцінки землекористування, проводився аналіз територій на певній відстані від досліджуваних об'єктів, з подальшою класифікацією ділянок на різні типи (табл. 2.2), які в подальшому і визначали значення параметру Моніна-Обухова, альbedo та коефіцієнти нерівності підстилаючої поверхні землі за умови наявності ділянок, що характеризуються різними типами землекористування (індустріалізована, житлова, сільськогосподарська, торгівельна тощо території) [150], [302] – [304].

Отримана інформація дозволила сформувати геобазу даних (geodatabase) в середовищі ArcGIS 10.1 з відповідними класами об'єктів землекористування та геокодувати, а саме, перевірити дані щодо розміщення ДВ досліджуваних об'єктів (пром'ягприємств, автотранспорту), що створюють потенційну небезпеку для забруднення атмосферного повітря. Таким чином, на космічні знімки досліджуваних міст було накладено об'єкти водойм, рослинності, автодоріг, забудови, пром'ягданчиків, ДВ тощо, а інтеграція даних була забезпечена їхньою прив'язкою до єдиної карти.

Таблиця 2.2

**Класифікація типів землекористування [305]**

Тип	Тип території: використання території/забудова	Тип рослинності
I1	Дуже індустріалізована: Важка промисловість, хімічне, металургійне виробництво, нафто/газо переробні виробництва; 3-5 поверхові будівлі, пласкі дахи	Незначна кількість трави та зелених насаджень, <5% рослинності
I2	Середньо/слабо індустріалізована: Залізничні/машинні депо, склади, невеликі виробництва; переважно 1-3 поверхові будівлі, пласкі дахи	Незначна кількість трави та зелених насаджень, дерева майже відсутні, <5% рослинності
C1	Торгівельна забудова: Офісні та житлові будівлі, готелі; забудова >10 поверхів, пласкі дахи	Незначна кількість трави та зелених насаджень, <15% рослинності
R1	Житлова забудова: Невеликі будинки на одну сім'ю, зазвичай, 1 поверхові з не пласким дахом; мережа доріжок та заїздів між будинками	Газони, дерева >70 % рослинності
R2	Компактна житлова забудова: Будинки на одну чи кілька сімей, незначна відстань між будинками; будинки, зазвичай, < 2-ох поверхів; не пласкі дахи; гаражі; заїзди відсутні	Невеликі за розмірами газони, відсутні ширококронні дерева < 30 % рослинності
R3	Компактна житлова забудова: Старі будинки висотою до 2-ох поверхів, пласкі дахи; гаражі; заїзди відсутні	Невеликі за розмірами газони, старі дерева < 35 % рослинності
R4	Приватні ділянки Приватна забудова (маєтки)	Газони, незначна кількість дерев > 95% рослинності
A1	Природна міська Міські, державні парки, заказники, кладовища Окремі одноповерхові будівлі	Трава, негусті ліси > 95 % рослинності
A2	Сільськогосподарська	Сільськогосподарські культури >95% рослинності
A3	Нерозвинена Необроблювані землі, болота	Переважно дикоростучі види, незначна кількість лісів >90% рослинності
A4	Необроблювана сільська	Густі ліси; >95% рослинності
A5	Водні басейни, річки, озера	-

Шари інформації були отримані двома способами: шляхом векторизації зображення («малювання»), та за допомогою процедур обробки існуючих шарів і таблиць даних. Крім картографічної частини (позиційні дані), шари також містили атрибутивні дані, «прив'язані» до нього [300], [306] – [308].

Просторова дисперсія ЗР у ПША визначається законами турбулентної дифузії та значною мірою залежить від метеорологічних умов, які є домінуючими на досліджуваних територіях. Найбільший вплив мають режими вітру та температури (температурна стратифікація), сонячна радіація, опади та тумани, оскільки стан ПША характеризується турбулентними потоками, що формуються за рахунок нагрівання земної поверхні та стратифікації [303], [309].

Вітровий режим може чинити різний вплив на розповсюдження забруднюючих речовин в залежності від типу джерела викиду та характеристики емісій. Наприклад, «гарячі» викиди мають вихідну початкову висоту підйому, за рахунок чого поблизу джерела формується поле вертикальних швидкостей, що сприяє підйому викиду та зменшенню концентрацій ЗР біля земної поверхні. Такий викид досить швидко розсіюється у вітряні періоди за рахунок горизонтального перенесення ЗР, що не характерно для викидів від низьких та холодних ДВ [133], [135].

Коливання температурного градієнта обумовлюють конвекційні та інверсійні процеси у ПША. Інверсії ускладнюють повітрообмін та розсіювання ЗР в атмосфері. Тому, в умовах міста найнебезпечнішими є приземні інверсії у поєднанні зі слабкими вітрами, що формують ситуацію «застою» повітря. В періоди туманів розсіювання ЗР ускладнюється, оскільки краплі туману абсорбують домішки. Як результат, концентрації ЗР зростають в шарі туману та зменшуються над ним. Сонячна радіація обумовлює фотохімічні реакції з утворення вторинних продуктів, що можуть бути більш токсичними ніж речовини, що надходять в атмосферу від ДВ [137], [303].

Набір даних метеорологічних спостережень було придбано/отримано в компанії Lakes Environmental у вигляді файлів погодинних метеорологічних параметрів та даних спостережень за станом верхніх шарів атмосфери для

метеостанцій 21 досліджуваних населених пунктів (у період з 2013 по 2019 рр.) у форматах вихідних даних SAMSON і TD6201, відповідно. Перелік основних метеопараметрів, які є необхідними для генерування вхідних файлів, що в подальшому використовуються для проведення точних розрахунків просторового розсіювання концентрацій ЗР та, відповідно, ризиків для здоров'я населення, включав: рік, місяць, день, година спостережень; вектор напрямку вітру, 0-360°; швидкість вітру, м/с; температура, К; відносна вологість повітря, %; атмосферний тиск, мБар; хмарність за 10-бальною шкалою; висота хмарного покриву, м; опади, мм; радіаційний баланс, Дж/м<sup>2</sup>; висота перемішування, м [136], [147], [293].

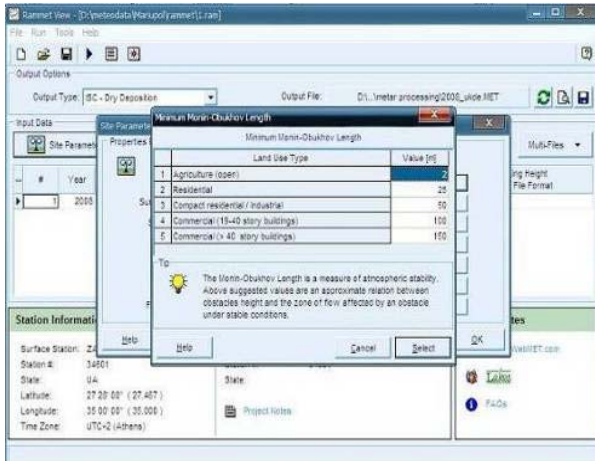
На основі вищеперерахованих даних (з інтервалом в одну годину) було сформовано вхідні файли метеофакторів, які було опрацьовано за допомогою програми метеопрепроцесінгу. Це дозволило оцінити метеорологічну ситуацію за вказаний період дослідження, визначити переважаючі напрямки та швидкості вітру, частоту розподілу класів стабільності атмосфери з урахуванням специфічних для території дослідження коефіцієнтів (рис.2.1): параметру Моніна-Обухова, коефіцієнту нерівності, значення Альbedo, коефіцієнту теплового потоку, частки залишкової радіації, що абсорбується поверхнею в залежності від типу землекористування зазначеної території та особливостей її географічного розташування (рис. 2.2) [309] – [311].

Визначені коефіцієнти, що є специфічними для даних досліджуваних територій, характеризують специфіку вертикального перемішування нижніх шарів атмосфери, що своєю чергою, обумовлює формування специфічного мікроклімату, за рахунок специфіки зміни аеродинамічних, радіаційних, термічних характеристик атмосфери та вологості. Це є дуже важливим під час оцінювання просторового поширення ЗР у ПША великих міст (особливо, урбанізованих) [133], [138], [141], [312].

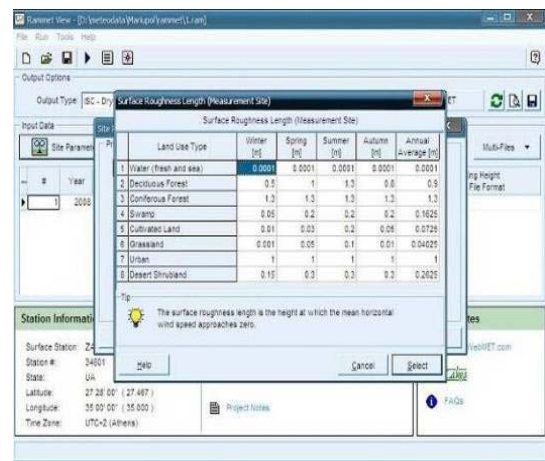
Топографічні особливості розташування (висота точки дослідження над рівнем моря) визначали на основі створення цифрових моделей рельєфів для територій дослідження, побудованих на основі даних радарної топографічної



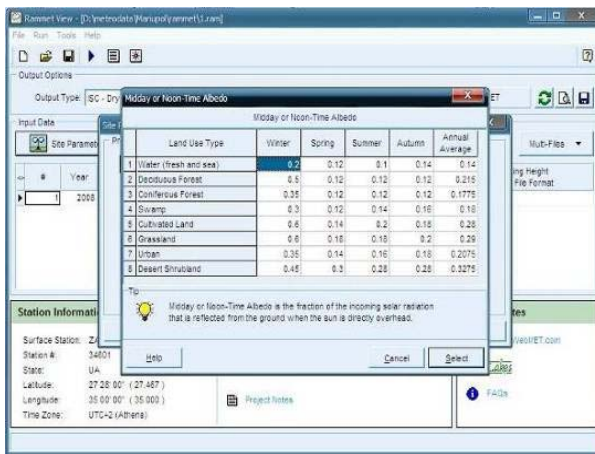
параметр Моніна-Обухова



коефіцієнт нерівності підстиляючої поверхні



значення Альbedo



коефіцієнт теплового потоку

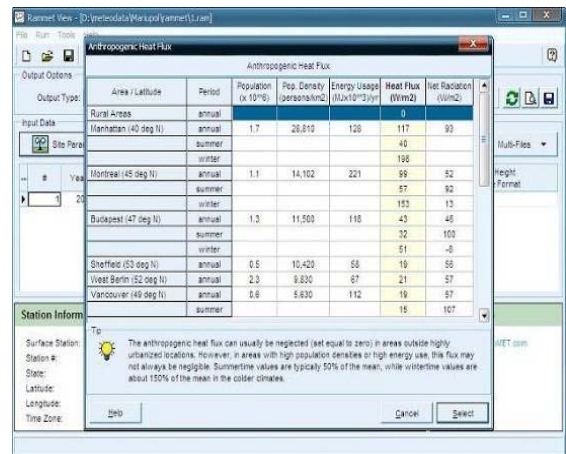


Рисунок 2.1 – Визначення специфічних для території дослідження коефіцієнтів при підготовці метеоданих

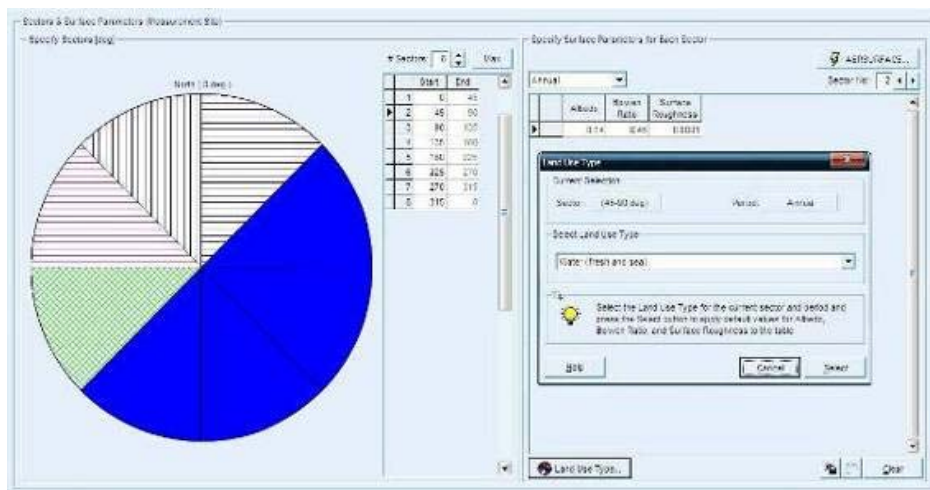


Рисунок 2.2 – Специфіка географічного положення території (характеристика землекористування) при підготовці метеоданих

зйомки - SRTM з просторовою роздільною здатністю 30 м (архів Геологічної служби США), використовуючи дані ДЗЗ (космічні знімки) [313]. Дані було розбито на квадрати розміром  $1 \times 1$  градус при максимально доступній роздільній здатності 3 арксекунди. Кожен такий квадрат є матрицею розміром  $1201 \times 1201$  елементів (пікселей). Один додатковий ряд (нижній) та одна колонка (права) є дублюючими та повторюються на сусідній матриці. Дані є простим 16-бітним растром (без заголовку), значення пікселю є висотою над рівнем моря в даній точці, а також може приймати значення 32768, що відповідає значенню «no data» (немає даних). Таким чином, підсумкові дані відповідали специфікації інтерферометричних даних щодо рельєфу (Interferometric Terrain Height Data 2), а саме: розмір елемента –  $30 \times 30$  м, точність по висоті –  $\leq 20$  м. Це дозволило врахувати у розрахунках особливості рельєфу територій дослідження зон впливу промислових підприємств і автотранспорту та оцінити перепад висот у розрізі «північ-південь» і «захід-схід».

### 2.3 Методологія оцінки ризику для здоров'я населення

Методологія оцінки ризику для здоров'я населення є найбільш ефективним сучасним підходом до встановлення зв'язку між станом навколишнього природного середовища та здоров'ям населення в певному регіоні чи місті. Її використання дозволяє вирішувати подібні задачі в умовах обмежених термінів і фінансових можливостей [95], [95].

При виконанні даної роботи була використана загальна процедура оцінки ризику для здоров'я населення (Human Health Risk Assessment), розроблена та рекомендована Агентством США з охорони довкілля (EPA) та ВООЗ, що складається з наступних елементів [97], [99]:

- оцінки ризику;
- управління ризиком;
- інформування щодо ризику.

Саме їх сукупність дозволяє не лише виявити наявні проблеми, розробити шляхи їх вирішення, а й створити умови для практичної реалізації управлінських заходів медико-екологічного спрямування.

Схема оцінки ризику передбачала проведення чотирьох взаємопов'язаних етапів [96], [103]: ідентифікації небезпеки, оцінки залежності “доза-відповідь”, оцінки експозиції та характеристики ризику.

Управління ризиком є логічним продовженням етапу оцінки ризику та спрямоване на обґрунтування найкращих в даній ситуації рішень щодо вилучення та мінімізації експозицій і ризиків, оцінки ефективності і коригування природоохоронних та запровадження профілактичних заходів та оцінок соціально-економічних збитків, заподіяних здоров'ю населення внаслідок забруднення довкілля, зокрема, атмосферного повітря [93], [314].

Заключним етапом оцінки ризику є передача та поширення інформації про ризик зацікавленій частині населення у вигляді статей, виступів на семінарах, конференціях, ТБ, радіо та оприлюднення на електронних порталах [94], [315].

### **2.3.1 Етап ідентифікації небезпеки**

Ідентифікація небезпеки — це процес виявлення джерел забруднення та встановлення причинного зв'язку між впливом ЗР та розвитком несприятливих ефектів для здоров'я людини [95], [103].

Основною метою даного етапу є вибір пріоритетних, індикаторних хімічних речовин, дослідження яких дозволить з достатньою надійністю охарактеризувати рівні ризику порушень стану здоров'я населення та джерел його виникнення.

Головними завданнями етапу ідентифікації було [94]:

- визначення та характеристика потенційно експонованої популяції;
- встановлення наявності можливої загрози для здоров'я (джерел забруднення) в досліджуваному регіоні від виявлення пріоритетних

хімічних речовин з урахуванням їх здатності наносити шкоду населенню, яке підпадає під експозицію, та визначення умов цього впливу на основі наявних даних щодо поведінки та поширення поллютанту в довкіллі;

- оцінка токсичності хімічних речовин для людини;
- визначення та оцінка типів збитків здоров'ю, з якими може бути пов'язаний вплив даного хімічного агенту;
- встановлення шкідливих ефектів, які можуть бути викликані пріоритетними речовинами при оцінюваних маршрутах дії, тривалості експозиції (гострі, підгострі, хронічні, віддалені) і шляхах їх надходження в організм людини (інгаляційне, пероральне, перкутанне).

Характеристика потенційно експонованих груп населення передбачала аналіз місць проживання (розташування, відстань від джерел забруднення і т. ін.), видів діяльності, виявлення чутливих груп. Аналіз охоплював усі популяції, потенційно схильні до (у т.ч., можливо, піддадуться йому в майбутньому) впливу досліджуваних факторів.

Як основні джерела інформації щодо характеристики, параметрів та складу викидів досліджуваних промислових підприємств та автотранспорту були використані та проаналізовані наступні матеріали: звіти інвентаризації викидів забруднюючих речовин від стаціонарних та пересувних джерел; документи, у яких обґрунтовуються обсяги викидів для отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря; типові форми XML схем – XML-файли (лист Міністерства охорони навколишнього природного середовища України № 11639/10/2-10 від 27.12.2006 р.); матеріали щодо обґрунтувань та встановлення розмірів санітарно-захисних зон; проєкти розділу оцінки впливу на навколишнє природне середовище та проєктів оцінки впливу на довкілля (у разі підлягання промислового підприємства під ЗУ «Про оцінку впливу на довкілля»); генеральні плани та карти-схеми положення ДВ на територіях промайданчиків та ділянок автодоріг, перехресть; центроїди досліджуваних промислових підприємств; інформація щодо фактичного часу технологічних

режимів роботи обладнання на промислових об'єктах та потоків/характеристики автотранспорту.

Наявна інформація щодо параметрів та складу ДВ була надана у паперовому та електронному вигляді (XML-файли) та опрацьована за допомогою програми XML-Converter та інструментів EXCEL з метою приведення до зазначених, сумісних з модулями розрахункової програми, файлів формату Space/Tab Delimited Text Format та CSV. Файлам кожного підприємства присвоювалося відповідне ім'я. Після цього була проведена процедура автоматизованої перевірки даних на повноту, узгодженість та цілісність, шляхом формування спеціально виконаних SQL запитів. Для забезпечення контрольованого (напівавтоматичного) перетворення були створені засоби графічного інтерфейсу та інструменти інтерактивного редагування інформації, що представлена у файлі типових форм XML з фіксацією кінцевого результату редагування в log-файлі. Результатом конвертації стали файли текстового формату кодування ASCII, що містили дані особливостей для різних типів стаціонарних джерел викидів (точкові, лінійні та площинні) [147], [150]. При цьому досліджувані ділянки автодоріг було задано у вигляді неорганізованих джерел викидів лінійного типу, а перехрестя - площинних [132], [147], [309]. Недостатня валідність вихідних даних щодо розташування (координат) та параметрів джерел викидів була компенсована за допомогою інструментів пакету ArcMap програмного продукту ArcGis версія 10.1 (Esri) шляхом географічної прив'язки (геокодування) та обробки супутникових даних в системі координат WGS-84 [300]. Оцінка похибки положення (координат) джерел викиду ЗР за матеріалами дистанційного зондування після корегування виконувалася за стандартними процедурами дисперсійного статистичного аналізу [296], [303].

Це дозволило визначитися з обсягом проведення досліджень щодо загальної характеристики забруднення атмосферного повітря у різних містах, з кількістю ДВ та сформувати переліки пріоритетних забруднюючих речовин, враховуючи величину викиду (г/с) та токсичність викидів.

Крім того, на етапі ідентифікації небезпеки здійснювалася оцінка повноти і достовірності наявних даних про рівні забруднення різних об'єктів навколишнього середовища, а також були встановлені ті невизначеності, які здатні вплинути на повноту і достовірність остаточних висновків та рекомендацій. Зібрана і проаналізована на етапі ідентифікації небезпеки інформація надалі використовувалася для оцінки залежності «доза–відповідь» та планування досліджень під час оцінки експозиції [94], [103].

### **2.3.2 Етап оцінки залежності «доза – відповідь»**

Оцінка залежності «доза-відповідь» передбачала процес кількісної характеристики токсикологічної інформації та встановлення зв'язку між ймовірно діючою дозою ЗР та ймовірністю виникнення шкідливих випадків погіршення стану здоров'я у експонованого населення [95], [98].

Токсичні процеси, які можна виявити на рівні організму людини, були віднесені до однієї з наступних груп: перші, ті, що формуються за пороговим принципом (неканцерогенний ефект) та другі – за безпороговим принципом (канцерогенний ефект) [316], [317]. Вагомість доказів канцерогенності досліджуваної хімічної речовини для людини оцінювалася на підставі існуючих класифікацій Міжнародного агентства з вивчення раку. Основним параметром для оцінки ризику канцерогенного впливу був прийнятий фактор канцерогенного потенціалу (Sf), який відображає ймовірності розвитку шкідливої реакції при збільшенні дози (концентрації) на 1 мг/кг або 1 мг/м<sup>3</sup>; рівень впливу, пов'язаний з визначеною ймовірністю ефекту (показники цієї групи застосовуються для встановлення реперних, тобто опорних доз та концентрацій) [98], [101]. Багато хімічних канцерогенів здатні викликати не тільки канцерогенні, а й токсичні ефекти. У зв'язку з цим, оцінка небезпеки подібних речовин була здійснена з урахуванням як їх канцерогенної, так і неканцерогенної дій.

На даному етапі було проведено узагальнення всіх наявних даних щодо гігієнічних нормативів, безпечних рівнів дії, оцінки токсичності викидів і направленості впливу на органи та системи людського організму, а також застосування цих даних для вирішення задач, необхідних для проведення оцінки ризику. Шляхом проведення аналітичних досліджень був здійснений сумісний аналіз якісних даних, отриманих в процесі ідентифікації небезпеки та відомостей, відповідно, кількісних параметрів залежності „концентрація (доза)-відповідь” (референтних концентрацій (за умови гострих та хронічних впливів) стосовно показників небезпеки для 71 забруднюючої речовини; чинних вітчизняних нормативів (гранично допустимих максимально разових (ГДК<sub>м.р.</sub>), середьодобових (ГДК<sub>с.д.</sub>) концентрацій та орієнтовно безпечних рівнів впливу (ОБРВ)) і встановлено критичні органи/системи та ефекти впливу цих ЗР, необхідні для подальших розрахунків (Додаток Г) [89], [94].

Для аналізу та оцінки токсичності викидів використовувалися міжнародні банки даних та публікації міжнародних організацій: Всесвітньої організація охорони здоров'я (ВООЗ), інтегрованої інформаційної системи про ризики ЕРА (IRIS), реєстрів токсичних ефектів хімічних сполук (RTECS), американські національні стандарти якості атмосферного повітря (NAAQS), публікації каліфорнійського Агентства з охорони навколишнього середовища (CalEPA), публікації ЕРА, рекомендації національного центру оцінки навколишнього середовища ЕРА (NCEA), зведені таблиці оцінок ефектів на здоров'я людини (HEAST) ЕРА, база даних NATICH ЕРА, публікації Агентства з реєстрації токсичних сполук і захворювань (ATSDR) та дані вітчизняних гігієнічних нормативів [7], [89], [107], [318] – [326].

### **2.3.3 Етап оцінки експозиції**

Оцінка експозиції є одним з найважливіших і, як правило, найбільш точних етапів оцінки ризику, який передбачає кількісну характеристику експозиції (розрахунок концентрацій та доз); оцінку часу, частоти та тривалості впливу;

ідентифікацію населення, яке підпадає під вплив [35-38]. Як вже було зазначено у попередньому розділі, визначення концентрацій встановлюються на основі результатів моніторингу або моделювання поширення і поведінки ЗР, де моделювання є найбільш точним та доцільним під час проведення досліджень оцінок впливу забруднення повітря на експоноване населення [95], [100], [103].

Для розрахунку усереднених концентрацій пріоритетних ЗР у ПША був використаний метод комп'ютерного моделювання, реалізований за допомогою програмного комплексу ISC-AERMOD View (ліцензія ISCA Y0002896), що послуговується статистичним рівнянням Гауса для стаціонарних джерел, піднятих над земною поверхнею, та рекомендований до використання ВООЗ та ЕРА [147], [150].

Як і будь-який математичний комплекс для отримання валідних результатів моделювання розсіювання ЗР, ISC-AERMOD View вимагає передпроцесінгу та введення до його модулів певних параметрів (вхідної інформації), а саме: параметрів ДВ; величин викидів ЗР (г/с); набору даних метеорологічних спостережень для досліджуваних міст та топографічних даних [309].

Параметри та величини викидів джерел забруднення досліджуваних промислових підприємств та автотранспорту визначалися на основі даних, отриманих на етапі еколого-гігієнічного і фізико-географічного аналізу та ідентифікації небезпеки (аналіз дозвільних та проєктних матеріалів, доступних електронних ресурсів). Шляхом географічної прив'язки (геокодування) та обробки супутникових даних в системі координат WGS-84, місцеположення та координати 7576 ДВ та 46 ділянок автодоріг і 14 перехресть були уточнені, сконвертовані та занесені до інтерфейсу ISC-AERMOD View.

Набір даних метеорологічних спостережень, отриманих у вигляді файлів погодинних метеорологічних параметрів та даних спостережень за станом верхніх шарів атмосфери для метеостанцій досліджуваних міст у форматах вихідних даних SAMSON і TD6201, відповідно. Зазначені файли було опрацьовано за допомогою програми попередньої підготовки метеорологічних



даних AERMET View (Lakes Environmental) та отримано вхідні файли для внесення до програми розрахунку розсіювання концентрацій ISC-AERMOD View [311].

На основі даних SRTM для заданих ділянок дослідження з просторовою роздільною здатністю 30 м (архів Геологічної служби США), за допомогою інструментів модулю Terrain Processor ISC-AERMOD View, було побудовано цифрові моделі рельєфів територій дослідження зон впливу промислових підприємств та автотранспорту [313].

На подальших етапах досліджень були закладені рецепторні сітки та визначені розрахункові вузли зон впливу досліджуваних об'єктів. Для промислових підприємств було визначено розрахункові сітки радіального типу у всіх напрямках за румбами сторін світу на відстанях від центроїдів проммайданчиків до 12000 м (в залежності від зони впливу підприємства – 40 висот найвищого джерела викиду) та прямокутного типу, з кроком сітки від 50 до 500 м. Для автотранспорту у рецепторних точках на відстанях 25, 50, 100 та 300 м або у буферних зонах радіусом 25, 50, 100, 300, 500, 1000 м від картографованих перехресть та відрізків проїжджої частини дороги (28 досліджуваних ділянок автодоріг та 6 перехресть у Дарницькому та Дніпровському районах, 18 ділянок автодоріг у Солом'янському районі м. Києва, відповідно – 952 та 536 рецепторних точок; 8 перехресть у м. Запоріжжя – 1680 рецепторних точок). Отримані вибірки усереднених концентрацій ЗР було класифіковано за квантилями, в результаті чого виділено від 5 до 10 рівнів концентрацій [112], [301].

Під час оцінювання експозиції був встановлений не тільки її рівень (тобто концентрації ЗР у ПША), але й фактор часу. У результаті агрегації вище перерахованих параметрів було визначено погодинні значення концентрацій ЗР, які обробили з метою отримання усередненої 1-годинної, 24-годинної, річної концентрації в кожній рецепторній точці від заданих груп ДВ досліджуваних промислових підприємств та автотранспорту. Названі обрахунки проводилися на

підставі рівняння, яке описує розподіл ЗР для стаціонарної моделі Гауса за формулою (2.1) [133], [135], [327], [328].

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z U} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] \left\{ \exp\left[-\frac{(z-h_s)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+h_s)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\} \quad (2.1)$$

Так, годинна усереднена концентрація обраховується за формулою (2.2):

$$\chi = \frac{QKV D}{2\pi u_s \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-0.5\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \quad (2.2)$$

де:  $Q$  – величина викиду забруднюючої речовини (маса на одиницю часу);  $H$  – висота джерела викиду, м;  $K$  – коефіцієнт шкали для переведення обрахованих концентрацій в бажані одиниці (по замовчуванню встановлені г/с для  $Q$  та мкг/м<sup>3</sup> для концентрації);  $V$  – вертикальний коефіцієнт;  $D$  – коефіцієнт осідання;  $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$  – стандартне відхилення поперечного та вертикального розподілу концентрацій (м);  $U_s$  – середня швидкість вітру (м/с) на висоті викиду.

Рівняння 2.1-2.2 містять вертикальний коефіцієнт ( $V$ ), коефіцієнт осідання ( $D$ ), параметри розподілу ( $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$ ). Вертикальний коефіцієнт ( $V$ ) відображає вплив підняття джерела над рівнем моря, підняття рецепторної точки, обмеженого перемішування у вертикальному перерізі та осідання під дією сил гравітації часток ЗР (з діаметром більше 0.1 мкм) [147].

В результаті проведених розрахунків для пріоритетних ЗР досліджуваних промислових підприємств та автотранспорту були отримані величини концентрацій для годинного, добового та річного періодів усереднення у заданих розрахункових вузлах / контрольних точках, що були використані для подальших оцінок ризику для здоров'я експонованого населення [329].

Також, слід зауважити, що у дослідженнях з оцінки ризику в якості міри експозиції використовується й потенційна доза або величина надходження, яка усереднюється з урахуванням маси тіла та часу впливу. Така доза має назву середньої добової потенційної дози ( $ADD_{pot}$ ) або середньої добової дози ( $LADD$ ) протягом життя. Стандартне рівняння для розрахунку інгаляційної

середньодобової дози (LADD) або надходження (I) має наступний вигляд (2.3) [94], [96]:

$$LADD (I) = (Ca \times Tout \times Vout) + (Ch \times Tin \times Vin) \times EF \times ED / (BW \times AT \times 365) \quad (2.3)$$

де: *LADD* – надходження (I) або середньодобова доза протягом життя, мг/(кг×доба); *Ca* – концентрація хімічної речовини в атмосферному повітрі, мг/м<sup>3</sup>; *Ch* – концентрація речовини в повітрі приміщення (*Ch*=*Ca*×1), мг/м<sup>3</sup>; *Tout* – час, що проводиться поза приміщенням, год/доба (*Tout*=8 год/доба); *Vout* – швидкість дихання поза приміщенням, м<sup>3</sup>/год (*Vout*=1,4 м<sup>3</sup>/год); *Tin* – час, що проводиться у приміщенні, год/доба (*Tin*=16 год/доба); *Vin* – швидкість дихання у приміщенні, м<sup>3</sup>/год (*Vin*=0,63 м<sup>3</sup>/год); *ED* – тривалість впливу, число років (для дорослих – 30 років, дітей – 6 років); *EF* – частота впливу, число днів/рік (*EF*=350 днів/рік); *BW* – маса тіла: середня маса тіла в період експозиції, кг (для дорослих – 70 кг; дітей – 15 кг); *AT* – період усереднення експозиції (для дорослих – 30 років; дітей – 6 років; для канцерогенів *AT*=70 років); 365 – число днів в році.

Отримані величини дозових навантажень були використані у подальших розрахунках ризику та включали урахування наступних категорій змінних: рівні розрахованих концентрацій, час усередненої експозиції та характеристику експонованої популяції (величину контакту, частоту та тривалість впливу, масу тіла).

#### 2.3.4 Характеристика ризику для здоров'я населення

Характеристика ризику є кількісним та основним етапом, який пов'язує між собою елементи оцінки ризику для здоров'я та управління ризиком. На даному етапі інтегрувалися отримані у попередніх розрахунках дані щодо: небезпеки аналізованих хімічних речовин, величин експозицій, параметрів залежності „доза-відповідь” з метою подальшої кількісної та якісної оцінки ризику та виявлення існуючих проблем для здоров'я населення [94], [330].

Оцінку та розрахунки ризику було проведено окремо, по відношенню до неканцерогенних та канцерогенних ефектів на здоров'я населення, обумовлених впливом пріоритетних забруднюючих речовин, які входять до складу викидів промислових підприємств та автотранспорту.

Характеристика ризику розвитку неканцерогенних ефектів здійснювалася шляхом порівняння фактичних рівнів експозиції з безпечними рівнями впливу. Для речовин, що не чинять канцерогенний вплив, оцінка ризику проводилася на основі розрахунку коефіцієнту небезпеки (HQ), який є співвідношенням між величиною експозиції та безпечним рівнем впливу (референтна концентрація або гранично допустима концентрація) (2.4) [96]:

$$HQ = AC/RfC \quad (2.4)$$

де:  $HQ$  – коефіцієнт небезпеки;  $AC$  – усереднена концентрація,  $\text{мг/м}^3$ ;  $RfC$  – референтна (безпечна) концентрація,  $\text{мг/м}^3$ .

При  $HQ$  рівному або меншому 1, ризик виникнення шкідливих ефектів для здоров'я людини відсутній [98]. Зі збільшенням  $HQ$  ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає, проте точно вказати значення цієї ймовірності неможливо. Коефіцієнт небезпеки розраховувався окремо для умов короткострокового (гострого) та тривалого (хронічного) впливу ЗР. При цьому період усереднення експозицій і відповідних безпечних рівнів впливу був аналогічним. Також, оцінка коефіцієнтів небезпеки проводилася з урахуванням критичних органів/систем, які вражаються досліджуваними речовинами.

Для оцінки комбінованого впливу забруднюючих речовин за умови одночасного інгаляційного надходження було розраховано сумарний неканцерогенний ризик у вигляді індексу небезпеки (HI) (2.5) [94], [95]:

$$HI = HQ_1 + HQ_2 + \dots + HQ_n, \quad (2.5)$$

де:  $HQ_1, HQ_2, \dots, HQ_n$  – коефіцієнти небезпеки для кожної ЗР.

Характеристика канцерогенного ризику для здоров'я населення, обумовленого впливом джерел викидів промислових підприємств та автотранспорту, передбачала [93]:

- узагальнення та аналіз інформації щодо характеристики викидів стаціонарних джерел промислових підприємств, особливостей їх впливу на організм людини, рівнів експозицій;
- розрахунок індивідуального канцерогенного ризику для кожної пріоритетної ЗР;
- розрахунок сумарного канцерогенного ризику при комбінованому впливі всіх пріоритетних ЗР;
- розрахунок індивідуального ризику смерті, експонованої особи під час впливу на неї твердих часток пилу з діаметром менше 10 мкм (PM<sub>10</sub>);
- оцінку та представлення результатів характеристики ризику.

Розрахунок індивідуального канцерогенного ризику здійснювався за умови використання даних щодо величини експозиції та значень факторів канцерогенного потенціалу. Додаткова ймовірність розвитку раку в індивідуума протягом всього життя (ICR) оцінювалась з урахуванням інгаляційної середньодобової дози (LADD) за такою формулою 2.6 [94], [101]:

$$ICR = LADD \times SF_i \quad (2.6)$$

де:  $LADD$  – інгаляційна середньодобова доза протягом життя, мг/(кг×доба);  $SF_i$  – фактор канцерогенного потенціалу (мг/кг×доба)<sup>-1</sup>.

За умови впливу декількох канцерогенів сумарний канцерогенний ризик було розраховано за формулою 2.7 [96]:

$$ICR_{total} = \Sigma ICR_i, \quad (2.7)$$

де:  $ICR_{total}$  – сумарний канцерогенний ризик;  $ICR_i$  – канцерогенний ризик для  $i$ -ої канцерогенної речовини.

Загальновідомо та науково доведено [3], [6], [107], що найбільші соціальні втрати, яких зазнає населення від забруднення атмосферного повітря, обумовлені викидами речовин у вигляді твердих суспендованих часток (мікрочастинки та волокна, TSP). Особливо, твердих часток з діаметром до 10 мкм ( $PM_{10}$ ). На підставі цих даних додатково були проведені розрахунки індивідуального ризику смерті, обумовленого впливом  $PM_{10}$  (для  $PM_{10}$  виконувалася умова, що  $PM_{10} = 0,55 TSP$ ) [93], [331] – [334], оцінка якого здійснювалася на підставі даних щодо величини експозиції та значення індивідуального коефіцієнту ризику ( $SF$ ), який відображає число додаткових випадків смертей у популяції з розрахунку на середню тривалість життя (2.8):

$$IRM = LADD \times SF, \quad (2.8)$$

де,  $LADD$  – інгаляційна середньодобова доза ЗР, отримана протягом життя, мг/(кг×доба);  $SF$  – індивідуальний коефіцієнт ризику для твердих часток пилу менше 10 мкм.

Таким чином, розрахунок ризику для здоров'я населення був проведений для пріоритетних ЗР на рівні усередненої (1-годинної, добової та річної) концентрації ЗР у ПША, що викидають стаціонарні джерела досліджуваних промислових підприємств та автотранспорт. За результатами оцінки ризику, за допомогою інструментів пакету ArcMap програмного продукту ArcGis версія 10.1 (Esri) [300], підготовлено відповідні карти зон підвищеного неканцерогенного та канцерогенного ризиків як для окремих ЗР, так і для умови їх комбінованого впливу.

Обрахунок та встановлення канцерогенних ризиків є найбільш важливими для порівняльної оцінки впливу забруднення атмосферного повітря на різних територіях, у різні періоди часу, до і після проведення оздоровчих та природоохоронних заходів.

### 2.3.5 Критерії рівнів ризику для здоров'я населення

Під час вибору величини прийняттого ризику в умовах населених місць необхідно орієнтуватися на ступінь доведеності канцерогенності досліджуваного фактору для людини, чисельності населення, що підпадає під вплив ЗР, технічної можливості досягнення профілактичних та природоохоронних заходів. Для оцінки рівнів прийняттого ризику для здоров'я населення, обумовленого забрудненням атмосферного повітря, була використана міжнародна класифікація ЄРА та ВООЗ, яка базувалася на системі критеріїв прийнятності для здоров'я населення неканцерогенних та канцерогенних речовин [95], [97], [99]. Величини коефіцієнтів небезпеки було оцінено за наступними критеріями, наведеними у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

#### Критерії оцінки неканцерогенного ризику

HQ	Рівні забруднення	Характеристика ефектів
≤1	мінімальні	ефекти відсутні
1÷3	низькі / насторожуючі	ефекти малоймовірні, слабкі у чутливих груп населення (діти, вагітні жінки та люди похилого віку)
4÷6	помірні	слабкі ефекти
7÷9	високі	виражені ефекти
≥10	дуже високі	прогресування ефектів

Критерії прийнятності канцерогенних ризиків мають наступну класифікацію, що наведено нижче [94], [101], [330].

I рівень. De minimas – перший діапазон ризику (індивідуальний ризик протягом життя рівний або менший  $1 \times 10^{-6}$ , що відповідає 1 додатковому випадку серйозного захворювання або смерті на 1 млн експонованих осіб). Даний рівень характеризує такі ризику, які сприймаються усіма верствами населення, як

досить малі, що не відрізняються від звичайних повсякденних ризиків. Подібні ризики не потребують додаткових заходів щодо їх зниження та їх рівні належать лише періодичному контролю.

II рівень – другий діапазон (індивідуальний ризик протягом життя більший за  $1 \times 10^{-6}$  та менший, ніж  $1 \times 10^{-4}$ ) відповідає зоні умовно прийняттого (допустимого) ризику. Саме на цьому рівні встановлена більшість закордонних та рекомендованих міжнародними організаціями гігієнічних нормативів для населення. Рівні допустимого ризику підпадають під постійний контроль. В деяких випадках при таких рівнях ризику можуть проводитися додаткові заходи щодо їх зниження.

III рівень – третій діапазон (індивідуальний ризик протягом життя більший за  $1 \times 10^{-4}$  та менший, ніж  $1 \times 10^{-3}$ ) характеризується рівнями, які є допустимими для професійних контингентів та недопустимими для населення в цілому. Виникнення такого рівня ризику потребує розробки та проведення планових оздоровчих заходів. Планування заходів щодо зниження ризиків повинно базуватися на результатах більш поглибленої оцінки різних аспектів існуючих проблем та встановленні ступеня їх пріоритетності по відношенню до інших гігієнічних, екологічних, соціальних та економічних проблем на досліджуваній території.

IV рівень. De manifestis Risk (високий) – четвертий діапазон (індивідуальний ризик протягом життя рівний або більший, ніж  $1 \times 10^{-3}$ ), недопустимий ні для безпечного проживання населення, ні для виробничих умов. У разі наявності таких рівнів ризику, необхідне проведення екстрених оздоровчих заходів щодо зниження ризику з боку органів виконавчої влади на державному рівні.

Під час планування довгострокових програм, встановлення регіональних гігієнічних нормативів, необхідно орієнтуватися на величину цільового ризику – такого рівня ризику, який повинен бути досягнутий в результаті проведення профілактичних та природоохоронних заходів на етапі управління ризиком. В багатьох країнах, а також у рекомендаціях експертів ВООЗ, величина



прийняттого ризику приймається рівною  $10^{-6}$  [10], [101], [114]. В Україні відсутнє визначення величини прийняттого ризику на державному рівні, а тому відсутнє й поняття „характеристика прийняттого ризику”, що потребує додаткових адміністративних заходів, легітимізації та впровадження процедури оцінки ризику для здоров'я населення у санітарно-гігієнічну та природоохоронну практику з подальшим розрахунком соціально-економічних збитків.

### **2.3.6 Етап управління ризиком**

Управління ризиком базується на сукупності політичних, соціальних та економічних оцінок отриманих величин ризику, порівняльної характеристики можливих збитків для здоров'я населення та суспільства в цілому, можливих витрат на реалізацію різних варіантів управлінських рішень щодо зниження ризику та тих вигод, які будуть отримані в результаті заходів (наприклад, збереження людського життя, попередження випадків захворювань та ін.). Даний етап складався з чотирьох елементів: порівняльної оцінки та ранжування ризиків; визначення рівнів прийняттого ризику; вибору стратегії зниження та контролю ризику; прийняття управлінських рішень органами практичної медицини та екологічних служб [93], [96], [98].

Таким чином, на етапі управління ризиком проводилася порівняльна характеристика ризиків з метою встановлення пріоритетів, тобто, виділення кола питань, які потребують першочергової уваги, визначення ймовірності дії експозиції та встановлення наслідків. Цей етап включав у себе визначення рівнів ймовірності розвитку порушень стану здоров'я та аналіз їх наслідкової обумовленості, а також поглиблену характеристику несприятливих наслідків з метою подальшої оцінки збитків для здоров'я населення [95].

Етап вибору стратегії контролю рівнів ризику передбачав заходи, які сприяють мінімізації та усуненню ризиків і передбачають обмеження числа експонованих осіб, галузі використання джерел ризику або територій з такими джерелами; обмеження або повну заборону прямого контакту людини з

небезпечними хімічними речовинами; повну заборону виробництва, застосування та ввозу певної хімічної речовини або використання даного технологічного процесу або устаткування [41], [314].

В даній роботі з метою зниження рівнів ризику були запропоновані наступні підходи, а саме: зниження кількості та потужності джерел небезпеки (впровадження природоохоронних заходів); мінімізація ймовірності розвитку та прояву шкідливих ефектів та зменшення числа експонованих осіб (впровадження профілактичних заходів); зниження ймовірності впливу та вираженості шкідливих ефектів. Водночас, в задачі управління ризиком поряд з розробкою управлінських рішень (природоохоронних та профілактичних) щодо вилучення та мінімізації експозиції і ризиків для здоров'я населення, необхідно передбачати вибір стратегії динамічного (періодичного або постійного) моніторингу, що базується на оцінках соціально-економічних збитків, заподіяних здоров'ю експонованого населення забрудненням довкілля, зокрема атмосферного повітря.

#### **2.4 Методи інструментальних досліджень визначення концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери**

Натурні дослідження рівнів хімічного забруднення атмосферного повітря у ПША з метою обґрунтованості розширення переліку пріоритетних ЗР (за рахунок вимірювань озону та  $PM_{10}$  і  $PM_{2.5}$ ), було проведено за допомогою мобільної медико-екологічної лабораторії (рис. 2.3) та стаціонарного автоматизованого пункту спостережень (рис. 2.4), оснащених комплексом газових аналізаторів Horiba (Японія) [294], [295]. Методи оцінювання рівнів ЗР під час проведення фіксованих (еталонних) вимірювань вищевказаним обладнанням, відповідають вимогам згідно Постанови КМУ від 14.08.2019 р. № 827 та Директиви 2008/50/ЄС [27], [54].



Рисунок 2.3 – Мобільна медико-екологічна лабораторія (для вимірювання озону)



Рисунок 2.4 – Стаціонарний пункт спостереження  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$

Місце проведення дослідження (точки відбору): м. Київ, вул. Попудренка, 50. Точка відбору відповідає вимогам репрезентативності щодо території розміщення: віддалена від локальних джерел забруднення (в тому числі, – від безпосередній близькості до проїжджої частини вулиці) і знаходиться в місцях,

вільних від аеродинамічних турбулентностей та коливань, створюваних стінами тощо [27], [107].

Вимірювання рівнів масової концентрації озону в атмосферному повітрі проводились за допомогою газового аналізатора АРОА 370 HORIBA. Дослідження виконувалися протягом весняно-осіннього періоду (квітень-вересень 2018 р. та березень-серпень 2019 р.). Відбір проб проводився протягом 8 годин у денний час (з 10.00 до 18.00 години). Проведено серію натурних вимірювань концентрацій озону – 274 замірів у 2018 р.; 500 замірів у 2019 р. (усереднені за годину).

Діапазон вимірювань – від 0 ppm до 0,1/0,2/0,5/1,0 ppm (діапазон переключається автоматично). Чутливість методу для діапазону менше 0,2 ppm та 0,5 ppm ( $2\sigma$ ); для діапазону більше за 0,2 ppm – 0,5 % ( $2\sigma$ ) повної довжини шкали. Відтворюваність  $\pm 1,0$  % повної шкали, лінійність –  $\pm 1,0$  % повної шкали. В аналізаторі використано метод недисперсійної ультрафіолетової абсорбції з перехресною модуляцією (NDUV). Монітор дозволяє безперервно вимірювати концентрацію  $O_3$  в атмосфері. Як аналоговий розрахунок концентрацій можна обрати моментально отримане усереднене значення або ж комбінацію з моментально отриманого та усередненого значень. Обладнання встановлено в мобільній лабораторії медико-екологічного контролю [295].

Вимірювання рівнів масових концентрацій  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$  у ПША проводились на стаціонарному автоматизованому пункті спостереження. Дослідження проводилося з січня по грудень 2018-2019 рр. (в режимі цілодобового автоматизованого моніторингу – безперервно). Інструментальні виміри рівнів концентрацій  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$  в атмосферному повітрі здійснювалися за допомогою аналізаторів APDA-371 (HORIBA). Проведено серію натурних вимірювань концентрацій  $PM_{10}$  – 7666 замірів у 2018 р., 7396 – у 2019 р.;  $PM_{2.5}$  – 7678 вимірювань у 2018 р., 7756 – у 2019 р.

Аналізатор APDA-371 складається з трьох базових компонентів: детектор, насос і пробовідбірник [294]. Стаціонарний спостережний пункт моніторингу забезпечує автоматичне безперервне вимірювання концентрацій  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$  з

одногодинним усередненням даних та зберігає у своїй пам'яті виміряні концентрації пилу. Прилад використовує принцип вимірювання бета-випромінювання в якості простого способу визначення масової концентрації в  $\text{мг}/\text{м}^3$  або  $\text{мкг}/\text{м}^3$ . Джерело малої потужності випускає з постійною інтенсивністю електрони високої енергії – бета-частинки. Кількість випущених часток контролюється високочутливим сцинтиляційним лічильником. Зовнішній насос прокачує задану кількість повітря (16,7 л/хв) через фільтрувальну стрічку. Фільтрувальна стрічка з нагромадженим пиловим осадом поміщається між джерелом бета-частинок і детектором, що веде до зменшення кількості бета-частинок, які досягли детектора, прямопропорційно масі пилу. З урахуванням того, що об'єм прокачаного повітря відомий, обчислюється маса пилу. Похибка вимірювання складає  $\pm 5\%$ . За цикл аналізатор для визначення часток  $\text{PM}_{2.5}$  робить два 8-хвилинних вимірювання інтенсивності бета-випромінювання і один 42-хвилинний пробовідбір; для  $\text{PM}_{10}$  – два 4-хвилинних вимірювання інтенсивності бета-випромінювання і один 50-хвилинний пробовідбір. Час пробовідбору відповідає часу роботи насосу, що пропускає повітря через фільтрувальну стрічку. Коли повітря потрапляє в пристрій пробовідбору, воно спочатку проходить через зовнішню  $\text{PM}_{10}$  голівку, яка має захисний екран від комах та інших крупних частинок. Частилки більше 10 мікрон відсіваються силою інерції. При вимірі  $\text{PM}_{2.5}$  повітря пропускається через спеціальний циклон, який відсіює частинки розміром більше, ніж 2.5 мікрона. Далі, повітря рухається вниз по пробовідбірній трубці і пропускається через фільтрувальну стрічку, на якій осідають частинки пилу. Водночас, фіксуються метеорологічні параметри атмосферного повітря (температура, вологість, тиск повітря) з використанням метеорологічного сенсора WS – 600 [89, 92].

Статистична обробка результатів вимірювань значень масових концентрацій  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  та озону була проведена за допомогою інструментів EXCEL та програмного пакету STATISTICA 10.0 [296].

### РОЗДІЛ 3

## СУЧАСНІ МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ ОЦІНКИ РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ В СИСТЕМІ ГІГІЄНІЧНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Національна політика у сфері охорони та управління якістю атмосферного повітря вимагає кардинальних змін щодо виконання Україною міжнародних зобов'язань, шляхом імплементації та реалізації у практиці основних міжнародних документів: конвенцій (основні: конвенція про транскордонне забруднення повітря на великі відстані та 8 Протоколів до неї, рамкова конвенція ООН про зміну клімату, Оргуська конвенція, Стокгольмська конвенція про стійкі органічні забруднювачі, тощо) та Директив ЄС (зокрема, 2008/50/ЄС, 2004/107/ЄС, 2010/75/ЄС). Основною вимогою цих документів є впровадження сучасних інструментів та підходів щодо оцінки якості / зменшення забруднення атмосферного повітря та його впливу на громадське здоров'я на підставі аналізу ризику [25] – [29], [67], [71], [335].

Відсутність в Україні єдиного законодавчого поля, методичних підходів до оцінки забруднення атмосферного повітря та його впливу на здоров'я експонованого населення, призводить до відсутності міжсекторальної координації органів виконавчої влади, унеможливаючи комплексні оцінки та ефективність прийняття управлінських рішень [8], [10], [31], [36], [41], [336]. Недосконалість існуючої системи моніторингу в рамках реалій сьогодення та відсутність математичних програмних комплексів розрахунків усереднених концентрацій ЗР у ПША за різні проміжки часу (година, доба, рік), вимагають пошуку та удосконалення методичних підходів для реалізації широкого впровадження МОРЗН на державному рівні [337] – [338]. Таким чином, подальші дослідження були спрямовані на аналіз еколого-гігієнічної ситуації в Україні в цілому та на досліджуваних територіях, зокрема. Науково обґрунтовано переваги використання МОРЗН (як універсального підходу) в системі гігієнічної оцінки

якості атмосферного повітря та удосконалено її основні етапи з використанням сучасних методичних підходів.

### 3.1 Еколого-гігієнічний аналіз забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств та автотранспорту в Україні

Загальновідомо, що високий рівень промислового та транспортного забруднення атмосферного повітря в Україні підкреслює актуальність вирішення проблеми охорони здоров'я населення, яке проживає у техногенно-навантажених регіонах [16], [17], [19], [21], [22], [44], [64].

Спостереження свідчать, що тільки за один рік в атмосферу України потрапляє близько 4 млн т шкідливих речовин від викидів 11303 промислових підприємств та автотранспорту [24]. При цьому, найбільший внесок у загальне забруднення за останнє десятиліття вносять об'єкти промисловості (2,508 млн т) та автомобільний транспорт (1,358 млн т) (рис.3.1), що в основному обумовлене викидами промислових підприємств.

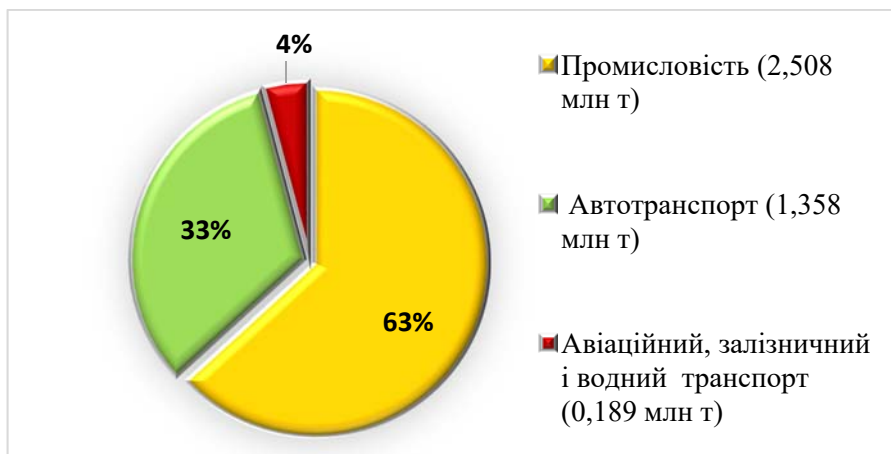


Рисунок 3.1 – Забруднення атмосферного повітря в Україні, 2018 р. [24]

Така картина суттєво відрізняється від загальної структури забруднення повітря в багатьох державах світу, де сумарне забруднення транспортом складає від 50 до 90 % [7], [9], [21]. Наприклад, у Білорусі викиди стаціонарних джерел

від промислових підприємств становлять 458,3 тис. т, автотранспорту – 800,6 тис. т. Відповідно, у Молдові – 34,7 та 178,9 тис. т, у Азербайджані – 558,0 та 496,0 тис. т, у Грузії – 270,0 та 246,0 тис. т, у Вірменії – 34,3 та 172,2 тис. т, у Казахстані – 2357,0 та 1179,0 тис. т [339] – [344]. Найбільш близька, співставна картина, спостерігається в Казахстані, але Україна з цих країн має найвищий рівень забруднення повітря (рис. 3.2).

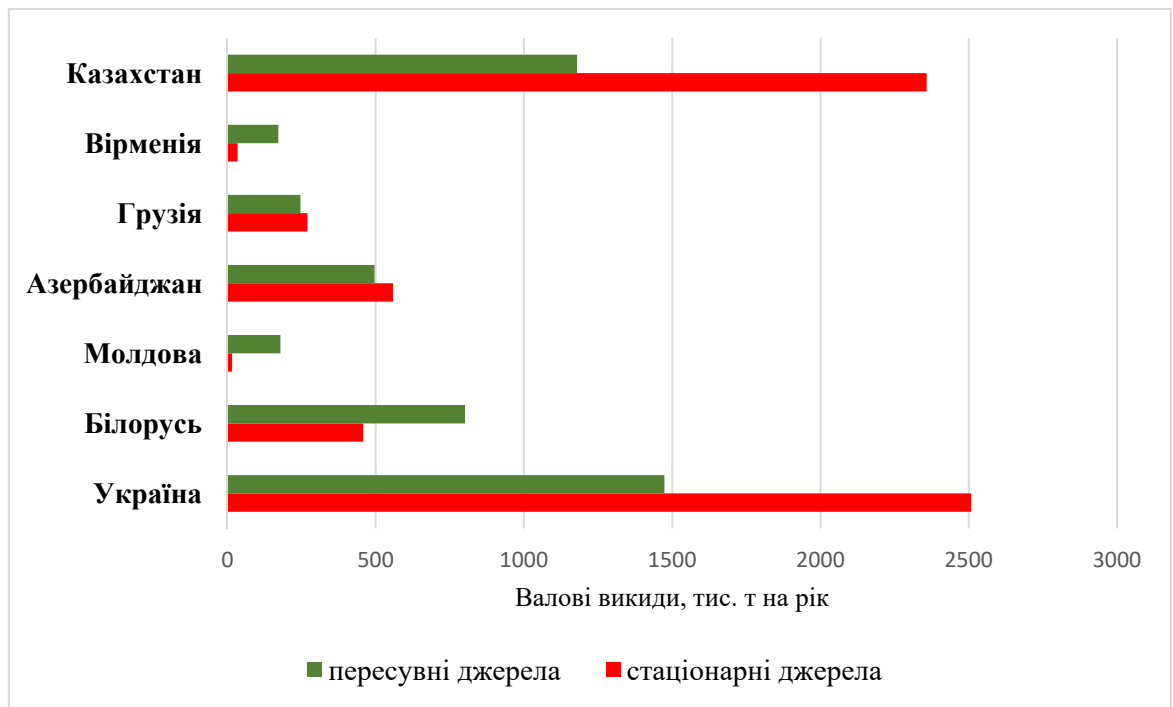


Рисунок 3.2 – Порівняльний аналіз забруднення атмосферного повітря в різних країнах

На рисунку 3.3 представлено структуру викидів ЗР в атмосферне повітря від викидів стаціонарних і пересувних джерел та показано зосередженість промислового забруднення на сході та південному сході України, а саме у: Дніпропетровській, Донецькій та Запорізькій областях, де зосереджена найбільша кількість великих підприємств-забрудників, для промислових міст яких рівень забруднення атмосферного повітря характеризується як дуже високий.



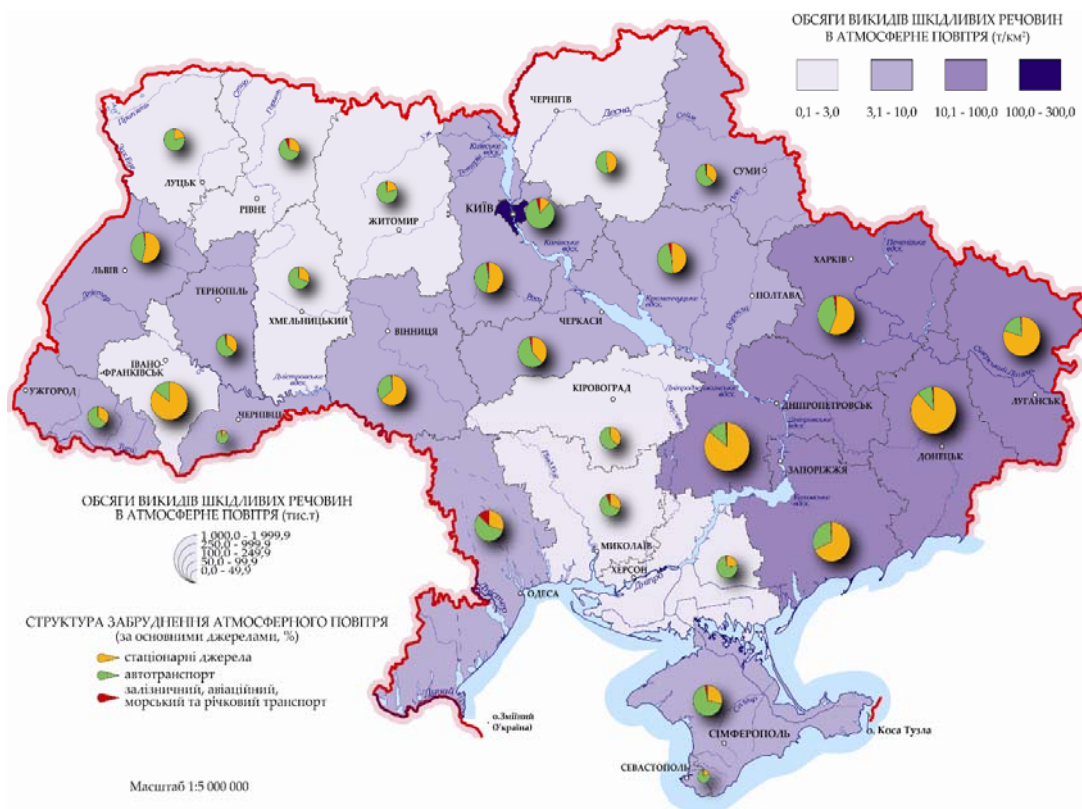


Рисунок 3.3 – Структура забруднення атмосферного повітря стаціонарними та пересувними джерелами в Україні, 2018 р.

Це підтверджено й статистичними даними щодо валових викидів в атмосферне повітря від стаціонарних ДВ, які представлено у таблиці 3.1 за регіонами (областями). Тенденція найбільш забруднених в Україні областей зберігається ще з 50-60 рр. минулого століття та в основному характерна для Донецької – 790,2 тис. т/рік, Дніпропетровської – 614,3 тис. т/рік, Запорізької – 174,7 тис. т/рік, Івано-Франківської – 221,4 тис. т/рік, Львівської – 106,7 тис. т/рік областей (2018 р.).

Хоча представлені та проаналізовані дані й свідчать про зменшення викидів ЗР, що в основному пов'язано з анексією Криму, операції Об'єднаних сил на сході країни, на території частини Донецької та Луганської областей (майже на 31 %) та спадом промислового виробництва і впровадженням природоохоронних заходів (в середньому на 16,9 % по областях), але рівні забруднення залишаються на досить високому рівні. При цьому, спостерігається поступове збільшення забруднення в «умовно чистих» областях України, таких

**Викиди ЗР в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел забруднення, тис. т**

	Період				
	2010	2015	2016	2017	2018
Україна	4131,6	2857,4	3078,1	2584,9	2508,3
Автомна Республіка Крим*	32,3	-	-	-	-
Вінницька	103,0	134,7	119,8	155,8	97,3
Волинська	8,2	4,7	4,7	5,1	5,1
Дніпропетровська	933,1	723,9	833,0	657,3	614,3
Донецька	1378,1	917,6	981,4	784,8	790,2
Житомирська	18,4	9,0	9,3	10,3	13,0
Закарпатська	17,4	4,4	4,9	3,2	4,0
Запорізька	217,5	193,7	167,0	180,9	174,7
Івано-Франківська	169,2	223,9	196,7	198,3	221,4
Київська	106,8	78,1	98,2	48,2	81,3
Кіровоградська	14,8	14,2	11,8	12,2	12,2
Луганська	511,7	115,2	155,5	75,1	46,7
Львівська	113,2	102,4	103,1	109,1	106,7
Миколаївська	21,5	15,8	13,9	14,2	13,1
Одеська	29,2	26,1	26,4	29,6	37,4
Полтавська	72,8	55,6	56,2	55,9	52,1
Рівненська	12,9	10,2	9,1	9,6	9,1
Сумська	31,7	17,5	19,8	20,3	20,8
Тернопільська	18,5	8,5	9,0	10,6	10,2
Харківська	151,9	53,4	100,2	45,0	44,7
Херсонська	5,3	8,9	9,7	9,6	12,4
Хмельницька	19,1	18,3	21,7	21,1	22,1
Черкаська	61,2	57,5	52,3	48,3	57,9
Чернівецька	3,8	3,2	3,0	3,3	2,7
Чернігівська	47,4	33,9	37,1	31,6	29,7
м.Київ	28,6	26,7	34,3	45,5	29,2

Примітка.

1. \* - анексована територія

як: Житомирська, Волинська, Сумська, Тернопільська, Хмельницька, Херсонська області (в середньому на 12,6 % щорічно).

Проведений аналіз щодо оцінки викидів ЗР в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел забруднення у розрахунку на квадратний

кілометр за регіонами, показав цікаві результати на противагу оцінкам щодо загального забруднення. Встановлено, що провідне місце належить: м. Київ – 35,0 т, що насамперед пов'язано з високою концентрацією великих теплоенергетичних об'єктів та автотранспорту в місті; та промисловим регіонам: Донецька область – 29,8 т, Дніпропетровська – 19,2 т, Запорізька – 6,4 т (в основному – від викидів металургійних, добувних та машинобудівних підприємств); Івано-Франківська – 15,9 т, Львівська – 4,9 т, Вінницька – 3,7 т, Київська – 2,9 т, Черкаська – 2,8 т (від хімічних, сільськогосподарських та теплоенергетичних), у інших областях менше – 2 т. При цьому викиди ЗР за регіонами у розрахунку на одну особу на рік мають іншу картину, що обумовлено щільністю проживання населення та концентрацією промпідприємств за регіонами. Тут провідна роль належить Дніпропетровській області – 190,9 кг, Донецькій – 188,9 кг, Івано-Франківській – 161,0 кг, Запорізькій – 101,9 кг, Вінницькій – 62,1 кг, Черкаській – 47,7 кг, Київській – 46,1 кг, Львівській – 42,3 кг, Полтавській – 37,1 кг, в інших областях – менше 30 кг на одну особу.

Також було визначено, що провідні позиції серед забрудників атмосферного повітря за видами економічної діяльності належать: електрогенеруючим та розподільчим підприємствам енергетики, які викидають 988,8 тис. т ЗР на рік. Друге місце займають металургійні виробництва – 728,5 тис. т; третє, – добувна промисловість та розробка кар'єрів – 445,1 тис. т; четверте – сільське господарство та виробництво харчових продуктів – 115,4 тис. т. На рисунку 3.4 представлено викиди ЗР в атмосферу від стаціонарних джерел забруднення у розрізі видів економічної діяльності за регіонами у 2018 році (%).

Найбільші викиди ЗР характерні переробній промисловості (східна та південно-східна частина України – Донецька, Дніпропетровська та Запорізька області, де зосереджено основні металургійні, коксохімічні та машинобудівні підприємства); енергетиці (схід та південний схід – Донецька, Дніпропетровська та Запорізька області; центральна частина України – Вінницька область; захід – Івано-Франківська область, де зосереджено найпотужніші енергетичні об'єкти

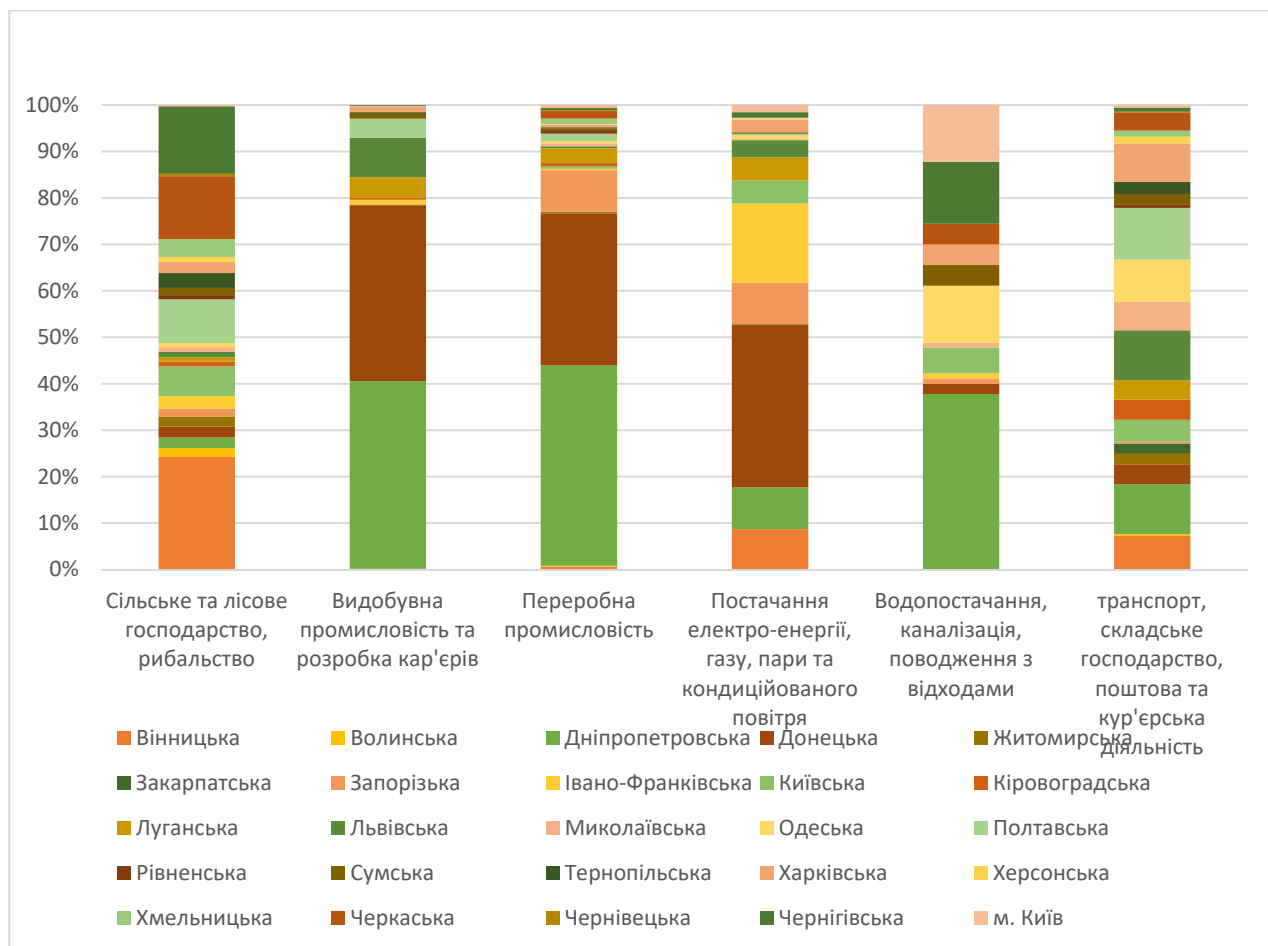


Рисунок 3.4 – Викиди ЗР в атмосферу від стаціонарних джерел забруднення у розрізі видів економічної діяльності за регіонами у 2018 р., % [24]

державного призначення); добувної промисловості (схід та південний схід – Донецька та Дніпропетровська області, розробка та видобуток корисних копалин); сільського господарства (центральна частина України – Вінницька, Черкаська та Полтавська області); північ – Чернігівська область, де розташовано основні сільськогосподарські підприємства, а саме: тваринні та птахівничі ферми; елеватори, насінневі заводи, тощо.

Що стосується якісного складу викидів промислових підприємств та автотранспорту (2018 р., табл. 3.2.), то найбільш вагомий внесок у загальній структурі забруднення належить викидам: діоксиду та іншим сполукам сірки – 698,1 тис. т (від викидів автотранспорту – 17,6 тис. т), оксиду вуглецю – 744,3 тис. т (1016,8 тис. т), метану – 451,1 тис. т (4,5 тис. т), сполукам азоту – 215,3 тис.

т (156,9 тис. т), неметановим летким органічним сполукам (НМЛОС) – 43,7 тис. т (137,6 тис. т) та аміаку – 16,8 тис. т (0,007 тис. т) (рис. 3.5).

Таблиця 3.2

**Викиди окремих ЗР в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел забруднення, тис. т/рік**

Назва речовини стаціонарні/пересувні джерела	Період				
	2010	2015	2016	2017	2018
Діоксид сірки	1206,3/ 19,8	830,3 / 16,3	1076,4 / 16,6	726,2 / 16,9	698,1 / 17,6
Діоксид азоту	310,5 / 206,1	233,8 / 152,9	240,2 / 152,6	215,5 / 153,8	215,3 / 156,9
Оксид вуглецю	1063,8 /1782,7	764,1 / 1092,3	802,8 / 1071,2	728,4 / 1045,1	744,3 / 1016,8
НМЛОС	66,0 / 272,4	47,3 / 157,4	52,2 / 152,0	53,1 / 145,1	43,7 / 137,6
Аміак	25,1 / 0,018	18,8 / 0,009	18,8 / 0,009	17,4 / 0,008	16,8 / 0,007
Метан	844,8 / 7,6	514,1 / 4,7	466,5 / 4,7	499,0 / 4,6	451,1 / 4,5

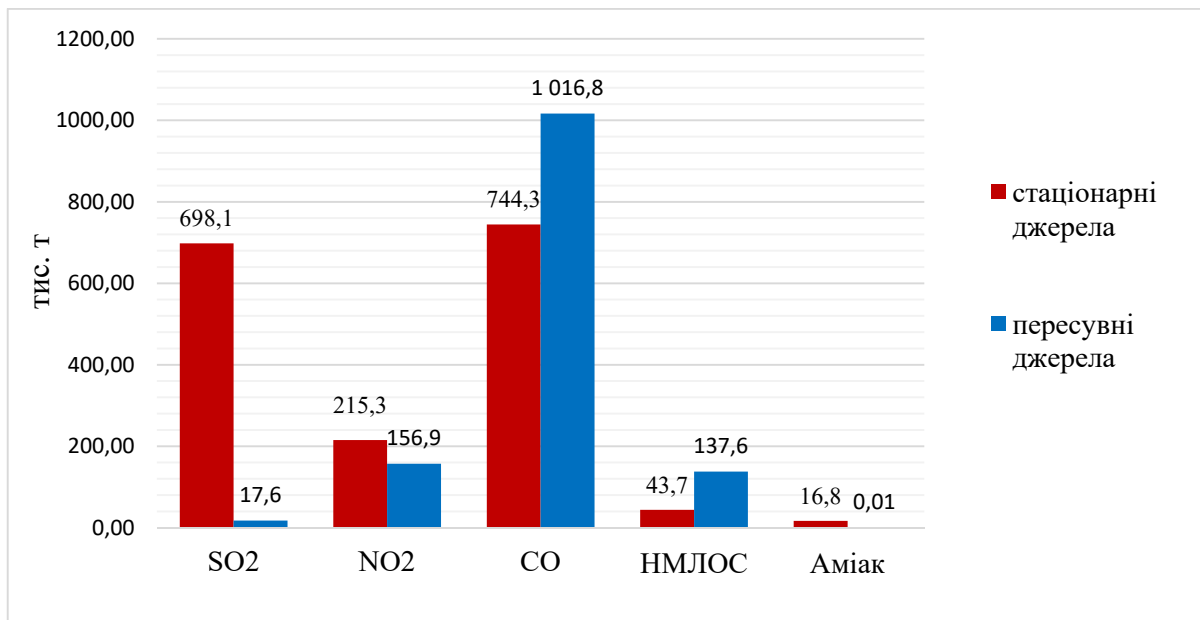


Рисунок 3.5 – Порівняльний аналіз викидів ЗР в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел забруднення у 2018 р., тис. т

Проведений аналіз свідчить про важливу значущість як промислового, так і автотранспортного забруднення атмосферного повітря в Україні, а нерівномірність регіонального розподілу забруднення вимагає оцінок їх впливу на здоров'я населення.

На підставі аналізу статистичних даних 2018 р. виявлено, що найбільша частка викидів вуглецю оксиду належить стаціонарним джерелам: у Дніпропетровській – 317,8 тис. т, Донецькій – 276,7 тис. т, Запорізькій – 54,1 тис. т областях (в інших регіонах - менше 20 тис. т). Викиди азоту діоксиду: стаціонарним джерелам у Донецькій – 44,3 тис. т, Дніпропетровській – 30,5 тис. т, Запорізькій – 32,5 тис. т, Івано-Франківській – 16,5 тис. т (в інших областях – менше 15,0 тис. т. Викиди сірки діоксиду в: Донецькій області – 243,7 тис. т, Івано-Франківській – 145,0 тис. т, Запорізькій – 71,2 тис. т, Вінницькій – 54,4 тис. т, Дніпропетровській – 52,4 тис. т областях (в інших регіонах – менше 35 тис. тис. т). Зведені дані ілюструють використання твердого палива (вугілля) на теплоенергетичних підприємствах. Викиди НМЛОС складають у: Полтавській – 11,3 тис. т, Івано-Франківській – 5,2 тис. т, Харківській – 2,8 тис. т, Вінницькій – 2,5 тис. т, Львівській – 2,3 тис. т. областям (в інших регіонах – менше 2,0 тис. т). Отримані результати щодо викидів НМЛОС є доказом зосередженості у даних областях сільськогосподарських та хімічних промислових підприємств.

Що стосується пересувних джерел, то найвищі рівні забруднення вищевказаних хімічних речовин спостерігаються у Дніпропетровській, Одеській, Львівській, Київській, Полтавській, Харківській областях та у м. Київ. Наведені дані є результатом високої концентрації автомобілів у даних регіонах, оскільки вони є діловими центрами України.

Також слід зауважити, що однією з основних ЗР у загальній структурі забруднення атмосферного повітря є речовини у вигляді твердих суспендованих часток (зокрема, пил НДЗС,  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ), викиди яких характерні майже для всіх основних галузей економіки та автотранспорту (табл. 3.3, рис. 3.6).

Порівняльний аналіз викидів показав, що провідні позиції щодо забруднення атмосферного повітря пилом від промислових підприємств та

**Викиди речовин у вигляді твердих суспендованих часток в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних ДВ, тис. т/рік**

Назва речовини стаціонарні/пересувні джерела	Період				
	2010	2015	2016	2017	2018
Пил НДЗС	562,1 / -	349,6 / -	395,8 / -	319,5 / -	317,5 / -
PM <sub>10</sub>	133,2 / -	67,9 / -	73,1 / -	46,8 / -	54,1 / -
PM <sub>2.5</sub>	40,7 / -	19,7 / -	34,1 / -	13,5 / -	21,2 / -
Сажа	6,5 / 23,8	5,5 / 21,6	4,7 / 22,1	6,1 / 22,8	5,9 / 24,1

автотранспорту, займають (2018 р.): Донецька (75,4 тис. т), Дніпропетровська (76,0 тис. т), Івано-Франківська (41,9 тис. т), Вінницька (14,2 тис. т), Київська (19,4 тис. т), Запорізька (12,6 тис. т) та Харківська (10,6 тис. т) області, що обумовлено зосередженням великої кількості потужних теплоенергетичних, переробних (металургійних, коксохімічних, машинобудівних, добувних тощо) промислових підприємств та потужними автотранспортними потоками.

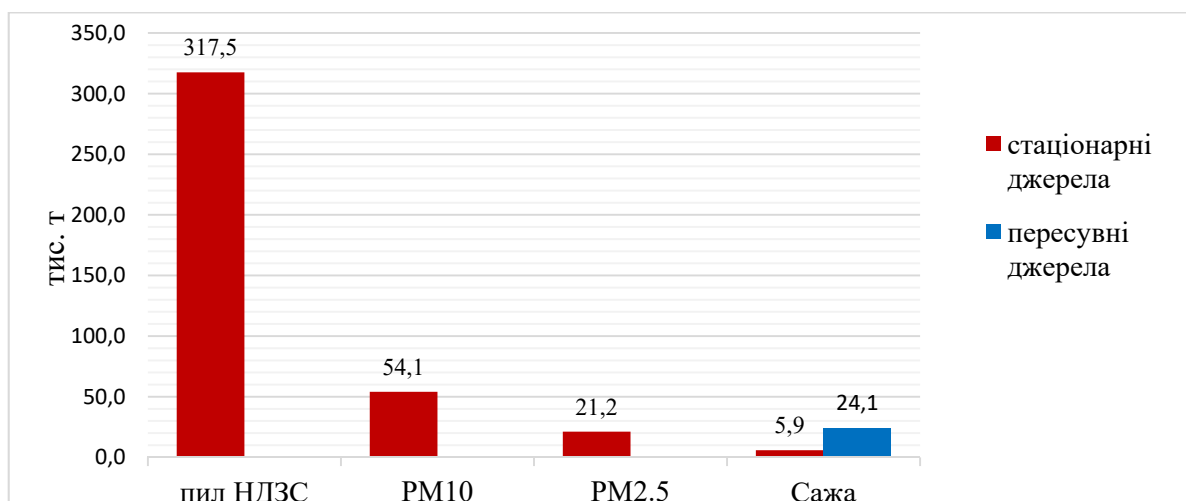


Рисунок 3.6 – Порівняльний аналіз викидів речовин у вигляді твердих суспендованих часток в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел забруднення у 2018 р., тис. т

Водночас, у промислово-навантажених регіонах спостерігається тенденція до зниження викидів пилю (в основному за рахунок активної позиції екологічних громадських організацій та проведенням промисловими підприємствами природоохоронних заходів), але в «умовно чистих» регіонах загальна картина характеризується щорічним поступовим збільшенням валових викидів.

Що стосується аналізу забруднення атмосферного повітря в Україні важкими металами та іншими специфічними хімічними речовинами, то найбільший внесок у загальну структуру забруднення вносять (2018 р.): залізо – 6423 т, алюмінію оксид – 462,6 т, марганець та його сполуки – 375,2 т (інші важкі метали менше 100 т на рік); органічні аміни – 720,9 т, хлор та його сполуки – 256,6 т, стійкі органічні забруднювачі (СОЗ) – 88,1 т, ПАВ – 71,9 т, фтористий водень, ціаністий водень, фреони та озон – менше 50 т на рік (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

**Викиди важких металів та інших хімічних речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення, т/рік**

Назва речовини	Період				
	2010	2015	2016	2017	2018
Кадмій	2,8	4,0	3,9	2,6	2,8
Мідь	87,4	60,0	64,8	68,8	64,9
Нікель	94,4	45,4	49,6	42,6	44,6
Ртуть	6,8	4,9	8,6	6,4	6,4
Свинець	159,1	83,2	92,6	85,5	77,5
Хром	132,6	61,8	69,3	54,0	54,0
Цинк	335,0	231,5	251,7	172,2	161,7
Залізо	27886,3	10686,3	7892,6	6656,8	6423,0
Алюмінію оксид	1609,4	825,1	784,4	366,7	462,6
Марганець	1141,7	406,3	421,0	357,6	375,2
Органічні аміни	167,7	387,1	476,3	602,6	720,9
СОЗ	445,6	112,4	107,5	112,3	88,1
Поліароматичні вуглеводні	240,1	85,6	82,0	90,7	71,9
Хлор	337,1	272,0	244,6	274,3	256,6
Фтористий водень	146,5	49,8	42,5	35,7	40,6
Водню ціанід	253,0	59,7	78,0	54,5	40,7
Фреони	107,8	37,2	35,7	38,3	44,6
Озон	14,1	11,5	10,7	10,1	10,8



Аналізуючи вищевикладене, показано, що забруднення атмосферного повітря в Україні є нагальною проблемою не тільки регіонів (зокрема, антропогенно-навантажених), але й держави в цілому. Виникає необхідність пошуку комплексних методичних підходів, які будуть направлені на покращення системи гігієнічної оцінки атмосферного повітря, та в подальшому, – здоров'я населення України. Як вже було зазначено у попередніх розділах, такий підхід реалізований у методології аналізу ризику для здоров'я населення, яка дозволяє не тільки виявити небезпечні фактори та встановити рівні їх впливу, але й визначити медико-соціальні та економічні наслідки цих впливів, а на підставі оцінок аналізу «витрати-вигоди» розробити природоохоронні та профілактичні управлінські заходи.

### **3.2 Удосконалення етапу експозиції в процедурі оцінки ризику для здоров'я населення**

Етап оцінки експозиції (у частині визначення усереднених масових концентрацій хімічних речовин в приземному шарі атмосфери) є одним з найважливіших у системі гігієнічної оцінки якості повітря, який є складовою частиною не тільки оцінок впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення, але й процесу управління ризиком під час прийняття стратегічних програм медико-екологічного спрямування [94], [95], [345]. У попередніх розділах було зазначено, що оцінку вмісту усереднених масових концентрацій хімічних речовин в атмосферному повітрі проводять з використанням даних моніторингу та / або шляхом моделювання поширення і поведінки ЗР у ПША.

Останнім часом ВООЗ, міжнародні агенції з охорони довкілля ЄС та США, у зв'язку з обмеженістю отриманих даних щодо просторового поширення хімічних речовин («джерело-рецептор»), недосконалістю існуючих систем моніторингу у різних країнах світу та неможливістю організації розгалужених мереж дороговартісних автоматизованих досліджень, рекомендують адаптувати

та розробляти математичні моделі (дисперсійні, регресійні) оцінок забруднення атмосфери за різні проміжки часу (година, доба, місяць, рік) [27], [106], [107], [134], [346]. Існуючі та затверджені в Україні розрахункові програмні комплекси (по типу ЕОЛ), що реалізують «Методику розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств. ОНД-86», дозволяють розраховувати концентрації ЗР у ПША лише за 20-хвилинний період усереднення [105]. Такий підхід надає можливість оцінити лише гострий інгаляційний вплив ЗР на здоров'я населення, уникаючи хронічних оцінок на відміну від аналогових моделей, рекомендованих ВООЗ та Агентством США з охорони довкілля (наприклад, AUSTAL View, ISC-AERMOD View, AEROPOL, CALPUFF тощо) [147], [152], [155], [156].

Таким чином, в рамках проведеного дослідження для розрахунків розсіювання усереднених масових концентрацій ЗР від викидів промислових підприємств та автотранспорту, був адаптований програмний комплекс ISC-AERMOD View (ліцензія ISCA Y0002896). Але, як і будь-який програмний комплекс, ISC-AERMOD View вимагав введення певних вихідних даних, що підвищило валідність проведених досліджень та відповідно, максимально наближених оцінок експозиційних навантажень на здоров'я населення, яке проживає в зонах інгаляційного ризику.

Згідно з вимогами, що пред'являються до МОРЗН на етапі ідентифікації небезпеки щодо характеристики просторового поширення забруднення та кількісної оцінки інгаляційного впливу викидів стаціонарних та пересувних джерел було запроваджено фізико-географічну та еколого-гігієнічну оцінку території (зони впливу), що базувалася на використанні розробленого алгоритму, який складався, використовуючи інструменти ГІС-технологій (ArcGIS компанії ESRI, Inc) з обробки та конвертації наступних даних [300], [327], [328], [347] – [349]:

- даних дистанційного зондування Землі (космічних знімків);
- характеристики землекористування;
- метеопараметрів;

- топографії (цифрова модель рельєфу);
- характеристик параметрів джерел викидів (уточнення та геокодування).

Завдяки збору та обробці цих даних був модифікований етап оцінки експозиції, який є невід’ємною складовою процедури оцінки ризику для здоров’я населення в будь-якому досліджуваному районі.

Таким чином, була проведена фізико-географічна характеристика територій досліджень для 43 різних за господарською діяльністю промислових підприємств та територій впливу автотранспорту, що дозволило в подальшому оцінити ризик для здоров’я населення України у різних регіонах.

Для оцінки характеристики землекористування усі території дослідження (рис. 3.7) були розділені на нерівномірні сектори для визначення

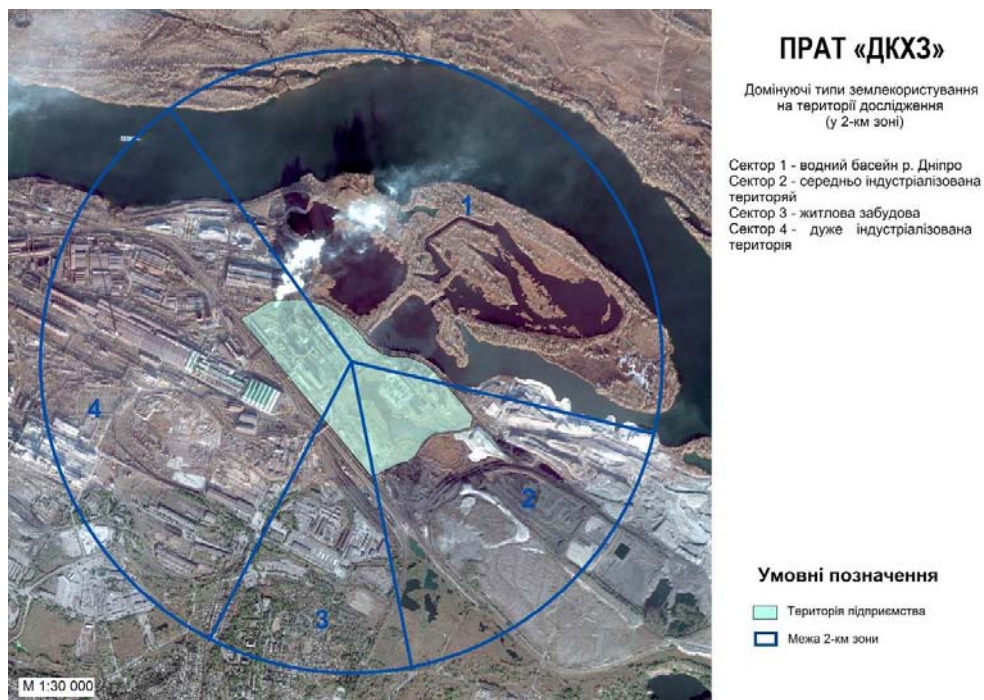


Рисунок 3.7 – Приклад визначення особливостей типів землекористування території дослідження, м. Кам’янське

коефіцієнтів землекористування, що дозволило враховувати значення альbedo, співвідношення Боуена, коефіцієнт нерівності підстилаючої поверхні за умови

наявності ділянок, що характеризуються різними типами землекористування (індустріалізована, житлова, сільськогосподарська, торгівельна тощо території; наведено у розділі 2, табл. 2.1) у визначеній для дослідження буферній зоні [303], [305], [327].

Особливості метеорологічних умов є одним з визначальних чинників, який має вплив на просторове та часове розповсюдження ЗР у ПША. Варіації ключових метеорологічних параметрів (тиск, хмарність, атмосферна вологість, температура, швидкість та напрямок вітру, хмарність, сонячна радіація та ін.) впливають на формування специфічних, стійких на певному часовому проміжку, станів атмосфери, які й визначають рівні концентрацій ЗР та їх часово-просторовий розподіл.

Розрахунок метеорологічних параметрів (передпроцесінг) для 43 різних за господарською діяльністю промислових підприємств та територій впливу автотранспорту, був виконаний за допомогою програмних продуктів AERMET View компанії Lakes Environmental Software (рис. 3.8) [311].



Рисунок 3.8 – Приклад урахування специфіки метеорологічних параметрів та коефіцієнтів характеристики землекористування, м. Миколаїв

Для передпроцесінгу було використано метеорологічні дані з інтервалом в одну годину (придбані у офіційного дистриб'ютора міжнародного Центру метеорологічних ресурсів) та коефіцієнти, що є специфічними для різних типів землекористування територій міст (за Ауером), з урахуванням специфіки ділянок землекористування у зонах впливу промислових підприємств та автотранспорту досліджуваних міст.

Зазначені коефіцієнти характеризують специфіку вертикального перемішування нижніх шарів атмосфери. Таким чином, на територіях дослідження були визначені: класи стабільності атмосфери (хмарність, періоди інверсій), швидкості та переважаючі аеронавігаційні напрямки вітру (куди дмуть вітри), що впливають на метеокліматичні та фізико-географічні умови дифузії ЗР на територіях дослідження та сприятимуть їх розсіюванню у відповідних напрямках (рис. 3.9).

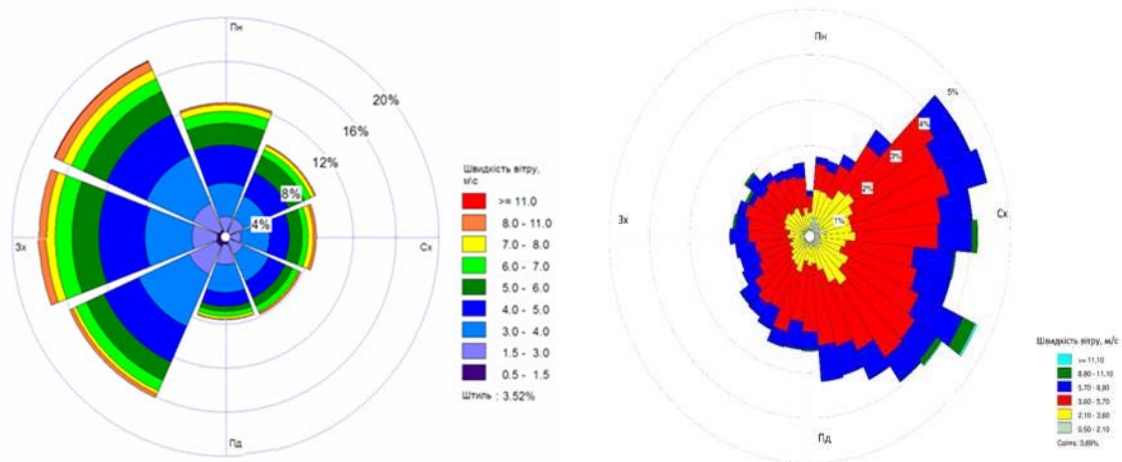


Рисунок 3.9 – Приклад загальнорічної рози та аеронавігаційних напрямків вітру, с. Яреськи Полтавської області

Ще одним з визначальних параметрів, який впливає на розсіювання ЗР в атмосферному повітрі, є рельєф території (рис. 3.10). Вихідними для оцінки топографічних умов та побудови цифрових моделей рельєфів (ЦМР) для 43 різних за господарською діяльністю промислових підприємств та територій



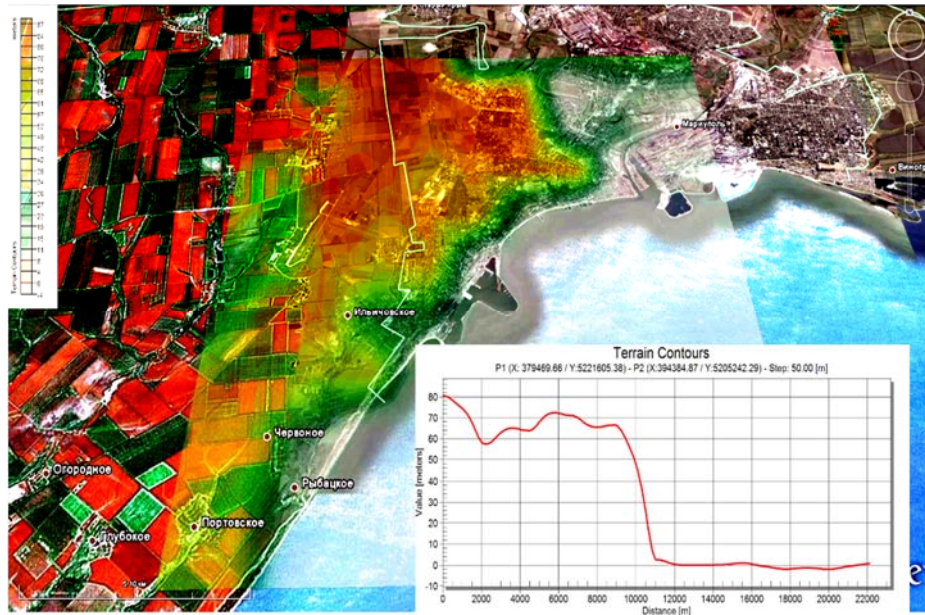


Рисунок 3.10 – Приклад відображення результатів імпорту даних рельєфу N47 E034–N47 E035 та профіль абсолютних висотних відміток, м. Маріуполь

впливу автотранспорту був набір топографічних даних SRTM3/SRTM1 [313]. За допомогою інструменту Terrain Processing програмного комплексу AERMAP цей набір даних було сконвертовано у відповідну картографічну проєкцію UTM WGS-84: визначено розрахунковий домен та висотні відмітки над рівнем моря.

Це дозволило провести розрахунки орографічних особливостей території дослідження та отримати висотні відмітки рельєфу з роздільною здатністю 30 м у системі координат WGS-84, що відповідають горизонтальній точності – 20 м (90 %) та вертикальній – 16 м (90 %).

Окрім метеорологічних та топографічних факторів, на рівень приземних концентрацій та просторове поширення ЗР (перенесення їх від ДВ), впливають також фактори, які визначаються фізичними параметрами ДВ, особливостями їх розташування відносно промайданчика та фізико-хімічними властивостями ЗР [137], [141]. Серед фізичних параметрів найбільш вагомими є об'єм (або швидкість виходу) газоповітряної суміші і температура викиду ЗР в атмосферне повітря від джерела, а також його висота над поверхнею землі. Вказані параметри, як і деякі інші (в залежності від типу ДВ), отримуються за відомими

методиками та оформлюються у вигляді звіту з інвентаризації стаціонарних ДВ, відповідно до екологічного законодавства України. В таких звітах також наводяться дані щодо виду та обсягів викиду специфічних ЗР [63].

Особливості розташування ДВ відносно проммайданчика є унікальними для кожного окремого підприємства і визначаються виробничими потужностями, технологічними процесами, обладнанням та багатьма іншими факторами. Таким чином, недостатня валідність наданих 43 промисловими підприємствами вихідних даних щодо розташування та параметрів ДВ (план-схеми та генеральні плани з нанесеними ДВ) була компенсована за рахунок геокодування та використання програмного забезпечення ArcGIS 10.1 та даних високої роздільної здатності. Це дозволило валідизувати наявні дані, в тому числі – незалежно від початкової та кінцевої системи координат. Існуюча практика визначення умовних координат ДВ в місцевих системах на застарілих картографічних матеріалах має низку недоліків, пов'язаних як з втратою актуальності самих картографічних матеріалів з часом, так і з відсутністю можливості об'єктивної перевірки положення ДВ під час проведення інвентаризації ДВ та подальших розрахунків приземних концентрацій ЗР. Використання даних дистанційного зондування високої роздільної здатності дає змогу більш коректно та точно встановити положення джерела викиду як у локальних, так і в географічних (геодезичних) системах координат [329], [348].

Перевірка положень ДВ відносно досліджуваних проммайданчиків була виконана для 7576 джерел (43 різних видів промислових підприємств), та показала, що лише 38 % мали коректне розташування. Оцінка похибки положення (координат) ДВ ЗР за матеріалами дистанційного зондування після корегування виконувалася за стандартними процедурами дисперсійного статистичного аналізу. Визначено, що похибка розташування ДВ за затвердженими проєктними матеріалами може коливатися від кількох до сотень метрів у довільному напрямку і не залежить від суб'єктивних чи об'єктивних факторів, пов'язаних з вибором якості чи масштабу картографічних матеріалів для визначення координат джерел викидів.

На рис. 3.11 наведено приклад результатів корегування ДВ для одного з машинобудівних підприємств м. Запоріжжя. Для даного підприємства середня похибка зміщення положення джерела викиду склала  $\Delta X_1=5,8$  м,  $\Delta Y_1=16,0$  м;  $\Delta X_2=0,9$  м,  $\Delta Y_2=0,2$  м; максимальна – 200,0 м, а мінімальна – 0,2 м (табл. 3.5).

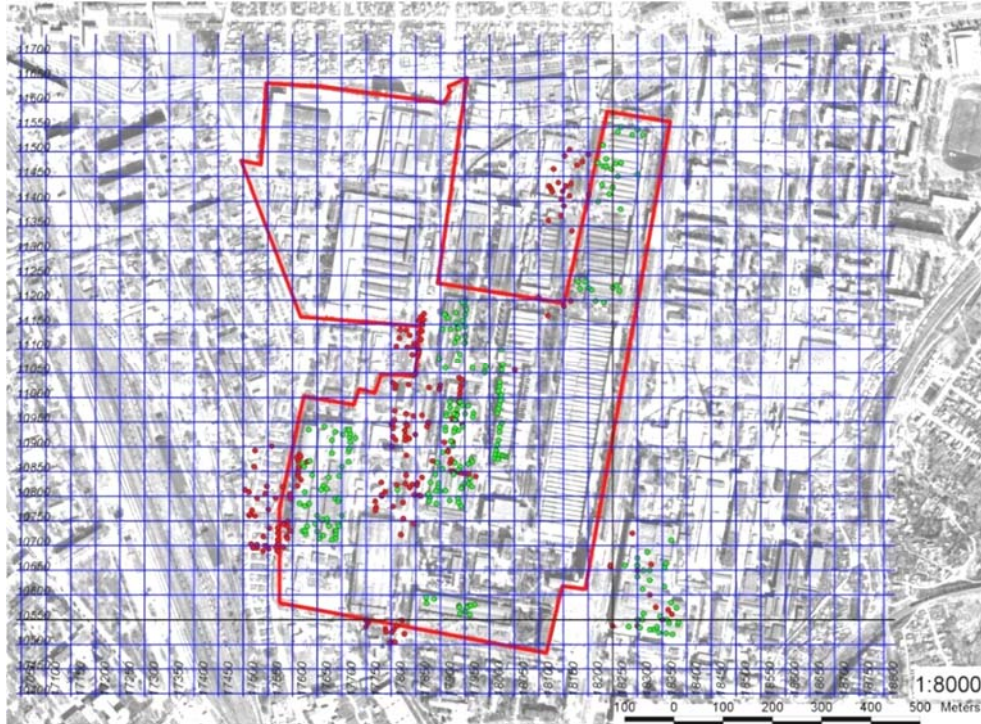


Рисунок 3.11 – Приклад розташування ДВ до (червоні) та після (зелені) корегування їх розташування в локальній системі координат промайданчика машинобудівного підприємства, м. Запоріжжя

З наведених результатів статистичного аналізу можна зробити висновок, що встановлена похибка у точності розташування джерел викиду, відносно розрахункового домену, може призвести в подальшому до похибок у результатах розрахунків приземних концентрацій ЗР, і потребує уточнення на етапі обробки вихідної інформації. Особливо це важливо, коли розглядаються питання щодо обґрунтування розміру СЗЗ для будь-якого промислового об'єкту.

Перевірена інформація, отримана в результаті описаних вище маніпуляцій та обрахунків (за наведеним алгоритмом) щодо обробки даних метеофайлів, топографії, характеристики землекористування та геокодування 7576 ДВ різних



Таблиця 3.5

**Результати дисперсійного аналізу визначених похибок положення джерел викидів забруднюючих речовин**

№ джерела	Тип джерела	Початкові координати				Відкориговані координати				Зміщення			
		X1	Y1	X2	Y2	X1	Y1	X2	Y2	$\Delta X1, м$	$\Delta Y1, м$	$\Delta X2, м$	$\Delta Y2, м$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4	точкове	17 741.0	7 232.0	0.0	0.0	17 747.0	7 232.0	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0
7	точкове	17 757.0	7 161.0	0.0	0.0	17 764.0	7 164.0	0.0	0.0	7.0	3.0	0.0	0.0
8	точкове	17 733.0	7 255.0	0.0	0.0	17 739.0	7 257.0	0.0	0.0	6.0	2.0	0.0	0.0
31	точкове	17 648.0	7 311.0	0.0	0.0	17 657.0	7 314.0	0.0	0.0	9.0	3.0	0.0	0.0
32	точкове	17 649.0	7 306.0	0.0	0.0	17 658.0	7 307.0	0.0	0.0	9.0	1.0	0.0	0.0
54	точкове	17 714.0	7 290.0	0.0	0.0	17 722.0	7 296.0	0.0	0.0	8.0	6.0	0.0	0.0
55	точкове	17 707.0	7 314.0	0.0	0.0	17 714.0	7 313.0	0.0	0.0	7.0	1.0	0.0	0.0
67	точкове	17 817.0	6 968.0	0.0	0.0	17 836.0	6 982.0	0.0	0.0	19.0	14.0	0.0	0.0
68	лінійне	17 764.0	7 179.0	177 787.8	7 246.1	17 747.3	7 232.6	177 787.8	7 246.1	16.7	53.6	0.0	0.0
69	лінійне	17 749.0	7 233.0	17 786.5	7 186.0	17 762.9	7 178.8	17 786.5	7 186.0	13.9	54.2	0.0	0.0
70	лінійне	17 775.5	7 137.5	17 798.1	7 146.3	17 775.0	7 137.8	17 798.1	7 146.3	0.5	0.3	0.0	0.0
70	точкове	17 775.0	7 137.0	20.0	4.0	17 778.0	7 136.0	0.0	0.0	3.0	1.0	20.0	4.0
71	лінійне	17 654.0	7 350.0	17 667.9	7 301.1	17 652.3	7 351.4	17 667.9	7 301.1	1.7	1.4	0.0	0.0
72	лінійне	17 650.0	7 391.0	17 665.0	7 397.1	17 648.6	7 390.5	17 665.0	7 397.1	1.4	0.5	0.0	0.0
73	лінійне	17 773.0	7 256.0	17 798.1	7 259.8	17 772.2	7 255.8	17 798.1	7 259.8	0.8	0.2	0.0	0.0
74	лінійне	17 742.0	7 353.0	17 723.0	7 400.8	17 742.0	7 352.7	17 723.0	7 400.8	0.0	0.3	0.0	0.0
81	точкове	17 688.0	7 132.0	0.0	0.0	17 688.0	7 332.0	0.0	0.0	0.0	200.0	0.0	0.0
104	лінійне	17 686.0	7 322.0	17 699.2	7 328.9	17 683.6	7 320.7	17 699.2	7 328.9	2.5	1.3	0.0	0.0
110	точкове	17 720.0	7 292.0	0.0	0.0	17 724.0	7 296.0	0.0	0.0	4.0	4.0	0.0	0.0
114	точкове	17 789.0	7 063.0	0.0	0.0	17 799.0	7 068.0	0.0	0.0	10.0	5.0	0.0	0.0
117	лінійне	17 693.0	7 412.0	17 696.0	7 414.3	17 693.0	7 411.7	17 696.0	7 414.3	0.0	0.3	0.0	0.0
118	точкове	17 719.0	7 298.0	0.0	0.0	17 722.0	7 298.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
максимальне зміщення:										19.0	200.0	20.0	4.0
середнє значення зміщення:										5.8	16.0	0.9	0.2
стандартне відхилення:										5.5	43.9	4.3	0.9
дисперсія:										29.8	192.2	18.2	0.7
довірчий інтервал:										2.3	18.3	1.8	0.4

видів 43 промислових підприємств та автотранспорту була сконвертована та занесена до відповідних модулів програмного комплексу ISC-AERMOD View для подальшої оцінки просторового розподілу усереднених годинних, добових і річних концентрацій ЗР та розрахунків рівнів ризику для здоров'я експонованого населення при вирішенні завдань, які були визначені під час виконання даної роботи у наступних розділах.

### **3.3 Порівняльний аналіз та оцінка співвідношення усереднених концентрацій у загальному забрудненні атмосферного повітря**

На сьогодні в Україні єдиним та законодавчо закріпленим програмними комплексами, що встановлюють вимоги до розрахунків концентрацій ЗР в атмосферному повітрі під час проектування підприємств, нормуванні викидів в атмосферу реконструйованих і діючих підприємств, а також при проектуванні повітрязабірних та очисних споруд, є розрахункові програмні комплекси (по типу ЕОЛ), що реалізують «Методику розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств. ОНД-86» (надалі – Методика) [105]. Методика призначена для визначення приземних концентрацій ЗР в двометровому шарі над поверхнею землі, вертикального розподілу концентрацій для стаціонарних ДВ. Вона визначає лише максимальний рівень ЗР (разові концентрації за 20-30-хвилинний інтервал усереднення) за найбільш несприятливих метеорологічних умов, якими є поєднання нестійкого стану атмосфери і небезпечної швидкості вітру (за одним фіксованим напрямком і швидкістю вітру) з використанням сталого безрозмірного поправочного коефіцієнту рельєфу місцевості (розділи 2,4 Методики) [133]. Таким чином, на противагу аналоговим моделям, таким як ISC-AERMOD View (включає модулі передпроцесінгу метеорологічних (AERMET), топографічних умов і характеристики землекористування даних (AERMAP) та PRIME), ЕОЛ використовує детерміновану модель, яка не враховує ймовірнісний характер

метеорологічних умов (стан атмосфери, напрям та швидкість вітру); місце розташування та висоту даних для кожного рецептора (топографія, землекористування); особливості типів та режимів роботи окремих джерел; швидкості витікання газу й атмосферної дифузії при нестационарних режимах, що суттєво впливає на визначення середнього рівня забруднення за певний період часу та розсіювання ЗР у просторі на досліджуваних територіях [160].

З метою доведення вищенаведених тверджень, на рисунках 3.12, 3.13 представлено наочну ілюстрацію поширення забруднення навколо проммайданчиків одного з маслоекстракційних заводів, розташованого у м. Дніпро (розсіювання концентрацій акролеїну) та підприємства з переробки нафти, розташованого у с. Ярьськи Полтавської області (розсіювання вуглеводнів насичених  $C_{12}-C_{19}$ ), які були розраховані з використанням програмних комплексів ISC-AERMOD View та ЕОЛ+ [350], [351].

Представлені в обох прикладах розрахунки проведені за допомогою ISC-AERMOD View, демонструють зміщення факелу забруднення та варіабельність розсіювання концентрацій ЗР на різних відстанях (від 100 до 2000 м) в усіх напрямках за румбами сторін світу.

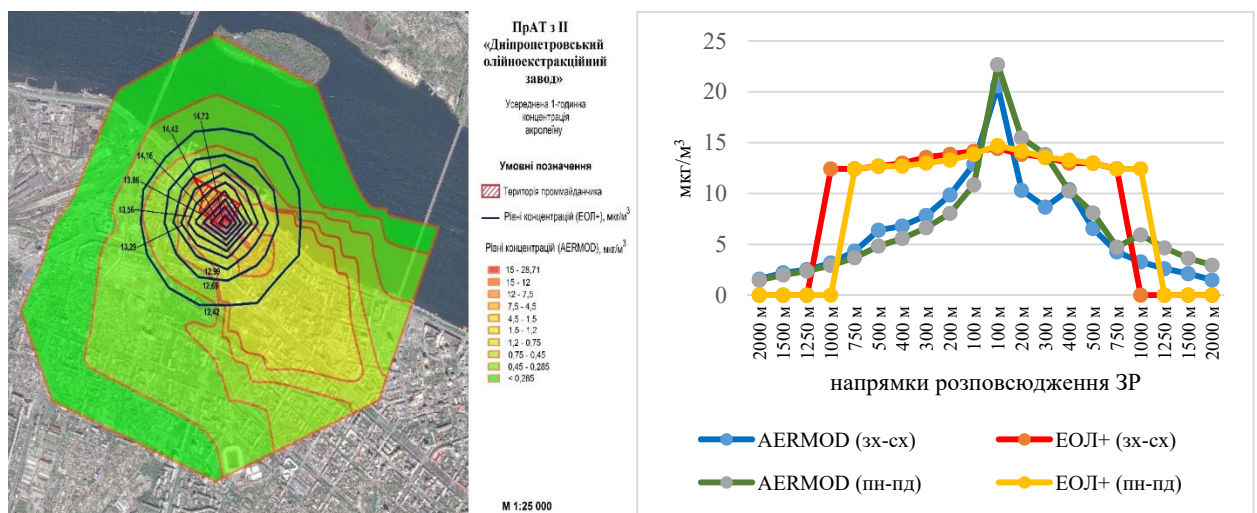


Рисунок 3.12 – Приклад поширення забруднення (розсіювання концентрацій акролеїну) навколо проммайданчика підприємства за даними розрахунків ISC-AERMOD View та ЕОЛ+, м. Дніпро

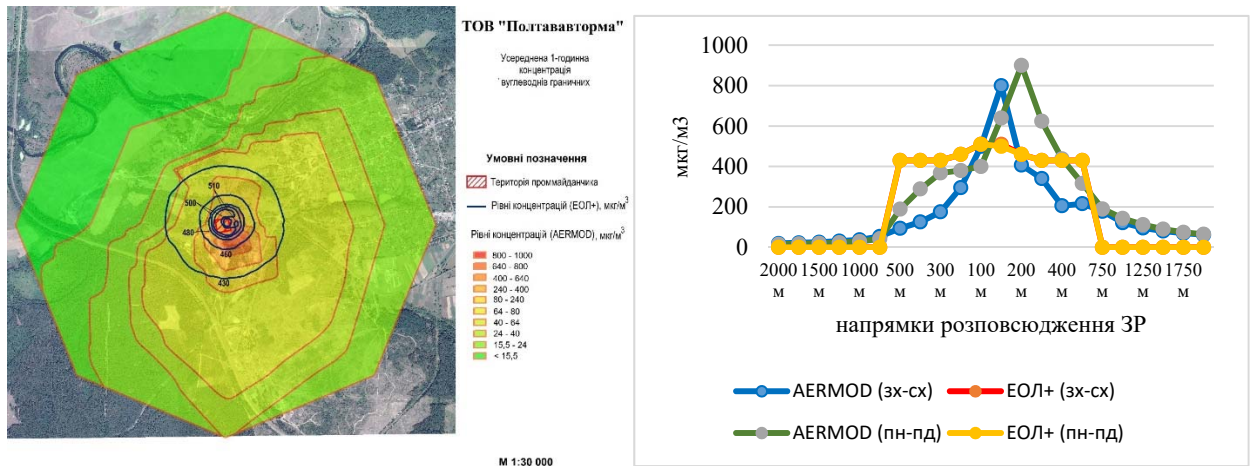


Рисунок 3.13 – Приклад поширення забруднення (розсіювання концентрацій вуглеводнів насичених  $\text{C}_{12}\text{-C}_{19}$ ) навколо промайданчика підприємства за даними розрахунків ISC-AERMOD View та ЕОЛ+, с. Яреськи Полтавської області

Вища точність симуляції пояснюється в першу чергу, уточненням вихідної інформації за алгоритмом, який наведений у підрозділі 3.1. Він передбачає забезпечення урахування атмосферних параметрів (метеорологічних даних, характеристик атмосферної турбулентності, змішування висот, швидкості тертя атмосферних потоків, довжин Моніна-Обухова поверхневих теплових потоків тощо); фізичного взаємозв'язку між особливостями місцевості та поведінкою шлейфів забруднення повітря; сухого та вологого осідання газів/частинок; ефектів скошу факелів забруднення під час обтікання перешкод (забудова, рельєф) тощо [309].

При цьому розрахунки, виконані в ЕОЛ+, показують сталий розподіл ізоліній концентрацій ЗР в усіх напрямках на різних відстанях від ДВ підприємства, але при цьому наближені до максимально негативних. Це вказує на один з недоліків програми – розрахункова газова хмара має концентрацію газу, суттєво вищу гранично-допустимої. Отже, у розрахунки закладений алгоритм нормування при метеорологічних параметрах, за яких спостерігається максимальна концентрація у 98 % забезпеченості даними та

передбачається, що лише у 2 % випадків можливих метеоситуацій концентрації ЗР можуть перевищити розрахункове значення. Втім, такий підхід найкращим чином відповідає схемі нормування викидів ЗР в атмосферне повітря [105], [159].

Щоб довести дане припущення був проведений порівняльний аналіз максимально разових концентрацій для деяких пріоритетних речовин (акролеїну, сірчаної кислоти та пилу НДЗС; вуглеводнів насичених С12-С19, азоту діоксиду та сірки діоксиду) даних підприємств, розрахованих за допомогою програмних комплексів ISC-AERMOD View та EOL+ у контрольних точках на межі нормативних СЗЗ та найближчої житлової забудови. Отримані дані показали відсутність принципових розходжень у розрахованих значеннях приземних концентрацій ЗР, змодельованих у різних програмах (рис. 3.14, 3.15).

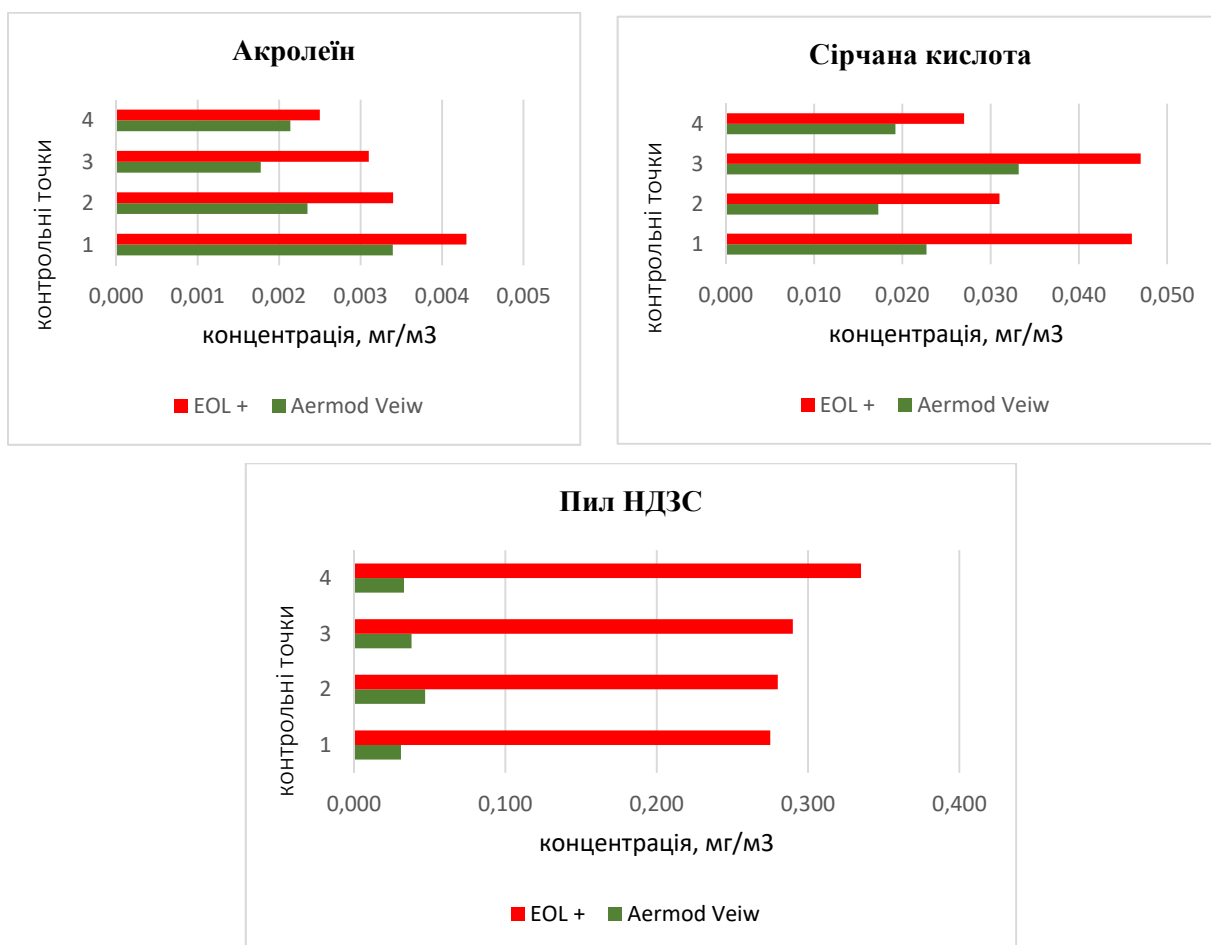


Рисунок 3.14 – Максимально разові концентрації забруднюючих речовин за даними розрахунків ISC-AERMOD View та EOL+, м. Дніпро

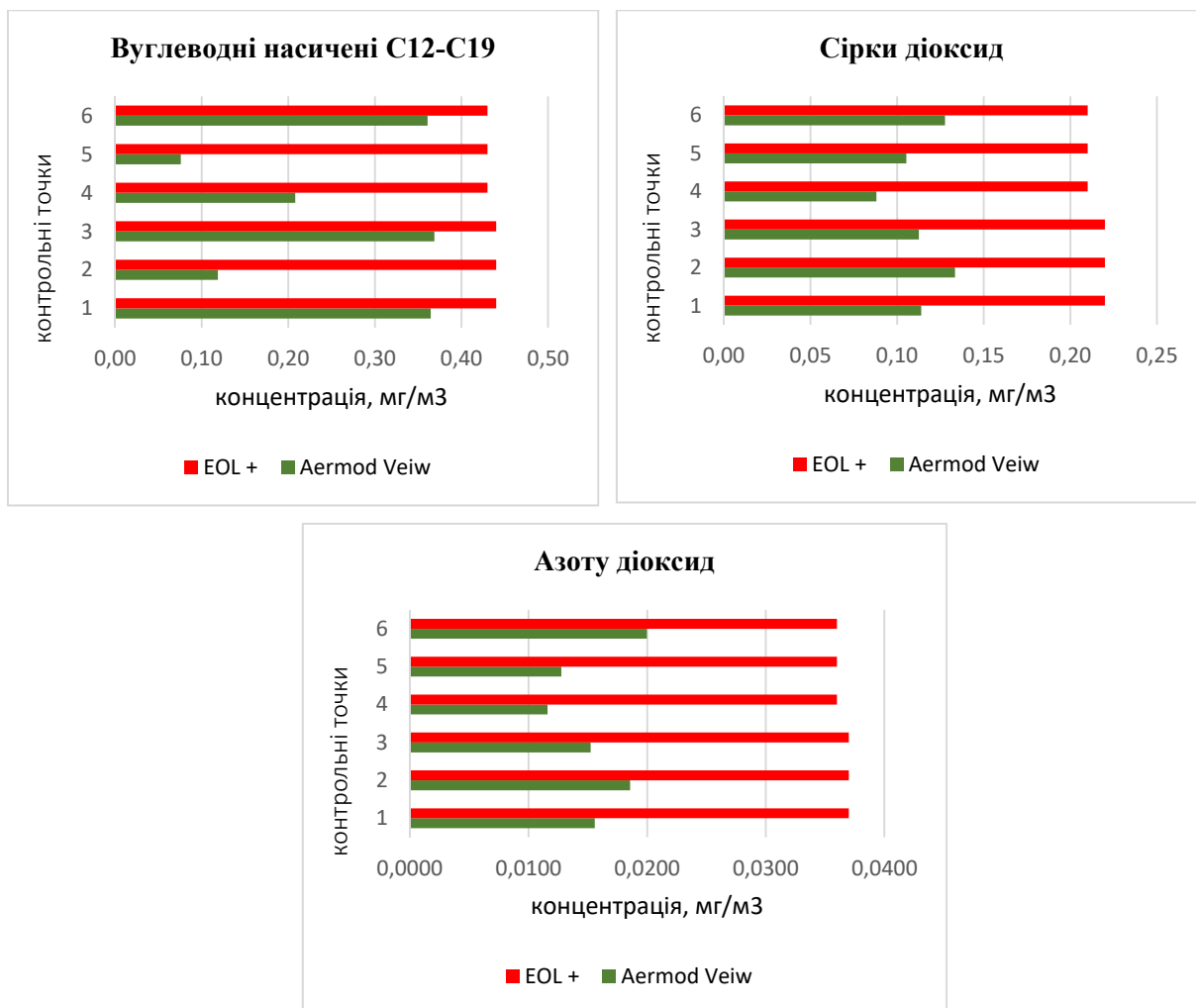


Рисунок 3.15 – Максимально разові концентрації забруднюючих речовин за даними розрахунків ISC-AERMOD View та EOL+, с. Яреськи Полтавської області

Але, за даними отриманих розрахунків в EOL+, спостерігаються вищі рівні концентрацій ЗР, що пояснюється урахуванням фонового забруднення (особливо характерно для концентрацій пилу НДЗС у м. Дніпро, де фонові показники по місту перевищують нормативні рівні), та підтвердженням отримання на практиці максимально негативного сценарію щодо поширення ЗР, які мають місце на досліджуваній території, виключаючи оцінки впливу метеорологічних, орографічних та характеристики землекористування даних.

Показано, що урахування фонових концентрацій при розрахунках створює значні похибки. Особливо, коли пост спостережень знаходиться в зоні впливу промислового міста (у даному випадку, м. Дніпро) або впливу іншого,

більш потужного, підприємства і при цьому, дублює фонові забруднення самого ж підприємства. В подальшому це унеможливило валідні оцінки прогнозу щодо просторового поширення (розсіювання) ЗР у ПША завідома, спотворюючи у бік збільшення результати отриманих розрахунків в рецепторних точках, які необхідні для проведення подальших оцінок ризику для здоров'я експонованого населення та епідеміологічних досліджень.

Проте переваги використання ОНД-86 відносно вирішення задач нормування домішок по максимально разовим концентраціям ЗР, обертаються основним недоліком при вирішенні завдань прогнозування та аналізу концентрацій ЗР при довготривалих (хронічних) їх оцінках за різні проміжки часу (доба, місяць, рік), які необхідні при визначенні та розрахунках ризику для здоров'я населення, яке проживає в зонах впливу промислових підприємств або автотранспорту. У п. 8.1 Методики є посилання лише на приблизне співвідношення між максимальними значеннями разових та середньорічних концентрацій, що відносяться 10 до 1 (тобто, середньорічна концентрація в 10 разів менше максимально разової). При цьому (згідно п. 8.1), нормування рекомендовано проводити за ГДК середньодобової концентрації, що суперечить принципам гігієнічного регламентування, де оцінки якості повітря необхідно проводити узгоджено з відповідними за часом критеріями усереднення [106]. Таким чином, в Україні назріла нагальна потреба у створенні програмних комплексів (наприклад, аналогів зарубіжним AUSTALView, ISC-AERMODView, AEROPOL, CALPUFF тощо або створення додаткових модулів до Методики, як це було зроблено у Росії, Казахстані, Білорусі) для можливості розрахунків усереднених концентрацій ЗР у ПША за різний період усереднення.

На підставі вищенаведеного, у зв'язку з відсутністю програмних продуктів та подальшою неможливістю оцінок впливу та визначення ризику для здоров'я населення експозицій за різні проміжки часу, було проведено порівняльний аналіз максимально разових (одногодинних), середньодобових та річних концентрацій ЗР. До дослідження було включено 20 різних за

господарською діяльністю промислових підприємств, які знаходяться у різних регіонах України (на півночі, сході, заході та півдні), відрізняються спектром хімічних речовин, які викидаються в атмосферне повітря, та параметрами ДВ. Крім того, розрахунки концентрацій були оцінені на різних відстанях від ДВ (від 25 до 12000 м) та за румбами сторін світу в усіх напрямках (північ, південь, захід, схід) з метою уникнення закономірностей, які можуть бути обумовлені просторовим поширенням хімічних речовин.

Таким чином, у рамках проведеного дослідження були оцінені наступні коефіцієнти співвідношень: максимально разових (одногодинних;  $C_{\text{мр}}$ ) і середньодобових концентрацій ( $C_{\text{сд}}$ ); максимально разових (одногодинних) і середньорічних концентрацій ( $C_{\text{ср}}$ ); середньодобових і середньорічних концентрацій. Попередньо було виконано оцінки наявності зв'язку між розсіюванням вказаних концентрацій хімічних речовин за допомогою кореляційного аналізу в програмному пакеті STATISTICA 10.0 (табл. 3.5). В результаті отриманих даних було встановлено наявність достовірного кореляційного зв'язку між розсіюванням концентрацій хімічних речовин за відстанями та напрямками ( $p < 0,05$ ) (рис. 3.16-3.19).

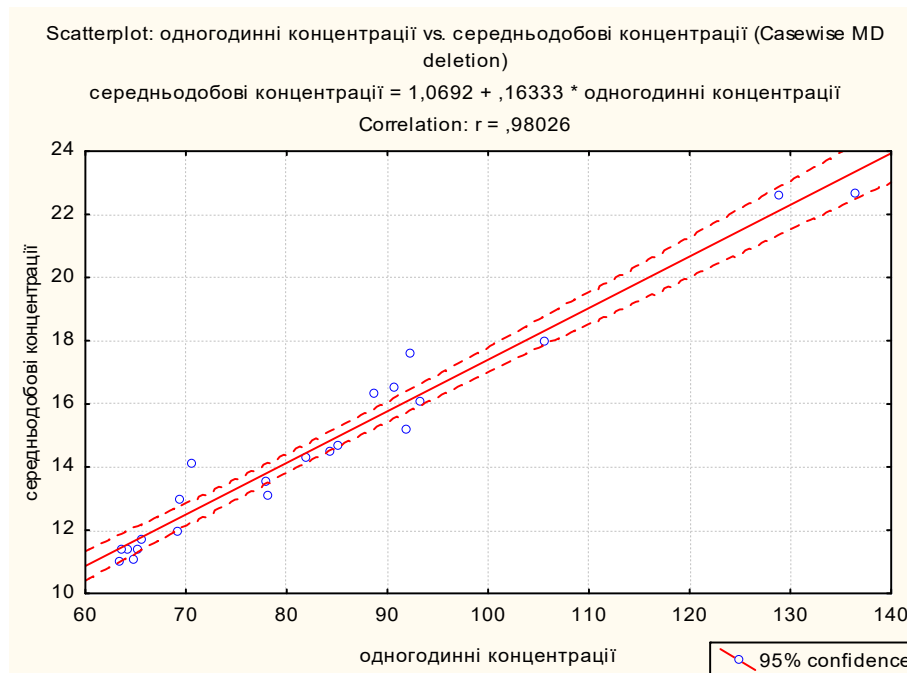


Рисунок 3.16 – Діаграма розсіювання максимально разових та середньодобових концентрацій за відстанню від ДВ



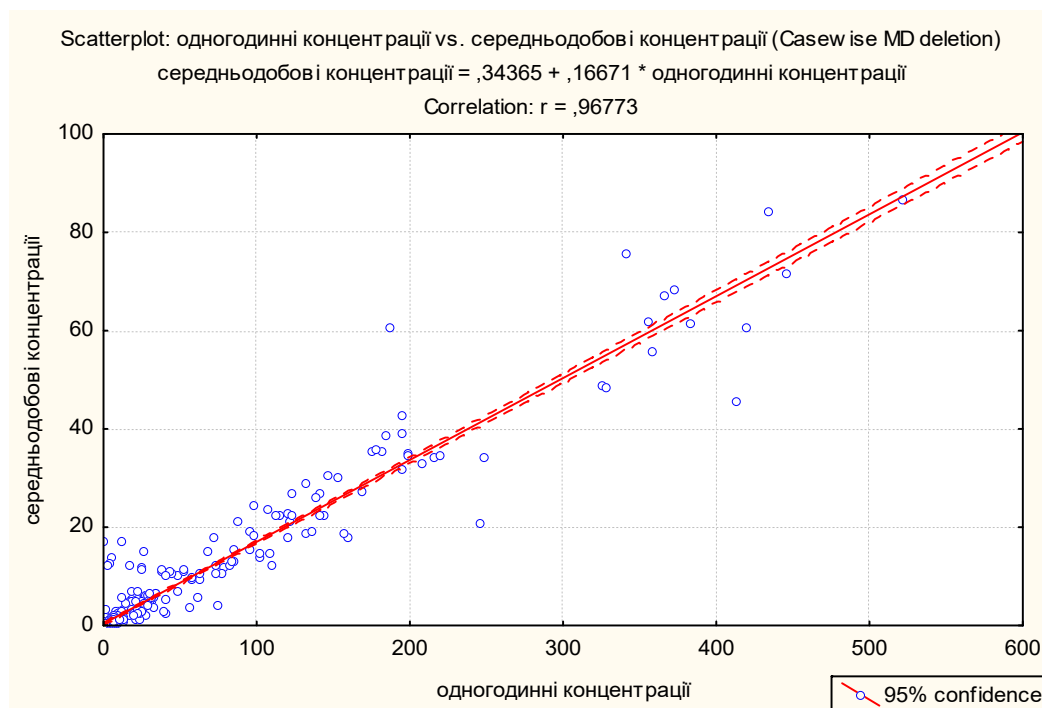


Рисунок 3.17 – Діаграма розсіювання максимально разових та середньодобових концентрацій за румбами сторін світу

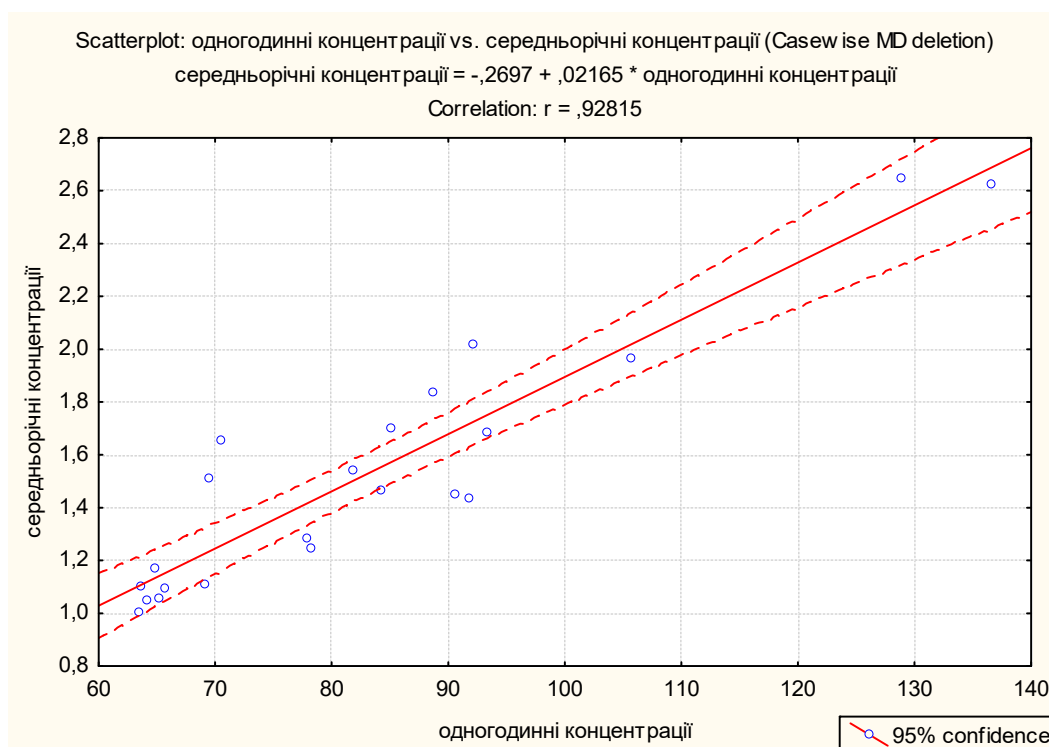


Рисунок 3.18 – Діаграма розсіювання максимально разових та середньорічних концентрацій за відстанню від ДВ

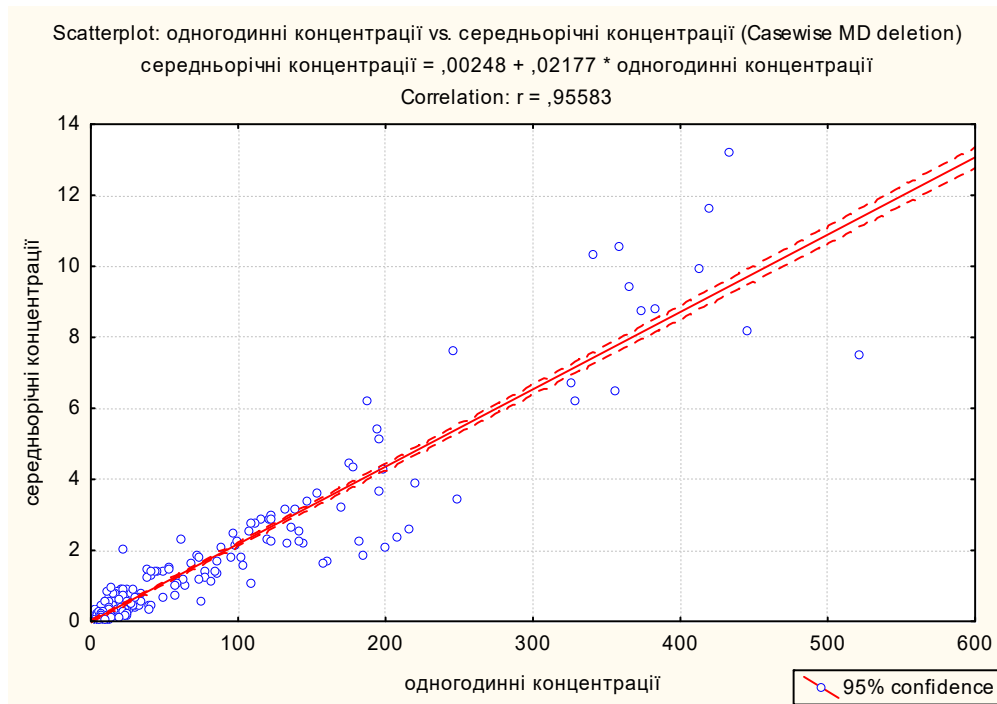


Рисунок 3.19 – Діаграма розсіювання максимально разових та середньорічних концентрацій за румбами сторін світу

Це дало підстави дослідити можливість визначення коефіцієнта співвідношення максимально разових та середньодобових, максимально разових та середньорічних, а також середньодобових та середньорічних концентрацій хімічних речовин (табл. 3.6).

Встановлено, що середні коефіцієнти співвідношень максимально разових та середньодобових концентрацій для досліджуваних підприємств змінюються в діапазоні від  $4 \pm 0,08$  до  $7 \pm 0,14$  (залежно від відстані –  $r = 0,98$ ,  $p < 0,01$ ; залежно від напрямку –  $r = 0,97$ ,  $p < 0,01$ ); максимально разових та середньорічних концентрацій змінюються від  $12 \pm 1,73$  до  $111 \pm 9,62$  (залежно від відстані –  $r = 0,93$ ,  $p < 0,01$ ; залежно від напрямку –  $r = 0,96$ ,  $p < 0,01$ ), що суперечить п. 8.1 Методики ОНД-86 та доводить тезу про вплив метеорологічних параметрів на розсіювання хімічних речовин у ПША та неможливість оцінок середньорічних концентрацій через максимально разові з використанням сталих коефіцієнтів; середньодобових та середньорічних концентрацій змінюються від  $8 \pm 0,09$  до  $12 \pm 1,82$  (залежно від відстані –  $r = 0,97$ ,  $p < 0,01$ ; залежно від напрямку –  $r = 0,94$ ,  $p < 0,01$ ).

**Коефіцієнти співвідношень концентрацій ЗР в атмосферному повітрі досліджуваних підприємств**

Промислове підприємство	Значення коефіцієнта співвідношення концентрацій		
	$\frac{C_{\text{мр}}}{C_{\text{сд}}}$	$\frac{C_{\text{мр}}}{C_{\text{ср}}}$	$\frac{C_{\text{сд}}}{C_{\text{ср}}}$
ППІ №1	7 ± 0,14	78 ± 3,27	11 ± 0,3
ППІ №2	6 ± 0,42	73 ± 3,34	11 ± 0,34
ППІ №3	4 ± 0,10	26 ± 2,84	10 ± 0,53
ППІ №4	5 ± 0,17	12 ± 1,73	9 ± 0,31
ППІ №5	4 ± 0,08	37 ± 0,9	8 ± 0,09
ППІ №6	6 ± 0,09	53 ± 2,52	9 ± 0,32
ППІ №7	6 ± 0,21	59 ± 4,35	10 ± 0,43
ППІ №8	6 ± 0,18	63 ± 3,01	11 ± 0,22
ППІ №9	5 ± 0,10	57 ± 1,32	10 ± 0,15
ППІ №10	6 ± 0,59	91 ± 14,3	12 ± 1,31
ППІ №11	6 ± 0,95	78 ± 21,81	12 ± 1,82
ППІ №12	6 ± 0,06	73 ± 0,77	11 ± 0,07
ППІ №13	5 ± 0,17	49 ± 5,09	9 ± 0,66
ППІ №14	4 ± 0,08	43 ± 2,24	10 ± 0,37
ППІ №15	4 ± 0,10	40 ± 3,88	10 ± 0,69
ППІ №16	5 ± 0,12	62 ± 4,39	10 ± 0,43
ППІ №17	6 ± 0,09	80 ± 2,64	11 ± 0,23
ППІ №18	6 ± 0,08	61 ± 0,39	10 ± 0,16
ППІ №19	6 ± 0,02	58 ± 4,64	9 ± 0,63
ППІ №20	6 ± 0,27	111 ± 9,62	10 ± 0,65
Середнє значення	6	60	10

Таким чином, можна використовувати середній коефіцієнт співвідношення  $\frac{C_{\text{мр}}}{C_{\text{сд}}}$  на рівні 6 (табл. 3.6) і розраховувати середньодобові концентрації за формулою:

$$C_{\text{сд}} = 0,17 \cdot C_{\text{мр}}; \quad (3.1)$$

де:  $C_{\text{сд}}$  – середньодобова концентрація,  $C_{\text{мр}}$  – максимально разова концентрація.

Середньорічну концентрацію на основі середньодобової пропонується розраховувати за формулою:

$$C_{\text{ср}} = 0,1 \cdot C_{\text{сд}}; \quad (3.2)$$

де:  $C_{\text{ср}}$  – середньорічна концентрація,  $C_{\text{сд}}$  – середньодобова концентрація.

Таким чином, наявність достовірного кореляційного зв'язку ( $p < 0,05$ ) між розсіюванням концентрацій хімічних речовин як за напрямками, так і за відстанями від ДВ промислових об'єктів є підставою для використання встановлених коефіцієнтів співвідношення при розрахунку необхідних концентрацій у всіх необхідних рецепторних точках, незалежно від відстані та напрямку для встановлення, в подальшому, ризику для здоров'я населення [336], [345].

### Висновки до розділу 3

Аналізуючи вищевикладене, показано, що промислове забруднення (63 % у загальному забрудненні) атмосферного повітря в Україні є нагальною проблемою не тільки регіонів (зокрема, техногенно-навантажених), але й держави в цілому, що доводять численні наукові дослідження та представлений аналіз валового забруднення у різних країнах від викидів промислових підприємств та автотранспорту. Це спонукає до пошуку комплексних методичних підходів, які будуть направлені на покращення системи гігієнічної оцінки атмосферного повітря та, в подальшому, здоров'я населення України. Таким гігієнічним підходом є МОРЗН, яка є надійним управлінським інструментом, що дозволяє оцінити забруднення повітря від «джерела викиду до здоров'я населення», враховуючи соціально-економічні розрахунки для подальшої розробки контр-заходів медико-екологічного спрямування.

1. Встановлено (на підставі офіційних статистичних даних за 2010-2018 рр.) загальне зменшення забруднення атмосферного повітря від викидів

стаціонарних та пересувних джерел, що в основному пов'язано з анексією Криму, операції Об'єднаних сил на сході країни, у частині Донецької та Луганської областей (майже на 31 %) та спадом промислового виробництва і впровадженням природоохоронних заходів (в середньому на 16,9 % по областях). При цьому, спостерігається поступове збільшення забруднення в «умовно чистих» областях України, таких як Житомирська, Волинська, Сумська, Тернопільська, Хмельницька, Херсонська області (в середньому на 12,6 % щорічно).

2. Визначено, що провідні позиції серед забруднювачів атмосферного повітря за видами економічної діяльності належать електрогенеруючим та розподільчим підприємствам енергетики, які викидають 988,8 тис. т ЗР; друге місце займають металургійні виробництва – 728,5 тис. т; третє – добувна промисловість та розробка кар'єрів – 445,1 тис. т; четверте – сільське господарство та виробництво харчових продуктів – 115,4 тис. т.
3. Показано, що найбільш вагомий внесок у загальній структурі забруднення належить викидам (2018 р.): оксиду вуглецю – 744,3 тис. т (від викидів автотранспорту – 1016,8 тис. т); діоксиду та інших сполукам сірки – 698,1 тис. т (17,6 тис. т); метану – 451,1 тис. т (4,5 тис. т);пилу НДЗС – 317,5 тис. т (в т.ч. РМ<sub>10</sub> – 54,1 тис. т; РМ<sub>2.5</sub> – 21,2 тис. т); сполукам азоту – 215,3 тис. т (156,9 тис. т); НМЛОС – 43,7 тис. т (137,6 тис. т) та аміаку – 16,8 тис. т (0,007 тис. т).
4. Проведено фізико-географічну та еколого-гігієнічну характеристику територій досліджень (зон впливу) 43 різних за господарською діяльністю промислових підприємств та автотранспорту. Використовуючи інструменти ГІС-технологій, за розробленим алгоритмом, виконано обробку та конвертацію метеорологічних, топографічних (створено ЦМР) даних, характеристик землекористування та ДВ. За стандартними процедурами дисперсійного статистичного аналізу перевірено положення (координати) та геокодовано 7576 ДВ промислових підприємств та визначено, що лише

38 % мали коректне розташування. Визначено, що похибка розташування ДВ за затвердженими проєктними матеріалами може коливатися від кількох до сотень метрів у довільному напрямку і не залежить від суб'єктивних чи об'єктивних факторів, пов'язаних з вибором якості чи масштабу картографічних матеріалів.

5. Виконано порівняльний аналіз максимально разових концентрацій ЗР розрахованих з використанням програмних комплексів ISC-AERMOD View та ЕОЛ+. Отримані дані показали відсутність принципових розходжень у розрахованих значеннях концентрацій, хоча за даними, отриманими в ЕОЛ+, спостерігаються вищі показники, що пояснюється урахуванням фонового забруднення та підтвердженням отримання максимально негативного сценарію (максимальна концентрація 98 % забезпеченості) щодо поширення ЗР на досліджуваних територіях. При цьому були виключені оцінки впливу метеорологічних, орографічних даних та характеристики землекористування, підкреслена відсутність варіабельності розсіювання концентрацій на різних відстанях в усіх напрямках за румбами сторін світу.
6. Оцінено співвідношення усереднених концентрацій хімічних речовин у загальному забрудненні атмосферного повітря промисловими підприємствами. Встановлено, що середні коефіцієнти співвідношень максимально разових та середньодобових концентрацій для досліджуваних підприємств змінюються в діапазоні від  $4 \pm 0,08$  до  $7 \pm 0,14$  (залежно від відстані –  $r = 0,98$ ,  $p < 0,01$ ; залежно від напрямку –  $r = 0,97$ ,  $p < 0,01$ ); максимально разових та середньорічних концентрацій змінюються від  $12 \pm 1,73$  до  $111 \pm 9,62$  (залежно від відстані –  $r = 0,93$ ,  $p < 0,01$ ; залежно від напрямку –  $r = 0,96$ ,  $p < 0,01$ ), що суперечить п. 8.1 Методики та свідчить про вплив метеорологічних параметрів на розсіювання хімічних речовин у ПША і про неможливість оцінок середньорічних концентрацій через максимально разові, використовуючи сталі коефіцієнти; середньодобових та середньорічних

концентрацій змінюються від  $8 \pm 0,09$  до  $12 \pm 1,82$  (залежно від відстані –  $r = 0,97, p < 0,01$ ; залежно від напрямку –  $r = 0,94, p < 0,01$ ). Визначено середній коефіцієнт співвідношення між середньодобовою та максимально разовою концентраціями – на рівні  $0,17$  ( $C_{сд} = 0,17 \cdot C_{мр}$ ); середньорічною та середньодобовою концентраціями – на рівні  $0,1$  ( $C_{ср} = 0,1 \cdot C_{сд}$ ).

**Матеріали даного розділу відображені у наступних публікаціях:** [64], [328], [335] – [338], [345], [347] – [349].

## РОЗДІЛ 4

### ОРГАНІЗАЦІЯ, РОЗБУДОВА ТА УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ МЕРЕЖІ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА СТАНОМ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

#### **4.1 Наукове обґрунтування розміщення постів моніторингу в сельбищних зонах**

Враховуючи сучасні тенденції зовнішньої політики України щодо імплементації нормативно-правових документів та рекомендацій ЄС (Директиви ЄС 2008/50/ЄС та 2004/107/ЄС), проблема організації, розбудови та удосконалення системи державного моніторингу за якістю атмосферного повітря є вкрай актуальною [27], [28]. Незважаючи на прийняття Постанови КМУ від 14.08.2019 р. за №827, головним напрямком подальшого розвитку у сфері моніторингу атмосферного повітря має бути послідовна гармонізація діяльності відповідних суб'єктів (елементів) мереж спостережень за його станом [54]. Водночас, з метою забезпечення виконання основних принципів функціонування державної системи моніторингу довкілля, необхідне залучення до неї існуючого потенціалу всіх суб'єктів моніторингу. Насамперед, на основі узгодженості та прогресивності нормативно-правового, методичного та технічного забезпечення мереж спостережень.

Основний обов'язок організації та проведення моніторингу атмосферного повітря в зонах та агломераціях (враховуючи основні положення Постанови КМУ від 14.08.2019 р. № 827), покладено на Український гідрометеорологічний центр ДСНС України, частково на лабораторні центри МОЗ України та Державну екологічну інспекцію. В існуючих системах спостережень, заснованих за радянських часів, збір і обробка інформації ґрунтуються на лабораторних методах аналізу проб атмосферного повітря та використовуються не стільки для прийняття оперативних управлінських рішень, скільки для статистичного



аналізу. Використання фіксованих (еталонних) вимірювань або моделювання недостатньо врегульовані нормативно-правовою базою. Внаслідок цього, наявна система моніторингу є недосконалою, має обмежені дані про стан забруднення повітря на всій території країни та не володіє довгостроковою динамікою показників [115], [117]. Розташування постів спостереження, які були визначені за принципом територіальної спільності відповідно до вимог РД 52.04.186-89, наразі не відповідають сучасним реаліям щодо обґрунтованості їх встановлення в умовах стрімкої урбанізації та неконтрольованих містобудівних рішень майже у всіх регіонах України [112]. Неврегульованим залишається й питання визначення вмісту твердих часток пилу (з діаметром менше 10 мкм –  $PM_{10}$  та менше 2,5 мкм –  $PM_{2.5}$ ) та озону, оскільки їх державний моніторинг й досі не запроваджено на національному рівні [120], [352].

Слід зауважити, що протягом останніх років розвиток системи екологічного моніторингу (зокрема, атмосферного повітря) в Україні набирає швидких обертів. Це передбачає створення у великих промислових центрах мереж спостереження з використанням автоматизованих постів спостережень (АПС), які доповнять склад існуючих стаціонарних постів. Такі проекти вже реалізовані обласними державними адміністраціями у Дніпропетровській, Донецькій і Київській областях та розробляються в інших регіонах України. Також, широкої популярності набуває громадський моніторинг, реалізований, в основному, на платформах активних громадських організацій, які безумовно, сприяють розвитку державної системи моніторингу атмосферного повітря в Україні. На сьогодні існує понад 700 станцій громадського моніторингу, в основному, обладнаних сенсорними приладами, які, на жаль, не відповідають вимогам методів оцінювання рівнів ЗР під час проведення фіксованих вимірювань, згідно Постанови КМУ від 14.08.2019 р. за № 827 [54], [124] – [131].

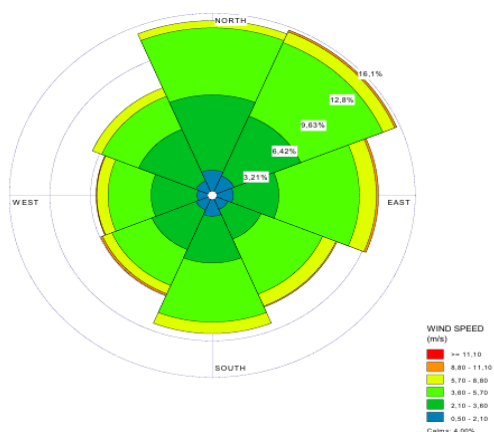
Відповідно до Директиви ЄС 2008/50/ЄС обґрунтування встановлення постів спостережень, необхідно проводити на підставі прогнозування рівнів забруднення атмосферного повітря на досліджуваних територіях,

використовуючи дані математичного моделювання просторового поширення забруднення в ПША, що дозволяє оцінити інгаляційний ризик для здоров'я населення від джерел забруднення (промислових підприємств, автотранспорту) по всій території міста. Такий підхід є доцільним в умовах реалій України («хаотичне» розташування постів) з метою економії державних коштів, що сприятиме гармонізації існуючої мережі спостережень та підвищить обґрунтованість прийняття управлінських рішень стосовно поліпшення якості атмосферного повітря [352].

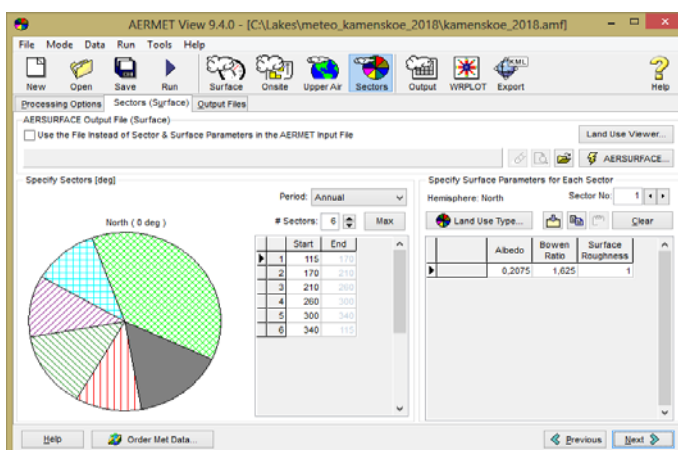
На підставі результатів проведеного математичного моделювання поширення забруднення атмосферного повітря та розрахунків ризику для здоров'я населення від викидів промислових підприємств у мм. Кам'янське, Марганець та Жовті води було здійснено науковий супровід проєкту «Організація, розбудова та удосконалення регіональної автоматизованої мережі спостережень за станом атмосферного повітря у Дніпропетровській області» [353]. На момент проведення досліджень у м. Кам'янське функціонувало 5 постів спостережень (з них 2 автоматизованих), у мм. Марганець та Жовті води – пости відсутні. До дослідження було включено: у м. Кам'янське – 1720 ДВ основних промислових підприємств (90 % валових викидів у загальному забрудненні атмосферного повітря), що викидають в атмосферне повітря 74 ЗР; у м. Марганець – 116 ДВ (+2 відвали), що викидають в атмосферне повітря 29 ЗР; у м. Жовті води – 106 ДВ (+2 відвали), що викидають 40 ЗР.

З метою отримання подальших репрезентативних результатів досліджень було проведено фізико-географічну та еколого-гігієнічну оцінки територій зон впливу промислових підприємств за алгоритмом, який наведено у попередньому розділі 3.2. Проаналізовано та введено до модулів програми наступні параметри (рис. 4.1): метеорологічні дані за певний часовий період, характеристику землекористування, топографічні дані територій (створено цифрові моделі рельєфів), параметри та характеристики ДВ [327], [347], [348].

Загальнорічна роза вітрів для м. Жовті Води



Особливості характеристики землекористування території м. Кам'янське



Передпроцесінг вихідних даних SRTM та висотні відмітки рельєфу на територію дослідження м. Марганець

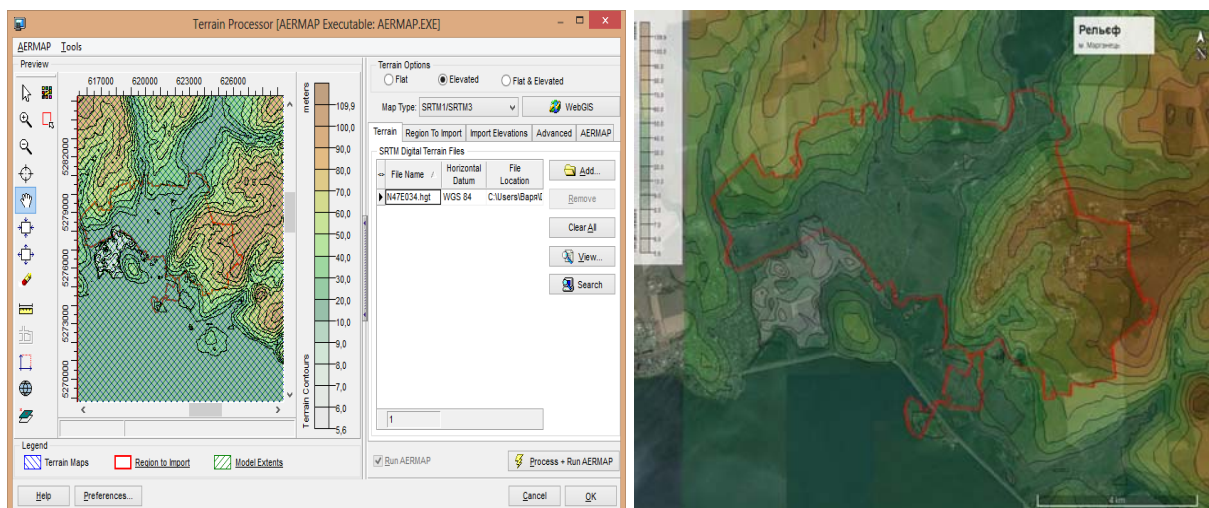


Рисунок 4.1 – Приклади фізико-географічної характеристики досліджуваних промислових міст

Під час аналізу метеорологічної ситуації на території дослідження мм. Кам'янське, Марганець, Жовті води у 2018 році, встановлено, що переважаючими аеронавігаційними напрямками вітру (куди дмуть вітри) у м. Кам'янське є південно-східний та південно-західний із середньою швидкістю від 3,6 до 5,7 м/с; у м. Марганець – південно-східний та південний із середньою швидкістю від 3,0 до 4,0 м/с; у м. Жовті води – південно-західний та південний

із середньою швидкістю від 3,0 до 4,0 м/с, що сприяло розсіюванню ЗР від стаціонарних джерел у відповідних напрямках територій дослідження.

Встановлені характеристики землекористування територій досліджень, зокрема, різних типів забудови, рослинності, гідрографії та ін., відповідно до класифікатора USGS, що було використано як вхідна інформація (через певні коефіцієнти).

Топографічні дані, отримані на основі даних радарної топографічної зйомки (створені ЦМР), показали, що висотні відмітки рельєфу над рівнем моря в системі координат WGS-84 для досліджуваних територій м. Кам'янське коливаються в межах від 51 до 177 м над рівнем моря (рельєф в межах зони ймовірного впливу є рівнинним з високим правим берегом р. Дніпро та нижчим лівим); м. Марганець – від 10 до 101 м (рельєф для даної території в межах зони впливу є рівнинним з нахилом у південно-західному напрямку); м. Жовті води – від 94 до 155 м (рельєф для даної території в межах зони впливу є рівнинним).

Використовуючи геоінформаційні технології (ArcGIS 10.1), у кожному місті було геокодовано розташування ДВ промислових підприємств, уточнено та прив'язано їх до географічної (геодезичній) системи координат WGS-84 (рис. 4.2, 4.3, 4.4), які було компенсовано даними ДЗЗ високої роздільної здатності (ортофотоплани територій дослідження за матеріалами супутникової зйомки DigitalGlobe / GeoEye Google). В якості вихідних параметрів було проаналізовано генеральні плани міст та територій промислових підприємств; координати прив'язки, характеристики параметрів та режимів роботи стаціонарних ДВ (витяги з таблиць інвентаризації та документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів стаціонарних джерел в атмосферне повітря).

На етапі ідентифікації небезпеки, враховуючи критерії вибору та оцінку токсичності ЗР, що входять до складу емісій стаціонарних джерел забруднення досліджуваних міст [351], [354], було сформовано переліки пріоритетних ЗР,





Рисунок 4.2 – Результати геокодування стаціонарних ДВ промислових об'єктів, м. Кам'янське

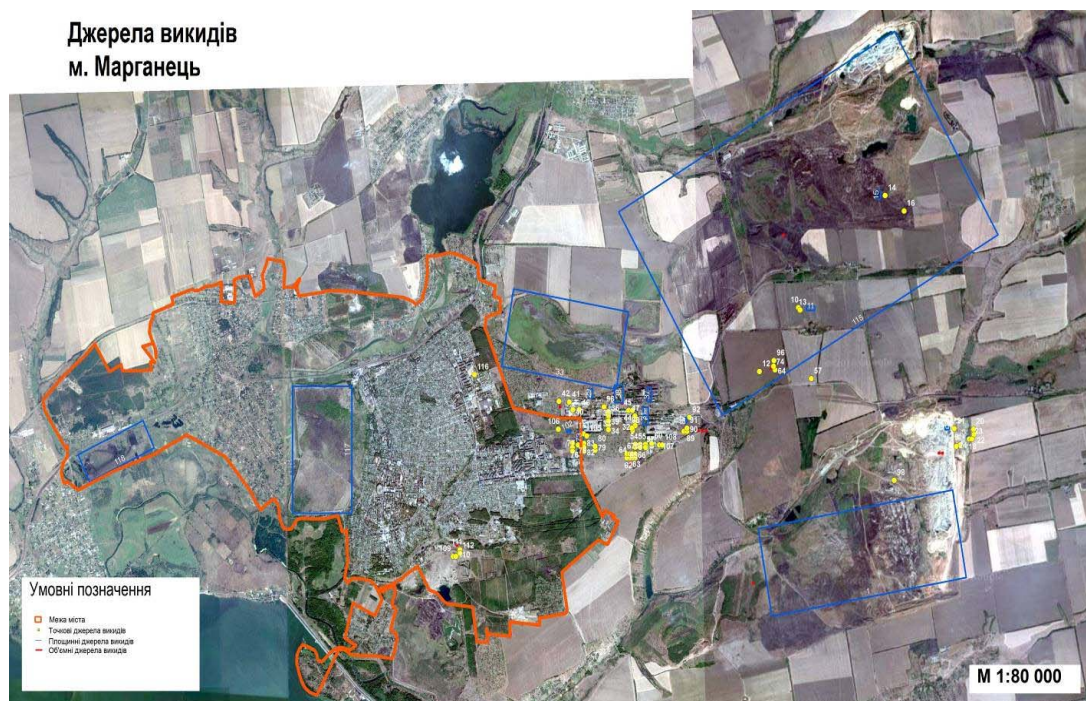


Рисунок 4.3 – Результати геокодування стаціонарних ДВ промислових об'єктів, м. Марганець



Рисунок 4.4 – Результати геокодування стаціонарних ДВ промислових об'єктів, м. Жовті води

необхідних для проведення подальших досліджень оцінок ризику для здоров'я експонованого населення.

До переліку було включено: у м. Кам'янське – 26 хімічних сполук (з них 5 канцерогенів – бенз(а)пірен, бензол, нікель, формальдегід, хром (IV)); у м. Марганець – 7 (з них 1 канцероген – формальдегід); у м. Жовті води – 13 хімічних сполук (з них 4 канцерогени – бензин, нікель, свинець, хром (IV)). У Додатку Г наведено переліки та гігієнічні нормативи оцінки вмісту хімічних речовин в атмосферному повітрі населених місць за вітчизняними та міжнародними критеріями оцінки якості повітря для здоров'я населення [7], [89], [94], [107], [318] – [326].

Для подальших розрахунків усереднених концентрацій ЗР у ПША було використано розрахунковий комплекс ISC-AERMOD View, з врахуванням даних метеорологічних спостережень, топографії та характеристики землекористування [327].



У м. Кам'янське зона дослідження для розрахунків ризику для здоров'я населення та визначення «гарячих точок» (hot spots) від впливу викидів промислових підприємств міста була визначена як територія розміром 21×20 км, з розбивкою сітки на квадрати розміром 1000×1000 м (рис. 4.5) з вузлами у вершинах. Кількість розрахункових вузлів рецепторної сітки – 462.

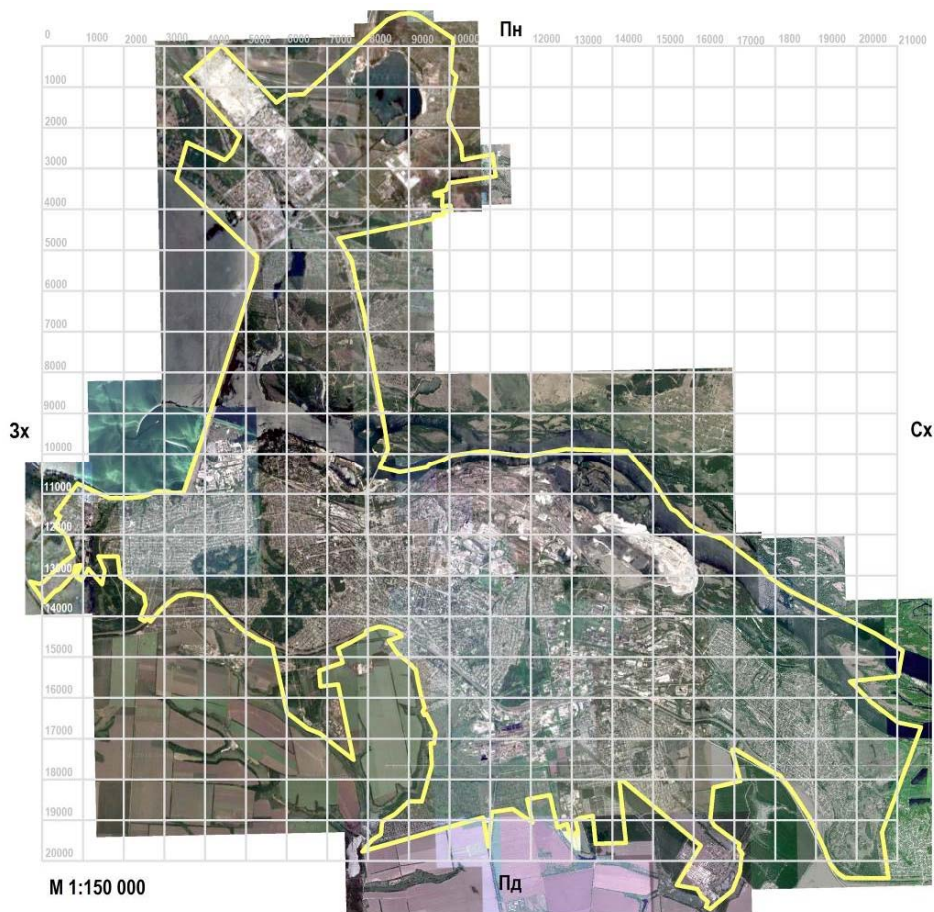


Рисунок 4.5 – Розташування розрахункових вузлів рецепторної сітки у м. Кам'янське

У м. Марганець територія була визначена розміром 11,5×7 км, сітка з розбивкою на квадрати була задана (рис. 4.6) з вузлами у вершинах квадратів розміром 500×500 м – над щільно забудованою частиною міста та 1000×1000 м – над помірно забудованою частиною міста. Кількість розрахункових вузлів рецепторної сітки – 228.



Рисунок 4.6 – Розташування розрахункових вузлів рецепторної сітки у м. Марганець

У м. Жовті води була визначена територія розміром  $6,5 \times 8$  км. Сітка з розбивкою на квадрати була задана (рис. 4.7) з вузлами у вершинах квадратів розміром  $500 \times 500$  м. Кількість розрахункових вузлів рецепторної сітки – 238.

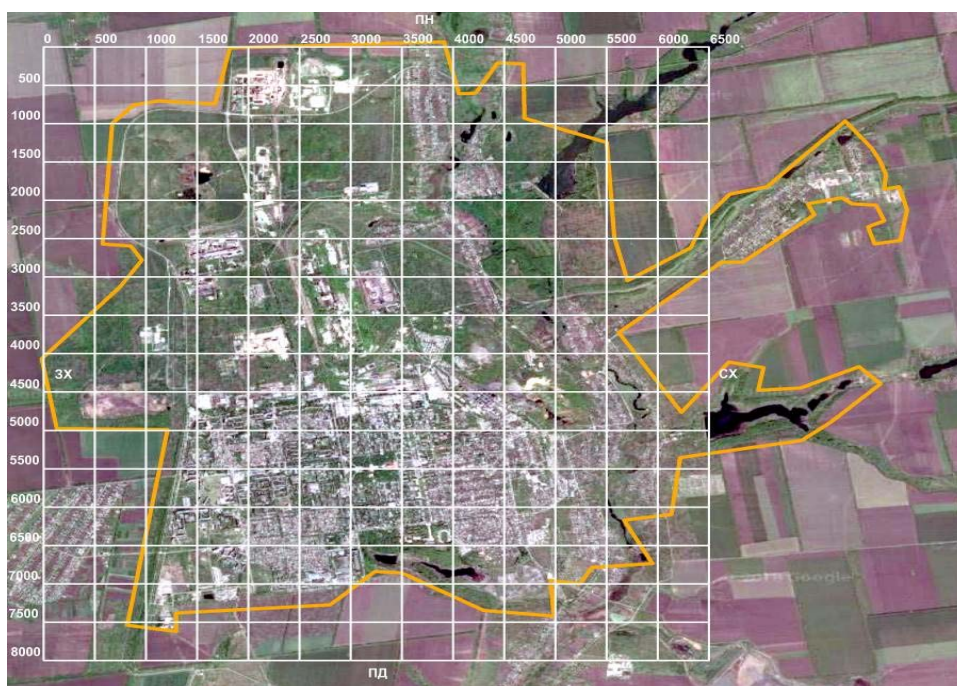


Рисунок 4.7 – Розташування розрахункових вузлів рецепторної сітки у м. Жовті води



В результаті було розраховано усереднені годинні, добові та річні концентрації для 26 ЗР, які формують експозиційні навантаження на здоров'я населення м. Кам'янське; для 7 пріоритетних хімічних речовин – у м. Марганець та для 13 – у м. Жовті води.

Отримані змодельовані усереднені концентрації були порівняні з діючими вітчизняними нормативами (наведені у Додатку Г) [89]. Згідно методології оцінки ризику для оцінки ймовірного впливу промислових підприємств на здоров'я експонованого населення досліджуваних міст при гострому та хронічному інгаляційному впливах пріоритетованих ЗР, отримані рівні усереднених концентрацій (добова та річна) були порівняні з референтними концентраціями (наведені у Додатку Г), що дозволило в подальшому оцінити ризик для здоров'я населення [94], [95]. При цьому, оцінка якості повітря була проведена за умови застосування відповідного найжорсткішого вітчизняного або міжнародного гігієнічного нормативів.

На підставі вищевказаного, отримані рівні усереднених 1-годинних концентрацій ЗР, що викидають промислові підприємства досліджуваних міст, були порівняні з ГДК<sub>м.р.</sub>. В результаті проведених порівнянь встановлено, що у деяких вузлах рецепторної сітки на території м. Кам'янське (на межі житлової забудови та промислової зони), перевищення гігієнічних нормативів спостерігалось для наступних пріоритетованих хімічних сполук: пилу НДЗС – 1,1-16,5 ГДК<sub>м.р.</sub>, азоту діоксиду – 1,1-4,58 ГДК, сірки діоксиду – 1,3-2,89 ГДК<sub>м.р.</sub>, вуглецю оксиду – 1,3-1,5 ГДК<sub>м.р.</sub>, марганцю та його сполук – 1,1-36,7 ГДК<sub>м.р.</sub>, нафталіну – 1,1-36,1 ГДК<sub>м.р.</sub>; для аміаку – 1,2 ГДК<sub>м.р.</sub>, фенолу – 1,3-1,5 ГДК<sub>м.р.</sub>, хрому шестивалентного – 1,4-4,83 ГДК<sub>м.р.</sub>, сірковуглецю – 1,5-4,81 ГДК<sub>м.р.</sub>, фтористого водню – 2,8-3,3 ГДК<sub>м.р.</sub>, фторидів органічних добре розчинних – 1,2-5,8 ГДК<sub>м.р.</sub>, ксилолу – 1,3-17,8 ГДК<sub>м.р.</sub>, толуолу – 2,3-22,7 ГДК<sub>м.р.</sub>, спирту бутилового – 1,3-9,8 ГДК<sub>м.р.</sub>, бутилацетату – 1,1-43,3 ГДК<sub>м.р.</sub>, ацетону – 1,5-11,4 ГДК<sub>м.р.</sub> – в контрольних точках на території промислових зон (рис. 4.8).

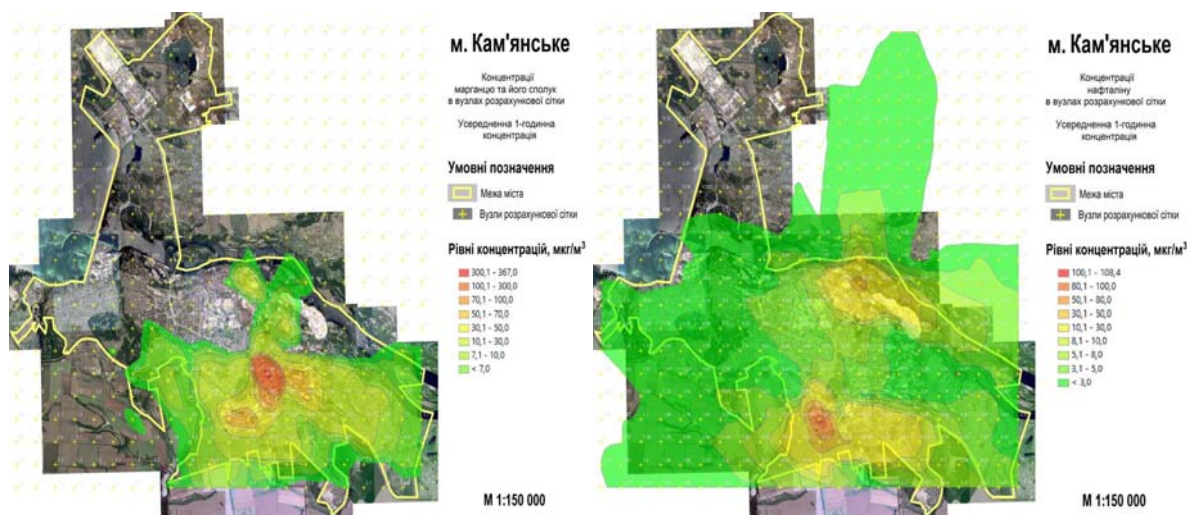


Рисунок 4.8 – Приклад результатів розрахунку розсіювання усереднених 1-годинних концентрацій марганцю та його сполук і нафталіну у вузлах рецепторної сітки, м. Кам'янське

У м. Марганець в результаті проведених порівнянь встановлено, що у вузлах рецепторної сітки не виявлено перевищень гігієнічних нормативів для жодної з пріоритезованих хімічних сполук, окрім пилу НДЗС – 1,1-5,6 ГДК<sub>м.р.</sub> та азоту діоксиду – 1,1-11,5 ГДК ( рис. 4.9).

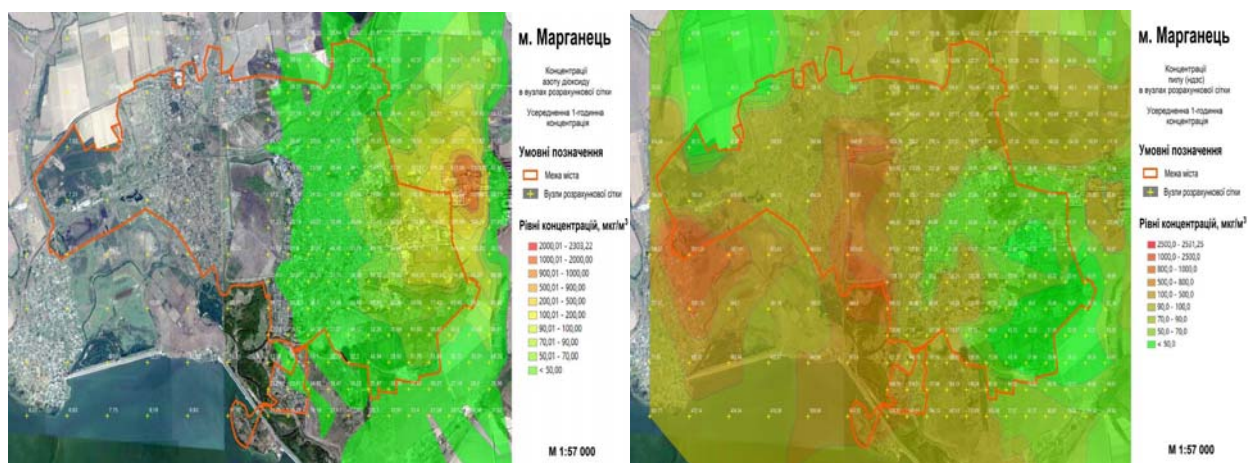


Рисунок 4.9 – Приклад результатів розрахунку розсіювання усереднених 1-годинних концентрацій азоту діоксиду та пилу НДЗС у вузлах рецепторної сітки, м. Марганець

У м. Жовті води в результаті проведених порівнянь перевищень гігієнічних нормативів не визначено для усіх пріоритезованих хімічних сполук (рис. 4.10).

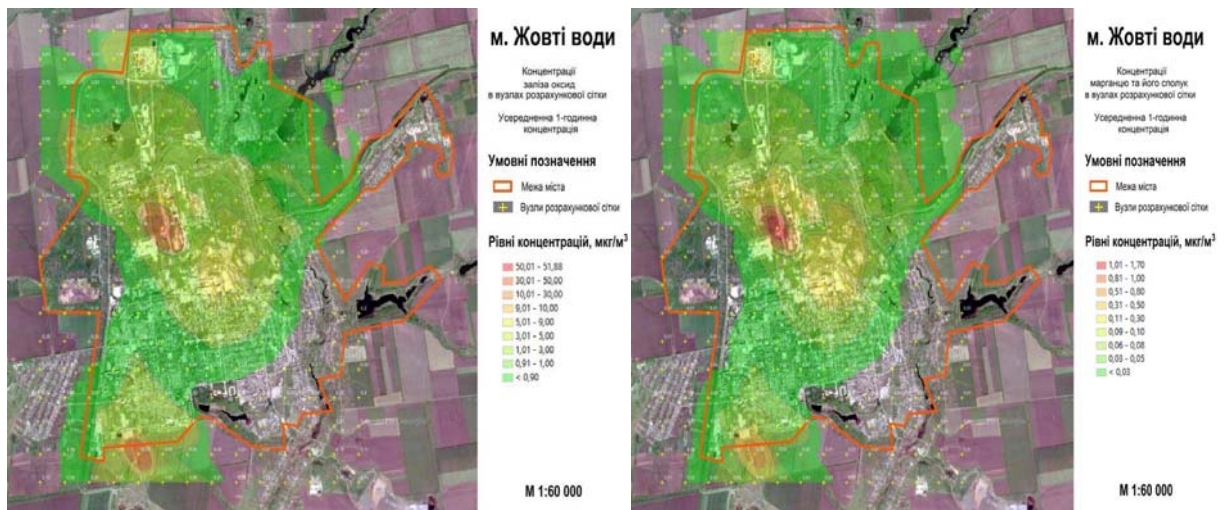


Рисунок 4.10 – Приклад результатів розрахунку розсіювання усереднених 1-годинних концентрацій заліза оксиду та марганцю і його сполук у вузлах рецепторної сітки, м. Жовті води

На наступному етапі виконання НДР розраховані величини усереднених 24-годинних концентрацій були порівняні з ГДК<sub>с.д.</sub> та референтними концентраціями при гострому інгаляційному впливі RfC<sub>acute</sub>. Як вже було зазначено вище, оцінка якості повітря була проведена за умови застосування найжорсткішого вітчизняного або міжнародного гігієнічного нормативів. В результаті проведених порівнянь встановлено, що у вузлах рецепторної сітки м. Кам'янське, перевищення гігієнічних нормативів виявлено для наступних пріоритезованих хімічних сполук, а саме (рис. 4.11): пилу НДЗС – 1,1-5,72 ГДК<sub>с.д.</sub>, азоту діоксиду – 1,1-3,47 ГДК<sub>с.д.</sub>, сірки діоксиду – 1,1-8,12 ГДК<sub>с.д.</sub>, бенз(а)пірену – 1,1-2,7 ГДК<sub>с.д.</sub>, марганцю та його сполук – 1,1-99,8 ГДК<sub>с.д.</sub>, нафталіну – 1,1-4,5 ГДК<sub>с.д.</sub>; для міді оксиду – 1,1-4,0 ГДК<sub>с.д.</sub>, заліза оксиду – 1,7-6,9 ГДК<sub>с.д.</sub>, нікелю оксиду – 1,1-10,3 ГДК<sub>с.д.</sub>, хрому шестивалентного – 1,1-1,8 ГДК<sub>с.д.</sub>, сірковуглецю – 1,5-4,3 ГДК<sub>с.д.</sub>, фтористого водню – 2,9-4,2 ГДК<sub>с.д.</sub>, фторидів органічних добре розчинних – 6,4 ГДК<sub>с.д.</sub>, фенолу – 1,3 ГДК<sub>с.д.</sub>,



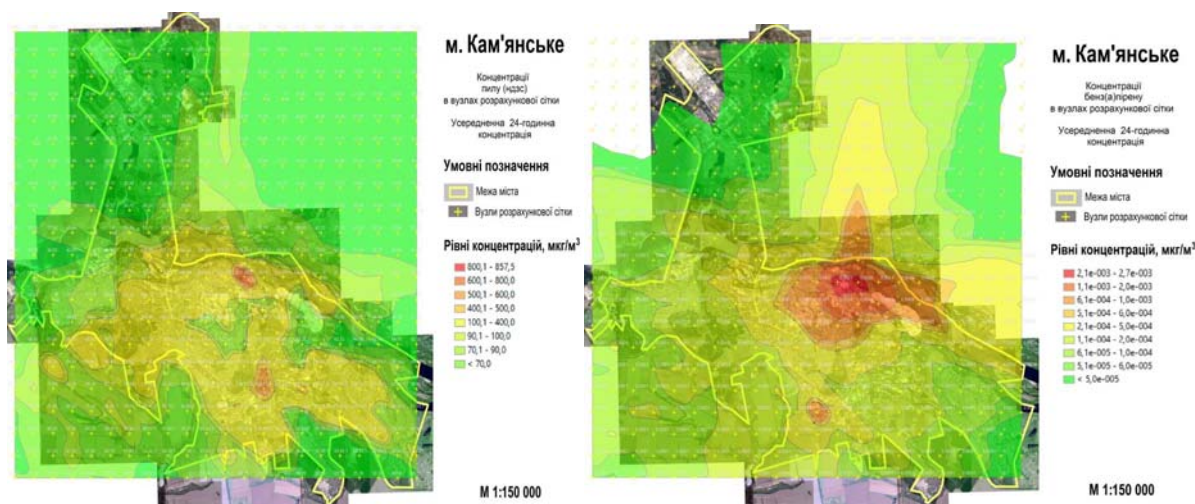


Рисунок 4.11 – Приклад результатів розрахунку розсіювання усереднених 24-годинних концентрацій пилу НДЗС та бенз(а)пірену у вузлах рецепторної сітки, м. Кам'янське

ацетону – 2,1 ГДК<sub>с.д.</sub>, формальдегіду – 1,94 ГДК<sub>с.д.</sub>, ксилолу – 4,6 ГДК<sub>с.д.</sub>, толуолу – 5,9 ГДК<sub>с.д.</sub>, спирту бутилового – 2,53 ГДК<sub>с.д.</sub>, бутилацетату – 11,2 ГДК<sub>с.д.</sub>, сірководню – 1,2-1,95 ГДК<sub>с.д.</sub> – в контрольних точках на територіях промислових зон. У м. Марганець, перевищень гігієнічних нормативів не виявлено для жодної з пріоритезованих хімічних сполук, окрім: пилу НДЗС – 1,1-3,04 ГДК<sub>с.д.</sub>, азоту діоксиду – 1,2-12,7 ГДК<sub>с.д.</sub> (рис. 4.12). У м. Жовті води, перевищень не визначено (рис. 4.13).

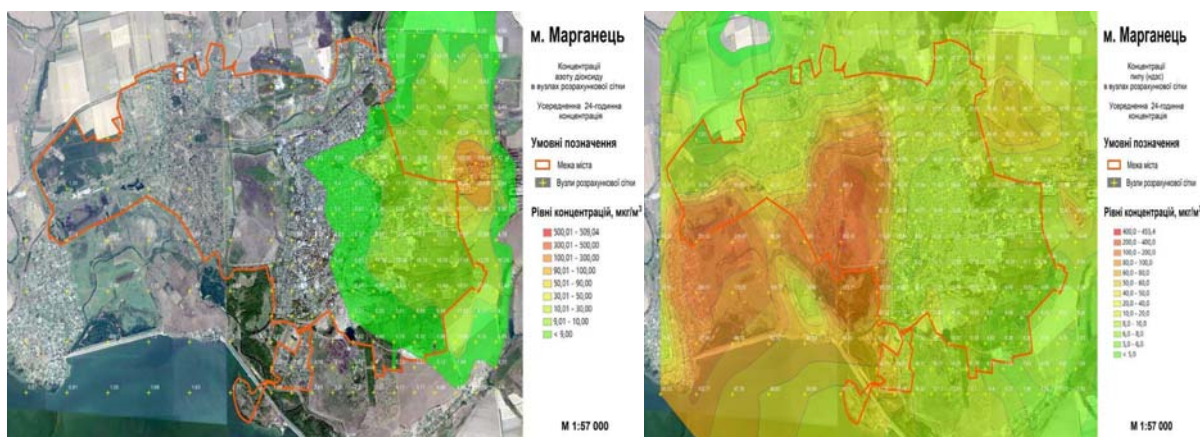


Рисунок 4.12 – Приклад результатів розрахунку розсіювання усереднених 24-годинних концентрацій азоту діоксиду та пилу НДЗС у вузлах рецепторної сітки, м. Марганець

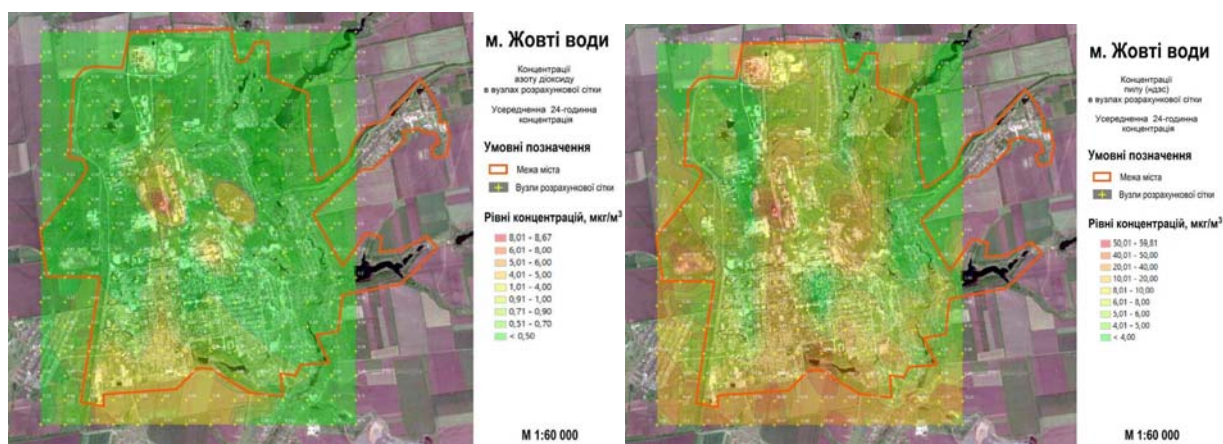


Рисунок 4.13 – Приклад результатів розрахунку розсіювання усереднених 24-годинних концентрацій азоту діоксиду та пилу НДЗС у вузлах рецепторної сітки, м. Жовті води

Під час оцінок хронічних інгаляційних впливів на здоров'я населення на рівні усередненої річної концентрації у м. Кам'янське було виявлено перевищення референтних концентрацій/доз у вузлах рецепторної сітки для викидів марганцю та його сполук – 1,1-183,44  $RfC_{ch}$ ; для пилу НДЗС – 1,1  $RfC_{ch}$ , сірки діоксиду – 1,3  $RfC_{ch}$ , сірководню – 1,24  $RfC_{ch}$ , міді оксиду – 1,6-43,2  $RfC_{ch}$ , нікелю оксиду – 1,8-14,9  $RfC_{ch}$ , хрому шестивалентного - 1,3-5,6  $RfC_{ch}$ , ксилолу – 1,1-1,3  $RfC_{ch}$  – в контрольних точках на територіях промислових зон (рис. 4.14).

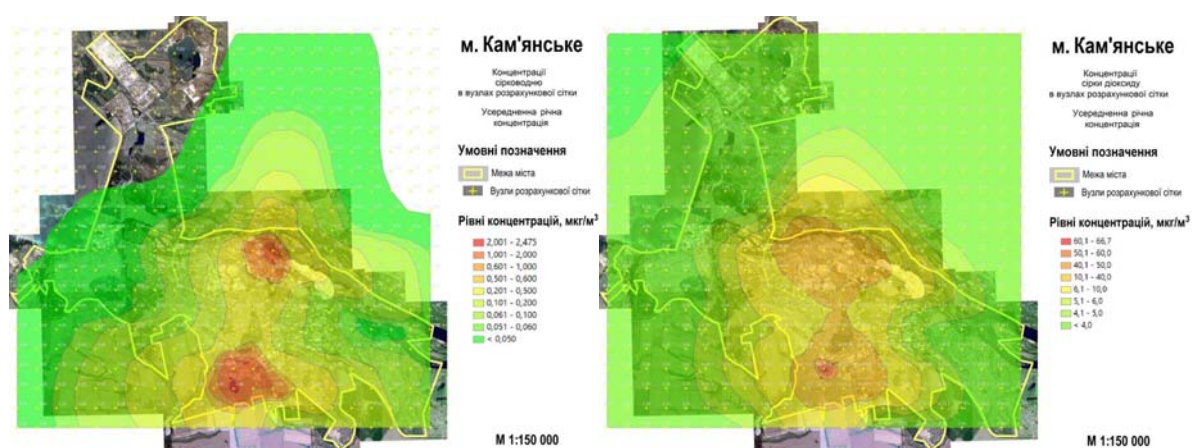


Рисунок 4.14 – Приклад результатів розрахунку розсіювання усереднених річних концентрацій сірководню та сірки діоксиду у вузлах рецепторної сітки, м. Кам'янське



У м. Марганець для викидів марганцю та його сполук та азоту діоксиду, відповідно – 1,3-5,8 RfC<sub>ch</sub> та 1,6 RfC<sub>ch</sub> (рис. 4.15).

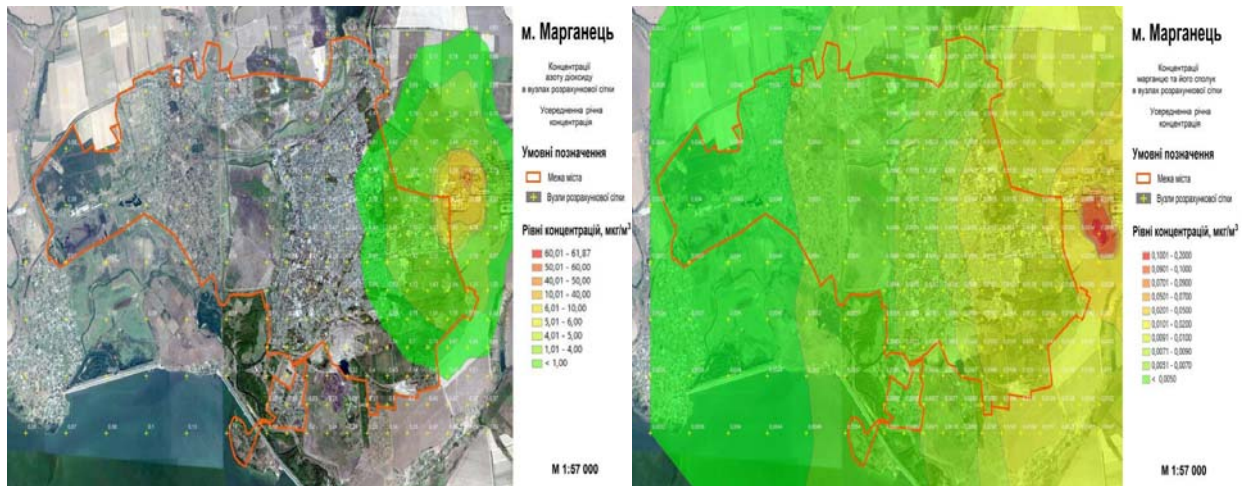


Рисунок 4.15 – Приклад результатів розрахунку розсіювання усереднених річних концентрацій азоту діоксиду та марганцю і його сполук у вузлах рецепторної сітки, м. Марганець

У м. Жовті води – лише для марганцю та його сполук в одній рецепторній точці, яка розташована в промисловій зоні (рис. 4.16).

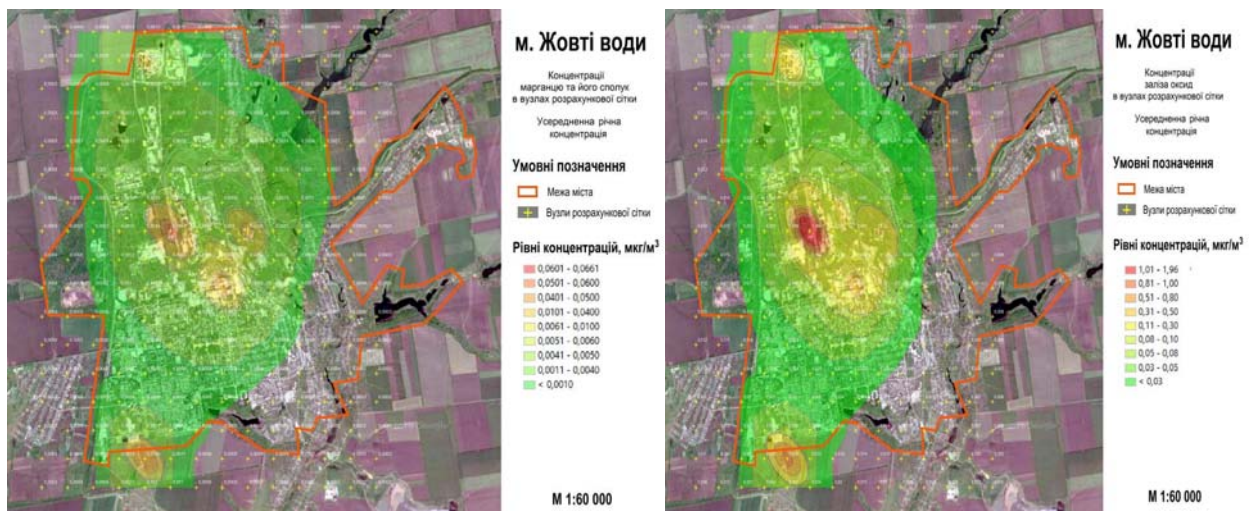


Рисунок 4.16 – Приклад результатів розрахунку розсіювання усереднених річних концентрацій марганцю і його сполук та заліза оксиду у вузлах рецепторної сітки, м. Жовті води

Для інших пріоритетних забруднюючих речовин перевищень гігієнічних нормативів у вузлах рецепторної сітки (і там де, проживає населення) не виявлено.

Аналізуючи вищевикладене, можна зробити наступні висновки, що населення (житлова забудова м. Кам'янське та м. Марганець), яке проживає в зоні впливу викидів промпідприємств, з огляду на результати розрахунку розсіювання усереднених концентрацій ЗР (1-годинних, 24-годинних та річних) у ПША, зазнаватиме небезпечного інгаляційного (гострий та хронічний) впливу. У м. Жовті води вплив викидів промпідприємств за результатами розсіювання усереднених концентрацій ЗР у ПША не створюватиме небезпечного інгаляційного (гострий та хронічний) впливу на здоров'я експонованого населення.

На основі розрахованих рівнів експозиції були визначені характеристики ризику від забруднення атмосферного повітря у розрахункових вузлах рецепторної сітки досліджуваних міст, які включали розрахунки [94], [97]: неканцерогенних ризиків у вигляді коефіцієнтів небезпеки (HQ) для окремих речовин та сумарно (HI); індивідуальних та сумарних канцерогенних ризиків (ICR; ICR<sub>total</sub>); індивідуального ризику смерті від викидів пилу з діаметром часток менше 10 мкм (IRM).

У м. Кам'янське, проведені розрахунки рівнів неканцерогенного ризику (HQ) при оцінках гострих (на рівні усередненої добової концентрації; HQ<sub>acute</sub>) та хронічних (на рівні усередненої річної концентрації; HQ<sub>chronic</sub>) інгаляційних впливів для окремих ЗР та сумарно (HI) від 26 пріоритетних хімічних речовин на здоров'я експонованого населення показали, що коефіцієнти небезпеки у вузлах рецепторної сітки перевищують (HQ $\geq$ 1) та ризик для здоров'я експонованого населення є недопустимим майже по всій території міста (рис. 4.17, 4.18). Зокрема, від викидів пилу НДЗС (HQ<sub>acute</sub> = 1,1÷5,7; HQ<sub>chronic</sub> = 1,1), азоту діоксиду (HQ<sub>acute</sub> = 1,1÷3,5), сірки діоксиду (HQ<sub>acute</sub> = 1,1÷8,1; HQ<sub>chronic</sub> = 1,1÷1,3), бенз(а)пірену (HQ<sub>acute</sub> = 1,1÷2,7), марганцю та його сполук (HQ<sub>acute</sub> = 1,1÷99,8;

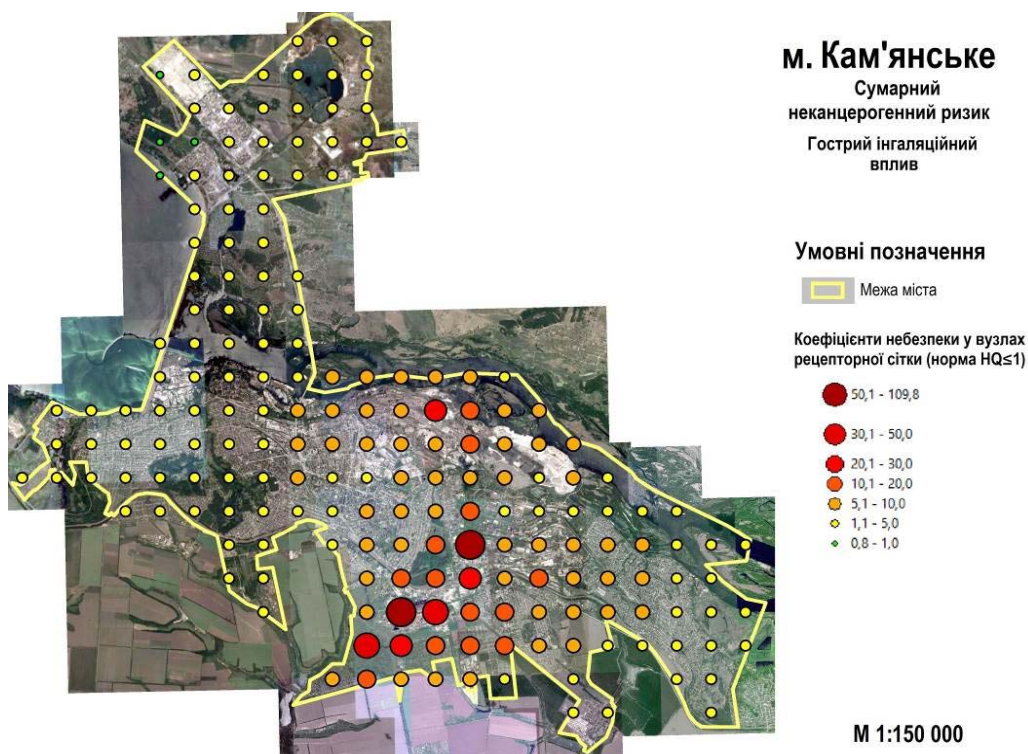


Рисунок 4.17 – Розрахунки рівнів сумарного неканцерогенного ризику (НІ) при оцінках гострих інгаляційних впливів ЗР, м. Кам'янське

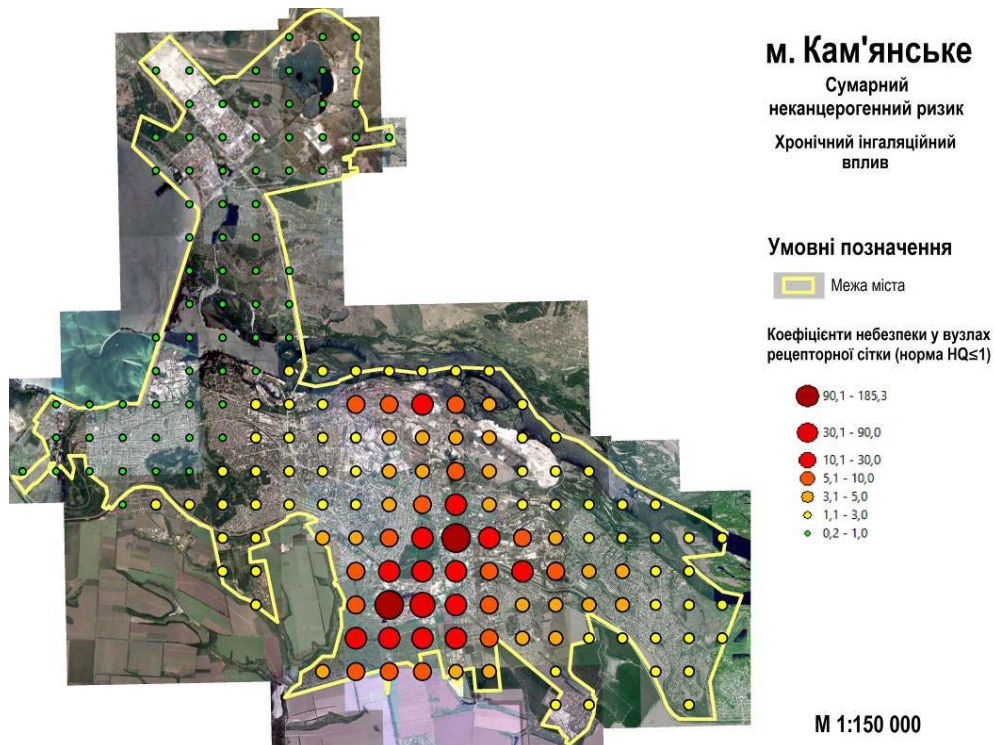


Рисунок 4.18 – Розрахунки рівнів сумарного неканцерогенного ризику (НІ) при оцінках хронічних інгаляційних впливів ЗР, м. Кам'янське



$HQ_{\text{chronic}} = 1,1 \div 183,4$ ), нафталіну ( $HQ_{\text{acute}} = 1,1 \div 4,5$ ), сірководню ( $HQ_{\text{acute}} = 1,2 \div 1,9$ ;  $HQ_{\text{chronic}} = 1,2$ ), ксилолу ( $HQ_{\text{acute}} = 4,6$ ;  $HQ_{\text{chronic}} = 1,1 \div 1,3$ ), міді оксиду ( $HQ_{\text{acute}} = 1,1 \div 4,0$ ;  $HQ_{\text{chronic}} = 1,6 \div 43,2$ ), нікелю оксиду ( $HQ_{\text{acute}} = 1,1 \div 10,3$ ;  $HQ_{\text{chronic}} = 1,8 \div 14,9$ ), хрому шестивалентного ( $HQ_{\text{acute}} = 1,1 \div 1,8$ ;  $HQ_{\text{chronic}} = 1,3 \div 5,6$ ), заліза оксиду ( $HQ_{\text{acute}} = 1,7 \div 6,9$ ), фенолу ( $HQ_{\text{acute}} = 1,3$ ).

Такі рівні неканцерогенного ризику ( $HQ > 3$ ) характеризуються як помірні. У населення (в т.ч. чутливих груп – діти, вагітні жінки та люди похилого віку) на їх фоні можуть спостерігатися слабкі ефекти з боку здоров'я.  $HQ > 6$  характеризуються як високі – у населення можуть спостерігатися виражені ефекти та дуже високі ризики ( $HQ > 10$ ) – характеризуються прогресуючими ефектами (у населення в цілому), що вимагає розробки заходів щодо зниження експозиції та запобігання цим ефектам [97], [353].

Проведені розрахунки рівнів неканцерогенного ризику ( $HQ$ ) у м. Марганець при оцінках гострих та хронічних інгаляційних впливів для окремих ЗР та сумарно від 7 пріоритетних хімічних речовини на здоров'я експонованого населення показали, що коефіцієнти небезпеки у вузлах рецепторної сітки перевищують допустимі рівні ( $HQ \geq 1$ ) та ризик для здоров'я експонованого населення є недопустимим (рис. 4.19, 4.20), зокрема – від викидів пилу НДЗС ( $HQ_{\text{acute}} = 1,1 \div 3,0$ ), марганцю та його сполук ( $HQ_{\text{chronic}} = 1,3 \div 5,8$ ) та азоту діоксиду ( $HQ_{\text{acute}} = 1,2 \div 12,7$ ;  $HQ_{\text{chronic}} = 1,6$ ).

У м. Жовті води виконані обчислення рівнів неканцерогенного ризику (при гострих та хронічних впливах) на здоров'я експонованого населення, показали, що коефіцієнти небезпеки у вузлах рецепторної сітки (у рецепторних точках, де проживає населення) не перевищують допустимий рівень ризику ( $HQ \leq 1$ ). Сумарний неканцерогенний ризик (рис. 4.21, 4.22) від викидів усіх пріоритезованих хімічних речовин є недопустимим лише в одній рецепторній точці, яка розташована у промисловій зоні міста. Перевищення обумовлені викидами марганцю та його сполук, пилу НДЗС та заліза оксиду.

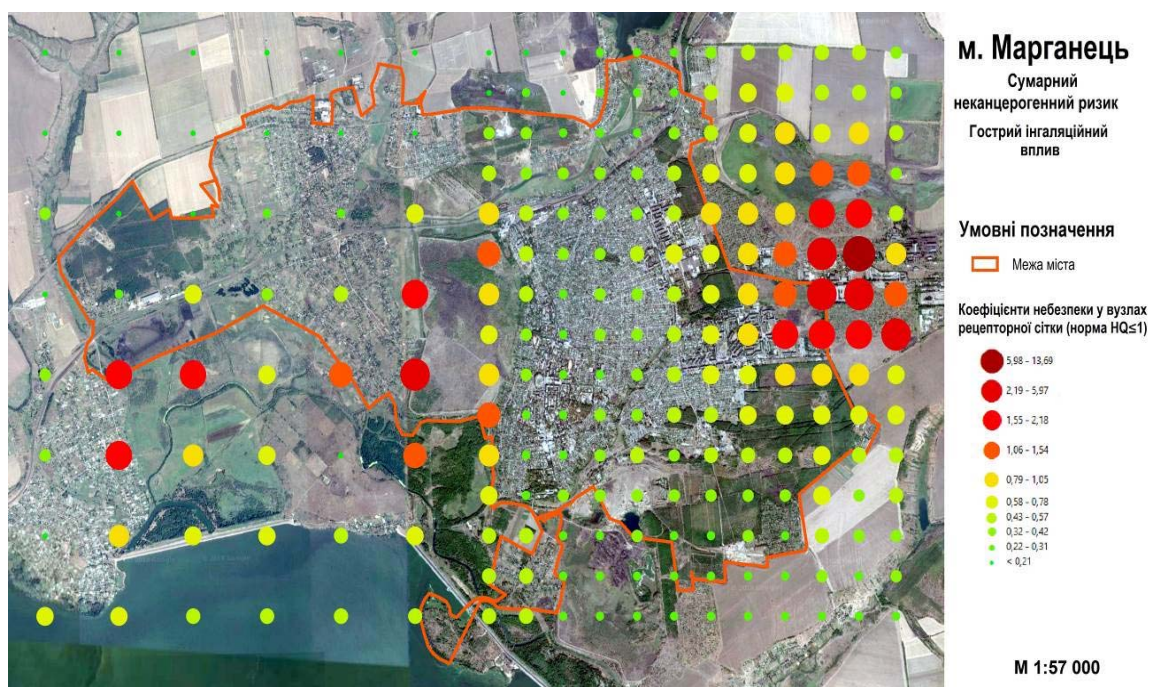


Рисунок 4.19 – Розрахунки рівнів сумарного неканцерогенного ризику (НІ) при оцінках гострих інгалаційних впливів ЗР, м. Марганець

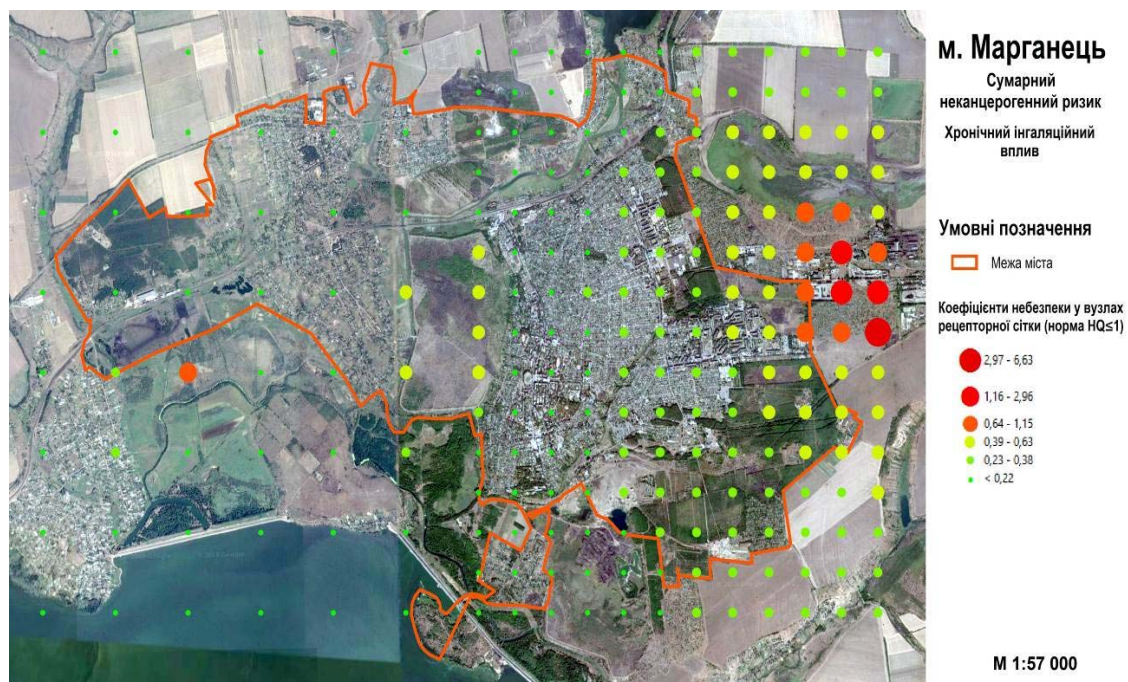


Рисунок 4.20 – Розрахунки рівнів сумарного неканцерогенного ризику (НІ) при оцінках хронічних інгалаційних впливів ЗР, м. Марганець



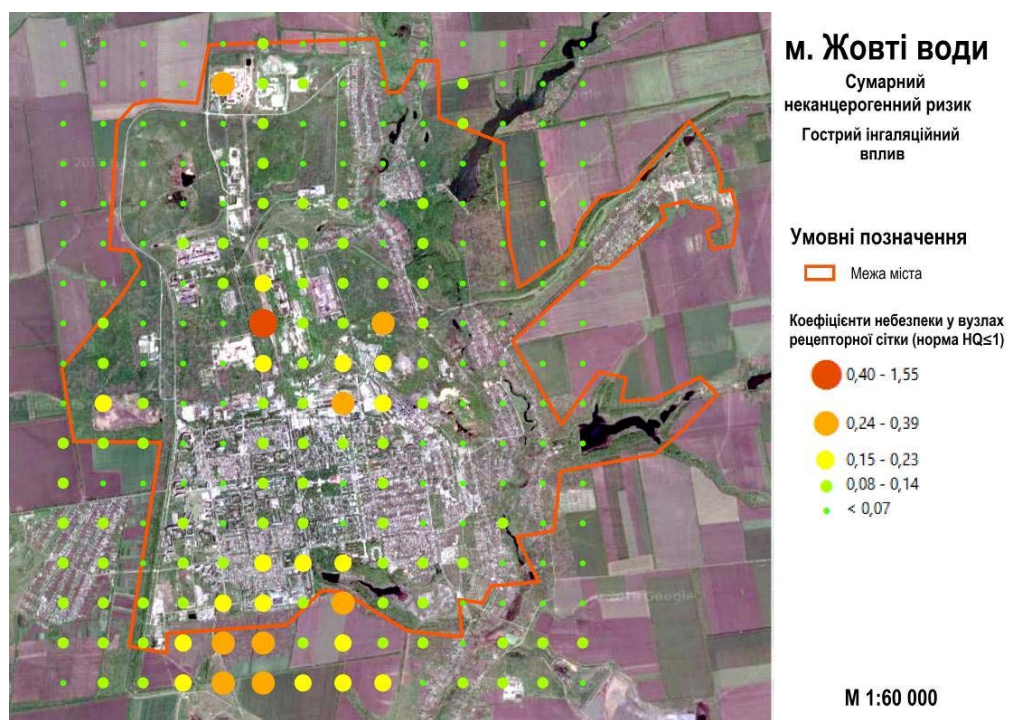


Рисунок 4.21 – Розрахунки рівнів сумарного неканцерогенного ризику (НІ) при оцінках гострих інгаляційних впливів ЗР, м. Жовті води

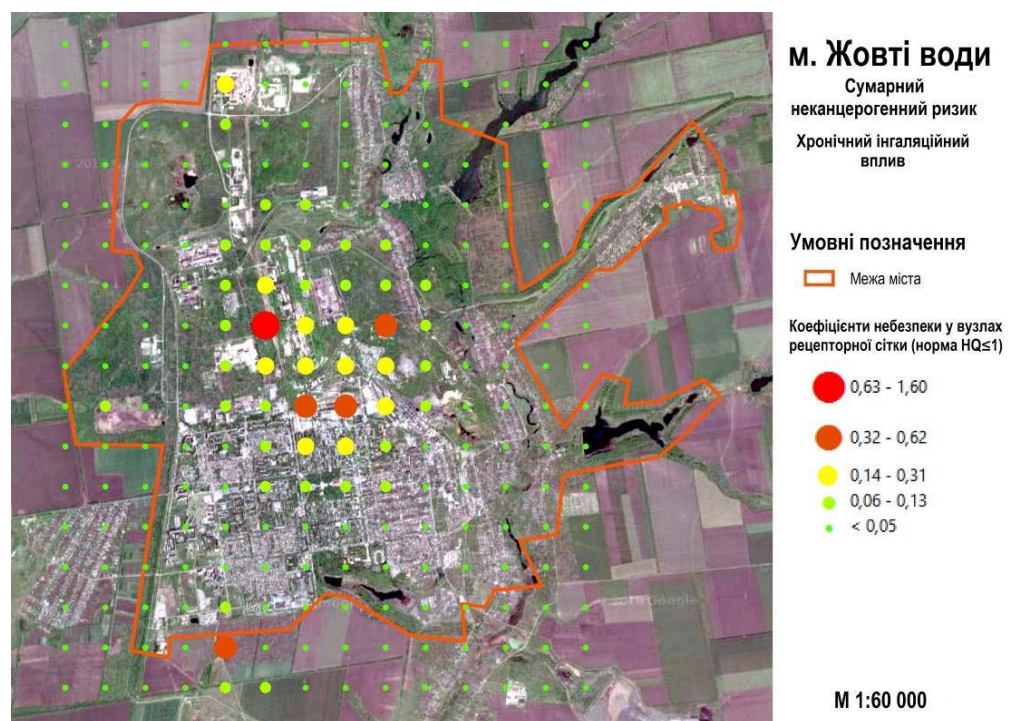


Рисунок 4.22 – Розрахунки рівнів сумарного неканцерогенного ризику (НІ) при оцінках хронічних інгаляційних впливів ЗР, м. Жовті води

Під час аналізу рівнів забруднення атмосферного повітря пріоритезованими хімічними канцерогенами, які входять до складу викидів стаціонарних джерел промислових підприємств досліджуваних міст, було встановлено, що рівні індивідуального канцерогенного ризику ( $ICR_{total}$ ) протягом всього життя людини коливаються в наступних межах у:

- м. Кам'янське у розрахункових вузлах рецепторної сітки для бензолу ( $ICR=2,4 \times 10^{-6} \div 7,7 \times 10^{-4}$ ), нікелю ( $ICR=1,1 \times 10^{-6} \div 1,4 \times 10^{-4}$ ), хрому (IV) ( $ICR=8,9 \times 10^{-6} \div 2,3 \times 10^{-3}$ ), формальдегіду ( $ICR=9,5 \times 10^{-9} \div 4,1 \times 10^{-5}$ ), бенз(а)пірену ( $ICR=5,7 \times 10^{-9} \div 9,5 \times 10^{-7}$ );
- м. Марганець для формальдегіду ( $ICR=9,7 \times 10^{-13} \div 6,1 \times 10^{-10}$ );
- м. Жовті води для нікелю ( $ICR=1,6 \times 10^{-9} \div 1,2 \times 10^{-6}$ ), бензину ( $ICR=8,5 \times 10^{-7} \div 6,9 \times 10^{-5}$ ), хрому (VI) ( $ICR=1,8 \times 10^{-7} \div 3,7 \times 10^{-5}$ ), свинцю та його сполук ( $ICR=2,0 \times 10^{-10} \div 2,1 \times 10^{-8}$ ).

Таким чином, розрахований сумарний канцерогенний ризик ( $ICR_{total}$ ) протягом всього життя людини від викидів пріоритезованих канцерогенів у розрахункових вузлах рецепторної сітки на територіях дослідження коливається в межах:

- м. Кам'янське (в основному за рахунок викидів бензолу, хрому (VI) та бенз(а)пірену) –  $ICR_{total}=1,8 \times 10^{-7} \div 2,9 \times 10^{-3}$ . Такі рівні канцерогенного ризику ( $1 \times 10^{-4} < ICR_{total} < 1 \times 10^{-3}$ ), характеризуються як допустимі для професійних контингентів та недопустимі для населення в цілому.
- м. Жовті води –  $ICR_{total}=1,8 \times 10^{-6} \div 9,4 \times 10^{-5}$ . Такі рівні ризику (протягом життя  $1 \times 10^{-6} < ICR_{total} < 1 \times 10^{-4}$ ) відповідають зоні умовно прийняттого (допустимого) ризику та потребують постійного контролю з боку контролюючих органів щодо дотримання потужностей викидів та технологічних режимів роботи обладнання підприємств.
- м. Марганець –  $ICR_{total}=9,7 \times 10^{-13} \div 6,1 \times 10^{-10}$  (мінімальні ризики  $ICR_{total} < 1 \times 10^{-6}$  для експонованого населення).

Виходячи з представлених вище досліджень та обґрунтованості

визначення пилу НДЗС, як основного забрудника досліджуваних промислових міст, додатково були проведені дослідження щодо оцінок впливу мілкодисперсного пилу ( $PM_{10}$ ) на здоров'я експонованого населення м. Кам'янське, Марганець та Жовті води. Розрахунки показали, що рівні індивідуального ризику смерті (IRM) для  $PM_{10}$  у рецепторних вузлах коливаються в межах –  $IRM=3,5 \times 10^{-5} \div 2,9 \times 10^{-3}$  у м. Кам'янське;  $IRM = 1,4 \times 10^{-5} \div 1,5 \times 10^{-3}$  – у м. Марганець. Такі рівні ризику (відповідно до класифікації ВООЗ) є допустимими для професійних контингентів та недопустимими для проживання населення в цілому [94]. Майже по всій території вище представлених міст спостерігаються рівні ризику від викидів  $PM_{10}$  на рівні –  $n \times 10^{-4}$ .

У м. Жовті води, рівні індивідуального ризику смерті (IRM) для фракції пилу з діаметром часток менше 10 мкм у рецепторних вузлах, де проживає населення, коливаються в межах –  $IRM = 5,4 \times 10^{-6} \div 9,8 \times 10^{-5}$ . Такі рівні індивідуального ризику смерті належать зоні умовно прийняттого (допустимого) ризику.

На підставі проведених досліджень рекомендовано організувати у м. Кам'янське автоматизований моніторинг з обов'язковим включенням до мереж спостережень пилу НДЗС (в т.ч. окремо, для  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ), азоту діоксиду, сірки діоксиду, бенз(а)пірену, вуглецю оксиду, марганцю та його сполук, нафталіну, сірководню, бензолу. Наразі, моніторинг у м. Кам'янське (інструментальні заміри) проводиться за викидами пилу НДЗС, азоту діоксиду, сірки діоксиду, вуглецю оксиду, сірководню, аміаку, фенолу та формальдегіду на 3 неавтоматизованих постах спостережень (на 2-ох автоматизованих проводиться моніторинг радіоактивних забруднень, гамма-фону та аерозолів).

У м. Марганець доцільно організувати спостереження за викидами пилу НДЗС (в т.ч. окремо, для  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ), азоту діоксиду та марганцю і його сполук; у м. Жовті води – пилу НДЗС (в т.ч. окремо, для  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ) та марганцю і його сполук [353].

Також, відповідно до виконання Україною вимог щодо Асоціації з ЄС (імплементация Директив ЄС 2008/50/ЄС; 2004/107/ЄС) та Постанови КМУ від 14.08.2019 р. за №827, враховуючи результати оцінки ризику, було рекомендовано додатково включити до системи моніторингу в м. Кам'янське спостереження за викидами важких металів (мідь, нікель, хром, залізо) та озону; м. Марганець – вуглецю оксиду, сірки діоксиду та озону; м. Жовті води – вуглецю оксиду, сірки діоксиду, азоту діоксиду, озону, радіонуклідів – відходів уранового виробництва (радіонукліди уранового та торієвого рядів, враховуючи багаторічні дослідження, які були проведені фахівцями ДУ «ІГЗ НАМНУ» в рамках науково-дослідних робіт); від викидів автотранспорту в усіх містах – формальдегіду та вуглеводнів.

Що стосується питання організації кількості АПС, то аналіз був проведений відповідно до РД 52.04.186-89 та Директиви ЄС 2008/50/ЄС [54], [112]. Наприклад, у м. Кам'янське, згідно РД, необхідно встановлювати від трьох до п'яти постів спостереження (два АПС, відповідно до Директиви); мм. Марганець та Жовті води – один пост спостережень як, відповідно до РД, так і Директиви. Проведений аналіз доводить неможливість «сліпого» використання європейських вимог на території України, особливо в промислових містах, які характеризуються зосередженням великої кількості промислових підприємств, навіть у невеликих містах з населенням до 50 тисяч осіб. В першу чергу, це обумовлено варіабельністю просторового поширення забруднення навколо промислових підприємств на значні відстані та щільністю проживання населення в зонах їх впливу.

Таким чином, виходячи з отриманих результатів оцінки ризику для здоров'я населення (на підставі визначених «гарячих точок» (hot spot)) з обов'язковою прив'язкою до місць найвищої щільності проживання населення та розташування закладів освіти було рекомендовано встановити у (рис. 4.23): м. Кам'янське – сім АПС, при цьому на п'яти наявних організувати автоматизований моніторинг (за рекомендованими ЗР) та додати два АПС, відповідно по вул. Генерала Глаголева, 22 (дитячий садок №5 «Дніпряночка») та



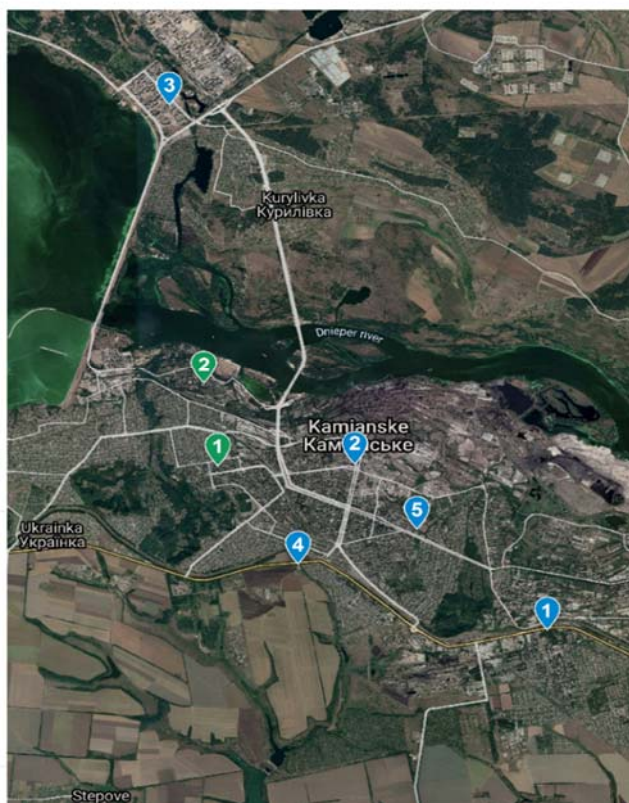
## м. Кам'янське

### Існуючі ПС

- 1 - АПК №2  
(неавтоматизований), вул.  
Січеславський шлях, 77 В
- 2 - АПК №4  
(неавтоматизований) просп.  
Свободи, 28 А
- 3 - АПК №10  
(неавтоматизований), вул.  
Перемоги, 29 Г
- 4 - АПК №5  
(автоматизований), вул.  
Дорожня
- 5 - АПК №8  
(автоматизований), вул.  
Аношкіна, 107 Б

### Рекомендовані до встановлення ПС

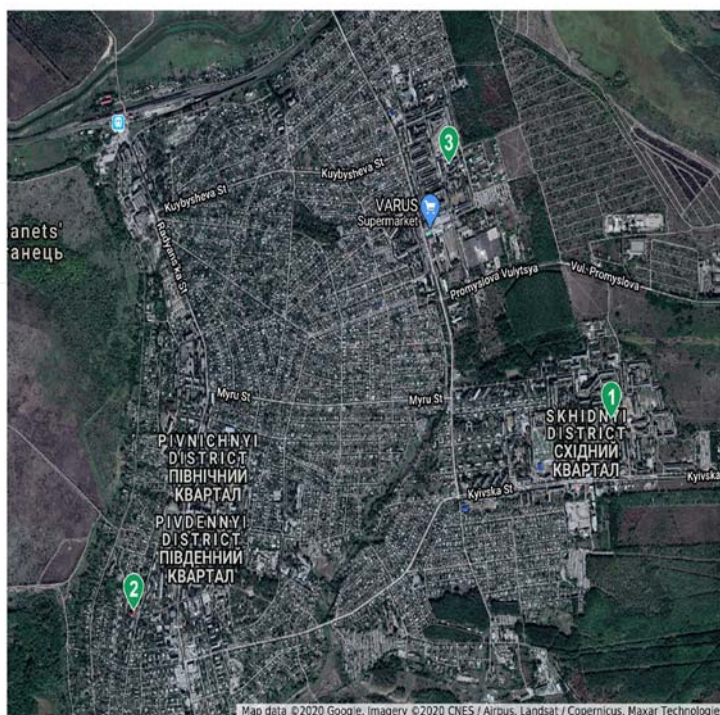
- 1 - ПАС1-К в будівлі дитячого садка №5 «Дніпряночка», вул. Генерала Глаголєва, 22.
- 2 - ПАС2-К в будівлі загальноосвітньої школи №33, вул. Освітня, 19.



## м. Марганець

### Рекомендовані до встановлення ПС

- 1 - ПАС1-М, вул.  
Перспективна, 3а
- 2 - ПАС2-М, вул. Садова, 18
- 3 - ПАС3-М, вул. Ювілейний  
квартал, 17



## м. Жовті води

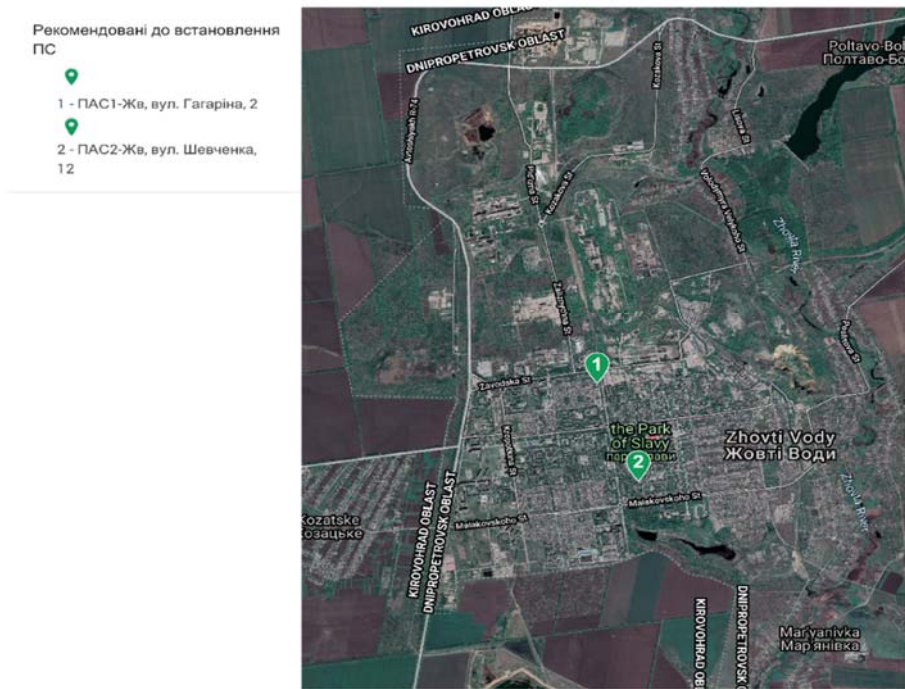


Рисунок 4.23 – Розташування автоматизованих постів спостережень у мм. Кам'янське, Марганець та Жовті води

по вул. Освітня, 19 (загальноосвітня школа №33); м. Марганець – три АПС по вул. Перспективна, 3а (загальноосвітня школа №1), вул. Садова, 18 (загальноосвітня школа №2), вул. Ювілейний квартал, 17 (загальноосвітня школа №9); м. Жовті води – два АПС по вул. Гагаріна, 2 (інформаційно-обчислювальний центр ДП «СхідГЗК»), вул. Шевченка, 12 (загальноосвітня школа №11 НВК «Дивосвіт») [353].

Окрім цього, хотілося б наголосити на обов'язковому включенні до системи моніторингу в усіх містах Дніпропетровської області спостереження за концентраціями пилу НДЗС, а саме – респірабельною фракцією з діаметром часток менше 10 мікрон (окремо, для  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ) та озону в атмосферному повітрі, які на сьогодні представляють найбільшу загрозу для здоров'я населення. Це доводять дослідження проведені в рамках даної роботи, що представлені у наступному підрозділі.



## 4.2 Розширення переліку пріоритетних забруднюючих речовин, що підлягають спостереженню в загальній системі державного моніторингу

Однією з найбільш актуальних і невирішених світових проблем сьогодення є проблема забруднення атмосферного повітря твердими частками пилу ( $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ) та озоном [3], [6], [8]. З метою досягнення Глобальних цілей розвитку та вимог ЄС виникає гостра необхідність щодо розробки науково обґрунтованих методичних підходів до оцінки небезпеки, викликані забрудненням атмосферного повітря викидами  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  та озоном на території України, де першочерговим завданням, має бути організація їх спостереження в загальній системі державного моніторингу та опрацювання критеріїв їх нормування на підставі наявних наукових оцінок [355], [356].

Серію натурних вимірювань рівнів концентрацій  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$  було проведено в автоматизованому режимі на стаціонарному пості спостереження (за адресою: м. Київ, вул. Попудренка, 50), оснащеного газоаналізаторами APDA-371 HORIBA (методи оцінювання відповідають вимогам Постанови КМУ від 14.08.2019 р. за № 827): з січня по грудень у 2018-2019 рр. [294]. В результаті було отримано масив даних безперервних вимірювань (15344 замірів у 2018 р. та 15152 у 2019 р.) концентрацій  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$  з одногодинним усередненням. Для оцінки якості атмосферного повітря від забруднення  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$  використовувалися такі показники, як: середньодобові та середньорічні масові концентрації  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ , кількість днів з перевищенням середньодобових концентрацій твердих часток пилу; гігієнічні нормативи, рекомендовані Директивою 2008/50/ЄС та ВООЗ [355], [357], [358].

За даними проведених натурних досліджень було встановлено (рис. 4.24, 4.25), що рівні середньодобових концентрацій досліджуваних ЗР, відповідно, коливались в наступних діапазонах (min-max):  $PM_{10}$  (від 5,5 до 134,3  $\text{мкг}/\text{м}^3$ ),  $PM_{2.5}$  (від 6,9 до 82,6  $\text{мкг}/\text{м}^3$ ) у 2018 році;  $PM_{10}$  (від 4,9 до 95,5  $\text{мкг}/\text{м}^3$ ),  $PM_{2.5}$  (від 5,8 до 66,0  $\text{мкг}/\text{м}^3$ ) у 2019 році.

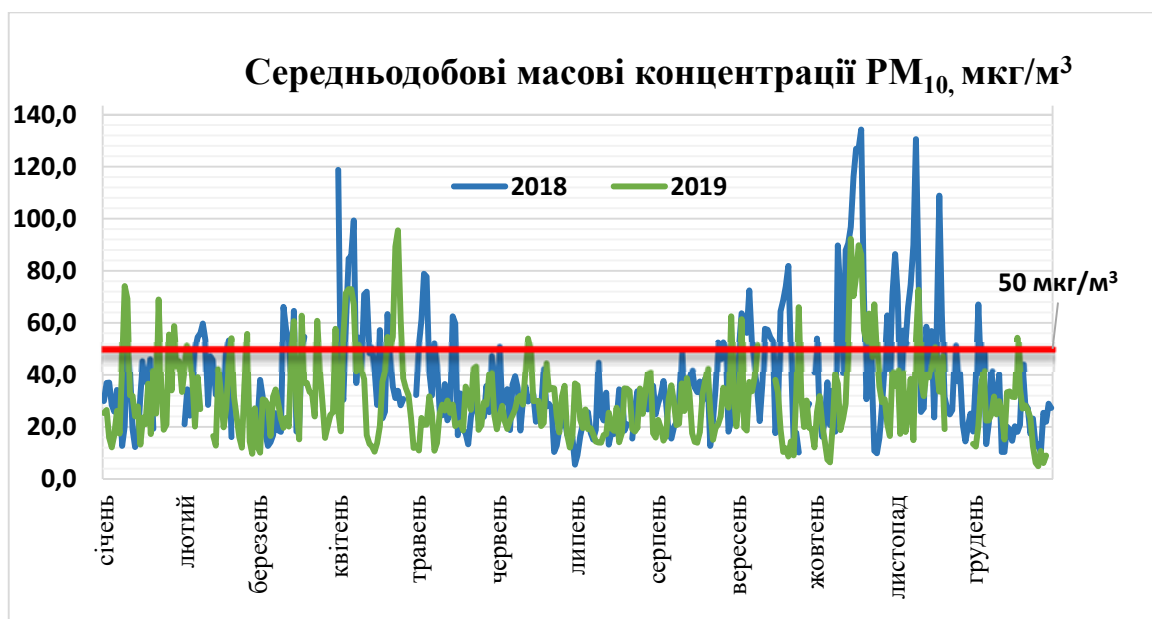


Рисунок 4.24 – Середньодобові масові концентрації  $PM_{10}$  в атмосферному повітрі (січень-грудень 2018-2019 рр.)

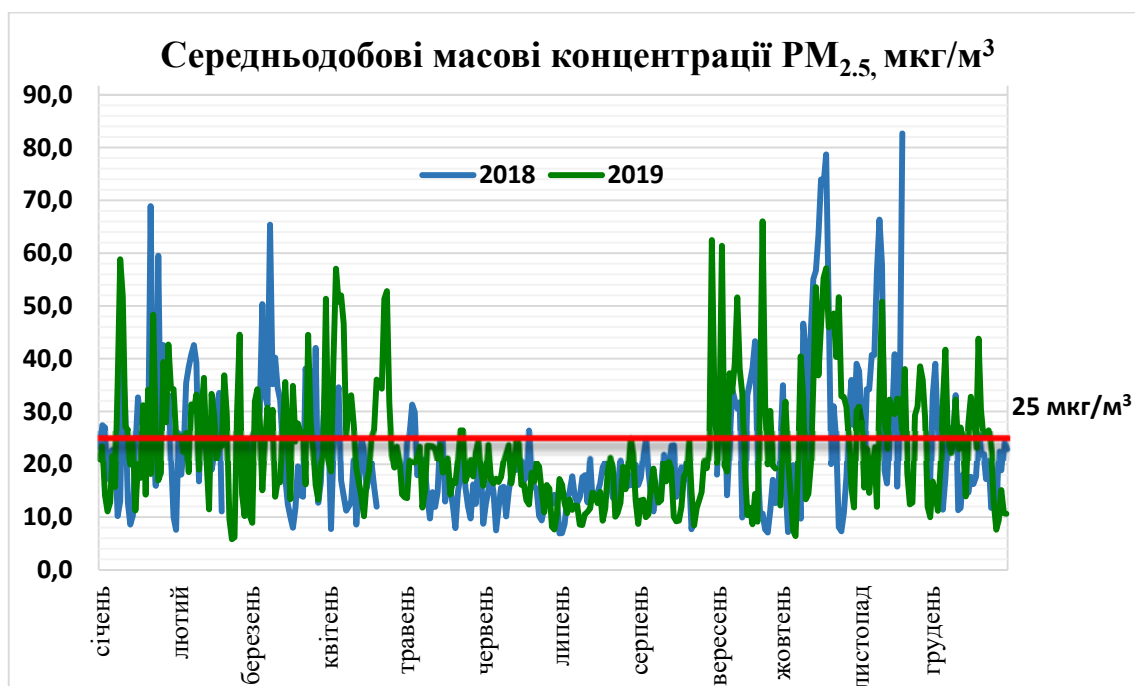


Рисунок 4.25 – Середньодобові масові концентрації  $PM_{2.5}$  в атмосферному повітрі (січень-грудень 2018-2019 рр.)

При усередненні за одну годину протягом доби фіксувалися наступні значення концентрацій: 2018 р. –  $PM_{10}$  (від 1 до 337  $\mu\text{кг}/\text{м}^3$ ),  $PM_{2.5}$  (від 2 до 183  $\mu\text{кг}/\text{м}^3$ ); у 2019 р. –  $PM_{10}$  (від 1 до 389  $\mu\text{кг}/\text{м}^3$ ),  $PM_{2.5}$  (від 1 до 223  $\mu\text{кг}/\text{м}^3$ ).

Максимальних значень досягали:  $PM_{10}$  ( $> 200$  мкг/м<sup>3</sup> у квітні-червні, серпні, жовтні-листопаді),  $PM_{2.5}$  ( $> 100$  мкг/м<sup>3</sup> у січні, березні, жовтні-листопаді) – у 2018 році;  $PM_{10}$  ( $> 200$  мкг/м<sup>3</sup> у червні, вересні та жовтні),  $PM_{2.5}$  ( $> 100$  мкг/м<sup>3</sup> у січні, березні-квітні, серпні-грудні) – у 2019 році.

Отримані дані свідчать, що населення перебуває під постійним хронічним інгаляційним впливом забрудненого твердими частками пилу атмосферного повітря, а представлені графіки ілюструють часову (сезонну) тенденцію збереження забруднення у роки представлених досліджень.

Найвищі рівні концентрацій  $PM_{10}$  спостерігаються, в основному, у весняний (квітень-травень) та осінній (вересень-жовтень) періоди, що в більшості випадків обумовлено несприятливими метеорологічними умовами, які характерні для України в дані пори року (приземна температурна інверсія → відсутність конвекції (інтенсивного перемішування повітряних мас) → утворення туману, смогу (аерозолів) тощо). Також вплив підсилюється аеробіологічним забрудненням [55], [359], [360], сезонними масовими пожежами та утилізацією (спалюванням) місцевим населенням органічних відходів (листя, багаття, деревина тощо).

При аналізі концентрацій  $PM_{2.5}$  показано, що найвищі рівні були зафіксовані під час опалювального сезону (з листопада по березень) [361] та підвищувалися у весняно-осінній (травень-квітень, вересень-жовтень) [355]. Це пояснюється й метеорологічними впливами, масовими пожежами, тощо.

Що стосується питання визначення кількості днів з перевищенням гігієнічних нормативів ( $>10$  днів на місяць), рекомендованих Директивою 2008/50/ЄС та ВООЗ щодо середньодобової концентрації  $PM_{10}$ , то вони становили у (табл. 4.1):

- 2018 р., вересень – 14 днів, тах концентрація досягала 72,5 мкг/м<sup>3</sup>; жовтень – 14 днів, тах концентрація досягала 127,0 мкг/м<sup>3</sup>; листопад – 15 днів, тах концентрація досягала 130,6 мкг/м<sup>3</sup>; всього за рік – 76 днів;

Таблиця 4.1

**Порівняння визначених середньодобових масових концентрацій  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$  в атмосферному повітрі (2018-2019 рр.),  $мкг/м^3$**

Назва речовини	Період усереднення	Середньодобова масова концентрація, $мкг/м^3$			
		Директива 2008/50/ЄС	ВООЗ	Отримані дані (min – max)	
				2018	2019
$PM_{10}$	24 години	50 (не повинна перевищувати більше 35 днів / рік)	50	5,5-134,3 (перевищу вала 76 днів/рік)	4,9-95,5 (перевищу вала 43 дні/рік)
$PM_{2.5}$		–	25 (не повинна перевищувати більше 3 днів/рік)	6,9-82,6 (перевищу вала 99 днів/рік)	5,8-66,0 (перевищу вала 125 днів/рік)

- 2019 р., квітень – 12 днів, тах концентрація досягала  $95,5 мкг/м^3$  та жовтень – 10 днів, тах концентрація досягала  $92,3 мкг/м^3$ ; всього за рік – 43 дні.

Для  $PM_{2.5}$  (>10 днів на місяць) становили у:

- 2018 р., січень – 14 днів, тах концентрація досягала  $68,9 мкг/м^3$ ; лютий – 11 днів, тах концентрація досягала  $42,6 мкг/м^3$ ; березень – 17 днів, тах концентрація досягала  $65,4 мкг/м^3$ ; вересень – 11 днів, тах концентрація досягала  $43,3 мкг/м^3$ ; жовтень – 16 днів, тах концентрація досягала  $78,7 мкг/м^3$ ; листопад – 13 днів, тах концентрація досягала  $82,6 мкг/м^3$ ; всього за рік – 99 днів;
- 2019 р., січень – 15 днів, тах концентрація досягала  $58,8 мкг/м^3$ ; лютий – 14 днів, тах концентрація досягала  $44,5 мкг/м^3$ ; березень – 14 днів, тах концентрація досягала  $51,3 мкг/м^3$ ; квітень – 17 днів, тах концентрація досягала  $57,1 мкг/м^3$ ; вересень – 12 днів, тах концентрація досягала  $66,0$

мкг/м<sup>3</sup>; жовтень – 19 днів, тах концентрація досягала 57,1 мкг/м<sup>3</sup>; листопад – 17 днів; тах концентрація досягала 50,8 мкг/м<sup>3</sup>), всього за рік – 125 днів.

Аналіз розрахованих середньорічних масових концентрацій твердих часток пилу протягом досліджуваних періодів показав, що усереднені концентрації ( $M \pm m$ ) визначалися на рівні (табл. 4.2) у: 2018 р.,  $PM_{10} - 37,8 \pm 0,4$  мкг/м<sup>3</sup>,  $PM_{2.5} - 22,8 \pm 0,2$  мкг/м<sup>3</sup>; у 2019 р.,  $PM_{10} - 31,1 \pm 0,9$  мкг/м<sup>3</sup>,  $PM_{2.5} - 23,3 \pm 0,6$  мкг/м<sup>3</sup>).

Таблиця 4.2

**Порівняння визначених середньорічних масових концентрацій  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$  в атмосферному повітрі (2018-2019 рр.), мкг/м<sup>3</sup>**

Назва речовини	Період усереднення	Середньорічна масова концентрація, мкг/м <sup>3</sup>			
		Директива 2008/50/ЄС	ВООЗ	Отримані дані	
				2018	2019
$PM_{10}$	рік	40	20	37,8±0,4	31,1±0,9
$PM_{2.5}$		25	10	22,8±0,2	23,3±0,6

Результати аналізу даних свідчать про те, що рівні забруднення атмосферного повітря твердими частками пилу  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$  знаходилися на досить небезпечному рівні для здоров'я експонованого населення, відповідно до рекомендацій ВООЗ, але не перевищували граничні величини, зазначені у Директиві 2008/50/ЄС та Постанові КМУ від 14.08.2019 р. за №827. Отже, проблемою є тривалість впливу цих ЗР, яка значно перевищена [27], [54], [358].

Вимірювання рівнів концентрації озону в атмосферному повітрі було проведено за допомогою газового аналізатора АРОА-370 HORIBA (методи оцінювання відповідають вимогам Постанови КМУ від 14.08.2019 р. за №827), встановленого в мобільній лабораторії медико-екологічного контролю [295]. Дослідження було проведено протягом весняно-осіннього періоду (квітень-вересень 2018 р. та березень-серпень 2019 р.) в денний час упродовж 8 годин (з 10:00 до 18:00) за адресою: м. Київ, вул. Попудренка, 50. Кількість вимірювань становила: 274 замірів у 2018 р. та 500 – у 2019 р. (усереднені за годину).

Отримані рівні концентрацій були порівняні з діючими міжнародними (концентрації не повинні перевищувати  $0,1 \text{ мг/м}^3$  – ВООЗ та  $0,12 \text{ мкг/м}^3$  – Директива 2008/50/ЄС) та вітчизняними ( $\text{ГДК}_{\text{м.р}} = 0,16 \text{ мг/м}^3$ , 1 клас небезпеки) гігієнічними нормативами з відповідним короткотривалим часом усереднення [362], [363].

За даними проведених натурних досліджень (38 та 62 епізоди вимірювань, відповідно, у різні місяці 2018 та 2019 рр.) було встановлено, що рівні середніх концентрацій озону, коливались в наступних діапазонах (min-max,  $M \pm \delta$ ): у 2018 р. –  $0,13\text{-}0,28 \text{ мг/м}^3$ ;  $0,19 \pm 0,04$ ; у 2019 р. –  $0,04\text{-}0,28 \text{ мг/м}^3$ ;  $0,17 \pm 0,05$ . Отримані дані показали, що показники середньої масової концентрації озону перевищували діючий гігієнічний в Україні норматив у 29 випадках з 38 (за 2018 р.) та у 39 випадках з 62 епізодів досліджень (за 2019 р.). А європейські нормативи (відповідно до рекомендацій ВООЗ та Директиви 2008/50/ЄС), ці значення перевищували майже у кожному випадку (рис. 4.26).

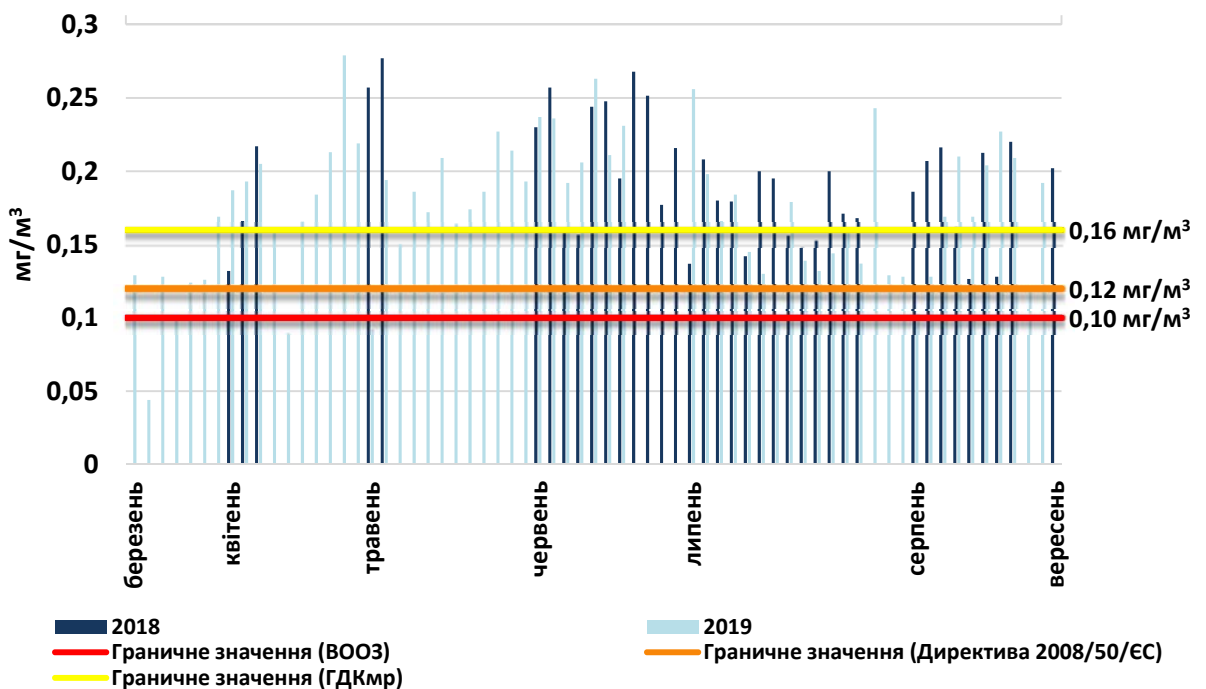


Рисунок 4.26 – Середні масові концентрації озону в атмосферному повітрі, м. Київ (2018-2019 рр.)

Таким чином, розраховані та статистично оброблені середні за місяць масові концентрації озону в атмосферному повітрі визначалися на рівні або перевищували діючий гігієнічний норматив в Україні: травень – 1,7 ГДК<sub>м.р.</sub>, червень – 1,4 ГДК<sub>м.р.</sub>, квітень, липень-серпень – 1,1 ГДК<sub>м.р.</sub>, вересень – 1,1 ГДК<sub>м.р.</sub> у 2018 р.; березень – 0,73 ГДК<sub>м.р.</sub>, квітень – 1,2 ГДК<sub>м.р.</sub>, травень, серпень – 1,1 ГДК<sub>м.р.</sub>, червень – 1,4 ГДК<sub>м.р.</sub>, липень – 1,0 ГДК<sub>м.р.</sub> у 2019 р. Міжнародні нормативи (ВООЗ / Директива 2008/50/ЄС): травень – у 2,7/2,2 рази, червень – 2,2/1,8 рази, квітень, липень – 1,7/1,4 рази, серпень – 1,8/1,5 рази, вересень – 2,0/1,7 рази у 2018 р.; березень – у 1,2/- рази, квітень – у 1,9/1,6 рази, травень – у 1,8/1,5 рази, червень – у 2,3/1,9 рази, липень – у 1,6/1,3 рази, серпень – у 1,7/1,4 рази у 2019 р. (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

**Порівняння визначених середніх масових концентрацій озону в атмосферному повітрі (2018-2019 рр.), мг/м<sup>3</sup>**

Період	Кількість вимірювань (дні)		Усереднені концентрації, мг/м <sup>3</sup> (min-max)		M ± δ		ГДК <sub>м.р.</sub> / ВООЗ / Директива 2008/50/ЄС
	2018	2019	2018	2019	2018	2019	
березень	-	7	-	0,04-0,17	-	0,12±0,04	0,16 /
квітень	3	10	0,13-0,22	0,09-0,28	0,17±0,04	0,19±0,05	
травень	2	12	0,26-0,28	0,09-0,23	0,27±0,014	0,18±0,03	0,1 /
червень	11	7	0,16-0,27	0,19-0,26	0,22±0,04	0,23±0,02	
липень	13	16	0,14-0,21	0,1-0,26	0,17±0,02	0,16±0,04	0,12
серпень	8	10	0,13-0,22	0,1-0,23	0,18±0,04	0,17±0,04	
вересень	1	-	0,13-0,20	-	0,17±0,05	-	

При цьому, піки максимальних середніх концентрацій (>0,2 мг/м<sup>3</sup>) озону фіксувалися у травні та червні в періоди найвищої сонячної активності, що пов'язано з метеорологічними особливостями у даний період року в Україні (перенесенням повітряних мас з екваторіальних широт) [364]. Результати дослідження показали стале перевищення усередненої (за 8 годин) концентрації

озону. Причому у 29 випадках з 38 (за 2018 р.) та у 39 з 62 (2019 р.) були зафіксовані значення більші за  $0,16 \text{ мг/м}^3$ .

Відповідно до оцінок ВООЗ, такі рівні концентрацій озону істотно впливають на стан здоров'я населення, зумовлюючи зростання числа додаткових випадків щоденних смертей на 3-5 % у порівнянні зі смертністю при експозиції на розрахунковому фоновому рівні [3], [102], [106].

З метою попередження та оповіщення населення щодо забруднення атмосферного повітря, був проведений аналіз його якості (на прикладі –  $\text{PM}_{10}$  та  $\text{PM}_{2.5}$ ; протягом 2018 р.) з використанням індексу якості повітря (AQI), запропонованого Агентством США з охорони довкілля (EPA-AQI) та Європейським агентством з навколишнього середовища (EU-AQI) [121], [122], [365].

На підставі використання AQI було встановлено, що EPA-AQI для  $\text{PM}_{10}$  був меншим за стандартний ліміт ( $\text{AQI} < 100$ ) у 100 % випадків, а індекс якості повітря у 16 % та 84 % визначався як добрий та помірний; для  $\text{PM}_{2.5}$  визначався у 16 % як добрий, у 73 % – помірний, у 9 % – шкідливий для чутливих груп, у 3 % – шкідливий.

Водночас, за оцінками проведеними з використанням EU-AQI було визначено, що для  $\text{PM}_{10}$  він був меншим за стандартний ліміт ( $\text{AQI} < 50$ ) у 78,5 % випадків, а індекс якості повітря визначався у 22 % та 39 % як дуже добрий та добрий, відповідно; у 17,5 % – як помірний. Крім того, у 21,5 % випадків концентрація  $\text{PM}_{10}$  була вищою за стандартну межу EU-AQI та якість повітря була у 20 % та 1,5 % поганою та дуже поганою, відповідно. При цьому, EU-AQI для  $\text{PM}_{2.5}$  був меншим за стандартний ліміт у 71 %, а індекс якості повітря визначався як дуже добрий та добрий, відповідно – у 11,5 % та 46 %; помірний – у 13,5 %; поганий та дуже поганий – у 26 % та 3 % [365].

За оцінками з використанням EU-AQI було визначено, що протягом 2018 року (260 днів), якість повітря була на рівні при якому вплив на здоров'я населення – відсутній або мінімальний. В інші дні, громадськість мала бути



оповіщена та попереджена щодо можливого негативного впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я. При цьому, надані рекомендації, що перебування на відкритому повітрі може призвести до значного збільшення частоти виникнення респіраторних симптомів серед здорового населення (кашель, біль при глибокому вдиху, задишка), а в чутливих групах населення (діти, вагітні жінки, люди похилого віку та з хронічними захворюваннями) може збільшитися частота загострень захворювань серцево-судинної та дихальної систем, що може призвести до передчасної смерті.

Проведені дослідження доводять необхідність обов'язкового впровадження в системи моніторингу спостереження за твердими частками пилу ( $PM_{10}$  і  $PM_{2.5}$ ) і тропосферного озону в ПША. З метою інформування щодо можливих загроз громадському здоров'ю, необхідно передбачити застосування у системі оцінки якості атмосферного повітря – індексів якості повітря (AQI) для попередження та оцінок масштабів людських втрат та економічного збитку, заподіяних державі, внаслідок забруднення атмосферного повітря [365].

#### **Висновки до розділу 4**

Аналізуючи вищевикладене, з метою удосконалення, розробки та організації державної системи моніторингу за якістю атмосферного повітря в Україні, були проведені наукові дослідження в рамках пілотного проекту щодо організації регіональної автоматизованої мережі спостережень за станом атмосферного повітря у Дніпропетровській області та доведено обґрунтованість розширення і включення до переліку пріоритетних ЗР, обов'язковий контроль за викидами  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  та озону.

1. Обґрунтовано методичні підходи до визначення місць розташування постів спостережень (відповідно до вимог Директиви ЄС 2008/50/ЄС та Постанови КМУ від 14.08.2019 р. за №827) на підставі результатів математичного моделювання просторового поширення забруднення у ПША та оцінок

інгалаційного ризику для здоров'я населення. Це дозволило визначити «гарячі точки» (hot spots) – місця з найвищими рівнями забруднення, враховуючи прив'язки до місць найвищої щільності проживання населення та розташування закладів освіти, що сприятиме гармонізації (оптимізації) існуючої мережі спостережень та економії державних коштів у разі прийняття управлінських рішень.

2. Оцінено токсичність викидів промислових підприємств (1720 джерел у м. Кам'янське; 116 джерел +2 відвали у м. Марганець; 106 джерел +2 відвали у м. Жовті води) Дніпропетровської області та проведено моделювання рівнів усереднених годинних, добових та річних концентрацій пріоритетних ЗР у вузлах заданих рецепторних сіток досліджуваних міст.
3. Визначено рівні неканцерогенного ризику (HQ) під час оцінок гострих (на рівні усередненої добової концентрації) та хронічних (на рівні усередненої річної концентрації) інгалаційних впливів пріоритетних ЗР на здоров'я експонованого населення досліджуваних міст. Встановлено, що коефіцієнти небезпеки у вузлах рецепторної сітки (де проживає населення), у м. Кам'янське перевищують допустимий рівень ( $HQ \geq 1$ ) для пилу НДЗС, азоту діоксиду, сірки діоксиду, вуглецю оксиду, бенз(а)пірену, марганцю, нафталіну, сірководню, ксилолу, міді оксиду, нікелю оксиду, хрому (VI), заліза оксиду, фенолу; у м. Марганець для пилу НДЗС, азоту діоксиду і марганцю та створюють ризик для здоров'я експонованого населення досліджуваних міст. У м. Жовті води встановлено, що коефіцієнти небезпеки у вузлах рецепторної сітки (де проживає населення), не перевищують допустимий рівень ( $HQ \leq 1$ ).
4. Оцінено рівні сумарного канцерогенного ризику, які становлять у: м. Кам'янське (в основному за рахунок викидів бензолу, хрому (VI) та бен(а)пірену) –  $ICR_{total} = 1,8 \times 10^{-7} \div 2,9 \times 10^{-3}$  та характеризуються як допустимі для професійних контингентів та недопустимі для населення в цілому; м. Жовті води –  $ICR_{total} = 1,8 \times 10^{-6} \div 9,4 \times 10^{-5}$ , відповідають зоні умовно

- прийнятного (допустимого) ризику; м. Марганець –  $ICR_{total}=9,7 \times 10^{-13} \div 6,1 \times 10^{-10}$  є мінімальними.
5. Розраховано рівні індивідуального ризику смерті (IRM) населення через вплив фракції пилу з діаметром часток менше 10 мкм ( $PM_{10}$ ). Визначено, що ризик у вузлах рецепторної сітки у м. Кам'янське становить –  $IRM = 2,9 \times 10^{-3} \div 3,5 \times 10^{-5}$ ; у м. Марганець –  $IRM=1,5 \times 10^{-3} \div 1,4 \times 10^{-5}$ , що є допустимим для професійних контингентів та недопустимим для проживання населення. Майже по всій території вищезгаданих міст спостерігаються рівні ризику від викидів  $PM_{10}$  на рівні  $n \times 10^{-4}$ . У м. Жовті води вони коливаються в межах –  $IRM=9,8 \times 10^{-5} \div 5,4 \times 10^{-6}$  та відповідають зоні умовно прийнятного (допустимого) ризику.
  6. Рекомендовано на підставі отриманих результатів оцінок ризику встановити у м. Кам'янське сім АПС (за викидами пилу НДЗС, у т.ч. –  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ , азоту діоксиду, сірки діоксиду, бенз(а)пірену, вуглецю оксиду, нафталіну, сірководню, бензолу, озону, марганцю, міді, нікелю, хрому, заліза, формальдегіду та вуглеводнів). При цьому на п'яти наявних організувати автоматизований моніторинг та встановити додатково, ще два АПС. У м. Марганець рекомендовано встановити – три АПС (за викидами пилу НДЗС, у т.ч.  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ , азоту діоксиду, вуглецю оксиду, сірки діоксиду, марганцю, озону, формальдегіду, вуглеводнів); у м. Жовті води – два АПС (за викидами пилу НДЗС, у т.ч. –  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ , азоту діоксиду, вуглецю оксиду, сірки діоксиду, марганцю, озону, формальдегіду, вуглеводнів, радіонуклідів уранового та торієвого рядів).
  7. Проведено натурні дослідження та статистично оброблено масив даних безперервних вимірювань рівнів масових концентрацій  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$  в атмосферному повітрі на стаціонарному пості моніторингу у м. Київ. Встановлено, що рівні середньодобових концентрацій  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ , перевищують нормативні значення рекомендовані ВООЗ та Директивою 2008/50/ЄС. Виявлено, що населення перебуває під хронічним інгаляційним

впливом  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ , які володіють безпороговою дією, а кількість днів з перевищенням середньодобової масової концентрації становили для (відповідно 2018 та 2019 рр.):  $PM_{10}$  – 76 та 43 днів (квітень, травень, вересень, жовтень), що було обумовлено несприятливими метеорологічними умовами та аеробіологічним забрудненням;  $PM_{2.5}$  – 99 та 125 днів (в основному листопад-березень, під час опалювального сезону). Визначено, що середньорічні масові концентрації твердих часток пилу знаходилися на досить небезпечному рівні для здоров'я експонованого населення, відповідно до рекомендацій ВООЗ, але не перевищували граничні величини зазначені у Директиві 2008/50/ЄС та Постанові КМУ від 14.08.2019 р. за № 827.

8. Виконано інструментальні дослідження та статистично оброблено масив даних безперервних вимірювань (усереднених за годину) концентрацій озону в атмосферному повітрі м. Київ за допомогою мобільної лабораторії медико-екологічного контролю. Визначено, що виявлені величини концентрацій озону перевищували діючий гігієнічний норматив в Україні у 29 випадках (1,1-1,7 ГДК<sub>м.р</sub>) з 38 у 2018 р. та у 39 випадках (1,0-1,4 ГДК<sub>м.р</sub>) з 62 епізодів досліджень у 2019 р. А європейські нормативи (відповідно рекомендацій ВООЗ та Директиви 2008/50/ЄС) було перевищено майже у кожному випадку (перевищення від 1,2 до 2,7 разів). Піки максимальних масових концентрацій ( $>0,2$  мг/м<sup>3</sup>) озону фіксувалися у травні та червні, що за оцінками ВООЗ зумовлює зростання числа додаткових випадків щоденних смертей на 3-5 %.
9. Показано та доведено необхідність впровадження та розширення моніторингових програм вимірювання  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  і озону в атмосферному повітрі населених місць України та застосування AQI.

**Матеріали даного розділу відображені у наступних публікаціях:** [347], [348], [352], [354] – [359], [361] – [363], [365].

## РОЗДІЛ 5

### ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ НОРМАТИВІВ ДОПУСТИМИХ ВИКИДІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Одним з головних виробничих викликів ХХІ століття є узгодження екологічних вимог з темпами промислового розвитку. За останні 100 років було остаточно вичерпано ліміт на бездумне забруднення довкілля (зокрема, атмосферного повітря). Все частіше і впевненіше у світі говорять про скорочення викидів, запобігання промислового забрудненню, зменшення утворення і накопичення промислових відходів, впровадження безпечних для довкілля технологій та перехід на нові види енергії [47], [56]. Основною вимогою досягнення відповідних цілей щодо якості повітря з урахуванням існуючих критеріїв, рекомендацій та програм ЄС є встановлення та досягнення технологічних нормативів допустимих викидів (ТНДВ) ЗР промисловими підприємствами [366].

На сьогодні, розроблення та встановлення технологічних нормативів допустимих викидів, передбачено та регламентовано чинним законодавством України у: ЗУ «Про охорону атмосферного повітря» (ст. 7, 8), наказі МОНПС України від 29.03.2006 р. №108 при розробці та отриманні підприємством дозволу на викид, Постанові КМУ від 28.12.2001 р. № 1780 «Про порядок розроблення та затвердження нормативів гранично допустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел», наказі МОНПС України від 27.06.2006 р. №309 «Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел», де відповідальним за виконанням є Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України [57], [60], [64].

Що стосується вимог міжнародного законодавства, то основним регулюючим документом, яким регламентуються промислові викиди та здійснюється інтегрований контроль за попередженням забруднення є

Директива 2010/75/ЄС про промислове забруднення та затверджені у 2012 р. ЄК Висновки у вигляді систематизованих галузевих документів BATs та BREFs. Однією з найважливіших вимог, цих документів є обов'язкове застосування найкращих доступних технологій і методів управління (НДТМ), що регулюють основні галузі виробництва, зокрема гірничо-металургійного комплексу (ГМК) у країнах ЄС: виробництво коксу, чавуну та сталі (первинне чи вторинне плавлення), випалення та спікання металевих руд (включаючи сульфідну руду) тощо [29].

У 2019 році Урядом України була затверджена дорожня карта щодо імплементації Директиви 2010/75/ЄС у вигляді Концепції реалізації державної політики у сфері промислового забруднення, що визначає першочергове місце для впровадження європейського регулювання окремих галузей економіки (в т.ч. ГМК) та запровадження інтегрованого дозволу. Наразі, Урядом 23.09.2020 р. було прийнято до розгляду проєкт ЗУ «Про запобігання, зменшення та контроль промислового забруднення» від 29.09.2020 р. за № 4167, який передбачає змінити концепцію щодо нормування викидів для багатьох виробництв, шляхом поступового впровадження висновків НДТМ (європейські галузеві документи BATs та BREF). Це означає, що галузь ГМК, як й інші провідні українські промислові виробництва, мають вже сьогодні готуватися до змін в екологічному законодавстві. Для ГМК України – це відчутний виклик, так як саме ця галузь потребує термінової модернізації, адже більшість виробничих потужностей не оновлювались десятиліттями і вплив на довкілля є значним.

Зважаючи на вищевикладене, підприємства «апріорі» не можуть швидко досягти рівня європейських нормативів. Тому, останнім часом були розроблені поточні та перспективні національні нормативи для різних типів устаткування, які б сприяли поступовому зниженню забруднення атмосферного повітря. Незважаючи на зміни у законодавстві, ці нормативи на певний період залишаються чинними та вимагають їх дотримання. Але хотілося б зазначити, що більшість існуючих в Україні технологічних нормативів допустимих викидів

для різних виробничих процесів були розроблені без урахування оцінок їх впливу на здоров'я населення та не дають об'єктивної оцінки щодо доцільності їх досягнення з позицій збереження громадського здоров'я на окремих територіях [337], [367], [368].

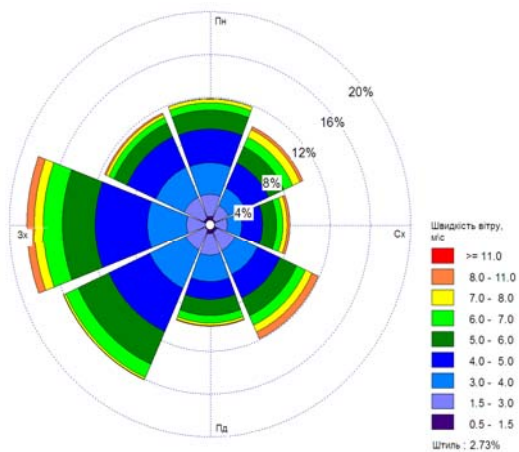
Таким чином, в рамках проведених досліджень було розроблено, встановлено та оцінено: перспективні і поточні технологічні нормативи допустимих викидів забруднюючих речовин та висновки НДТМ (рекомендовані ЄС) із устаткування (установки) для виробництва чавуну, продуктивність якого перевищує 2,5 т на годину, використовуючи методичні підходи методології оцінки ризику для здоров'я населення. Це вимагало вирішення оберненої задачі наукового експерименту – «експозиція населення-джерело викиду» з метою уніфікації вимог щодо контролю якості повітря та прийняття адекватних природоохоронних заходів, відповідно до європейських вимог (Директива 2010/75/ЄС) та технологічних можливостей оптимізації виробничого процесу [369].

До дослідження було включено устаткування для виробництва чавуну 9 підприємств ГМК України. Враховуючи технологічне навантаження та режими роботи устаткування, для подальших розрахунків було пріоритезовано 61 ДВ, що викидають в атмосферне повітря вуглецю оксид, азоту діоксид, сірки діоксид та пил НДЗС, а саме: ПАТ «Алчевський металургійний комбінат» (м. Алчевськ; ДВ №№308, 315, 343, 348, 349), ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (м. Кривий Ріг; ДВ №№55, 56, 61, 70, 71, 92, 94, 95), ПРАТ «Металургійний комбінат «Азовсталь» (ДВ №№120-122, 133, 135, 138, 139-143), ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча» (ДВ №№99-107) – м. Маріуполь, ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат» (м. Кам'янське, ДВ №№209, 210, 212, 242, 260), ПРАТ «Єнакіївський металургійний завод» (м. Єнакієве; ДВ №№212, 251, 252, 254, 261, 262, 264), ПРАТ «Дніпровський металургійний завод» (м. Дніпро; ДВ №№2, 5, 10), ПРАТ «Донецьксталь»-МЗ» (м. Донецьк; ДВ №№0004, 0005, 0008), ПАТ «Запорізький металургійний комбінат «Запоріжсталь» (м.

Запоріжжя; ДВ №№206, 209, 211, 212, 214, 215, 222, 225, 236, 2061) [370], [371].

Як уже було зазначено у попередніх розділах, для отримання валідних результатів досліджень спочатку було проведено фізико-географічну та еколого-гігієнічну оцінки територій зон впливу промислових підприємств. Проаналізовано та введено до модулів програми наступні параметри (рис. 5.1): топографічні дані територій (створено цифрові моделі рельєфів), метеорологічні дані за певний часовий період, характеристику землекористування, параметри та характеристики ДВ [327].

Загальнорічна роза вітрів для м. Кам'янське



Особливості характеристики землекористування території ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»



Передпроцесінг вихідних даних SRTM та висотні відмітки рельєфу на територію дослідження впливу ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча»

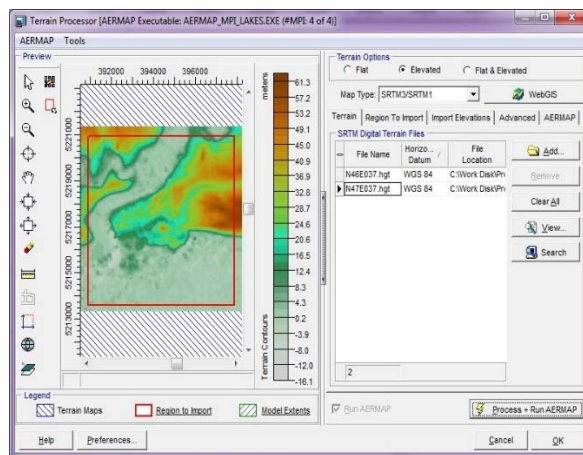


Рисунок 5.1 – Приклади фізико-географічної характеристики зон впливу устаткування для виробництва чавуну досліджуваних промислових підприємств



Використовуючи геоінформаційні технології (ArcGIS 10.1) та дані ДЗЗ високої роздільної здатності (космічні знімки) для кожного підприємства було уточнено розташування ДВ та прив'язано у географічній (геодезичній) системі координат WGS-84 [348]. Враховуючи критерії вибору та оцінку токсичності пріоритетних ЗР, що викидаються в атмосферне повітря 61 стаціонарним джерелом устаткування для виробництва чавуну досліджуваних підприємств гірничо-металургійного комплексу було проведено: аналіз обсягів (г/с) надходження ЗР в атмосферне повітря та даних відносно параметрів небезпеки і залежностей „доза-відповідь” (референтних концентрацій; чинних вітчизняних нормативів ГДК<sub>м.р.</sub> та ГДК<sub>с.д.</sub>; оцінку токсичності викидів і направленості впливу на органи та системи людського організму, які стали підґрунтям для подальших розрахунків (наведених у Додатку Г). При цьому слід зазначити, що під час оцінювання якості повітря порівняння з гігієнічними нормативами проводилися за умови дотримання найжорсткішого нормативу.

Відповідно до затверджених методик, досліджуваними промисловими підприємствами ГМК були розроблені та надані ТНДВ вуглецю оксиду, азоту діоксиду, сірки діоксиду та пилу НДЗС від устаткування для виробництва чавуну (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

**Запропоновані технологічні нормативи допустимих викидів вуглецю оксиду, азоту діоксиду, сірки діоксиду та пилу НДЗС від устаткування для виробництва чавуну підприємств ГМК**

Назва підприємства	Номер джерела викиду	Технологічні нормативи допустимих викидів, мг/м <sup>3</sup>			
		Азоту діоксид	Сірки діоксид	Вуглецю оксид	Пил НДЗС
ПРАТ «МК «Азовсталь»	120	-	200	250	170
	121, 122	-	-	-	170
	133	-	-	-	50
	135, 138	-	200	250	50
	139-143	350	200	9100	-

продовження табл. 5.1

ПАТ «Алчевський металургійний комбінат»	308, 315	350	200	9100	-
	343	-	-	-	50
	348	350	200	50	
	349	-	200	250	50
ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат»	209, 210,212	350	200	9100	-
	242	-	200	250	50
	260	-	-	-	50
ПРАТ «Донецьксталь» -МЗ»	4,5	350	200	9100	-
	8		200	250	50
ПРАТ «Єнакіївський металургійний завод»	212	350	200	9100	-
	251, 261	-	-	-	50
	252,262	350	200	250	-
	254, 264	-	200	250	50
ПРАТ «Маріуп ольський металургійний комбінат імені Ілліча»	99-102	-	-	-	170
	103-107	350	200	9100	-
ПАТ «АрселорМітта л Кривий Ріг»	55, 56	-	-	-	50
	61	-	200	250	50
	70, 71	350	200	9100	
	92	-	200	250	115
	94	-	-	-	120
	95	350	200	50	-
ПРАТ «Дніпровський металургійний завод»	2, 10	350	200	9100	-
	5	-	-	-	170
ПАТ «Запорізький металургійний комбінат «Запоріжсталь»	206, 2061, 211	-	-	-	50
	209	350	200	250	-
	212, 214, 236	-	200	250	50
	215, 225	350	200	9100	-
	222	200	250	165	170

Таким чином, проведення подальших досліджень вимагало вирішення оберненої задачі, виходячи з умови максимальної масової концентрації ЗР (запропонованого технологічного нормативу) на ДВ та оцінки ризику для здоров'я експонованого населення, яке проживає в зоні впливу зазначених джерел.

У контексті рішення задач оцінки експозиційних навантажень, розрахунки усереднених концентрацій ЗР, враховуючи параметри метеорологічних спостережень, топографії, характеристики землекористування та наведених у табл. 5.3 даних, як і в попередніх розділах були виконані за допомогою математичного комплексу ISC-AERMOD View [147]. Оскільки території промайданчиків досліджуваних підприємств характеризуються великою кількістю споруд промислового та побутового призначення, при розрахунках враховувалися параметри наявної забудови. Це дозволило визначити зони впливу та вітрові тіні, що створюються наявною на територіях підприємств забудовою.

Для заданих об'єктів дослідження було закладено рецепторні сітки та визначено розрахункові вузли для територій дослідження розміром 9×9 км. Особливості рецепторної сітки були обумовлені розташуванням стаціонарних ДВ, найближчої житлової забудови та особливостями поширення (розсіювання) ЗР у ПША. Розрахункові вузли було задано у вигляді сітки радіального типу (рис. 5.2) з розподілом на сегменти, що відповідають 8-м румбам напрямку вітру в 45° починаючи з Пн (0°). Кожний сегмент було рівномірно поділено на сектори на відстанях від 1000 до 2000 м з кроком 250 м та від 2000 до 4500 м з кроком сітки 500 м. Загальна кількість розрахункових вузлів для кожного з об'єктів дослідження становила 80.

В результаті було розраховано усереднені рівні годинних, добових та річних концентрацій вуглецю оксиду, азоту діоксиду, сірки діоксиду та пилу НДЗС, які формують експозиційні навантаження на населення (рис. 5.3, 5.4).

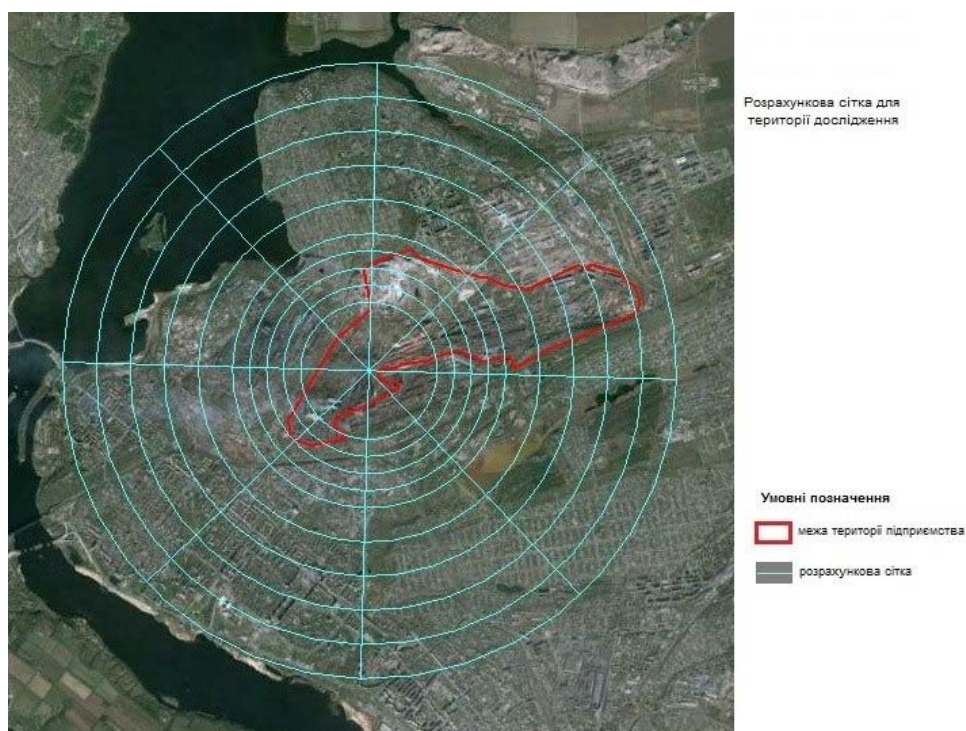


Рисунок 5.2 – Приклад розташування розрахункових вузлів радіальної рецепторної сітки для ПАТ «ЗМК «Запоріжсталь»

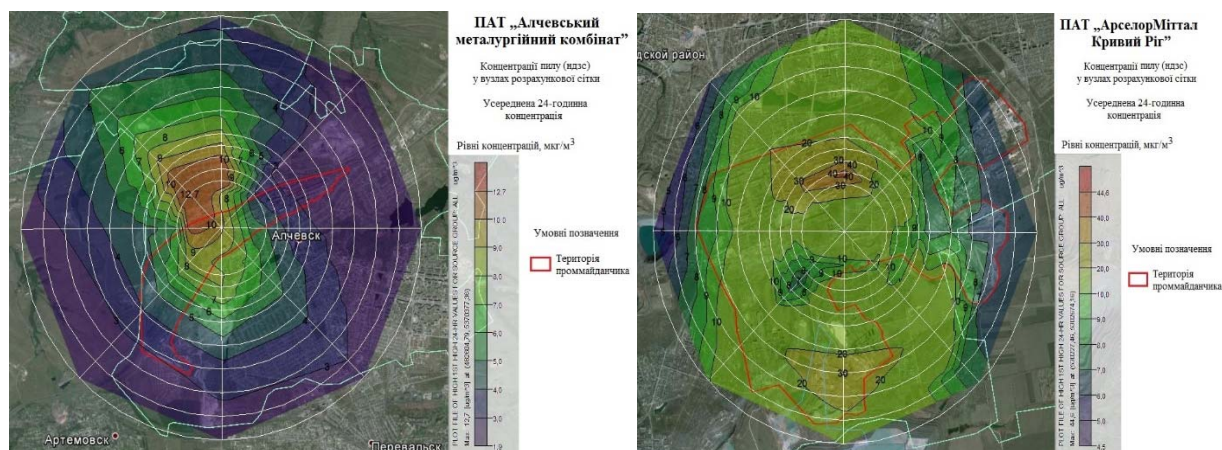


Рисунок 5.3 – Результати розрахунку розсіювання усереднених добових концентрацій пилу НДЗС у вузлах рецепторної сітки, обумовлених викидами стаціонарних джерел устаткування для виробництва чавуну підприємств ГМК України

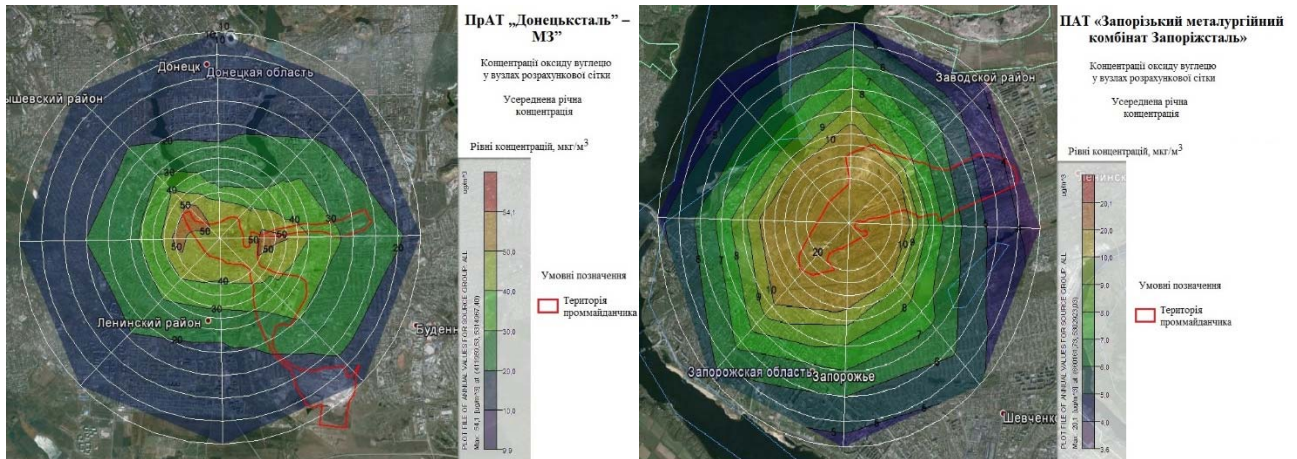
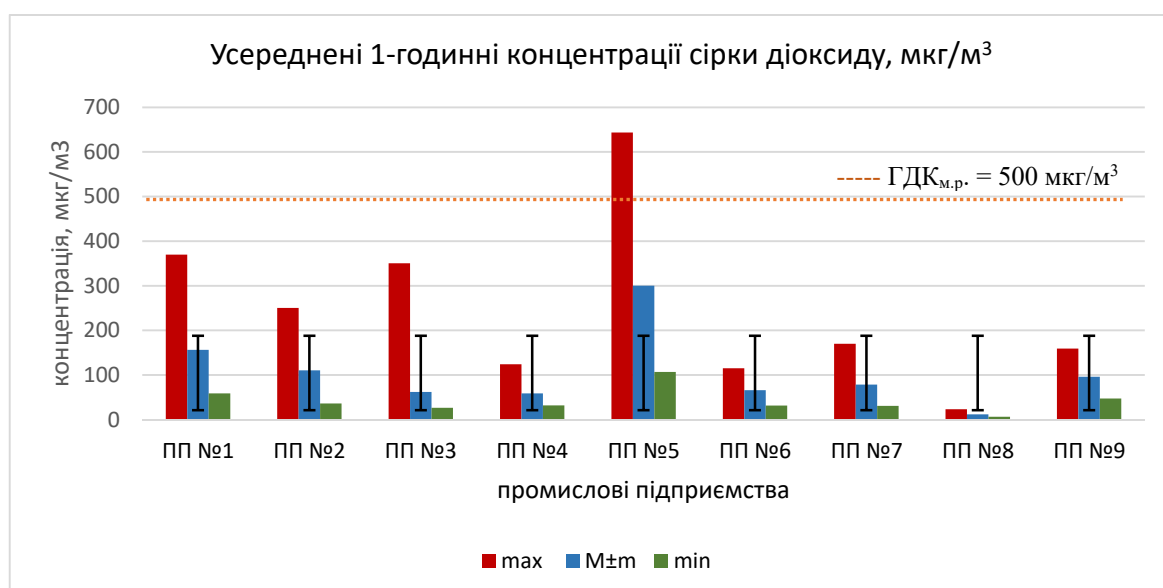
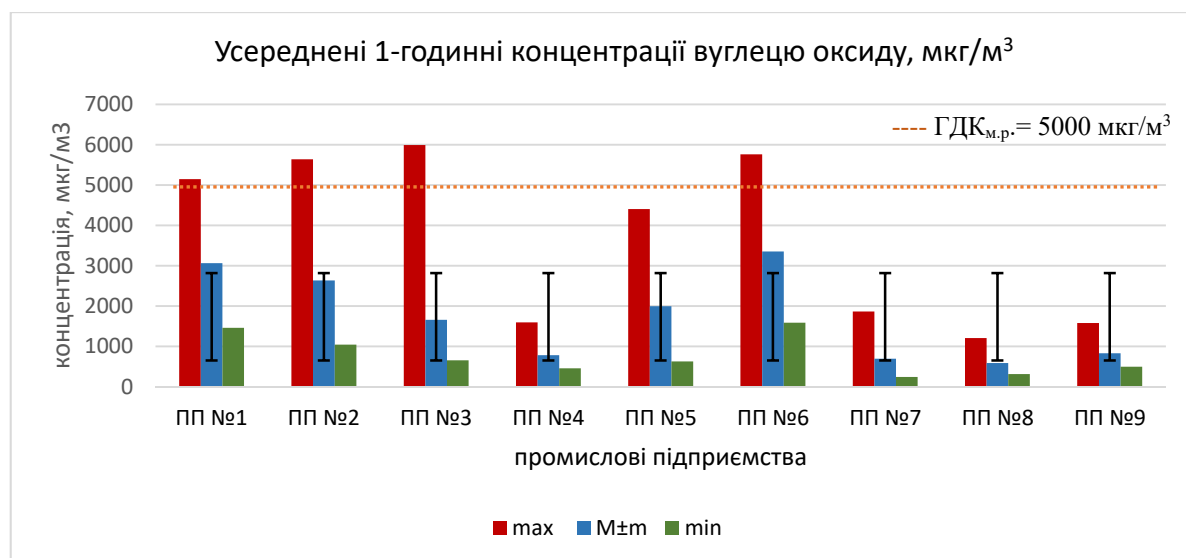
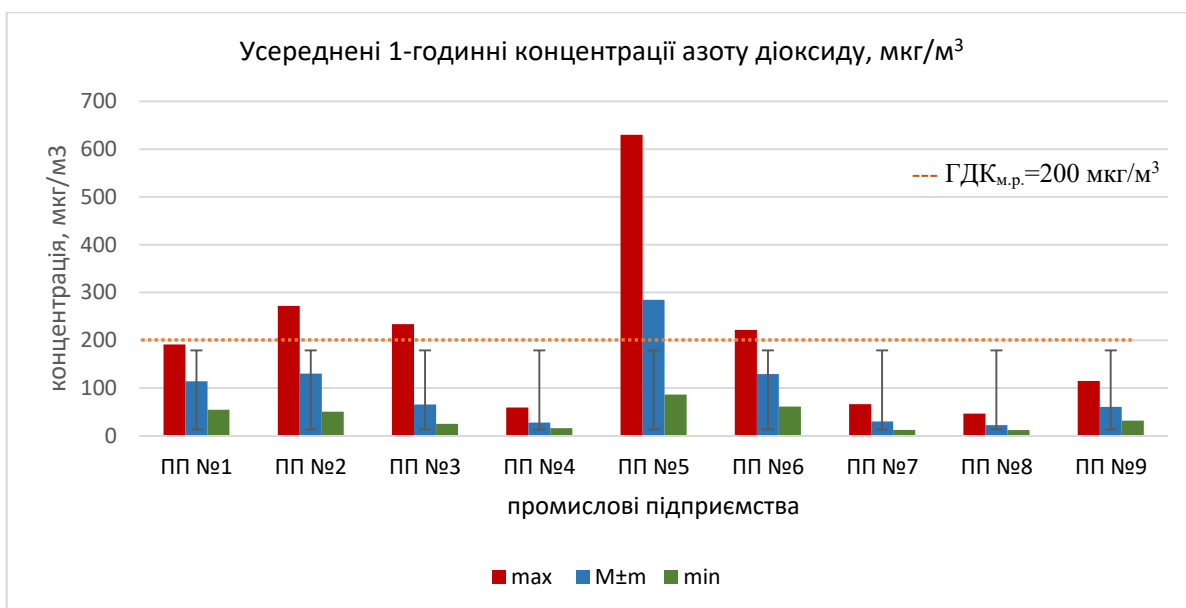


Рисунок 5.4 – Результати розрахунку розсіювання усереднених річних концентрацій вуглецю оксиду у вузлах рецепторної сітки, обумовлених викидами стаціонарних джерел устаткування для виробництва чавуну підприємств ГМК України

Отримані дані розрахунків розсіювання усереднених концентрацій було представлено у 80 вузлах рецепторної сітки (у всіх напрямках за румбами сторін світу на відстанях від 1000 до 4500 м) на досліджуваних територіях та наведено у  $\text{мкг}/\text{м}^3$ . Визначено, що усереднені 1-годинні концентрації ЗР (рис. 5.5) від ДВ устаткування для виробництва чавуну ПРАТ «Металургійний комбінат «Азовсталь» (ПП №1), ПАТ «Алчевський металургійний комбінат» (ПП №2), ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат» (ПП №3), ПРАТ «Донецьксталь»-МЗ» (ПП №4), ПРАТ «Єнакіївський металургійний завод» (ПП №5), ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча» (ПП №6), ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (ПП №7), ПРАТ «Дніпровський металургійний завод» (ПП №8), ПАТ «Запорізький металургійний комбінат «Запоріжсталь» (ПП №9), відповідно становлять ( $C_{\text{max}}$ ;  $M \pm m$  – середнє значення та стандартне відхилення;  $C_{\text{min}}$ ): для азоту діоксиду – ПП №1 (191,3;  $114,1 \pm 32,9$ ;  $54,4 \text{ мкг}/\text{м}^3$ ); ПП №2 (271,9;  $130,1 \pm 54,9$ ;  $50,6 \text{ мкг}/\text{м}^3$ ); ПП №3 (233,7;  $65,7 \pm 35,3$ ;  $24,9 \text{ мкг}/\text{м}^3$ ); ПП №4 (59,1;  $27,9 \pm 10,4$ ;  $15,9 \text{ мкг}/\text{м}^3$ ); ПП №5 (629,9;  $284,5 \pm 129,3$ ;  $86,2 \text{ мкг}/\text{м}^3$ ); ПП №6 (221,7;  $129,1 \pm 39,6$ ;  $61,1 \text{ мкг}/\text{м}^3$ );





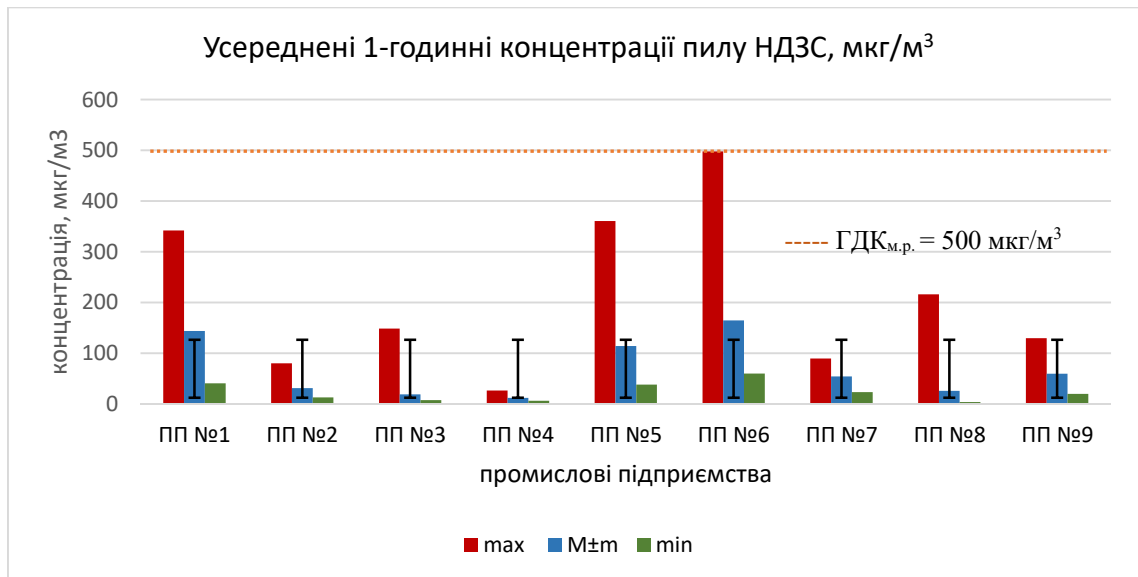
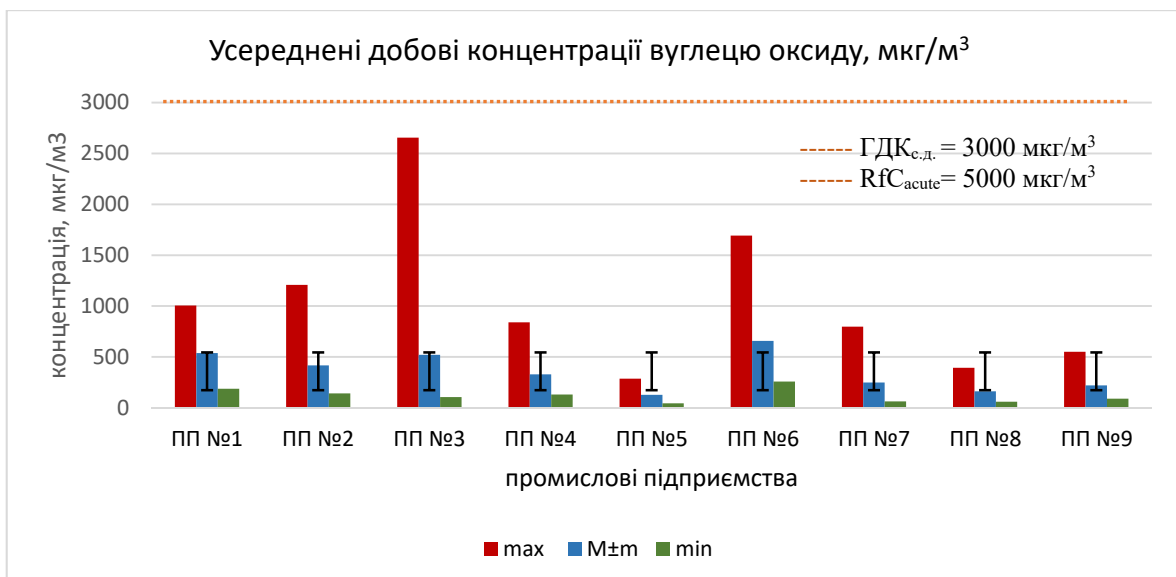
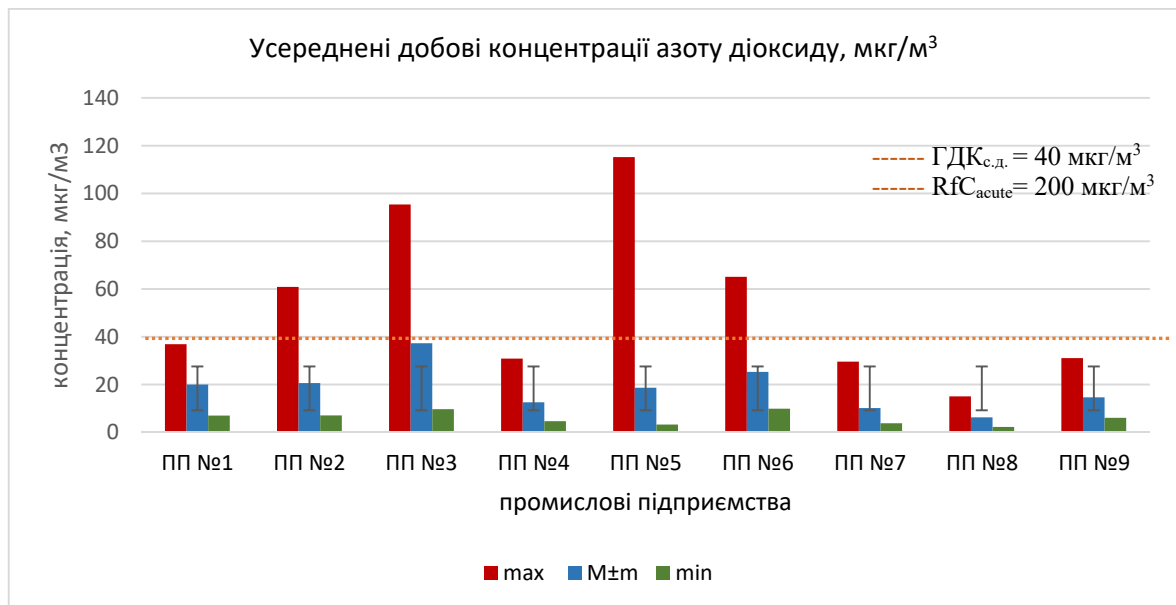


Рисунок 5.5 – Усереднені 1-годинні концентрації ЗР від викидів стаціонарних джерел устаткування для виробництва чавуну підприємств ГМК України на рівні поточних ТНДВ

ПП №7 (66,4; 30,1±11,9; 12,3 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №8 (46,5; 22,4±8,8; 12,1 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №9 (114,8; 60,4±19,0; 31,6 мкг/м<sup>3</sup>); для вуглецю оксиду – ПП №1 (5147,1; 3065,1±886,4; 1461,6 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №2 (5641,9; 2635,2±1138,5; 1044,3 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №3 (5993,1; 1659,2±786,1; 656,9 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №4 (1595,8; 781,2±266,8; 456,7 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №5 (4407,6; 1966,5±935,3; 628,6 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №6 (5764,7; 3356,1±1029,3; 1589,7 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №7 (1863,9; 695,9±374,4; 242,6 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №8 (1208,9; 588,3±229,5; 313,4 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №9 (1581,6; 831,5±242,7; 494,6 мкг/м<sup>3</sup>); для сірки діоксиду – ПП №1 (369,9; 156,4±70,8; 58,8 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №2 (250,4; 110,5±53,5; 36,2 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №3 (350,3; 61,8±60,4; 26,4 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №4 (124,2; 58,6±23,5; 31,7 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №5 (643,5; 300,1±144,1; 106,8 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №6 (115,1; 65,9±19,7; 31,4 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №7 (169,8; 78,4±35,6; 30,6 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №8 (23,1; 11,8±4,4; 6,3 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №9 (159,3; 96,1±31,9; 47,3 мкг/м<sup>3</sup>); для пилу НДЗС – ПП №1 (341,9; 143,7±70,7; 40,6 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №2 (79,9; 31,1±12,9; 12,7 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №3 (148,4; 18,7±25,7; 7,5 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №4 (26,5; 11,7±4,8; 6,1 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №5 (360,5; 114,1±58,9; 37,9 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №6 (497,8; 164,4±94,4; 59,8 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №7

(89,6; 54,1±16,1; 23,1 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №8 (216,1; 25,7±34,8; 3,7 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №9 (129,7; 59,5±28,2; 19,8 мкг/м<sup>3</sup>).

Усереднені добові концентрації (рис. 5.6) коливалися в межах ( $C_{\max}$ ;  $M \pm m$  – середнє значення та стандартне відхилення;  $C_{\min}$ ): для азоту діоксиду – ПП №1 (36,9; 20±6,3; 7,02 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №2 (60,9; 20,6±12,1; 7,1 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №3 (95,4; 37,3±15,1; 9,7 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №4 (30,9; 12,6±6,6; 4,7 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №5 (115,2; 18,7±22,6; 3,3 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №6 (65,1; 25,3±9,7; 9,9 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №7 (29,6; 10,2±5,7; 3,8 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №8 (15,1; 6,3±2,7; 2,3 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №9 (31,1; 14,7±5,9; 6,1 мкг/м<sup>3</sup>); для вуглецю оксиду – ПП №1 (1005,7; 538,6±170,6; 187,7 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №2 (1208,1; 417,6±234,6; 141,6 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №3 (2654,9; 520,9±393,7; 105,9 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №4 (839,7; 329,2±178,4; 130,8 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №5 (286,5; 127,3±62,9; 44,6 мкг/м<sup>3</sup>);





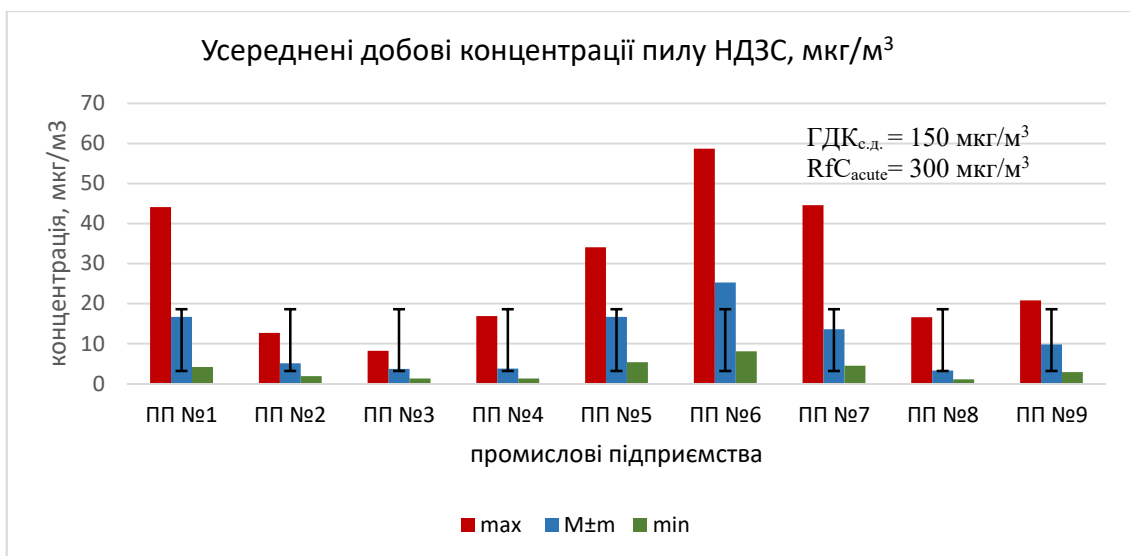
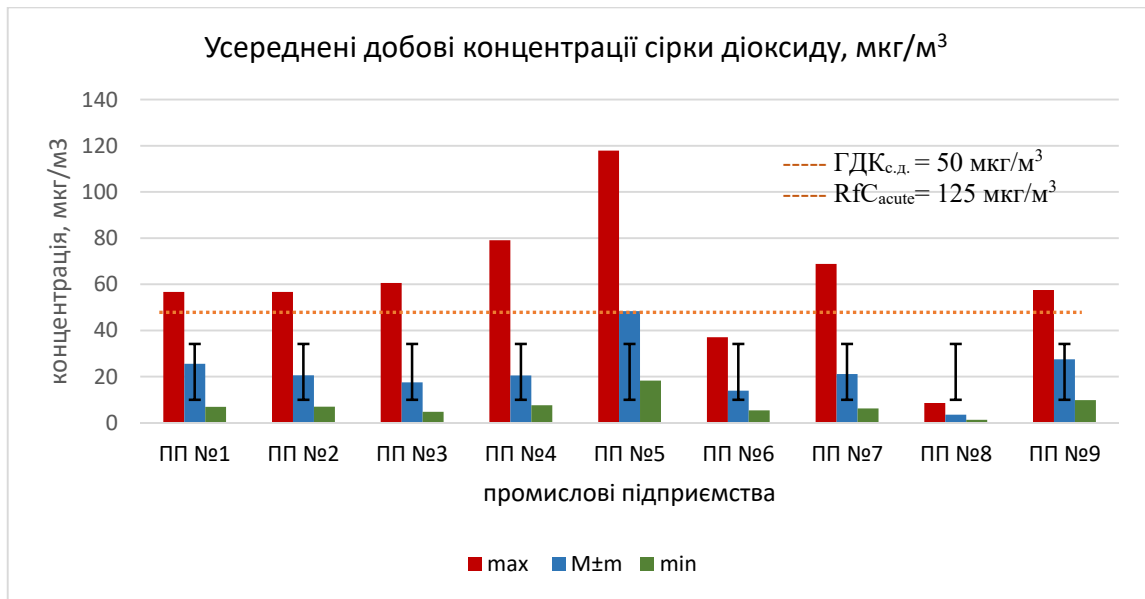
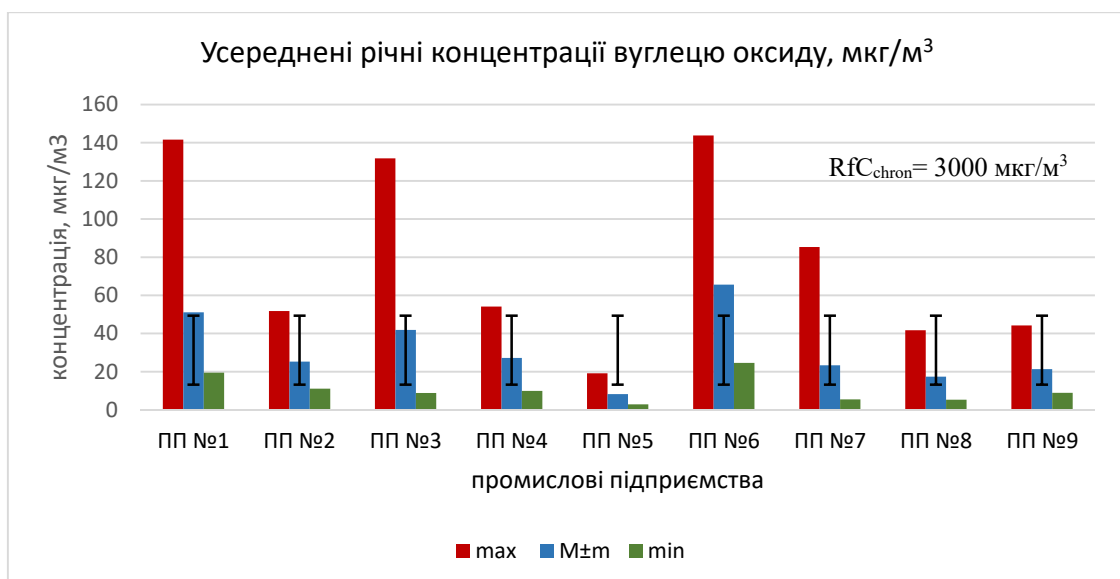
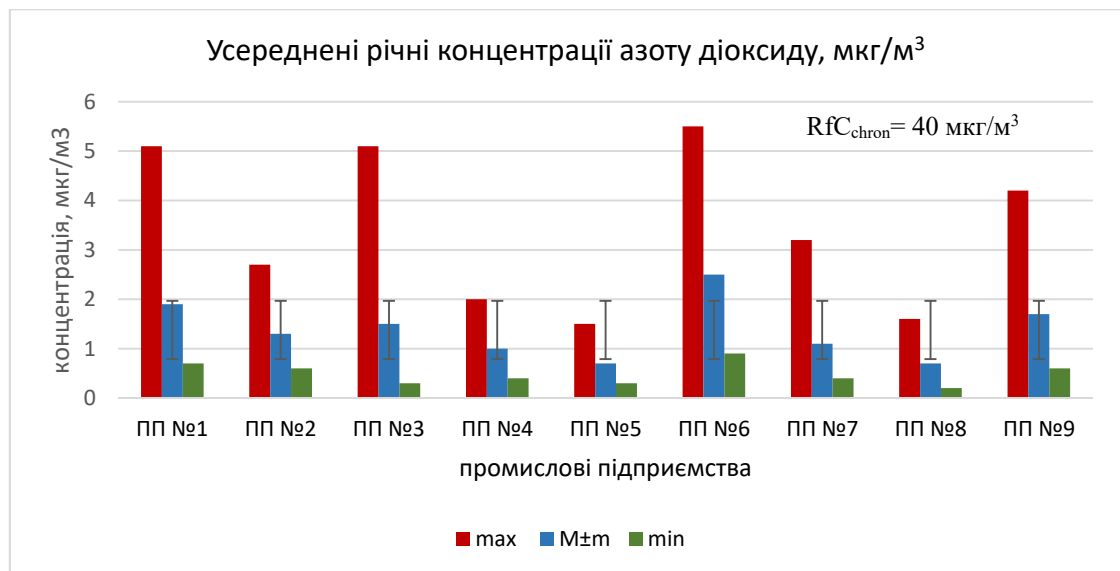


Рисунок 5.6 – Усереднені добові концентрації ЗР від викидів стаціонарних джерел устаткування для виробництва чавуну підприємств ГМК України на рівні поточних ТНДВ

ПП №6 (1692,9; 658,3±251,6; 258,7 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №7 (797,3; 248,1±169,7; 62,6 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №8 (393,6; 162,6±70,4; 60,7 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №9 (551,1; 221,1±87,9; 89,9 мкг/м<sup>3</sup>); для сірки діоксиду – ПП №1 (56,7; 25,6±9,9; 6,9 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №2 (56,7; 20,6±10,9; 7,0 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №3 (60,6; 17,5±10,5; 4,8 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №4 (79,1; 20,5; 7,6 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №5 (117,9; 48,4±24,4; 18,3 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №6 (37,1; 13,9±5,5; 5,4

мкг/м<sup>3</sup>); ПП №7 (68,8; 21,1±13,7; 6,2 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №8 (8,6; 3,5±1,6; 1,3 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №9 (57,5; 27,5±12,9; 9,8 мкг/м<sup>3</sup>); для пилу НДЗС – ПП №1 (44,1; 16,7±8,0; 4,2 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №2 (12,7; 5,1±2,7; 1,9 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №3 (8,2; 3,7±1,7; 1,3 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №4 (16,9; 3,8; 1,3 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №5 (34,1; 16,7±7,0; 5,4 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №6 (58,7; 25,3±11,8; 25,3 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №7 (44,6; 13,6±17,6; 4,5 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №8 (16,6; 3,3±3,1; 1,1 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №9 (20,8; 9,8±4,8; 2,9 мкг/м<sup>3</sup>).

Усереднені річні концентрації (рис. 5.7) коливалися в межах ( $C_{max}$ ;  $M \pm m$  – середнє значення та стандартне відхилення;  $C_{min}$ ): для азоту діоксиду – ПП №1 (5,1; 1,9±0,8; 0,7 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №2 (2,7; 1,3±0,5; 0,6 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №3 (5,1; 1,5±0,98; 0,3 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №4 (2,0; 1,0±0,45; 0,4 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №5 (1,5; 0,7±0,3; 0,3 мкг/м<sup>3</sup>);



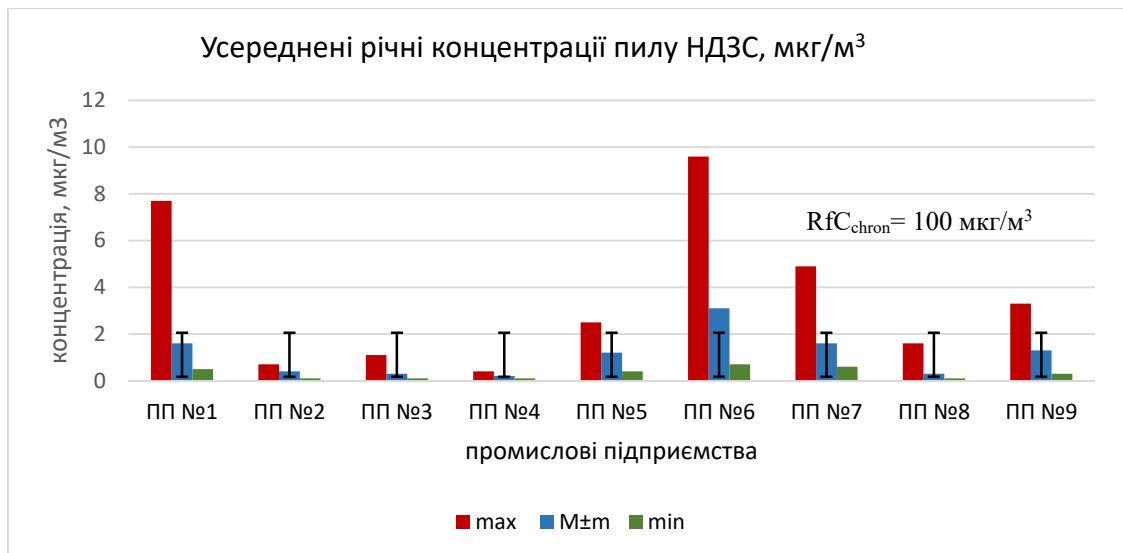
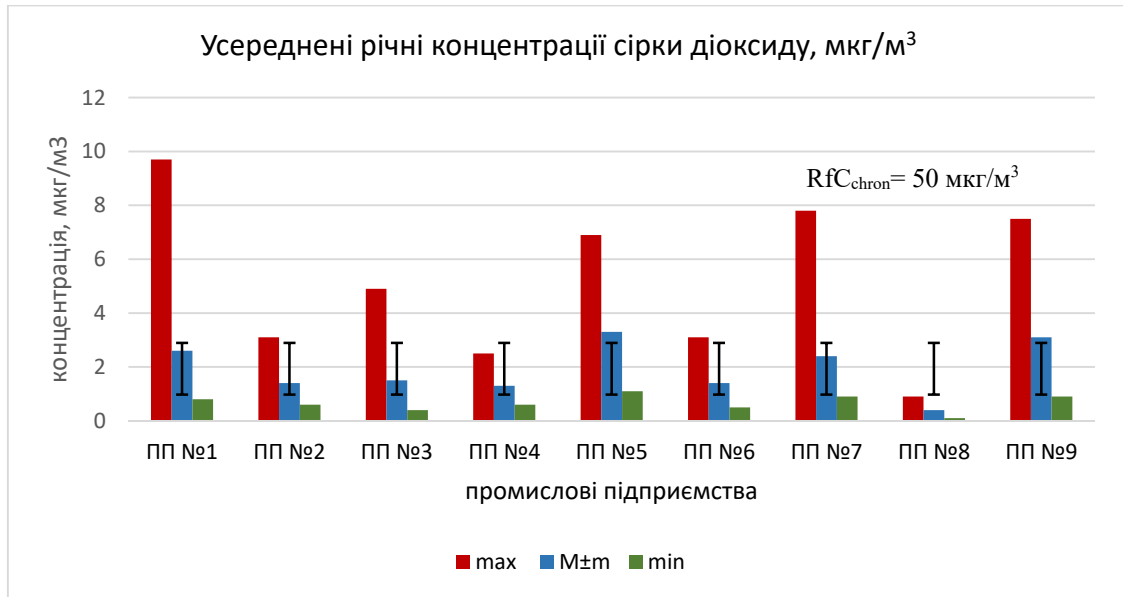


Рисунок 5.7 – Усереднені річні концентрації ЗР від викидів стаціонарних джерел устаткування для виробництва чавуну підприємств ГМК України на рівні поточних ТНДВ

ПП №6 (5,5; 2,5±1,0; 0,9 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №7 (3,2; 1,1±0,6; 0,4 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №8 (1,6; 0,7±0,3; 0,2 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №9 (4,2; 1,7±0,9; 0,6 мкг/м<sup>3</sup>); для вуглецю оксиду – ПП №1 (141,6; 51,1±2,8; 19,5 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №2 (51,8; 25,3±9,2; 11,1 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №3 (131,8; 41,9±26,1; 8,8 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №4 (54,1; 27,2±11,9; 9,9 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №5 (19,1; 8,2±3,3; 2,9 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №6 (143,8; 65,6±26,5; 24,6 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №7 (85,3; 23,3±18,3; 5,5 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №8 (41,7; 17,4±7,6; 5,3 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №9 (44,2; 21,3±8,5; 8,9 мкг/м<sup>3</sup>); для сірки діоксиду – ПП №1 (9,7; 2,6±1,5; 0,8 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №2 (3,1;

1,4±0,5; 0,6 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №3 (4,9; 1,5±0,9; 0,4 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №4 (2,5; 1,3±0,4; 0,6 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №5 (6,9; 3,3±1,4; 1,1 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №6 (3,1; 1,4±0,6; 0,5 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №7 (7,8; 2,4±1,6; 0,9 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №8 (0,9; 0,4±0,2; 0,1 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №9 (7,5; 3,1±1,7; 0,9 мкг/м<sup>3</sup>); для пилу НДЗС – ПП №1 (7,7; 1,6±1,2; 0,5 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №2 (0,7; 0,4±0,13; 0,1 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №3 (1,1; 0,3±0,2; 0,1 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №4 (0,4; 0,2±0,05; 0,1 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №5 (2,5; 1,2±0,5; 0,4 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №6 (9,6; 3,1±1,9; 0,7 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №7 (4,9; 1,6±0,9; 0,6 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №8 (1,6; 0,3±0,3; 0,1 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №9 (3,3; 1,3±0,7; 0,3 мкг/м<sup>3</sup>).

Аналізуючи вищевикладене, змодельовані усереднені концентрації ЗР були порівняні з діючими вітчизняними нормативами ГДК<sub>м.р</sub> та ГДК<sub>с.д</sub> (Додаток Г) [89]. Також, згідно МОРЗН для оцінки ймовірного впливу промислових підприємств на здоров'я експонованого населення досліджуваних міст при гострому та хронічному інгаляційному впливах ЗР, отримані рівні усереднених концентрацій (добова та річна) були порівняні з референтними концентраціями (Додаток Г), що дозволило в подальшому оцінити ризик для здоров'я населення [2], [94], [95], [318], [322].

В результаті проведених порівнянь у вузлах рецепторної сітки було встановлено перевищення ГДК<sub>м.р</sub> усереднених масових 1-годинних концентрацій ЗР на досліджуваних територіях (на межі житлової забудови та промислової зони) для наступних промислових підприємств (від устаткування для виробництва чавуну):

- ПАТ «Алчевський металургійний комбінат» (ДВ №№308, 315, 343, 348, 349) для: азоту діоксиду – 1,1÷1,4 ГДК<sub>м.р</sub> на відстанях до 1750 м у північному, північно-східному та північно-західному напрямках, вуглецю оксиду – 1,03÷1,1 ГДК<sub>м.р</sub> на відстані 1000 м у північному та північно-західному напрямках;
- ПРАТ «Металургійний комбінат «Азовсталь» (ДВ №№120-122, 133, 135, 138, 139-143) для вуглецю оксиду – 1,02÷1,1 ГДК<sub>м.р</sub> на відстанях 2500-3000 м у західному напрямку;

- ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат» (ДВ №№209, 210, 212, 242, 260) для азоту діоксиду та вуглецю оксиду – 1,2 ГДК<sub>м.р.</sub> на відстанях 3500-4000 м у південно-західному напрямку;
- ПРАТ «Єнакіївський металургійний завод» (ДВ №№212, 251, 252, 254, 261, 262, 264) для азоту діоксиду – 1,1÷3,2 ГДК<sub>м.р.</sub> на відстанях від 1000 до 4500 м майже у всіх напрямках за румбами сторін світу; сірки діоксиду – 1,1 ÷1,3 ГДК<sub>м.р.</sub> на відстанях від 1000 до 1500 м у північному, північно-східному, східному та південно-східному напрямках;
- ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча» (ДВ №№99-107) для азоту діоксиду – 1,07 ÷1,1 ГДК<sub>м.р.</sub> на відстанях від 1000 до 1250 м у західному напрямку; вуглецю оксиду – 1,02 ÷1,2 ГДК<sub>м.р.</sub> на відстанях від 1000 до 1500 м у північно-східному, південному, південно-західному та західному напрямках;
- для інших промислових підприємств розраховані усереднені 1-годинні концентрації інших ЗР знаходяться в межах нормативних показників.

На наступному етапі виконання дослідження розраховані величини усереднених 24-годинних концентрацій були порівняні з ГДК<sub>с.д.</sub> та референтними концентраціями при гострому інгаляційному впливі  $RfC_{acute}$ . Як вже було зазначено вище, оцінка якості повітря була проведена за умови найжорсткішого вітчизняного або міжнародного гігієнічного нормативу. Отже, перевага була надана чинному санітарному законодавству України. Встановлено недотримання гігієнічних показників розрахованих усереднених добових концентрацій ЗР для наступних промислових підприємств (рис. 5.8, 5.9):

- ПАТ «Алчевський металургійний комбінат» для азоту діоксиду – 1,1÷1,5 ГДК<sub>с.д.</sub> на відстанях від 1000 до 2000 м у північному та північно-західному напрямках, сірки діоксиду – 1,02÷1,1 ГДК<sub>с.д.</sub> на відстанях 1000-1250 м у північному напрямку;
- ПРАТ «Металургійний комбінат «Азовсталь» для сірки діоксиду – 1,1 ГДК<sub>с.д.</sub> на відстані 2000 м у західному напрямку (територія підприємства);

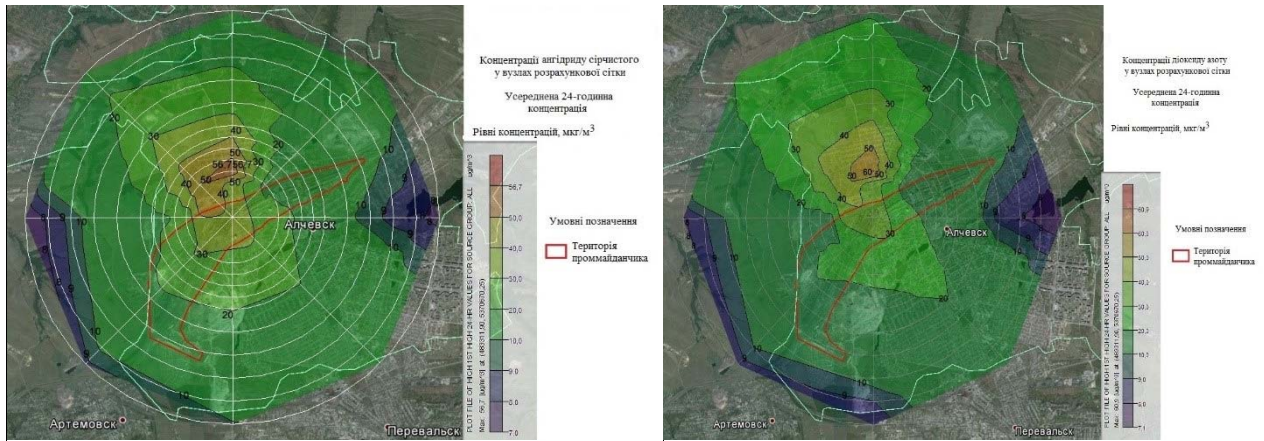


Рисунок 5.8 – Результати розрахунку розсіювання усереднених добових концентрацій азоту діоксиду та сірки діоксиду, ПАТ «Алчевський металургійний комбінат»

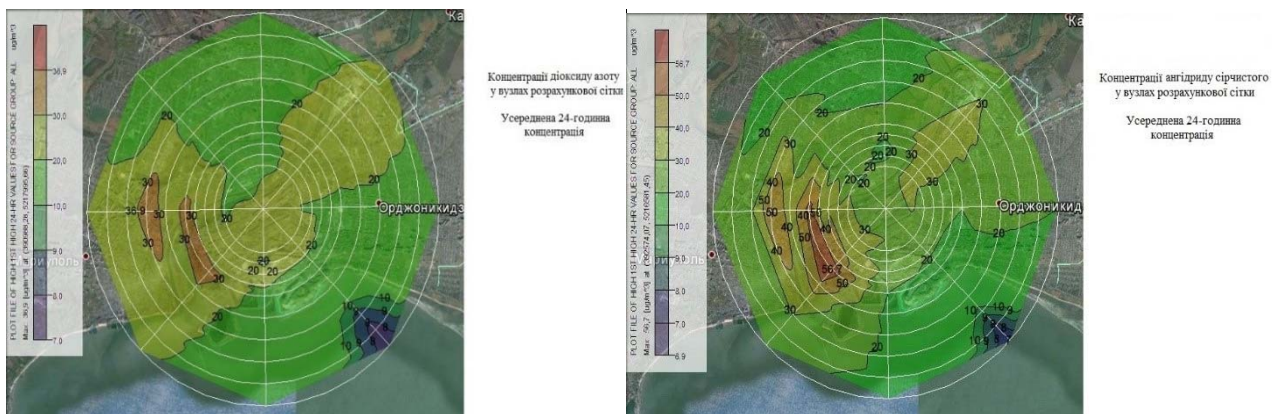


Рисунок 5.9 – Результати розрахунку розсіювання усереднених добових концентрацій азоту діоксиду та сірки діоксиду, ПРАТ «Металургійний комбінат «Азовсталь»

- ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат» для азоту діоксиду –  $1,1 \div 1,4$  ГДК<sub>с.д.</sub> на відстанях від 1000 до 1500 м у північно-східному та західному напрямках,  $1,2 \div 2,5$  ГДК<sub>с.д.</sub> на відстанях 3500-4000 м у південно-західному напрямку; сірки діоксиду – 1,2 ГДК<sub>с.д.</sub> на відстані 4000 м у південно-західному напрямку (рис. 5.10);



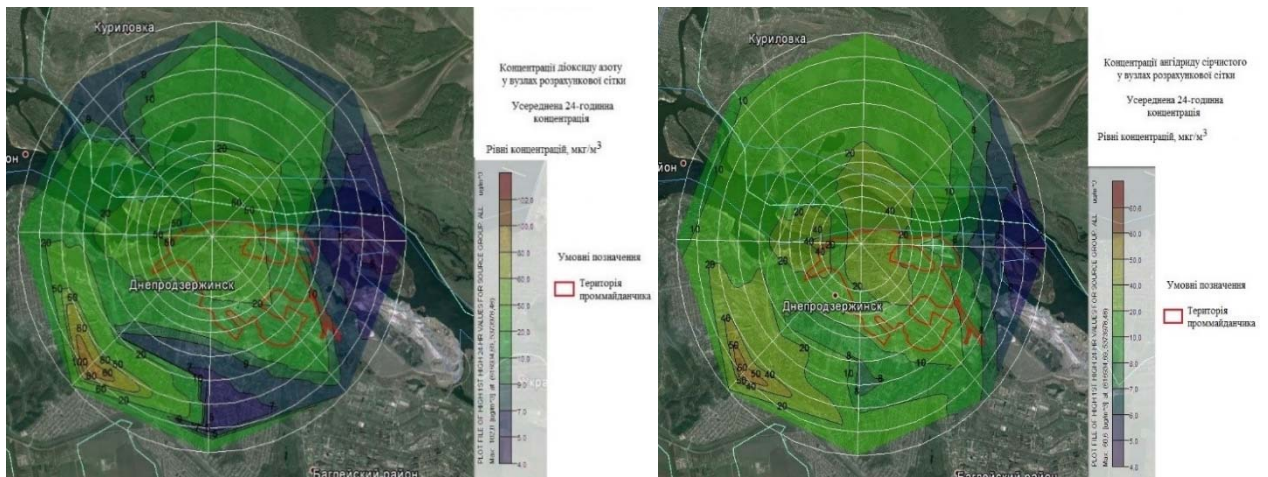


Рисунок 5.10 – Результати розрахунку розсіювання усереднених добових концентрацій азоту діоксиду та сірки діоксиду, ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат»

- ПРАТ «Єнакіївський металургійний завод» для азоту діоксиду –  $1,1 \div 2,9$  ГДК<sub>с.д.</sub> на відстанях від 1000 до 4500 м у північному, східному, південно-східному та північно-західному напрямках; сірки діоксиду –  $1,04 \div 2,3$  ГДК<sub>с.д.</sub> на відстанях від 1000 до 3500 м майже у всіх напрямках за румбами сторін світу (рис. 5.11);

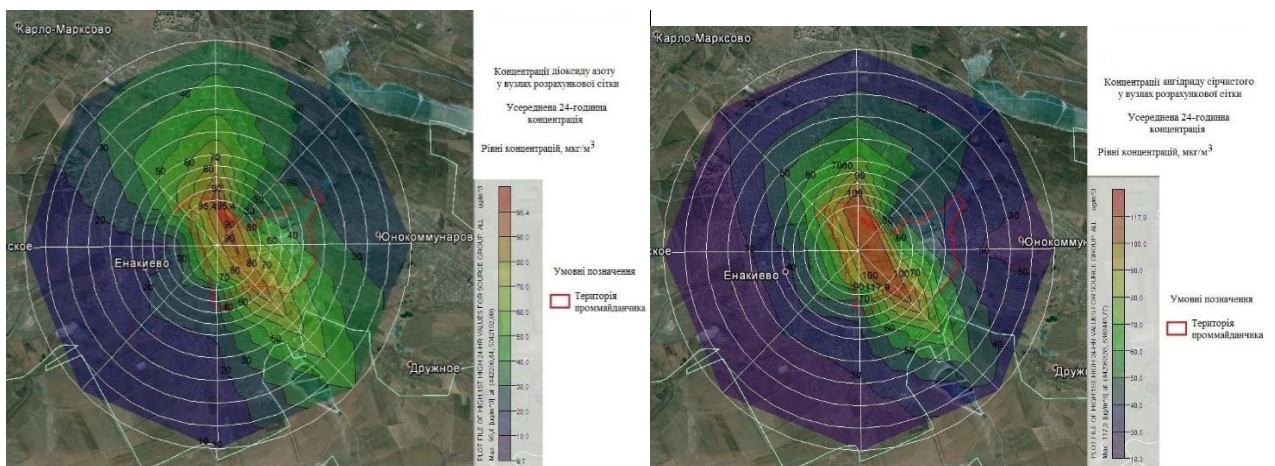


Рисунок 5.11 – Результати розрахунку розсіювання усереднених добових концентрацій азоту діоксиду та сірки діоксиду, ПРАТ «Єнакіївський металургійний завод»

- ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча» для азоту діоксиду –  $1,02 \div 1,6$  ГДК<sub>с.д.</sub> на відстанях від 1000 до 1500 м у східному напрямку (рис. 5.12);

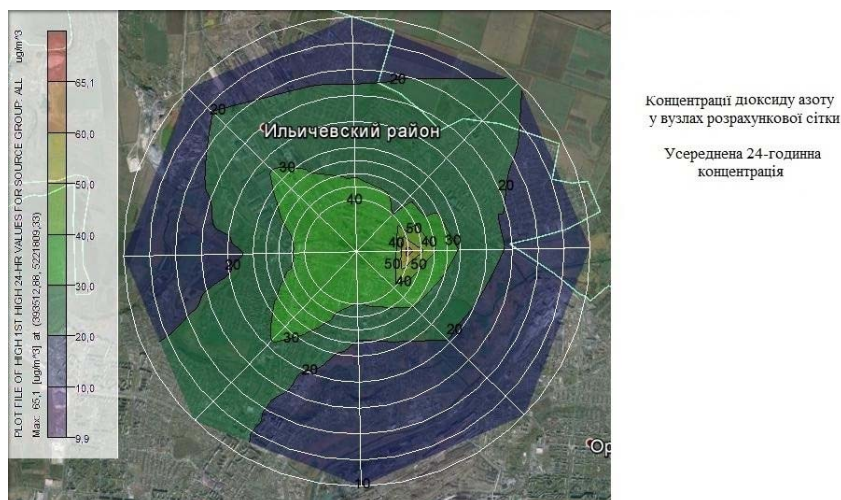


Рисунок 5.12 – Результати розрахунку розсіювання усереднених добових концентрацій азоту діоксиду, ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча»

- ПРАТ «Донецьксталь»–МЗ» для сірки діоксиду –  $1,2 \div 1,6$  ГДК<sub>с.д.</sub> на відстані 1000-1250 м у північно-західному напрямку (рис. 5.13);

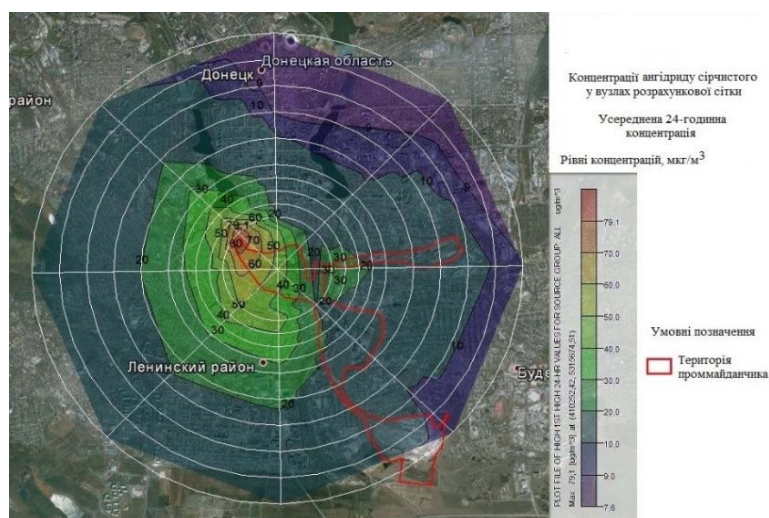


Рисунок 5.13 – Результати розрахунку розсіювання усереднених добових концентрацій сірки діоксиду, ПРАТ «Донецьксталь»–МЗ»



- ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» для: сірки діоксиду – 1,4 ГДК<sub>с.д.</sub> на відстані 1250 м у північному напрямку, 1,1÷1,2 ГДК<sub>с.д.</sub> на відстані 1250-2000 м у північно-західному напрямку (територія підприємства) (рис. 5.14);

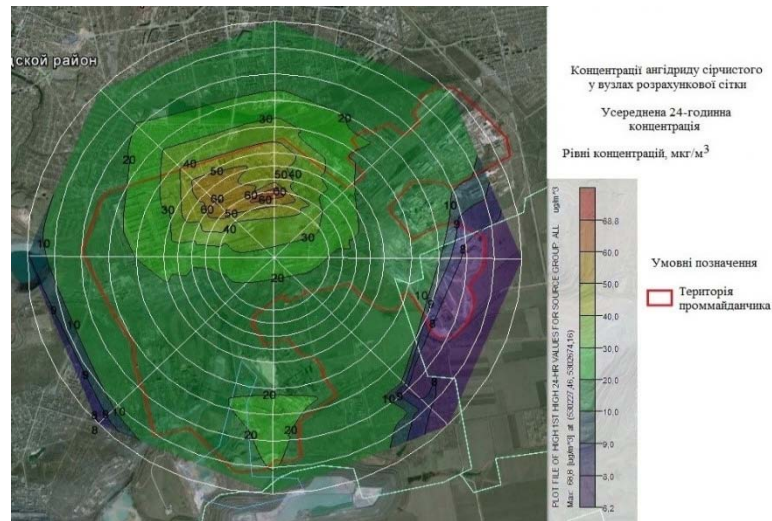


Рисунок 5.14 – Результати розрахунку розсіювання усереднених добових концентрацій сірки діоксиду, ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

- ПАТ «Запорізький металургійний комбінат «Запоріжсталь» для сірки діоксиду – 1,03÷1,2 ГДК<sub>с.д.</sub> майже у всіх напрямках за румбами сторін світу (рис. 5.15);

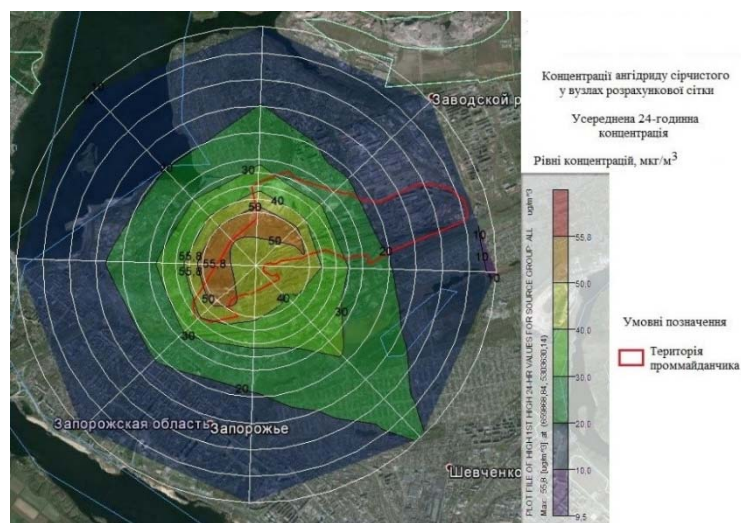


Рисунок 5.15 – Результати розсіювання усереднених добових концентрацій сірки діоксиду, ПАТ «Запорізький металургійний комбінат «Запоріжсталь»

- для інших промислових підприємств розраховані усереднені добові концентрації інших ЗР знаходяться в межах нормативних показників. Що стосується сірки діоксиду, у порівнянні з міжнародними критеріями (ВООЗ, 125 мкг/м<sup>3</sup>) оцінки якості повітря, отримані величини концентрацій знаходяться в межах допустимих значень.

Під час оцінювання хронічних інгаляційних впливів на здоров'я населення (на рівні усередненої річної концентрації), перевищень референтних концентрацій/доз у вузлах рецепторної сітки не встановлено для жодного промислового підприємства. Отже, відсутність перевищень гігієнічних нормативів якості повітря (під час нормування за різні часові періоди) від викидів устаткування для виробництва чавуну підприємствами ГМК України, характерна лише для пилу НДЗС; для інших ЗР на досліджуваних підприємствах спостерігаються перевищення.

На наступному етапі на основі розрахованих рівнів експозицій були встановлені характеристики ризику від забруднення атмосферного повітря у розрахункових вузлах рецепторної сітки для досліджуваних міст, які включали [94], [95]:

- розрахунки неканцерогенних ризиків у вигляді коефіцієнтів небезпеки (HQ) для окремих речовин;
- розрахунки індивідуального ризику смерті від викидів пилу з діаметром часток менше 10 мкм (IRM).

Проведені розрахунки рівнів неканцерогенного ризику (HQ) при оцінках гострих (на рівні усередненої добової концентрації) інгаляційних впливів показали, що коефіцієнти небезпеки у вузлах рецепторної сітки, перевищують допустимі рівні ( $HQ \geq 1$ ) та ризик для здоров'я експонованого населення є неприйнятним, а саме на:

- ПАТ «Алчевський металургійний комбінат» для азоту діоксиду –  $HQ_{acute} = 1,1 \div 1,5$  на відстанях від 1000 до 2000 м у північному та північно-

- західному напрямках; сірки діоксиду –  $HQ_{acute}=1,02\div 1,1$  на відстанях 1000-1250 м у північному напрямку;
- ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат» для азоту діоксиду –  $HQ_{acute}=1,1\div 1,4$  на відстанях від 1000 до 1500 м у північно-східному та західному напрямках,  $HQ_{acute}=1,2\div 2,5$  на відстанях 3500-4000 м у південно-західному напрямку; сірки діоксиду –  $HQ_{acute}=1,2$  на відстані 4000 м у південно-західному напрямку;
  - ПРАТ «Єнакіївський металургійний завод» для азоту діоксиду –  $HQ_{acute}=1,1\div 2,9$  на відстанях від 1000 до 4500 м у північному, східному, південно-східному та північно-західному напрямках; сірки діоксиду –  $HQ_{acute}=1,04\div 2,3$  на відстанях від 1000 до 3500 м майже у всіх напрямках за румбами сторін світу;
  - ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча» для азоту діоксиду –  $HQ_{acute}=1,02\div 1,6$  на відстанях від 1000 до 1500 м у східному напрямку;
  - ПРАТ «Донецьксталь»-МЗ» для сірки діоксиду –  $HQ_{acute}=1,2\div 1,6$  на відстані 1000-1250 м у північно-західному напрямку;
  - ПАТ «Запорізький металургійний комбінат «Запоріжсталь» для сірки діоксиду –  $HQ_{acute}=1,03\div 1,2$  майже у всіх напрямках за румбами сторін світу.

Такі рівні неканцерогенного ризику ( $HQ=1\div 3$ ) характеризуються як низькі (але насторожуючі). У чутливих груп населення (діти, вагітні жінки та люди похилого віку) ймовірні можливості виникнення слабких ефектів.

Під час оцінювання неканцерогенного ризику за умови хронічного (на рівні усередненої річної концентрації) інгаляційного впливу проведені розрахунки показали, що коефіцієнти небезпеки ( $HQ_{chronic}$ ) у вузлах рецепторної сітки досліджуваних зон промислових підприємств (у всіх напрямках за румбами на відстанях від 1000 до 4500 м, де проживає населення), для усіх ЗР, що викидаються устаткуванням для виробництва чавуну, не перевищують

допустимий рівень ( $HQ \leq 1$ ); ризик для здоров'я експонованого населення є мінімальним.

Додаткові дослідження щодо оцінки індивідуального ризику смерті були проведені для пилу НДЗС, а саме для респірабельної фракції з діаметром часток менше 10 мкм (для  $PM_{10}$  виконувалася умова, що  $PM_{10} = 0,55$  пилу НДЗС). Розрахунки показали, що рівні індивідуального ризику смерті для  $PM_{10}$  у 80 рецепторних вузлах досліджуваних промислових підприємств, коливаються в межах –  $IRM = 1,1 \times 10^{-5} \div 8,5 \times 10^{-5}$ . Такі рівні ризику, відповідають зоні умовно прийняттого (допустимого) ризику [101], але потребують постійного контролю з боку підприємства та контролюючих органів щодо дотримання потужності викидів та технологічних режимів роботи обладнання.

Аналізуючи вищевикладене, можна констатувати, що проведені дослідження дозволили оцінити обґрунтованість запропонованих (поточних) підприємствами ГМК технологічних нормативів допустимих викидів та створити передумови щодо їх затвердження на державному рівні, шляхом розробки та прийняття перспективних ТНДВ, як того вимагає та передбачає чинне законодавство України. Це було основною вимогою щодо пошуку найбільш оптимального рішення для забезпечення населення, яке проживає на досліджуваних територіях.

На підставі вищенаведеного, враховуючи результати оцінки ризику, технологічні можливості оптимізації виробничих процесів на устаткуванні для виробництва чавуну досліджуваних промислових підприємств (модернізацій та реконструкцій, шляхом впровадження природоохоронних заходів) та міжнародні рекомендації і висновки НДТМ, що діють в країнах ЄС, були запропоновані перспективні ТНДВ.

У таблиці 5.2 наведено запропоновані величини, що дозволяє наочно провести порівняльний аналіз та визначити доцільність встановлених показників.

Таблиця 5.2

**Поточні, перспективні ГНДВ та висновки НДТМ щодо нормування вуглецю оксиду, азоту діоксиду, сірки діоксиду та пилу НДЗС від устаткування для виробництва чавуну підприємств ГМК**

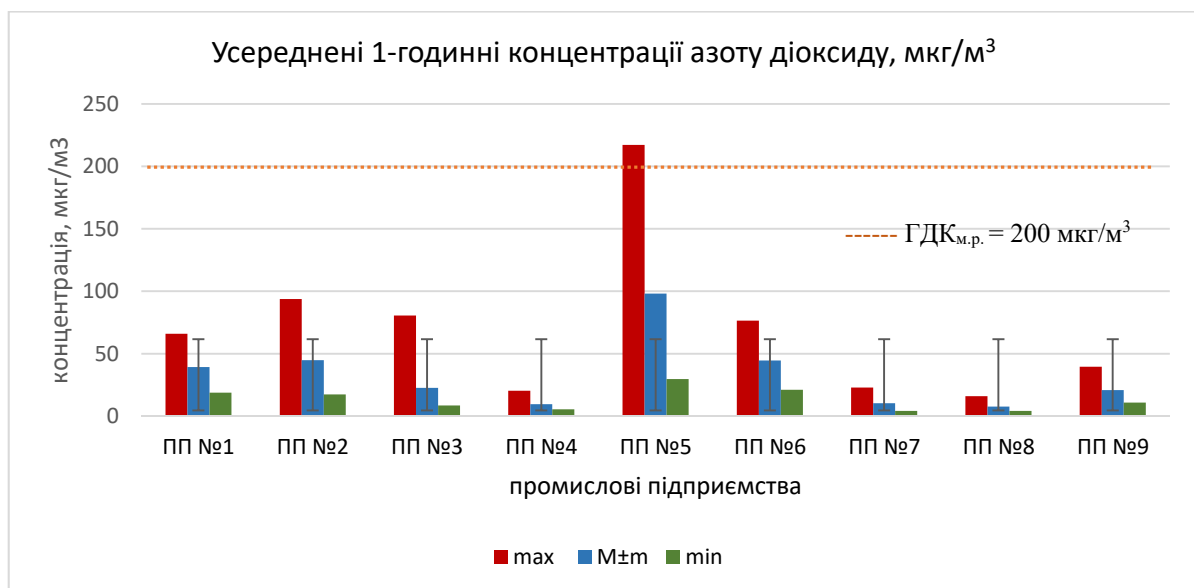
Назва ЗР	Виробництво	Технологічні нормативи допустимих викидів, мг/м <sup>3</sup>		
		поточні	перспективні	висновки НДТМ
Азоту діоксид	повітрянагрівачі	350	120	100
Пил НДЗС	системи завантаження шихти в доменну піч	50-170	50	10-20
	ливарні двори	50-165	50	10-20
Сірки діоксид	повітрянагрівачі	200	200	200
	ливарні двори	200	200	200
Вуглецю оксид	повітрянагрівачі з виносною камерою горіння	50	50	не нормуються
	повітрянагрівачі безшахтні	250	250	
	повітрянагрівачі з внутрішньою камерою горіння	9100	2890	
	ливарні двори	250	250	

Як ми бачимо, згідно європейських вимог (Директиви 2010/75/ЄС), викиди вуглецю оксиду від устаткування виробництва чавуну в країнах ЄС не нормуються, при тому, що за наведеними вище даними спостерігаються перевищення гігієнічних нормативів та існує ризик для здоров'я експонованого населення. Що стосується викидів пилу НДЗС, хоча виконані дослідження вказують на їх мінімальний ризик для населення, а визначені рівні усереднених концентрацій знаходяться в межах нормативних показників, цілком обґрунтованим є зниження нормативу до 50 мг/м<sup>3</sup>, що враховує можливі ризики та впливи, обумовлені іншими ДВ на підприємствах ГМК та фоновим забрудненням атмосферного повітря пилом НДЗС промислових міст. Щодо викидів сірки діоксиду, то дані для визначених нормативів – як поточних,

перспективних так і отриманих згідно висновків НДТМ – збігаються. При тому, що за наведеними розрахунками спостерігаються перевищення неканцерогенного ризику при оцінках гострих впливів майже для всіх досліджуваних підприємств. Це доводить обов'язковість виконання оцінок впливу на здоров'я населення в кожному конкретному випадку та неможливість впровадження «наосліп» нормативів, які затверджені та рекомендуються ЄК для даного типу устаткування [29]. Для викидів азоту діоксиду передбачено поступове зниження, що вимагає проведення додаткових оцінок.

На підставі наведених даних були проведені додаткові розрахунки та дослідження оцінок впливу на здоров'я населення у разі досягнення промисловими підприємствами перспективних ТНДВ та вимог ЄС (2 сценарії розрахунків поступового зниження). Доцільність проведення подальших розрахунків була визначена лише для викидів азоту діоксиду та вуглецю оксиду.

В результаті додатково було розраховано лише усереднені рівні годинних та добових концентрацій вищевказаних ЗР (для яких спостерігалися перевищення; там, де річні концентрації не перевищують гігієнічних нормативів розрахунки недоцільні), які на досліджуваних територіях коливаються в наступних діапазонах та наведені у  $\text{мкг}/\text{м}^3$  (Додаток Г). Визначено, що усереднені 1-годинні концентрації (рис. 5.16, 5.17) від ДВ устаткування для



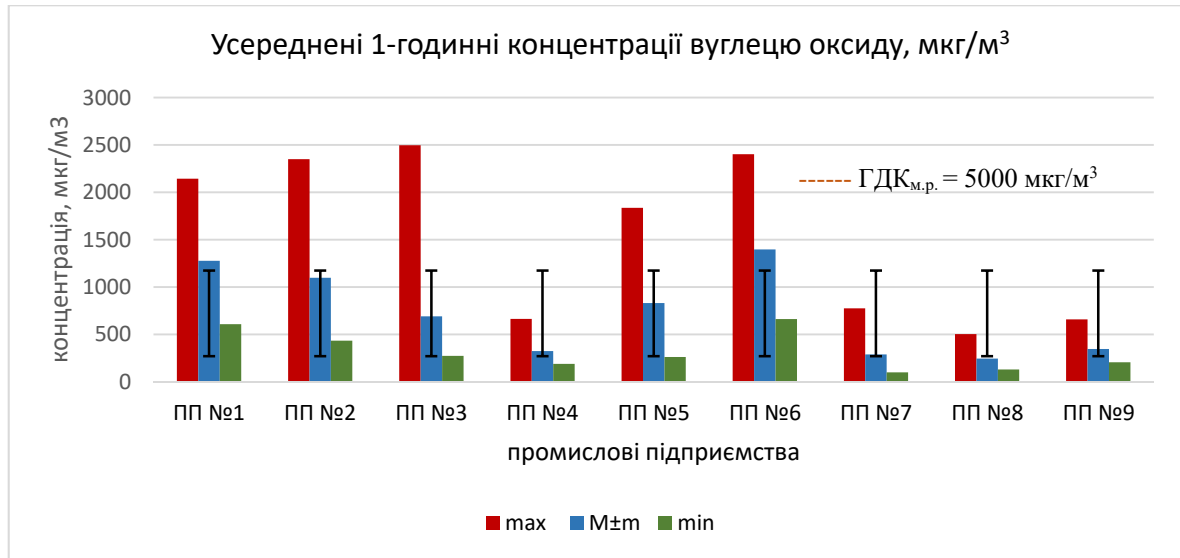


Рисунок 5.16 – Усереднені 1-годинні концентрації азоту діоксиду та вуглецю оксиду від викидів стаціонарних джерел устаткування для виробництва чавуну підприємств ГМК України у разі досягнення перспективних ТНДВ

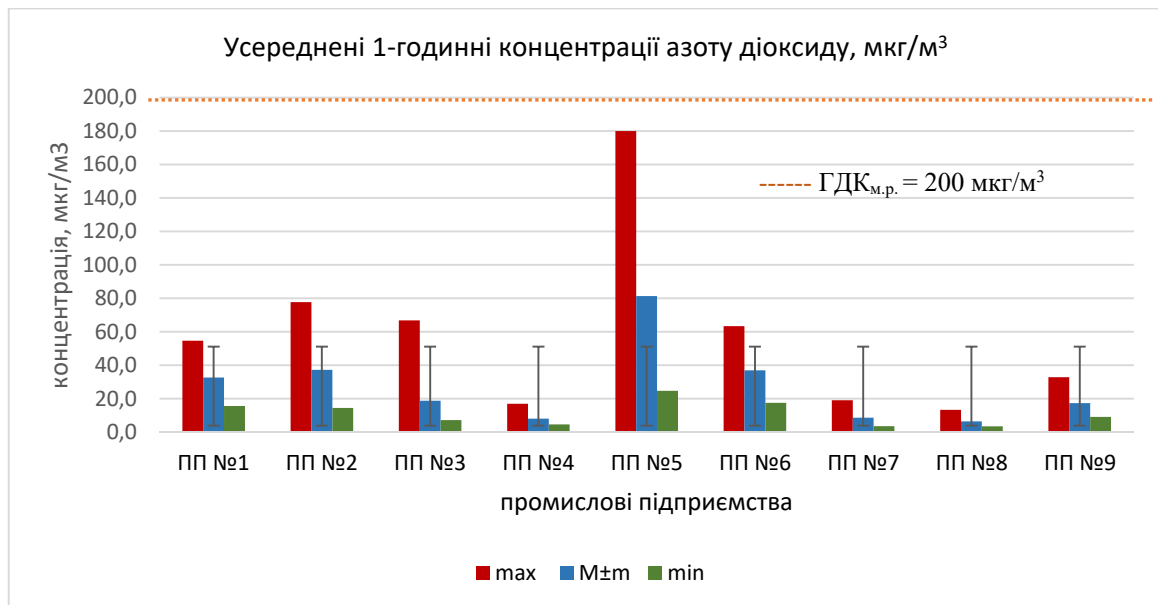
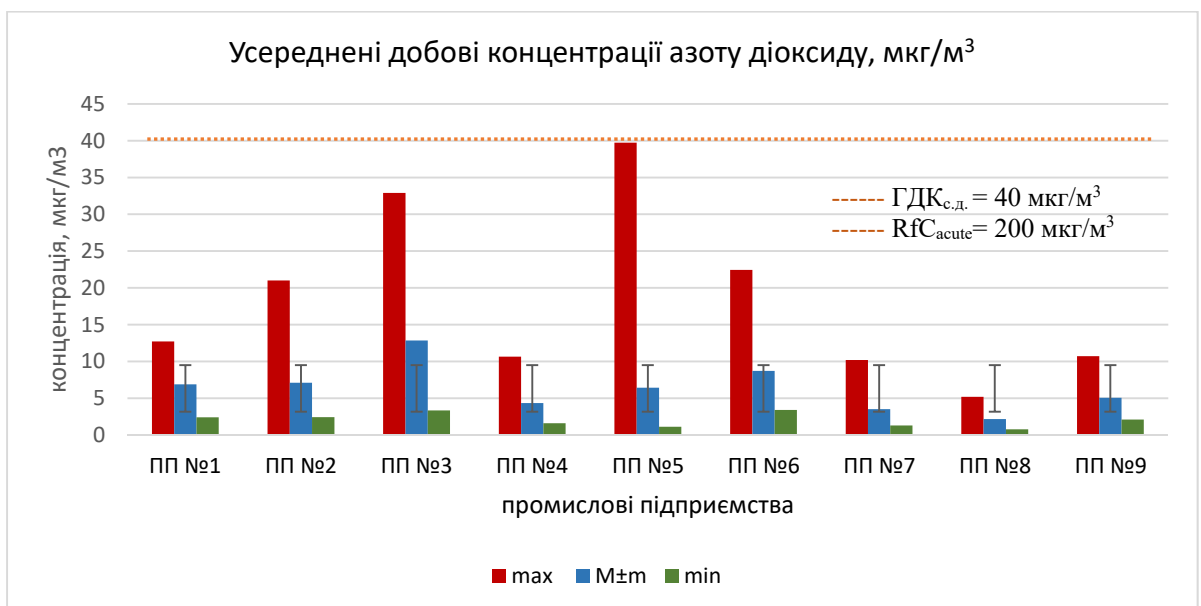


Рисунок 5.17 – Усереднені 1-годинні концентрації азоту діоксиду від викидів стаціонарних джерел устаткування для виробництва чавуну підприємств ГМК України у разі досягнення висновків НДТМ

виробництва чавуну на досліджуваних промпідприємствах, становитимуть (перспективні ТНДВ/висновки НДТМ;  $C_{\text{max}}$ ;  $M$  – середнє значення;  $C_{\text{min}}$ ) для:

азоту діоксиду – ПП №1 (65,9/54,7; 39,3/32,6; 18,8/15,5 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №2 (93,6/77,7; 44,9/37,2; 17,4/14,5 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №3 (80,6/66,8; 22,7/18,8; 8,6/7,1 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №4 (20,4/16,9; 9,6/8,0; 5,5/4,5 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №5 (217,2/180,0; 98,1/81,3; 29,7/24,6 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №6 (76,4/63,3; 44,5/36,9; 21,1/17,5 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №7 (22,9/19,0; 10,4/8,6; 4,2/3,5 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №8 (16,0/13,3; 7,7/6,4; 4,2/3,5 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №9 (39,6/32,8; 20,8/17,3; 10,9/9,0 мкг/м<sup>3</sup>); для вуглецю оксиду – ПП №1 (2144,6; 1277,1; 609,0 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №2 (2350,8; 1098,0; 435,1 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №3 (2497,1; 691,3; 273,7 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №4 (664,9; 325,5; 190,3 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №5 (1836,5; 831,9; 261,9 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №6 (2402,0; 1398,4; 662,4 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №7 (776,6; 290,0; 101,1 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №8 (503,7; 245,1; 130,6 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №9 (659,0; 346,5; 206,1 мкг/м<sup>3</sup>). При порівнянні з ГДК<sub>м.р.</sub> перевищення були визначені лише для азоту діоксиду у разі досягнення перспективного ТНДВ для ДВ устаткування для виробництва чавуну ПРАТ «Єнакіївський металургійний завод». Для викидів вуглецю оксиду перспективного ТНДВ та азоту діоксиду у разі досягнення висновків НДТМ встановлені ТНДВ є прийнятними для експонованого населення.

Розраховані усереднені добові концентрації (рис. 5.18, 5.19) коливалися в межах (перспективні ТНДВ/висновки НДТМ;  $C_{max}$ ;  $M$  – середнє значення;  $C_{min}$ ) для: азоту діоксиду – ПП №1 (12,7/10,5; 6,9/5,7; 2,4/2,0 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №2 (21,0/17,4; 7,1/5,9; 2,4/2,0 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №3 (32,9/27,3; 12,9/10,7; 3,3/2,8 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №4 (10,7/8,8; 4,3/3,6; 1,6/1,3 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №5 (39,7/32,9; 6,4/5,3; 1,1/0,9 мкг/м<sup>3</sup>); ПП





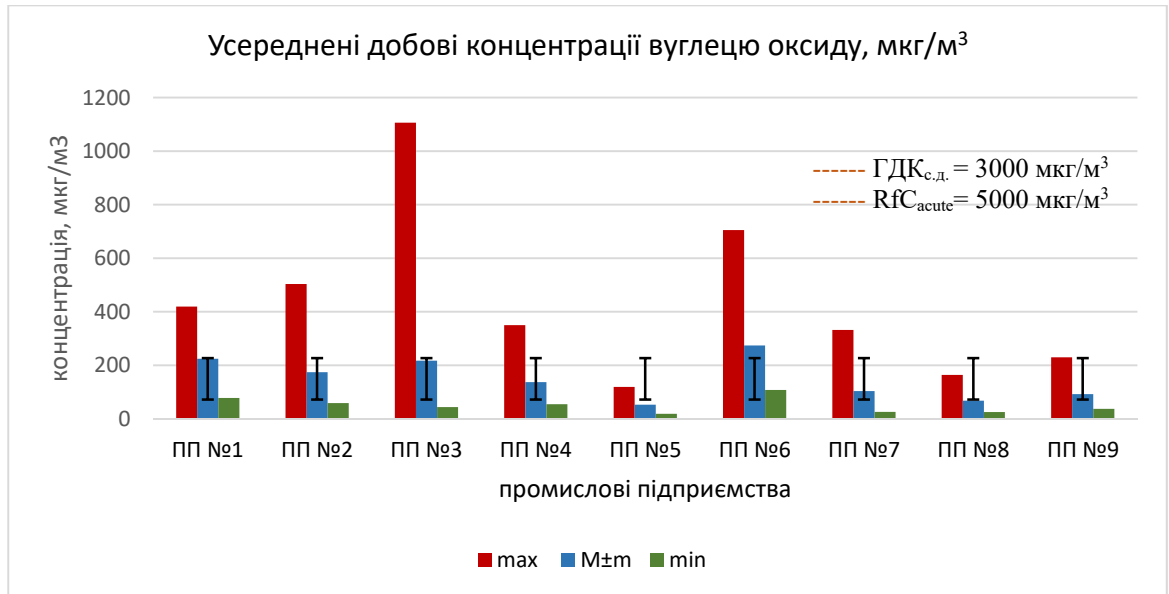


Рисунок 5.18 – Усереднені добові концентрації азоту діоксиду та вуглецю оксиду від викидів стаціонарних джерел устаткування для виробництва чавуну підприємств ГМК України у разі досягнення перспективних ТНДВ

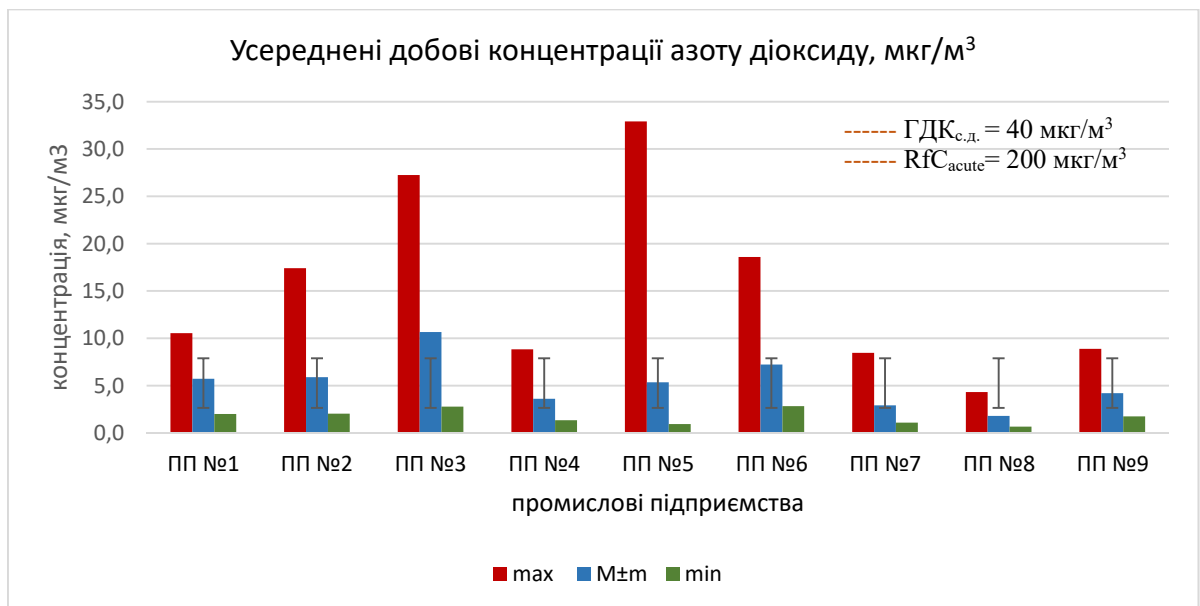


Рисунок 5.19 – Усереднені добові концентрації азоту діоксиду від викидів стаціонарних джерел устаткування для виробництва чавуну підприємств ГМК України у разі досягнення висновків НДТМ

№6 (22,4/18,6; 8,7/7,2; 3,4/2,8 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №7 (10,2/8,5; 3,5/2,9; 1,3/1,1 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №8 (5,2/4,3; 2,2/1,8; 0,8/0,7 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №9 (10,7/8,9; 5,1/4,2; 2,1/1,7 мкг/м<sup>3</sup>); для вуглецю оксиду – ПП №1 (419,0; 224,4; 78,2 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №2 (503,4; 174,0;

59,0 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №3 (1106,2; 217,0; 44,1 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №4 (349,9; 137,2; 54,5 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №5 (119,4; 53,0; 18,6 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №6 (705,4; 274,3; 107,8 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №7 (332,2; 103,4; 26,1 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №8 (164,0; 67,8; 25,3 мкг/м<sup>3</sup>); ПП №9 (229,6; 92,1; 37,5 мкг/м<sup>3</sup>). Під час порівняння змодельованих концентрацій з ГДК<sub>с.д.</sub> та референтними концентраціями при гострому інгаляційному впливі RfC<sub>acute</sub> (за умови найжорсткішого гігієнічного нормативу), перевищень гігієнічних нормативів не встановлено для жодної ЗР, відповідно й ризику для здоров'я населення знаходяться на прийнятному рівні.

Отже, враховуючи вищенаведене, запропоновані до впровадження перспективні ТНДВ демонструють можливість їх погодження на встановлених рівнях, але потребують аналізу на підставі оцінок впливу на здоров'я населення. По-перше, це обумовлено необхідністю урахування інших ДВ ЗР на промислових підприємствах, які викидають аналогічні хімічні речовини. Адже, на прикладі даного дослідження показано, що отримані величини розрахованих усереднених концентрацій дуже близькі до порогових значень, а враховуючи ефекти потенціювання та сумації, на досліджуваних територіях можуть створюватися ареоли «островів» підвищених експозиційних навантажень. Це буде збільшувати ефект впливу, який підсилюватиметься фоновим забрудненням, характерним для промислових міст. Особливо це показово для викидів азоту діоксиду, сірки діоксиду та пилу НДЗС. Ще одним, нагальним питанням є нормування викидів сірки діоксиду для якого встановлені однакові поточні, перспективні ТНДВ та вимоги ЄС (200 мг/м<sup>3</sup>) щодо нормування на ДВ. При такому значенні ТНДВ було встановлено перевищення допустимих рівнів неканцерогенного ризику за умови гострого інгаляційного впливу (на рівні усередненої добової концентрації) на здоров'я населення у порівнянні з вітчизняним гігієнічним нормативом (ГДК<sub>с.д.</sub> = 50 мкг/м<sup>3</sup>). Хоча, під час порівняння з рекомендаціями ВООЗ (125 мкг/м<sup>3</sup>), перевищень не визначено та ризик є мінімальним [7], [107], [119].

Аналізуючи вищевикладене, отримані результати досліджень

підтверджують можливість затвердження ТНДВ від устаткування для виробництва чавуну промисловими підприємствами ГМК України у разі досягнення ними перспективних або висновків НДТМ показників, але доводять про необхідність використання методичних підходів щодо оцінок впливу/ризиків на здоров'я експонованого населення.

Таким чином, відповідно до отриманих результатів оцінок шкоди для здоров'я населення, було розроблено та рекомендовано до погодження «Технологічні нормативи допустимих викидів забруднюючих речовин із устаткування (установки) для виробництва чавуну, продуктивність якого перевищує 2,5 т на годину» [372]. Ці нормативи були затверджені наказом МЕНР України від 25.12.2015 р. № 504, у разі досягнення перспективних ТНДВ на рівні:

- речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом: для систем завантаження шихти в доменну піч – 50 мг/м<sup>3</sup>; для ливарних дворів – 50 мг/м<sup>3</sup>;
- вуглецю оксид: для повітрянагрівачів з виносною камерою горіння – 50 мг/м<sup>3</sup>; для безшахтних повітрянагрівачів – 250 мг/м<sup>3</sup>; для повітрянагрівачів з внутрішньою камерою горіння – 2890 мг/м<sup>3</sup>; для ливарних дворів – 250 мг/м<sup>3</sup>;
- азоту діоксид: для повітрянагрівачів – 120 мг/м<sup>3</sup>;
- сірки діоксид: для повітрянагрівачів – 200 мг/м<sup>3</sup>; для ливарних дворів – 200 мг/м<sup>3</sup>.

Аналогічні наукові дослідження щодо розробки ТНДВ від різних видів устаткування на промислових підприємствах на підставі результатів оцінки ризику для здоров'я населення були проведені й при погодженні наступних нормативно-правових актів, а саме [373] – [375]:

- «Про затвердження технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин із устаткування (установки) для випалювання та агломерації металеві руди (включаючи сульфідну руду)» (наказ МЕНР України від 21.12.2012 р. № 671; зареєстровано в Міністерстві юстиції

- України від 02.01.2013 р. № 3/22535) [45];
- «Про затвердження Технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин із устаткування (установки) для виробництва сталі (первинна та вторинна плавка), включаючи безперервний розлив, продуктивність якого перевищує 2,5 т на годину (кисневих конверторів)» (наказ МЕРП України від 01.07.2015 р. № 262; зареєстровано в Міністерстві юстиції України від 22.07.2015 р. № 875/27320);
  - «Про затвердження Технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин із устаткування (установки) для виробництва вапна в обертових випалювальних печах, виробнича потужність яких перевищує 50 т на день, або в інших печах, виробнича потужність яких перевищує 50 т на день» (наказ МЕРП України від 01.07.2015 р. № 260; зареєстровано в Міністерстві юстиції України 22.07.2015 р. № 878/27323);
  - «Про затвердження Технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин із устаткування (установки) для виробництва сталі (первинна та вторинна плавка), продуктивність якого перевищує 2,5 т на годину (установки газокисневого рафінування сталі)» (наказ МЕРП України від 01.07.2015 р. № 261; зареєстровано в Міністерстві юстиції України 22.07.2015 р. за № 876/27321).

### **Висновки до розділу 5**

Основною вимогою досягнення управлінських цілей в галузі охорони атмосферного повітря з урахуванням існуючих критеріїв, рекомендацій та програм є встановлення та досягнення ТНДВ забруднюючих речовин промисловими підприємствами. Проект ЗУ «Про запобігання, зменшення та контроль промислового забруднення» передбачає змінити концепцію щодо нормування викидів для багатьох виробництв, шляхом поступового впровадження висновків НДТМ (європейські галузеві документи BATs та

BREF). Однак, більшість існуючих в Україні ТНДВ для різних виробничих процесів, були розроблені без урахування оцінок впливу на здоров'я населення та не дають об'єктивної оцінки щодо доцільності їх досягнення з позицій збереження громадського здоров'я на окремих територіях. Відтак, у поточному розділі дисертаційного дослідження було:

1. Розроблено та оцінено встановлені перспективні і поточні ТНДВ забруднюючих речовин та нормативи згідно висновків НДТМ (рекомендовані ЄС) на прикладі устаткування (установки) для виробництва чавуну, продуктивність якого перевищує 2,5 т на годину від 9 промислових підприємств ГМК, використовуючи методичні підходи методології оцінки ризику для здоров'я населення.
2. Розраховано рівні усереднених 1-годинних, добових та річних концентрацій забруднюючих речовин від ДВ устаткування для виробництва чавуну при різних сценаріях досягнення ТНДВ (поточні, перспективні та встановлені висновками НДТМ). Визначено перевищення гігієнічних нормативів на рівні: 1-годинних концентрацій для азоту діоксиду –  $1,07 \div 3,2$  ГДК<sub>м.р.</sub>, вуглецю оксиду –  $1,02 \div 1,2$  ГДК<sub>м.р.</sub>, сірки діоксиду –  $1,1 \div 1,3$  ГДК<sub>м.р.</sub> (поточні ТНДВ) та азоту діоксиду –  $1,02 \div 1,1$  ГДК<sub>м.р.</sub> (перспективні ТНДВ); добових концентрацій для азоту діоксиду –  $1,02 \div 2,9$  ГДК<sub>с.д.</sub>, сірки діоксиду –  $1,02 \div 2,3$  ГДК<sub>с.д.</sub> (поточні ТНДВ). Під час розрахунків рівнів усереднених концентрацій для інших ЗР за умов різних сценаріїв їх нормування (у разі досягненні поточних, перспективних ТНДВ та висновків НДТМ) та порівнянні з міжнародними критеріями оцінки якості повітря (рекомендаціями ВООЗ), встановлені величини знаходяться в межах нормативних показників.
3. Оцінено рівні неканцерогенного ризику для здоров'я експонованого населення, яке проживає в зоні впливу досліджуваних промпідприємств. Визначено перевищення прийнятних рівнів лише при гострих інгаляційних впливах (на рівні добової концентрації) для викидів азоту

діоксиду –  $HQ_{acute}=1,02\div 2,9$  та сірки діоксиду –  $HQ_{acute}=1,02\div 2,3$  (поточні ТНДВ), що характеризуються як низькі (насторожуючі), але у чутливих груп населення (діти, вагітні жінки та люди похилого віку) існує ймовірність виникнення слабких ефектів, що вимагає розробки заходів зі зниження експозиції та запобігання цих ефектів. При досягненні рекомендованих перспективних ТНДВ та висновків НДТМ, перевищення допустимих рівнів прийняттого ризику буде характерним лише для викидів сірки діоксиду, що обумовлено більш жорстким критерієм нормування якості повітря в Україні ( $ГДК_{с.д.} = 50 \text{ мкг/м}^3$ ), на противагу рекомендаціям ВООЗ ( $125 \text{ мкг/м}^3$ ). При оцінюванні хронічних впливів, рівні ризику для всіх ЗР від викидів досліджуваних підприємств та сценаріїв встановлення або досягнення ТНДВ знаходяться на прийнятному рівні.

4. Доведено необхідність виконання оцінок впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я експонованого населення при розробленні та встановленні ТНДВ для різних типів устаткування. Показано неможливість впровадження нормативів «наосліп», зокрема, встановлених висновками НДТМ, які затверджені та рекомендовані ЄС, що обумовлено специфікою (ефектами потенціювання та сумації ЗР; фоном) промислового забруднення атмосферного повітря та більш жорсткими вимогами щодо нормування його якості в Україні.
5. Встановлено та рекомендовано до погодження, на підставі результатів оцінки ризику, ТНДВ із устаткування (установки) для: випалювання та агломерації металеві руди (включаючи сульфідну руду); виробництва сталі (первинна та вторинна плавка), включаючи безперервний розлив, продуктивність якого перевищує 2,5 т на годину (кисневих конверторів); виробництва вапна в обертових випалювальних печах, виробнича потужність яких перевищує 50 т на день, або в інших печах, виробнича потужність яких перевищує 50 т на день; виробництва сталі (первинна та

вторинна плавка), продуктивність якого перевищує 2,5 т на годину (установки газокисневого рафінування сталі); виробництва чавуну, продуктивність якого перевищує 2,5 т на годину (відповідно, накази МЕНТР України № 671 від 21.12.2012 р.; №262, 260, 261 від 01.07.2015 р., № 504 від 25.12.2015 р.).

**Матеріали даного розділу відображені у наступних публікаціях:** [337], [348], [366] - [371].

## РОЗДІЛ 6

### ВИКОРИСТАННЯ ОЦІНКИ РИЗИКУ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ДЕРЖАВНОЇ САНІТАРНО-ЕПІДЕМІОЛОГІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ ДЛЯ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗМІРІВ САНІТАРНО-ЗАХИСНИХ ЗОН ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

На Батумській та Остравській конференціях, «Довкілля для Європи» та «Довкілля та здоров'я» відповідно, головною з необхідних умов співіснування різних країн було визнано зусилля у напрямку покращення стану атмосферного повітря і зниження його негативного впливу на здоров'я мешканців планети. Це відображено і в Глобальних Цілях Стійкого розвитку. Україна, яка є партнерською стороною ряду міжнародних конвенцій, енергетичних та економічних угод, прийняла на себе зобов'язання зі здійснення заходів щодо покращення якості повітря та громадського здоров'я [30], [92].

Особливо виконання таких зобов'язань є важливим для населення, яке проживає у техногенно-навантажених регіонах, що характеризуються зосередженням великої кількості промислових підприємств, які обумовлюють високий техногенний тиск на здоров'я жителів, створюючи високі рівні інгаляційного ризику [10], [11], [19], [20], [114]. У той же час вважається, що несприятливий вплив цих об'єктів на довкілля та санітарно-гігієнічні умови проживання населення, яке мешкає на прилеглих територіях та в межах нормативних санітарно-захисних зон, залишається значним. Таку ситуацію можна пояснити порушеннями санітарного законодавства; використанням енергонеефективних та застарілих технологій у виробничих процесах промислових підприємств; дефіцитом земельних ресурсів населених місць; обмеженням можливості нецільового використання земель промислового та сільськогосподарського призначення, що сприяє стрімкому розвитку будівництва, розміщенням і наближенням житлової забудови (у т.ч. – незаконної) до промислових об'єктів [91], [376]. Це, у свою чергу, вимагає



достовірних оцінок та вивчення закономірностей формування експозиційних навантажень на здоров'я населення, яке проживає у зонах неприйнятної ризику, обумовленого впливом промислових об'єктів. Слід зазначити, що у багатьох країнах СНД (наприклад, Білорусь, Казахстан, Росія, Узбекистан), управлінські рішення щодо обґрунтування та встановлення розмірів санітарно-захисних зон (СЗЗ) для промислових підприємств приймаються на підставі результатів оцінки ризику, що регламентується чинним санітарним законодавством в рамках дозвільних процедур, акредитованими установами (мають, відповідні ліцензії на проведення робіт з оцінок ризику) [96], [377] – [379]. В Україні подібні оцінки проводяться лише в рамках науково-дослідних робіт та в більшості випадків за ініціативою промислових підприємств. На сьогодні, в рамках даної роботи та враховуючи результати оцінки ризику, виконано понад 120 обґрунтувань щодо встановлення розмірів СЗЗ для промислових майданчиків металургійних, хімічних, машинобудівних, теплоенергетичних, сільськогосподарських та інших підприємств (під час проведення державної санітарно-епідеміологічної експертизи – ДСЕЕ) та розроблено природоохоронні та гігієнічні заходи [337], [376], [380] – [382]. Приклади такого аналізу буде представлено у даному розділі як алгоритм необхідності широкого впровадження МОРЗН на законодавчому рівні у практику органів виконавчої влади та наукових установ, що забезпечують санітарно-епідеміологічне благополуччя населення та можливості реалізації даного консорціуму у міжсекторальному партнерстві.

Повна процедура дослідження (обґрунтування розміру СЗЗ) представлена на прикладі одного з потужних промислових об'єктів м. Запоріжжя, діяльність якого пов'язана з виробництвом феросплавів. Слід зазначити, що оцінка ризику для даного підприємства проводилися у 2009 р. (як базова щодо оцінки впливу даного підприємства на здоров'я населення та для надання пропозицій щодо розробки природоохоронних заходів); у 2012 та 2016 рр. (під час проведення ДСЕЕ щодо обґрунтування розміру СЗЗ для даного підприємства). За санітарною класифікацією підприємств, виробництв, споруд «Державних санітарних

правилах планування та забудови населених пунктів. ДСП № 173-96» (додаток №4, надалі – ДСП № 173-96) зазначено, що дане підприємство, віднесено до І класу («Підприємства по виробництву феросплавів») з нормативною санітарно-захисною зоною (СЗЗ) розміром 1000 м, якої в даному випадку не дотримано. Найближча житлова забудова розташована на відстані 960 м у північному напрямку від основних ДВ підприємства [382].

Відповідно до наданих проектних та дозвільних документів, враховуючи одночасність роботи устаткування та виведення окремих ДВ з експлуатації, було відібрано та включено до дослідження 173 ДВ, що викидають в атмосферне повітря 34 ЗР. Натурні дослідження забруднення повітря населених місць, що оточують підприємство з виробництва феросплавів, були виконані санітарно-епідеміологічною станцією (наразі, лабораторні центри МОЗ України) у 4 контрольних точках, розташованих у районі найближчої житлової забудови, для п'яти хімічних сполук (пилу, марганцю та його сполук, сірки діоксиду, вуглецю оксиду та азоту діоксиду), відповідно до аналітичних методик хімічного аналізу (РД 52.04.189-91) [112].

Розрахунки розсіювання шкідливих речовин у ПША для обґрунтування встановлення розміру санітарно-захисної зони були виконані та надані проектною організацією на підставі «Методики розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств. ОНД-86» з використанням програмного комплексу «EOL+». Очікувані концентрації ЗР для розрахункового квадрата розміром 5000×5000 м з кроком сітки 250 м були визначені у контрольних точках на межі найближчої житлової забудови та на межі нормативної СЗЗ.

В рамках даної роботи для розрахунку усереднених приземних концентрацій пріоритетних ЗР у повітрі, необхідних для подальшої оцінки ризику, був також використаний метод комп'ютерного моделювання, реалізований за допомогою програмного комплексу ISC-AERMOD View, до модулів якого (за алгоритмом представленим у розділі 3) було введено наступні

параметри: рельєф території дослідження, метеоумови за певний часовий період, характеристики землекористування, щільність забудови, наявність відкритих водойм, параметри джерел та характеристики викидів [147], [327]. В результаті, для заданого об'єкту було закладено рецепторну сітку, визначено розрахункові вузли та контрольні точки для території дослідження розміром 6000×6000 м. Сітка радіального типу була задана з розподілом на сегменти, що відповідають 8-м румбам напрямку вітру в 45° починаючи з Пн (0°). Кожний сегмент було поділено від центроїда промайданчика підприємства на 10 нерівномірних секторів з кроком у 200 м на відрізку 1000-1200 м та кроком у 100 м на відрізку 1200-2000 м (рис. 6.1).

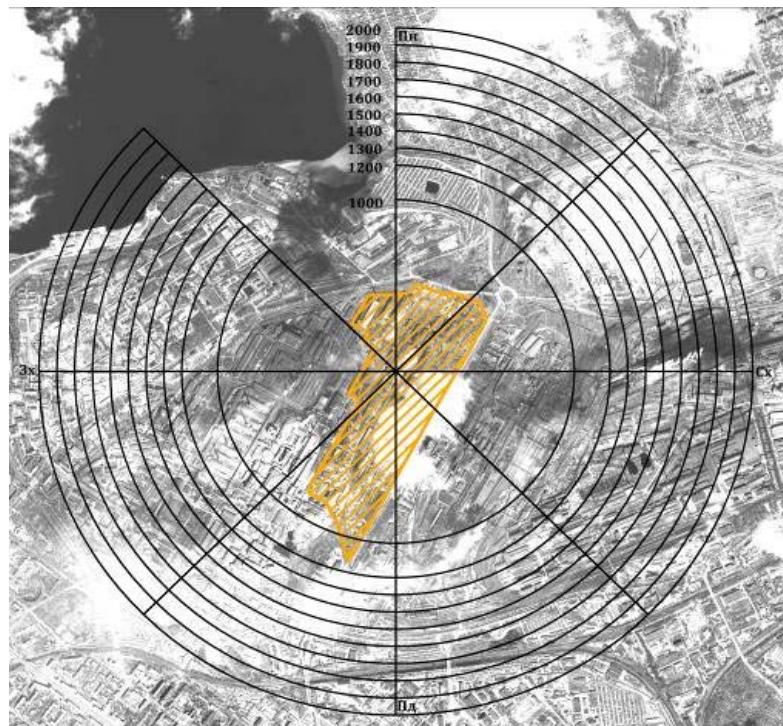


Рисунок 6.1 – Розташування розрахункових вузлів радіальної рецепторної сітки для промислового підприємства з виробництва феросплавів, м. Запоріжжя

Вищесказане обумовлено оцінкою поширення забруднення на різних відстанях з урахуванням зони впливу промислових підприємств на територіях дослідження (40 висот найбільшої труби, м) [105], [112]. Встановлено 80 розрахункових вузлів радіальної рецепторної сітки, 8 контрольних точок,

визначених на межі нормативної санітарно-захисної зони (точки №3-10) та 2 точки – на межі найближчої житлової забудови (точки №№1,2) (рис.6.2).

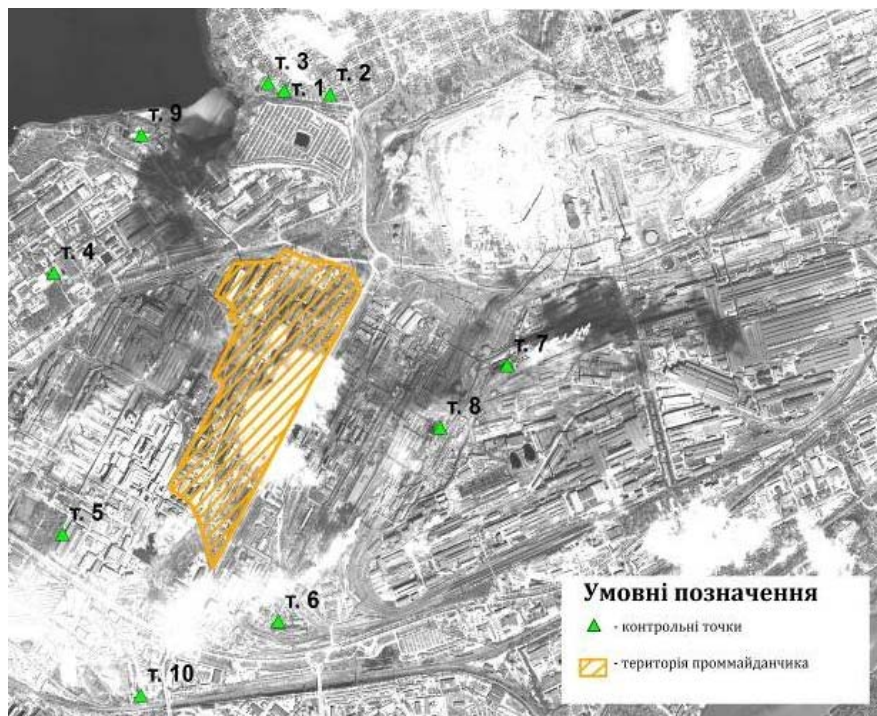


Рисунок 6.2 – Розташування контрольних точок у зоні впливу промислового підприємства з виробництва феросплавів, м. Запоріжжя

Враховуючи критерії вибору пріоритетних ЗР, що викидають в атмосферне повітря стаціонарні ДВ, на підставі показників емісії (питомих викидів ЗР в атмосферне повітря різними виробництвами) та оцінок токсичності, було відібрано та сформовано перелік пріоритетних ЗР (Додаток Г). До переліку увійшло 9 хімічних сполук (марганець та його сполуки (Mn), азоту діоксид (NO<sub>2</sub>), сірки діоксид (SO<sub>2</sub>), вуглецю оксид (CO), пил НДЗС, сажа, бенз(а)пірен (БП), нікелю оксид (NiO), бензин), з них 4 – канцерогени (сажа, бензин, бенз(а)пірен, нікелю оксид).

Недостатню валідність наданих підприємством вихідних даних (генплан території з нанесеними ДВ (М-б 1:2000) щодо розташування та параметрів 173 ДВ, за допомогою програмного забезпечення ArcGIS 10.1, було компенсовано використанням даних високої роздільної здатності (космічного знімку) (рис. 6.3).



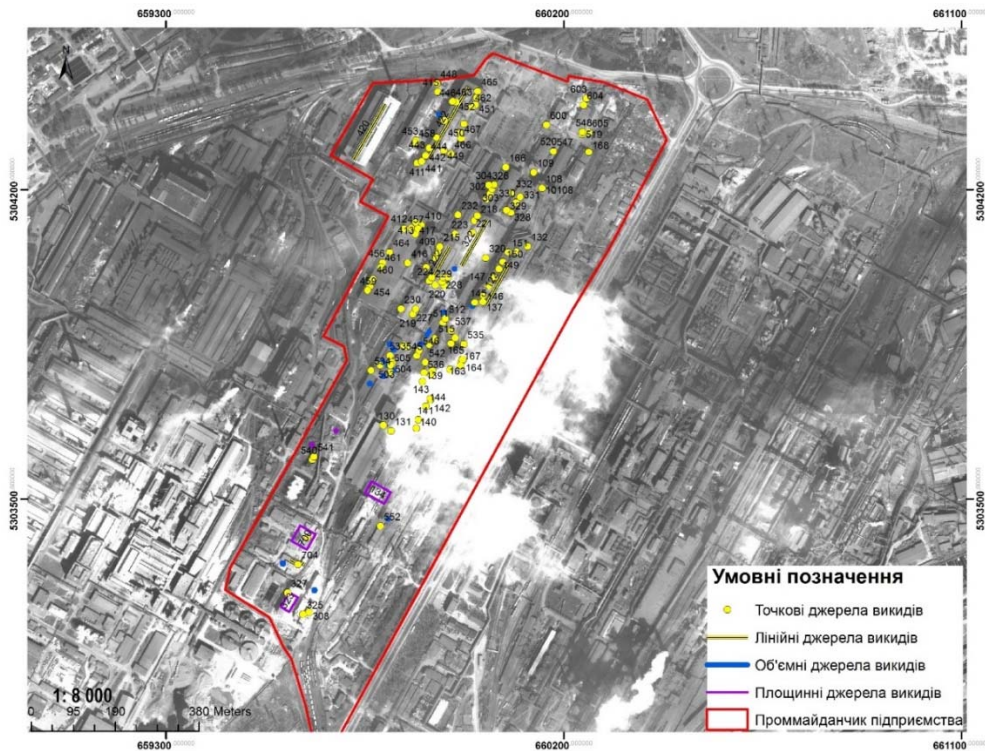


Рисунок 6.3 – Результати геокодування стаціонарних ДВ промислового підприємства з виробництва феросплавів, м. Запоріжжя

Проведені дослідження стали підставою проведення порівняльного аналізу забруднення ПША для даного підприємства від викидів пріоритетних ЗР, наведених у таблиці 6.1 на підставі отриманих даних натурних та розрахункових (моделювання) досліджень, проведених за допомогою програмних комплексів «EOL+» та ISC-AERMOD View. Як видно з табл. 6.1, на противагу даним моделювання, більш високі рівні концентрацій азоту діоксиду, вуглецю оксиду та пилу НДЗС за умови однакового 20-хв періоду усереднення були отримані за інструментальними натурними дослідженнями (рис. 6.4).

Різниця в показниках на рівні максимально разових концентрацій може бути обумовлена тим, що подібні підприємства, як правило, розташовуються в промислових зонах в оточенні інших промислових підприємств, які створюють високе фонове забруднення. Також, слід зазначити, що інструментальні (натурні) заміри органами санітарно-епідеміологічної служби (наразі, лабораторні центри

Таблиця 6.1

**Порівняльний аналіз концентрацій ЗР, обумовлених викидами підприємства з виробництва феросплавів, м. Запоріжжя**

Дослідження		Забруднюючі речовини, мг/м <sup>3</sup>								
		Mn	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	БП	Пил НДЗС	Сажа	Ni O	Бен зин
Інструментальні (20-хв період усереднення)		нпч*	0,22 ± 0,09	0,1± 0,006	2,8 ± 0,4	-	0,53± 0,02	-	-	-
Розрахункові	"EOL+" (20-хв період усереднення)	0,004 5	0,37 ± 0,014	0,042	1,2	1,0× 10 <sup>-7</sup>	0,098 ± 0,004	-	-	-
	ISC- AERMO D									
	(1- годинний період усереднення)	0,006 ± 0,001	0,38 ± 0,1	0,06± 0,002	1,9 ± 0,07	3,4× 10 <sup>-7</sup> ± 1,4× 10 <sup>-7</sup>	0,14± 0,01	0,000 9± 0,001 1	6,7 × 10 <sup>-6</sup> ± 7,7 × 10 <sup>-6</sup>	3,3× 10 <sup>-4</sup> ± 5,7× 10 <sup>-4</sup>
	(24- годинний період усереднення)	0,000 9± 0,000 2	0,04 ± 0,02	0,008 ± 0,002	0,3 ± 0,07	7,6× 10 <sup>-8</sup> ± 1,8× 10 <sup>-8</sup>	0,015 ± 0,008	7,6× 10 <sup>-5</sup> ± 7,9× 10 <sup>-5</sup>	1,2 × 10 <sup>-6</sup> ± 1,3 × 10 <sup>-6</sup>	5,5× 10 <sup>-5</sup> ± 7,9× 10 <sup>-5</sup>
	(річний період усереднення)	0,000 07± 0,000 014	0,004 ±0,0 018	0,0008 ± 0,0001 8	0,02 ± 0,00 5	5,2× 10 <sup>-9</sup> ± 1,3× 10 <sup>-9</sup>	0,002 ± 0,0009	6,6× 10 <sup>-5</sup> ± 2,5× 10 <sup>-6</sup>	1,2 × 10 <sup>-7</sup> ± 9,4 × 10 <sup>-8</sup>	7,3× 10 <sup>-6</sup> ± 7,6× 10 <sup>-6</sup>

Примітка. 1.\* нпч – нижче порогу чутливості методу

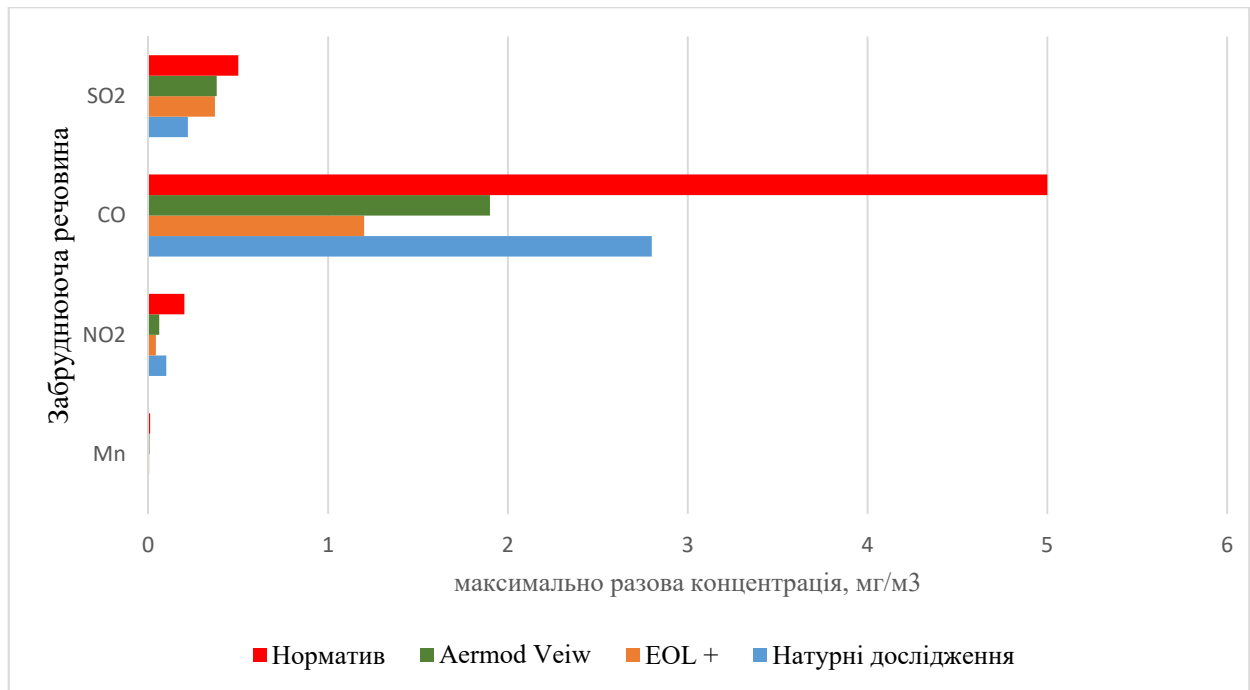


Рисунок 6.4 – Порівняльний аналіз середніх максимально разових концентрацій ЗР у зоні впливу промислового підприємства з виробництва феросплавів, м. Запоріжжя

МОЗ України) було проведено лише для 5 ЗР, решта залишилися поза увагою контролюючих органів, хоча 4 з них відносяться до канцерогенів (сажа, бенз(а)пірен, нікелю оксид та бензин), а концентрації марганцю та його сполук в атмосферному повітрі знаходилися нижче порогу чутливості приладу [383]. Згідно даних проведених досліджень, визначені рівні концентрацій не перевищували гігієнічних нормативів та відповідали вимогам чинного санітарного законодавства України (наказ МОЗ України №52 від 14.01.2020 р. «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць») [89].

Що стосується проектних розрахункових даних, виконаних за допомогою програмного комплексу ЕОЛ+, то максимальні приземні концентрації (20-хв період усереднення) були оцінені для шести хімічних речовин (включно для марганцю). Для решти – бензину, нікелю та сажі, розрахунок був визнаний як недоцільний, так як величини викидів були незначними, а значення

концентрацій, виражених у долях ГДК, по всій території майданчика становили менше 0,1, тобто перевищень гігієнічних нормативів виявлено не було.

Власні розрахунки усереднених концентрацій ЗР, проведені за допомогою програмного комплексу ISC-AERMOD View, дозволили поглиблено оцінити процес розповсюдження, перетворення та трансформації приземних концентрацій у часі (1-година, 24-години та рік) для всіх 9 пріоритетних хімічних речовин з подальшим розрахунком ризиків для здоров'я населення. Отримані рівні усереднених концентрацій були порівняні з референтними концентраціями [94], як при гострому, так і хронічному впливах. Для оцінок короткотривалих гострих інгаляційних впливів отримані значення усереднених 1-годинних та 24-годинних концентрацій умовно були порівняні з ГДК<sub>м.р.</sub> та ГДК<sub>с.д.</sub> ( $RfC_{acute}$ ). Встановлено, що перевищення гігієнічних нормативів у контрольних точках та вузлах рецепторної сітки були характерними лише для марганцю і його сполук (гострий інгаляційний вплив: на відстанях 1200-2000 м у північному напрямку –  $1,1 \div 1,2$  ГДК<sub>с.д.</sub> ( $RfC_{acute}$ ) та у контрольній точці №3 –  $1,1$  ГДК<sub>с.д.</sub> ( $RfC_{acute}$ ); хронічний вплив: на відстанях 1200-2000 м у північному напрямку –  $1,4 \div 1,5$   $RfC_{ch}$  та у контрольних точках №1-3 –  $1,3 \div 1,4$   $RfC_{ch}$ ; рис. 6.5) та сірки діоксиду (гострий інгаляційний вплив: на відстанях 1200-2000 м у північному напрямку –  $1,3 \div 1,8$  ГДК<sub>с.д.</sub> ( $RfC_{acute}$ ) та у контрольних точках (№№1, 3, 6) –  $1,1 \div 1,6$  ГДК<sub>с.д.</sub> ( $RfC_{acute}$ ), хоча за результатами натурних та проєктних розрахункових оцінок перевищень не виявлено, та відповідно до "Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів. ДСП № 173-96" (п.п. 5.2, 5.4, 5.6, 5.8, 8.6, 8.38, 8.40) рекомендовано встановити та скоротити нормативну СЗЗ у північному напрямку до 960 м.

Наступним етапом під час обґрунтування встановлення розміру СЗЗ на підставі натурних, проєктних розрахункових та власних оцінок експозиційних навантажень, став розрахунок ризику для здоров'я населення [94], [95], [382]. Встановлено, що індекси небезпеки при гострому інгаляційному впливі пріоритетних ЗР для 20-хв періоду усереднення та усередненої 1-годинної



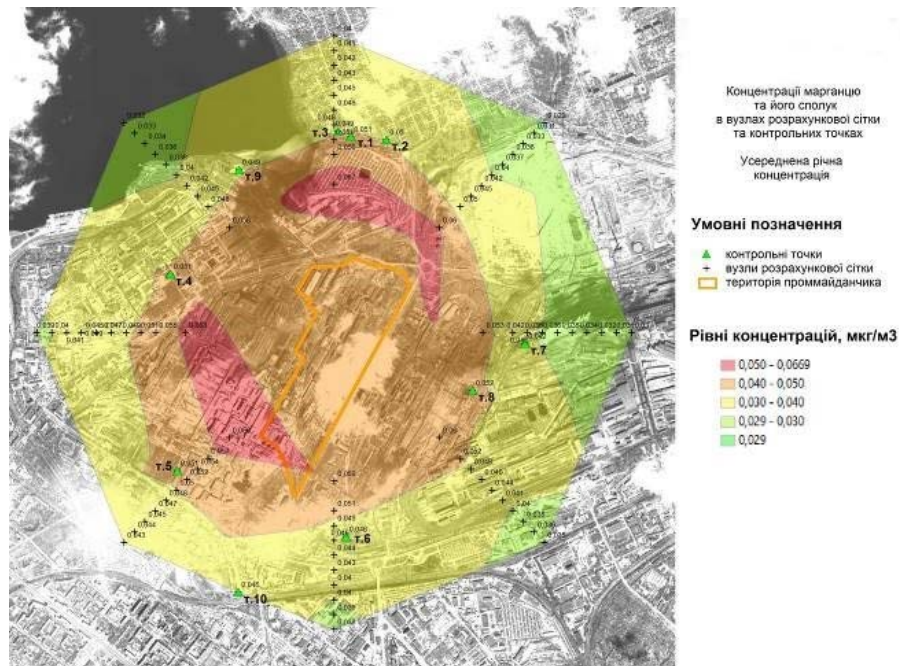


Рисунок 6.5 - Результати розсіювання усереднених річних концентрацій марганцю у контрольних точках та вузлах рецепторної сітки, м. Запоріжжя

концентрації не перевищують допустимий рівень ( $HQ \leq 1$ ), а ризик для здоров'я експонованого населення є мінімальним. Але під час оцінок неканцерогенного ризику (гострий вплив), на рівні усередненої добової концентрації перевищення спостерігаються для: марганцю та його сполук у вузлах рецепторної сітки (на відстанях 1200-2000 м у північному напрямку), де проживає населення –  $HQ = 1,1 \div 1,2$  та у контрольній точці №3 –  $HQ_{acute} = 1,1$ ; сірки діоксиду (у порівнянні з  $ГДК_{с.д.}/RfC_{acute}$ ) у північному напрямку (на відстані 1200-2000 м) –  $HQ_{acute} = 1,3 \div 1,8$  та у контрольних точках (№№1, 3, 6) –  $HQ = 1,1 \div 1,6$ , хоча при порівнянні з референтною концентрацією ( $RfC_{acute} = 0,66 \text{ мкг/м}^3$ , публікації Агентства США з охорони довкілля;  $0,125 \text{ мкг/м}^3$  – публікації ВООЗ), перевищень не виявлено [7], [107], [318]. Оцінка ж хронічного інгаляційного впливу на здоров'я населення (на рівні усередненої річної концентрації) показала, що перевищення допустимого неканцерогенного ризику було характерно лише для марганцю та його сполук: у вузлах рецепторної сітки на відстанях 1200-2000 м у північному напрямку, де проживає населення –

$HQ_{\text{chronic}}=1,4\div 1,5$  та у контрольних точках №1-3 –  $HQ_{\text{chronic}}=1,3\div 1,4$ . Такі рівні ризику ( $HQ=1\div 3$ ), характеризуються як низькі (але насторожуючі), виникнення шкідливих ефектів у здоров'ї від впливу даних хімічних речовин (марганцю та сірки діоксиду) можливе у чутливих груп населення (діти, вагітні, люди похилого віку) [95]. Розраховані рівні сумарного канцерогенного ризику у вузлах рецепторної сітки –  $ICR_{\text{total}}=5,4\times 10^{-7}\div 9,3\times 10^{-7}$  та у контрольних точках –  $ICR_{\text{total}}=5,5\times 10^{-7}\div 8,1\times 10^{-7}$ , де проживає населення (т.№1 –  $ICR_{\text{total}}=8,2\times 10^{-7}$ , т. №2 –  $ICR_{\text{total}}=5,5\times 10^{-7}$ , т. №3 –  $ICR_{\text{total}}=8,1\times 10^{-7}$ ), сприймаються усіма верствами населення як досить малі, що не відрізняються від звичайних повсякденних ризиків (рівень De minimas) [94]. Таким чином, на підставі проведених робіт з оцінок ризику у 2012 р., показано, що ризик у 80 вузлах рецепторної сітки (в усіх напрямках за румбами від центроїда проммайданчика на відстанях від 1200 до 2000 м), де проживає населення, та у 10 контрольних точках на межі нормативної СЗЗ і найближчої житлової забудови (960 м у північному напрямку) для пріоритезованих ЗР знаходиться на допустимому (прийнятному) рівні, окрім марганцю та його сполук.

Також, слід зазначити, що природоохоронні заходи (реконструкція та будівництво газоочистки печей №№31-38 цеху №4), проведені підприємством на підставі робіт з оцінки ризику у 2009 р., дозволили скоротити загальну потужність об'ємів викидів марганцю та його сполук. В результаті було знижено ризик для здоров'я населення, у порівнянні з 2009 роком, майже у 30 разів (неканцерогенний ризик у 2009 році для марганцю та його сполук становив –  $HQ=15,3\div 41,0$ ; у 2012 р. –  $HQ=1,1\div 1,5$ ). Це стало підставою для обґрунтування встановлення та зменшення розміру нормативної СЗЗ на підставі результатів оцінки ризику, враховуючи дані характеристики землекористування, метеорологічних та топографічних показників (рис. 6.6). Також, додатково було оцінено внески окремих джерел у загальне забруднення атмосферного повітря викидами марганцю, виділено пріоритетні ДВ та рекомендовано подальше поетапне впровадження на них природоохоронних заходів.

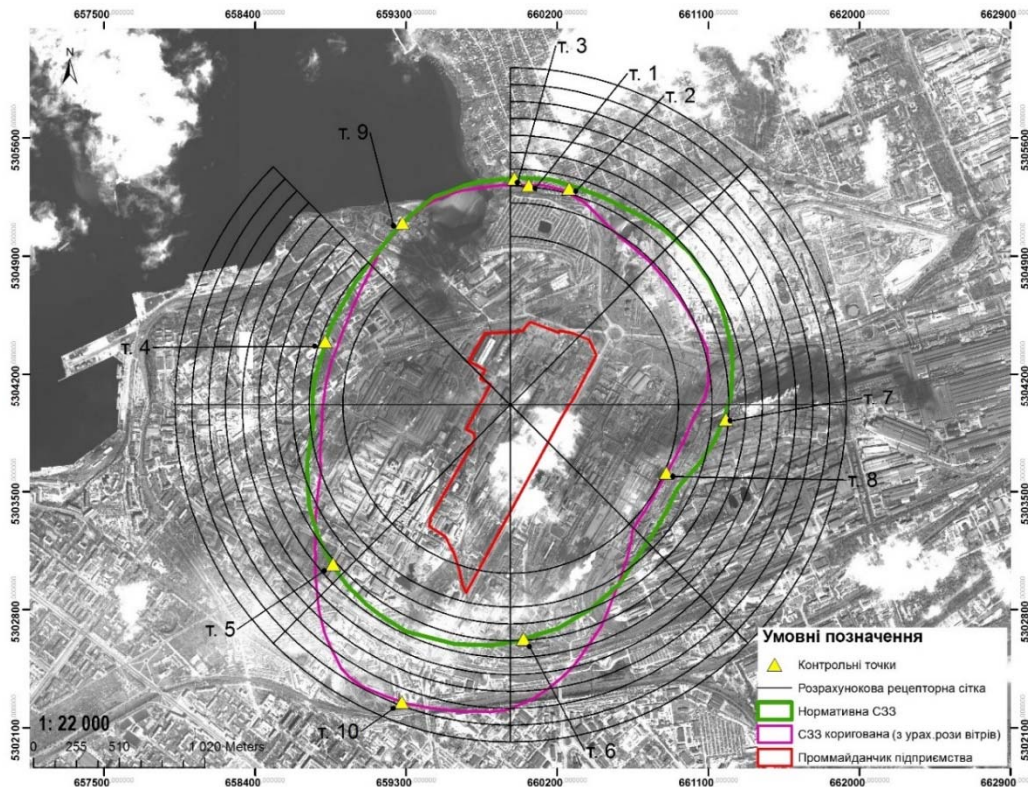


Рисунок 6.6 – Обґрунтування розміру СЗЗ для промислового підприємства з виробництва феросплавів, м. Запоріжжя

В результаті чого, з метою дотримання вимог чинного санітарного та екологічного законодавства (на підставі проведених досліджень та запропонованих природоохоронних заходів протягом 2013-2016 рр.), підприємством було впроваджено та передбачено реалізацію ряду наступних природоохоронних заходів, а саме: будівництво газовідсмоктувальних станцій ГВС 1 і ГВС 2; заміна фільтрувальних елементів на ФРІР- 8500 блоків №№ 1,2 у цеху №4; капітальний ремонт газоочистки печі 15 із заміною рукавних фільтрів; зниження використання природного газу для сушіння марганцевої руди на сушильних печах КШ (киплячого шару) у цеху №2; передбачено використання феросплавного газу, замість природного для сушіння ковшів та роботи плавильних печей для виробництва вапна, відповідно у цехах №1 та №3; додаткове озеленення і благоустрій території підприємства та межі її землекористування, відповідно до п. 5.13 «Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів. ДСП № 173-96».

Таким чином, на підставі проведених у 2016 році повторних досліджень з оцінки ризику для здоров'я населення було визначено зниження рівнів ризику для марганцю та його сполук. Встановлено, що під час оцінок хронічного інгаляційного впливу на здоров'я населення, ці рівні знаходяться у межах граничних (допустимих) показників (контрольні точки №1-3,  $HQ=0,98\div 1,02$ ), але потребують постійного контролю з боку підприємства щодо дотримання вказаних потужностей та режимів роботи устаткування.

Підсумовуючи вищесказане, проведені підприємством реконструкція і модернізація існуючих виробництв та впровадження природоохоронних заходів, дозволили зменшити рівень ризику для експонованого населення (рис. 6.7), яке проживає в зоні впливу підприємства, що є підставою для підтвердження встановленого розміру СЗЗ.

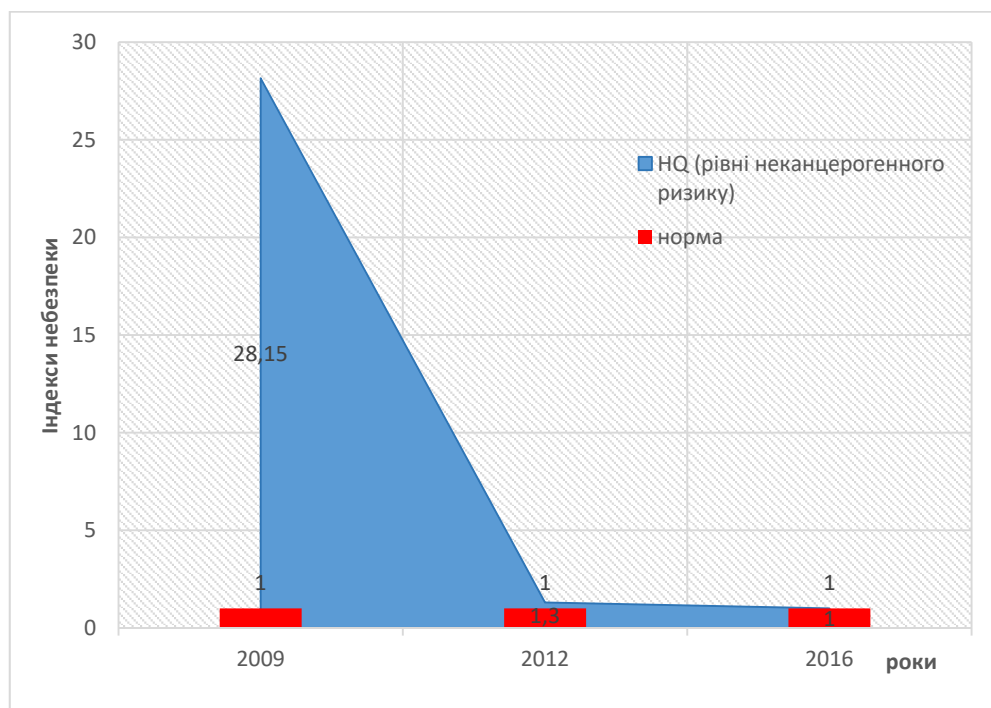


Рисунок 6.7 – Ефективність впровадження природоохоронних заходів промисловим підприємством з виробництва феросплавів на підставі результатів оцінки ризику, м. Запоріжжя

Аналогічні дослідження були проведені у м. Маріуполь під час обґрунтування розміру СЗЗ для металургійного підприємства (2014-2015 рр.) [337], [376]. Відповідно до санітарної класифікації підприємств, виробництв, споруд ДСП №173-96 (додаток №4) підприємство з повним металургійним циклом віднесено до виробництв із нормативною СЗЗ розміром 1000 м, яка в даному випадку – невитримана. Найближча житлова забудова від основних джерел викидів підприємства розташована на відстанях: 908 м у південно-західному, 920 м – у західному, 642 м – у північно-західному, 453 м – у східному, 677 м – у південно-східному напрямках.

Враховуючи одночасність роботи устаткування та виведення окремих ДВ з експлуатації, було відібрано та включено до дослідження 298 джерел, що викидають в атмосферне повітря 37 ЗР. На підставі наданих документів дозвільного характеру, доцільність розрахунків максимальних приземних концентрацій у восьми контрольних точках на межі найближчої житлової забудови та нормативної СЗЗ (використовуючи, програмний комплекс ЕОЛ+) була визначена лише для 14 ЗР. За результатами проведених розрахунків, визначені концентрації для: кадмію та його сполук (у перерахунку на кадмій), міді та її сполук (у перерахунку на мідь), ртуті та її сполук (у перерахунку на ртуть), свинцю та його сполук (у перерахунку на свинець), хрому та його сполук (у перерахунку на триоксид хрому), азоту діоксиду, водню ціаніду (синільна кислота), сірчаної кислоти, сажі, сірки діоксиду, сірководню, нафталіну, фенолу, пилу НДЗС, відповідають вимогам чинного санітарного законодавства України (наказу МОЗ України №52 від 14.01.2020 р. «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць»). Аналогічні результати (відсутність перевищень ГДК) були встановлені й за даними натурних (підфакельних) досліджень атмосферного повітря, проведених лабораторним центром МОЗ України для пилу НДЗС, азоту діоксиду, сірки діоксиду, вуглецю оксиду, сірководню, свинцю та його сполук, цинку та його сполук, міді оксиду [384].



На наступному етапі проведених досліджень з метою обґрунтування та зменшення розміру СЗЗ (як і в попередньому прикладі), для даного підприємства була застосована МОРЗН. На етапі ідентифікації небезпеки пріоритезовано 27 хімічних сполук, з них 8 – канцерогенів (кадмій, нікель, свинець та його сполуки, миш'як, хром (VI), бенз(а)пірен, бензол, сажа). Для розрахунку усереднених приземних концентрацій пріоритетних ЗР у повітрі, необхідних для подальшої оцінки ризику, також був використаний метод комп'ютерного моделювання, реалізований за допомогою програмного комплексу ISC-AERMOD Veiw.

Для заданого об'єкту було закладено рецепторну сітку, визначено розрахункові вузли та контрольні точки для території дослідження розміром 5000×5000 м (враховуючи, зону впливу підприємства). Кожний сегмент було рівномірно поділено від центроїда проммайданчика підприємства на сектори на відстанях від 1000 до 3000 м з кроком 250 м та від 3000 до 4500 м з кроком сітки 500 м. Кількість розрахункових вузлів радіальної рецепторної сітки – 80 (рис. 6.8); контрольних точок на межі нормативної СЗЗ та найближчої житлової забудови – 8 (рис. 6.9, визначено проектними матеріалами).

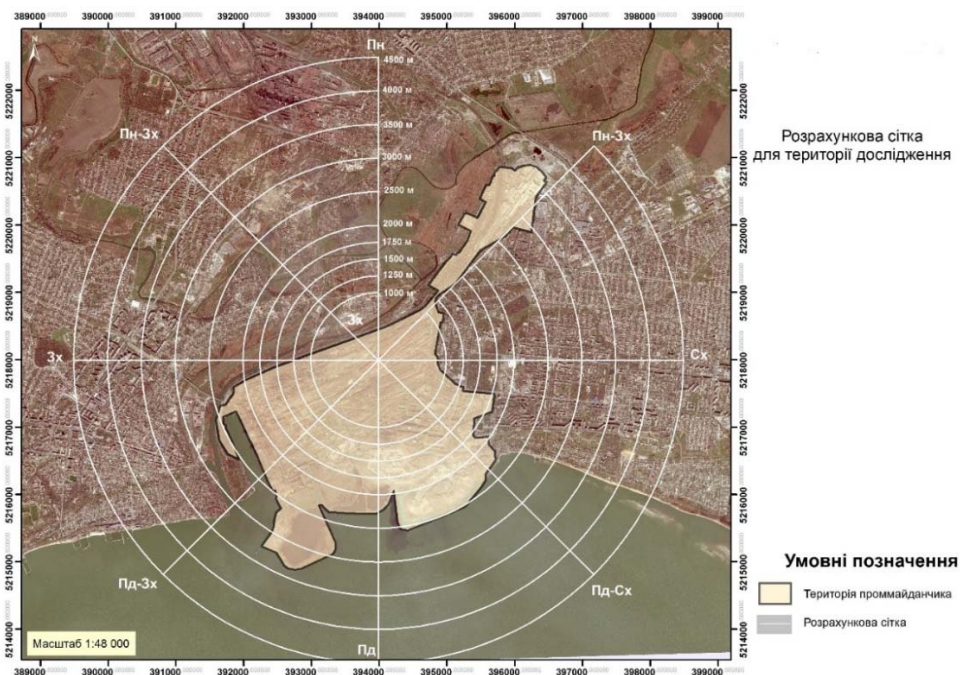


Рисунок 6.8 – Розташування розрахункових вузлів радіальної рецепторної сітки для металургійного підприємства, м. Маріуполь

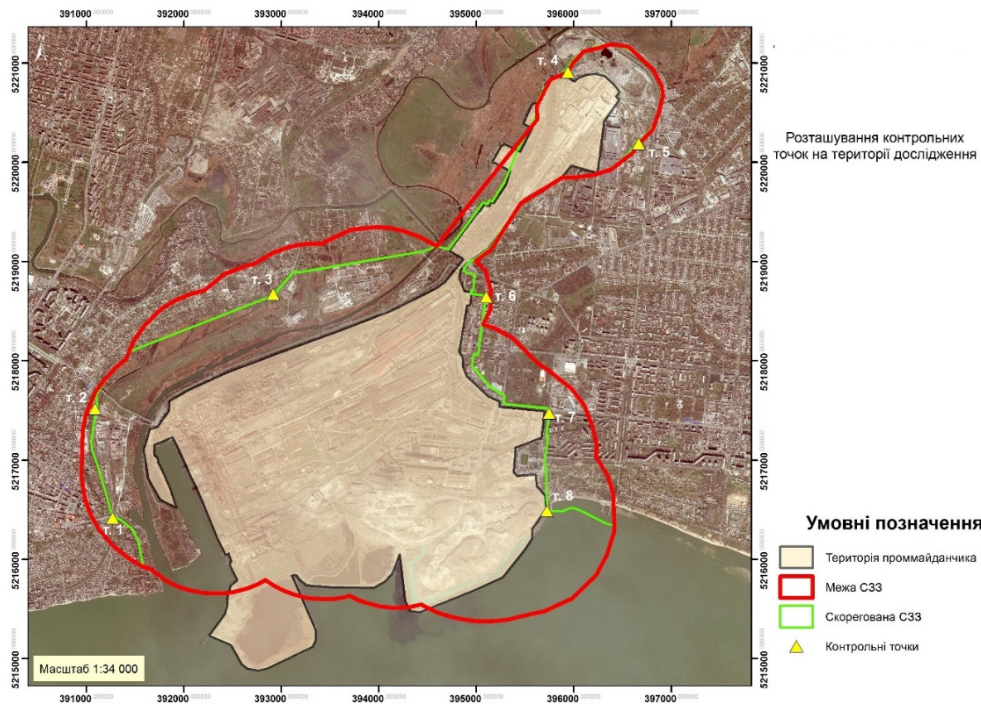


Рисунок 6.9 – Розташування контрольних точок у зоні впливу металургійного підприємства, м. Маріуполь

На підставі проведених розрахунків отримані рівні усереднених 1-годинних концентрацій були порівняні з ГДК<sub>м.р.</sub>. Незначні перевищення гігієнічних нормативів (там, де проживає населення) було виявлено у вузлах рецепторної сітки лише для наступних пріоритетних ЗР (рис. 6.10): свинцю та його сполук – у південно-східному напрямку на відстані 1250 м – 1,2 ГДК<sub>м.р.</sub>; сірководню у західному напрямку на відстані 2500 м – 1,1 ГДК<sub>м.р.</sub>. При тому, що у контрольних точках перевищень гігієнічних нормативів не встановлено для жодної з пріоритезованих хімічних речовин як за проєктними даними, так і за натурними дослідженнями. Це доводить необхідність аналізу рівнів концентрацій ЗР в зоні впливу підприємства (радіус 40 висот найбільшої труби, м) на різних відстанях в усіх напрямках сторін світу за румбами з урахуванням територіальних особливостей (характеристики землекористування, топографічних та метеорологічних даних) розташування промислових об'єктів.

Під час аналізу усереднених 24-годинних концентрацій перевищення гігієнічних нормативів у вузлах рецепторної сітки та контрольних точках було

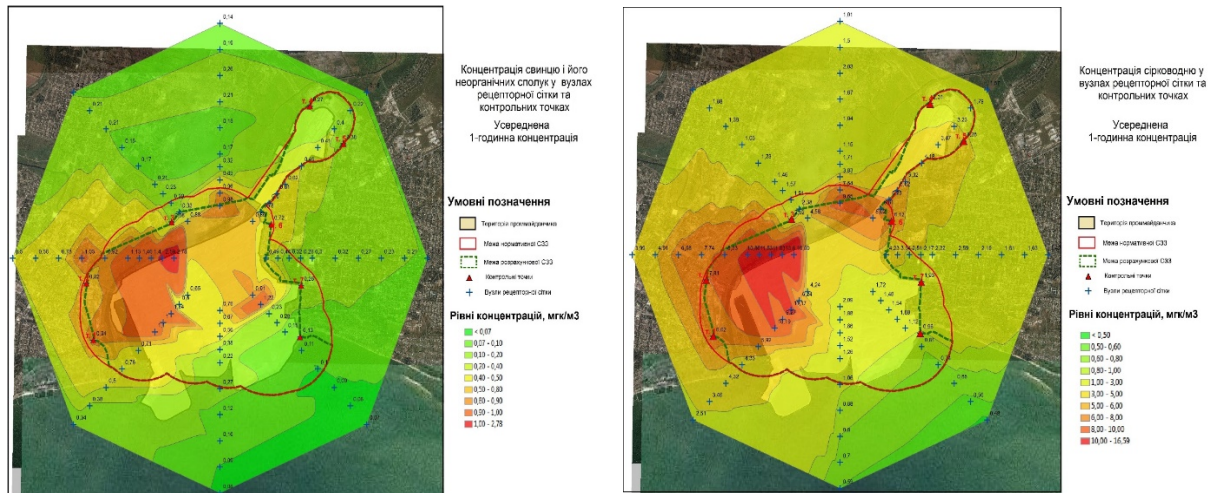


Рисунок 6.10 – Результати розрахунку розсіювання усереднених 1-годинних концентрацій свинцю і його сполук та сірководню у контрольних точках та вузлах рецепторної сітки від металургійного підприємства, м. Маріуполь

виявлено для азоту діоксиду – у південно-східному напрямку на відстанях 1000-1500 м – 1,02-1,86 ГДК<sub>с.д.</sub> ( $RfC_{acute}$ ), у східному – 1,06 ГДК<sub>с.д.</sub> ( $RfC_{acute}$ ), у західному напрямку на відстанях 1000-3000 м – 1,18-1,32 ГДК<sub>с.д.</sub> ( $RfC_{acute}$ ) та у контрольних точках №№1,2 (рис. 6.11) – 1,09-1,11 ГДК<sub>с.д.</sub> ( $RfC_{acute}$ ), що також доводить необхідність проведення розрахунків у проєктних матеріалах на відстанях зони впливу підприємства за різними румбами. Для інших пріоритетних ЗР перевищень гігієнічних нормативів у 80 вузлах рецепторної сітки (і там де, проживає населення) не було виявлено. Такі ж результати були отримані й у 8 контрольних точках (на межі нормативної і встановленої СЗЗ та найближчої житлової забудови).

Перевищення референтних концентрацій/доз (при оцінках хронічних інгаляційних впливів на рівні усередненої річної концентрації) було встановлено лише для викидів міді оксиду (рис. 6.12) у північному напрямку на відстані 1250 м – 1,46  $RfC_{chronic}$ , у північно-східному напрямку на відстанях 1250-2000 м – 1,19-1,77  $RfC_{chronic}$ , у східному напрямку на відстанях 1000-1500 м – 1,02-1,37  $RfC_{chronic}$ , у західному напрямку на відстанях 2500-4000 м – 1,08÷2,83  $RfC_{chronic}$ , у північно-



західному напрямку на відстанях 1250-1750 м – 1,05-1,62 RfC<sub>ch</sub> та у контрольних точках №1,2,3,6 – 1,57-2,84 RfC<sub>ch</sub>.

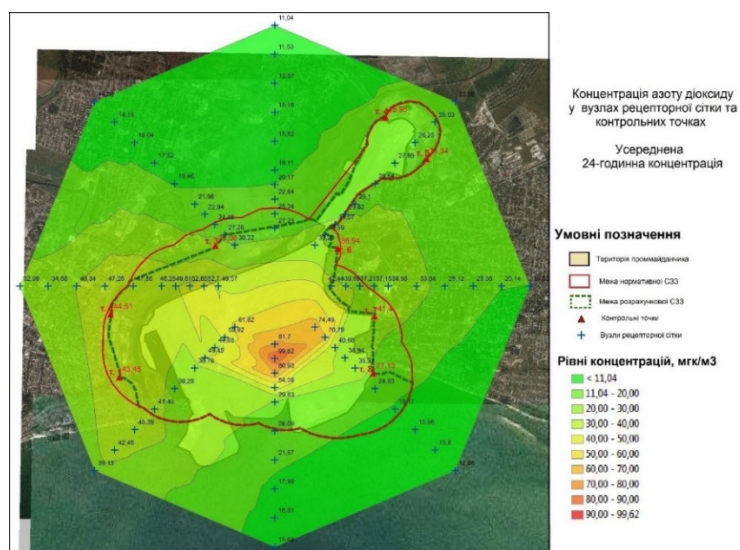


Рисунок 6.11 – Результати розрахунку розсіювання усереднених 24-годинних концентрацій азоту діоксиду у контрольних точках та вузлах рецепторної сітки від металургійного підприємства, м. Маріуполь

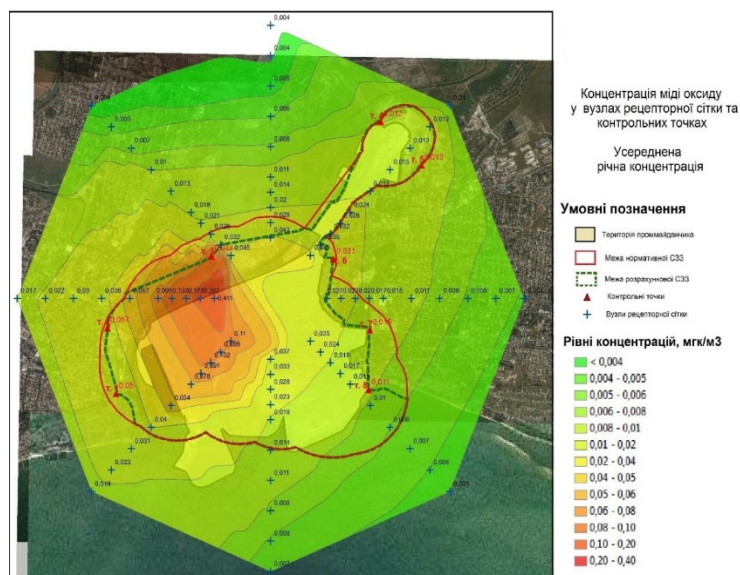


Рисунок 6.12 – Результати розрахунку розсіювання усереднених річних концентрацій міді оксиду у контрольних точках та вузлах рецепторної сітки від металургійного підприємства, м. Маріуполь

Аналізуючи вищевикладене, можна стверджувати, що проведений порівняльний аналіз забруднення ПША для даного підприємства (табл. 6.2) від викидів пріоритетних ЗР, свідчить про високі значення концентрацій під час

Таблиця 6.2

**Порівняльний аналіз концентрацій ЗР, обумовлених викидами  
металургійного підприємства, м. Маріуполь**

Дослідження		Пил НДЗС	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	NO <sub>2</sub>	CO	Pb	Cu	Zn
Інструментальні (20-хв період усереднення)		0,38± 0,08	0,17± 0,05	0,0069 ± 0,0006	0,076 ± 0,015	3,7 ± 0,75	0,0002 ± 0,0000 9	0,001 ±0,00 03	0,0011 ±0,000 3
Розра- хункові	"EOL+" (ОНД-86)  (20-хв період усереднен ня)	0,03± 0,016	0,16± 0,04	0,0038 ± 0,0019	0,12± 0,03	n/a	0,0003 9± 0,0002 4	0,000 33± 0,000 7	n/a
	ISC- AERMOD								
	(1- годинний період усереднен ня)	0,26± 0,13	0,11± 0,03	0,0039 ± 0,002	0,14± 0,05	1,0 ± 0,7	0,0006 ± 0,0003	0,001 ± 0,000 8	0,007± 0,004
	(24- годинний період усереднен ня)	0,059± 0,02	0,03± 0,008	0,0009 ± 0,0005	0,03± 0,009	0,2 ± 0,11	0,0001 ±0,000 05	0,000 3± 0,000 2	0,0017 ± 0,0008
	(річний період усереднен ня)	0,008± 0,003	0,004 ±0,00 1	0,0000 9± 0,0000 6	0,005 ± 0,001 3	0,03 ± 0,01 5	0,0000 15± 0,0000 06	0,000 03± 0,000 02	0,0002 ± 0,0001

проведення інструментальних замірів (на противагу розрахунковим), що як і в першому прикладі, обумовлено фоновим забрудненням міста викидами інших промислових підприємств та автотранспорту [384]. Також встановлено більш

високі значення концентрацій при розрахунках (моделюванні), отриманих за допомогою програмного комплексу ISC-AERMOD Veiw, що обумовлено детальною оцінкою територіальних особливостей (характеристики землекористування, топографічних та метеорологічних даних) зон впливу досліджуваних підприємств та коригуванням вхідної інформації щодо параметрів та характеристик ДВ (рис. 6.13).

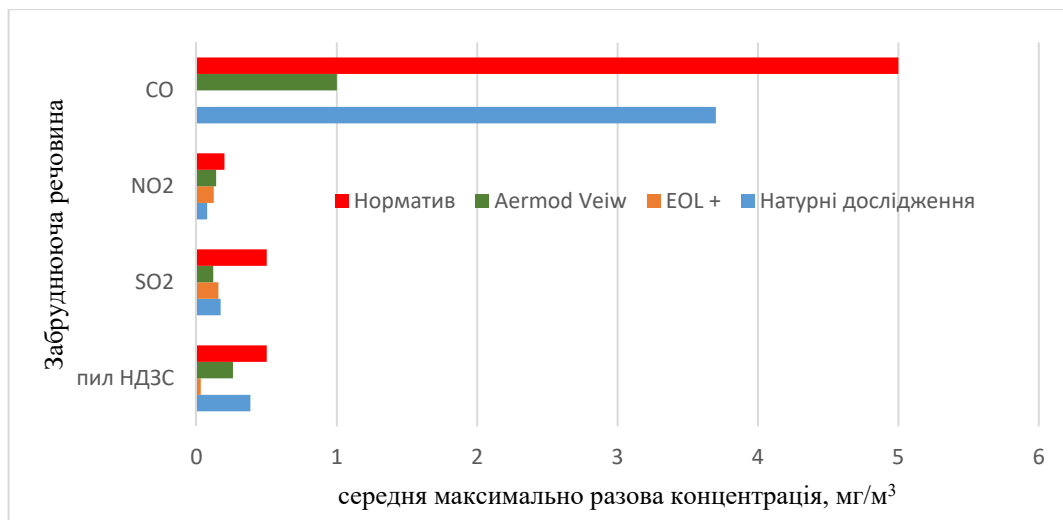
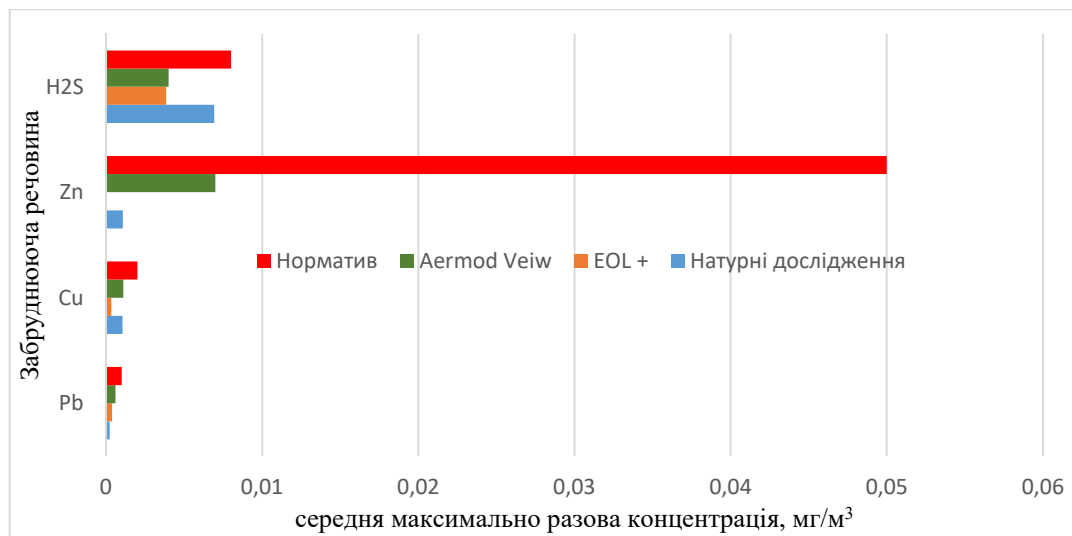


Рисунок 6.13 – Порівняльний аналіз середніх максимальних разових концентрацій ЗР від викидів металургійного підприємства, м. Маріуполь

При цьому, представлені розрахунки, виконані за допомогою програмного комплексу ЕОЛ+ (у даному випадку), наведені без урахування фонових показників.

Подальші розрахунки ризику, необхідні для обґрунтування розміру СЗЗ для даного підприємства, показали, що рівні неканцерогенних ризиків для здоров'я населення при оцінці гострих інгаляційних впливів (на рівні усередненої добової концентрації) перевищують допустимі рівні ризику ( $HQ \geq 1$ ) азоту діоксиду у рецепторних точках в: південно-східному напрямку на відстанях 1000-1500 м –  $HQ_{acute} = 1,02 \div 1,86$ , південному напрямку на відстанях 1000-1750 м –  $HQ_{acute} = 1,35 \div 2,49$ , південно-західному на відстанях 1000-4000 м –  $HQ_{acute} = 1,04 \div 1,54$ , західному напрямку на відстанях 1000-3000 м –  $HQ_{acute} = 1,18 \div 1,32$  та у контрольних точках №№1,2 –  $HQ_{acute} = 1,09 \div 1,11$  (рис. 6.14).

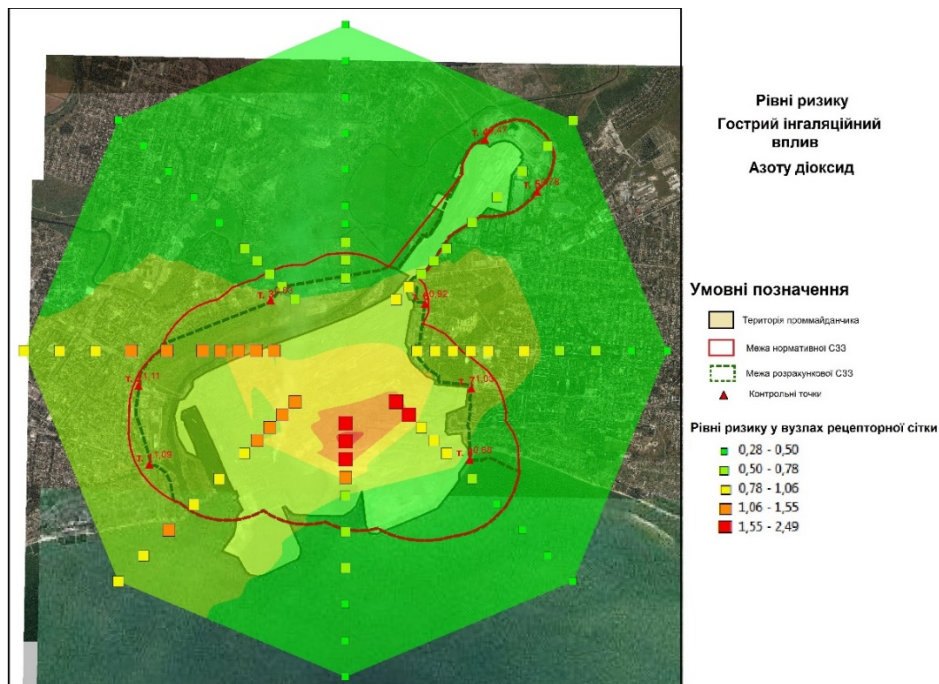


Рисунок 6.14 – Рівні неканцерогенного ризику (гострий інгаляційний вплив) від азоту діоксиду, обумовленого викидами металургійного підприємства, м. Маріуполь

Оцінка хронічного інгаляційного впливу на здоров'я людини (на рівні усередненої річної концентрації) показала, що коефіцієнти небезпеки

перевищують допустимий рівень ( $HQ \geq 1$ ) лише для викидів міді оксиду у: північному напрямку на відстані 1250 м –  $HQ_{\text{chronic}}=1,46$ , північно-східному напрямку на відстанях 1250-2000 м –  $HQ_{\text{chronic}}=1,19 \div 1,77$ , східному напрямку на відстанях 1000-1500 м –  $HQ_{\text{chronic}}=1,02 \div 1,37$ , західному напрямку на відстанях 2500-4000 м –  $HQ_{\text{chronic}}=1,08 \div 2,83$ , північно-західному напрямку на відстанях 1250-1750 м –  $HQ_{\text{chronic}}=1,05 \div 1,62$  та у контрольних точках №№1,2,3,6 –  $HQ_{\text{chronic}}=1,57 \div 2,84$  (рис. 6.15).

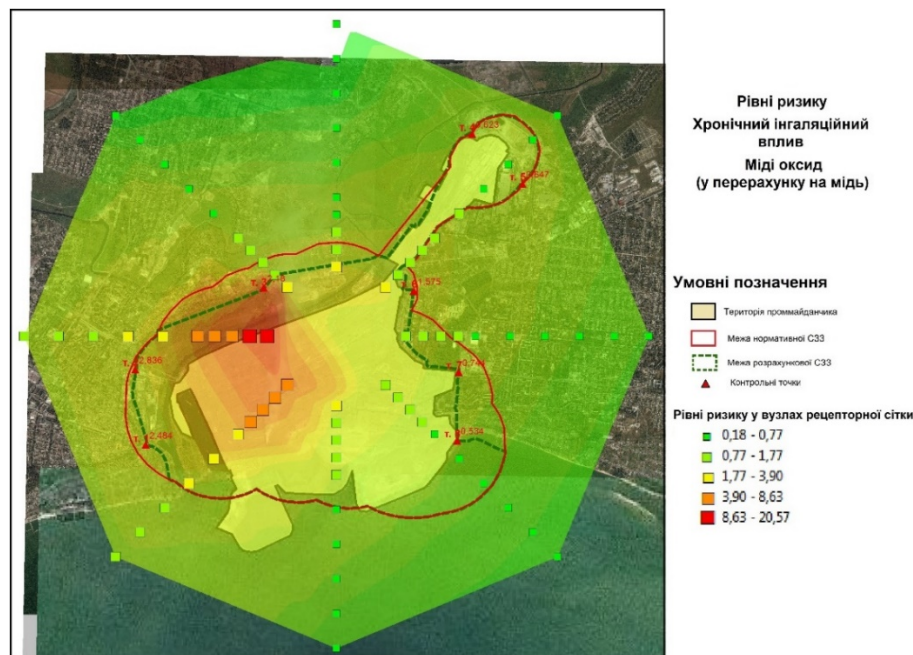


Рисунок 6.15 – Рівні неканцерогенного ризику (хронічний інгаляційний вплив) від міді діоксиду, обумовленого викидами металургійного підприємства, м. Маріуполь

Сумарний канцерогенний ризик у 80 вузлах рецепторної сітки та 8 контрольних точках, де проживає населення, за проведеними розрахунками, відповідно становить:  $ICR_{\text{total}}=2,0 \times 10^{-5} \div 4,4 \times 10^{-4}$  та  $ICR_{\text{total}}=3,5 \times 10^{-5} \div 3,5 \times 10^{-4}$  (в контрольних точках №№1,2,3,6, ризик знаходиться на рівні  $n \times 10^{-4}$ ), в основному за рахунок викидів кадмію оксиду та миш'яку. Встановлено, що такі рівні сумарного канцерогенного ризику (протягом життя  $1 \times 10^{-3} < ICR_{\text{total}} < 1 \times 10^{-4}$ ),



характеризуються як допустимі для професійних контингентів та недопустимі для населення в цілому. Виникнення такого рівня ризику потребує розробки та проведення планових оздоровчих заходів [94].

Підсумовуючи вищенаведене, на підставі проведених розрахунків, було визначено перевищення допустимого рівня ризику (там, де проживає населення) від викидів: азоту діоксиду у західному напрямку та у контрольних точках №№1,2; міді оксиду, кадмію, миш'яку – у північному, східному, західному та північно-західному напрямках та у контрольних точках №№1,2,3,6. Як видно, найбільшого впливу зазнає населення, що проживає у північно-західному, західному, південно-західному та східному напрямках, що обумовлено не тільки зосередженістю основного виробництва, але й метеорологічними та топографічними характеристиками даної території. З метою пріоритезації природоохоронних заходів та надання пропозицій органам виконавчої влади на етапі управління ризиком, було визначено внесок (у %) окремих ДВ підприємства у формування експозиції до азоту діоксиду та міді оксиду в контрольних точках, наведених на рисунку 6.16, де спостерігаються перевищення допустимого ризику.

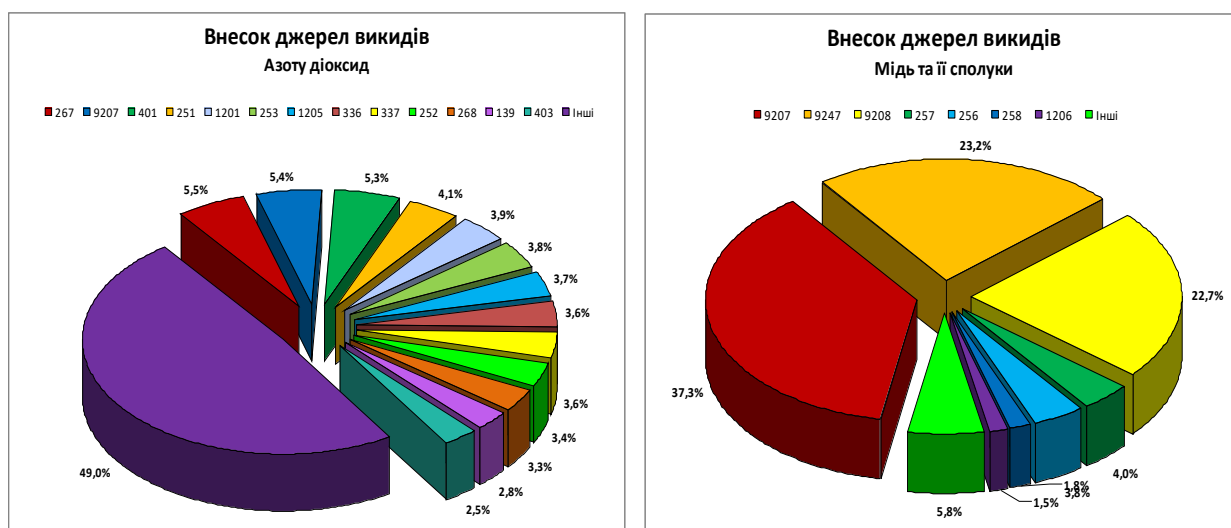


Рисунок 6.16 – Оцінка внеску ДВ в усереднену концентрацію азоту діоксиду та міді оксиду від металургійного підприємства, м. Маріуполь

Встановлено, що для азоту діоксиду у контрольній точці №1 – це ДВ №№401,9207, точці №2 – ДВ №№253,401,9207; міді оксиду у контрольних точках №1,2,3,6 – ДВ №№9207, 9208, 9247.

Аналізуючи вищевикладене, можна стверджувати, що проведені дослідження дозволили обґрунтувати встановлення та зміну конфігурації розміру санітарно-захисної зони для даного підприємства (рис. 6.17) та розробити і впровадити додаткові природоохоронні заходи щодо зниження ризику для здоров'я експонованого населення, особливо, у західному та південно-західному (контрольні точки – №№1,2), північно-західному (контрольна точка №3) та східному (контрольна точка №6) напрямках, а саме:

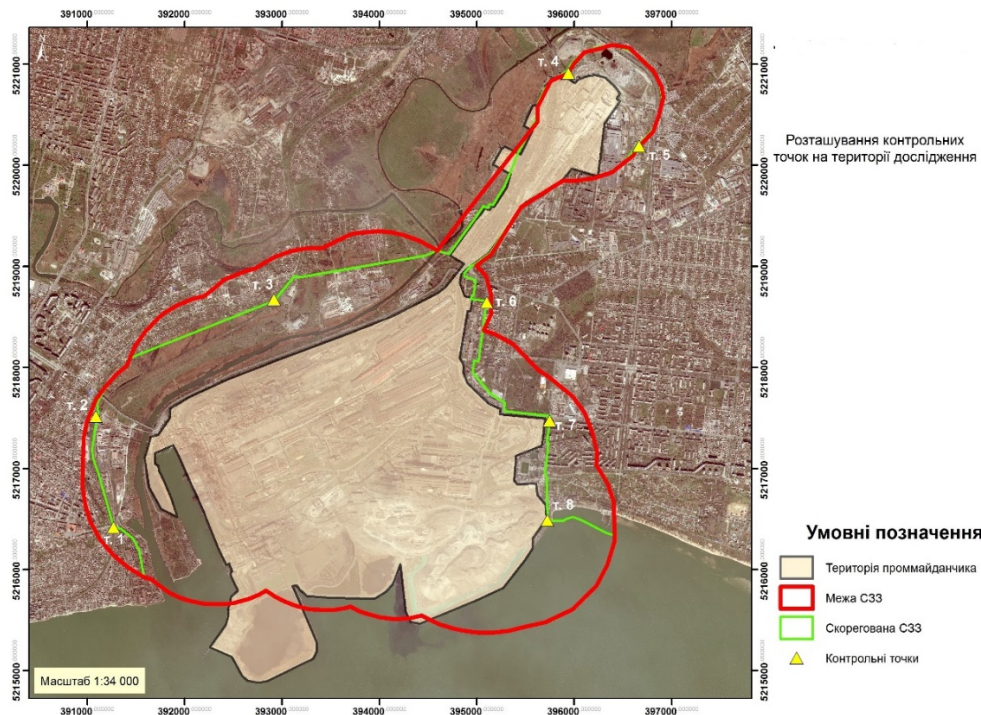


Рисунок 6.17 – Обґрунтування розміру СЗЗ для досліджуваного металургійного підприємства, м. Маріуполь

- провести озеленення, відповідно до п. 5.3 ДСП № 173-96 по периметру території землекористування підприємства (особливо по вул. Набережній вздовж р. Кальміус) зі збереженням існуючої смуги посадки зелених

насаджень для створення перешкоди розповсюдженню руху забрудненої повітряної маси, інтенсивного турбулентного руху, переміщення та підняття маси у верхні шари атмосфери за наступними напрямками: північно-західний, східний, південно-західний та західний.

- виконати додаткові природоохоронні заходи, що закладені у Програму охорони та оздоровлення навколишнього середовища м. Маріуполя на 2012-2020 рр., а саме: капітальний ремонт системи аспірації ливарного двору ДП №4; будівництво системи аспірації ливарного двору ДП №№3, 5 з очищенням викидів в очисному апараті з ефективністю не менше 99 %; капітальний ремонт системи аспірації ливарного двору та підбункерного приміщення ДП №6; реконструкцію газоочисток конвертерів №1 та №2.
- розробити спільно з виконавчим комітетом Маріупольської міської ради програму перенесення навчальних закладів (рис. 6.18), які знаходяться в

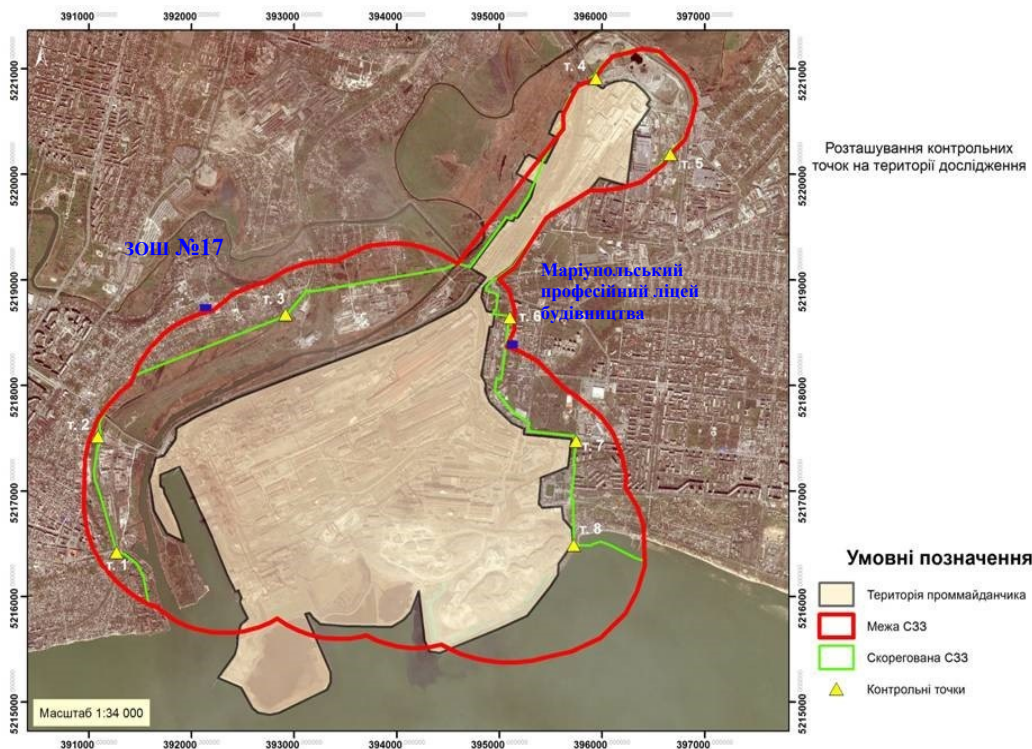


Рисунок 6.18 – Перенесення навчальних закладів за межі нормативної СЗЗ металургійного підприємства, м. Маріуполь



зоні впливу підприємства, та винести за межі рівнів недопустимого ризику навчальні заклади – ЗОШ №17 по вул. Гречеська, 219 (розташована у північно-західному напрямку на відстані 1020 м від крайніх ДВ основного виробництва) та Маріупольський професійний ліцей будівництва по вул. Лепорського, 2 (розташований у східному напрямку на відстані 560 м).

На підставі проведених оцінок та запропонованих пропозицій, частина природоохоронних заходів була реалізована, відповідно до рішення №7/8-375 від 30.06.2016 р. Маріупольської міської ради про внесення змін до «Програми охорони та оздоровлення навколишнього природного середовища м. Маріуполя на 2012-2020 роки», що доводить доцільність використання запропонованих методичних підходів МОРЗН у разі прийняття управлінських заходів природоохоронного та профілактичного спрямування.

Проведені дослідження дозволили поглибити розуміння ефективності використання МОРЗН під час проведення ДСЄЕ матеріалів щодо обґрунтування розмірів СЗЗ для промислових підприємств (також й для теплоенергетичних та тваринницьких) [380], [381]. Доведено необхідність якомога швидшого впровадження МОРЗН на законодавчому рівні у рамках дозвільних процедур за наведеним та розробленим на рисунку 6.19 алгоритмом. Для уможливлення реалізації цього алгоритму участь у ньому повинні брати основні фігуранти-виконавці проведення ДСЄЕ, а саме: Держпродспоживслужба та її територіальні органи на місцях, лабораторні центри МОЗ України, наукові установи і проєктні організації та промислові підприємства. Лише можливість реалізації даного консорціуму у міжсекторальному партнерстві дозволить приймати обґрунтовані управлінські рішення для забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення, яке проживає у зонах впливу промислових об'єктів, а визначені та представлені на рисунку 6.19 завдання оптимізують процес прийняття зважених рішень під час встановлення розмірів СЗЗ.



Рисунок 6.19 – Використання МОРЗН під час проведення ДСЄЕ матеріалів щодо обґрунтування розмірів СЗЗ для промислових підприємств

## Висновки до розділу 6

Проведені дослідження дозволили порівняти рівні експозиційних навантажень від викидів промислових підприємств, які були отримані під час проведення інструментальних (натурних) і розрахункових (моделювання) досліджень та оцінити ризик для здоров'я населення при проведенні ДСЄЕ матеріалів щодо обґрунтування розмірів СЗЗ. Використання сучасних методів та підходів (у т.ч. МОРЗН) сприяло не тільки науковому обґрунтуванню розміру СЗЗ, але й розробці та удосконаленню природоохоронних та гігієнічних заходів по зниженню забруднення атмосферного повітря на етапі управління ризиком.

1. Продемонстровано обов'язковість вивчення повного спектру потенційно-небезпечних ЗР на етапі оцінки токсичності викидів з метою розширення

можливостей оцінок віддалених наслідків біологічних ефектів, що обумовлені характером викидів певних промислових підприємств.

2. Показано, що використання можливостей МОРЗН із застосуванням методів математичного моделювання, дозволяє більш чутливо визначати потенційну загрозу здоров'ю населення. Визначено, що за даними натурних інструментальних досліджень, на протипагу даним моделювання, були отримані більш високі рівні максимально разових концентрацій, що обумовлено фоновим забрудненням повітря промислових міст. Це доводить можливість проведення розрахунків усереднених концентрацій ЗР на окремих територіях без урахування фонового забруднення повітря іншими підприємствами та автотранспортом.
3. Доведено необхідність вивчення закономірностей розповсюдження потенційно небезпечних ЗР у ПША та аналізу рівнів їх концентрацій в зоні впливу підприємства (радіус 40 висот найбільшої труби, м) на різних відстанях в усіх напрямках сторін світу за румбами з урахуванням територіальних особливостей розташування промислових об'єктів та сельбищних територій.
4. Оцінено ефективність розроблених та впроваджених природоохоронних заходів на етапі управління ризиком, які дозволили знизити ризик для здоров'я населення шляхом пріоритезації та оцінок відсоткового внеску окремих ДВ у загальне забруднення атмосферного повітря.
5. Поглиблено розуміння ефективності використання МОРЗН під час проведення ДСЄЕ матеріалів щодо обґрунтування розмірів СЗЗ для промислових підприємств та доведено необхідність якомога швидшого впровадження МОРЗН на законодавчому рівні у рамках дозвільних процедур з метою прийняття зважених управлінських рішень.

**Матеріали даного розділу відображені у наступних публікаціях:** [337], [376], [380] – [384].

**РОЗДІЛ 7**

**ОЦІНКА РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ТА СОЦІАЛЬНІ ВТРАТИ**

**НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ**

**ВИКИДАМИ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ ТА АВТОТРАНСПОРТУ**

Даний розділ присвячений узагальненню оцінок щодо рівнів інгаляційного ризику для здоров'я населення (за умови гострого та хронічного впливу) від викидів різних видів промислових підприємств та автотранспорту (2010-2019 рр.), розташованих у різних містах України. Крім того, узагальнено дані, які були наведені у попередніх розділах у розрізі оцінок за видами економічної діяльності об'єктів. Таким чином, до дослідження було включено наступні види промислових підприємств та автотранспорту, вихідні дані та об'єм яких узагальнено у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1

**Обсяги та об'єкти досліджень**

№ п/п	Перелік промислових підприємств за видами економічної діяльності	Місто	Кількість		
			промислових підприємств	стаціонарних джерел викидів	ЗР
1.	Металургійні	Запоріжжя	8	1316	47
		Маріуполь	2	680	42
		Кам'янське	1	543	43
2.	Машинобудівні	Дружківка	3	329	46
		Ромни	1	23	20
		Запоріжжя	2	186	46
3.	Хімічні	Черкаси	2	1111	62
		Кам'янське	1	401	54
4.	Коксохімічні	Запоріжжя	1	193	28
		Кам'янське	2	631	39
		Макіївка	1	142	34
		Дніпро	1	171	31
5.	Гірничорудні	Кривий Ріг	1	563	61
		Марганець	1	116	29
		Жовті води	1	106	40

продовження табл. 7.1

6.	Теплоенергетичні	Київська область	1	75	6
7.	Нафтопереробні	Дрогобич	1	316	43
8.	Будівельні (виробництво цементу)	Миколаїв	1	95	19
		Кам'янське	1	117	34
9.	Виробництво олії та тваринних жирів	Дніпро	1	148	41
		Запоріжжя	1	213	64
10.	Сільськогосподарські (свинокомплекси)	с. Полствин, Черкаська область	1	10	9
		с. Мельники, Черкаська область	1	26	19
		с. Малинівка, Житомирська область	1	15	14
11.	Автотранспорт	Запоріжжя	8 перехресть		6
		Київ			
		Дарницький та Дніпровський райони	28 ділянок автодоріг та 6 перехресть		6
		Солом'янський район	18 ділянок автодоріг		
Всього			37	7526	-

Як і на попередніх етапах, описаних в представлених вище розділах, спочатку було проведено еколого-гігієнічний та фізико-географічний аналізи територій досліджуваних міст та виконано обробку наступних даних: рельєфів територій дослідження, метеоумов за певний часовий період, характеристик землекористування, параметрів та характеристик джерел викидів.

Уточнено розташування і геокодовано 7526 ДВ (рис. 7.1) 37 об'єктів різної господарської діяльності. Для цього використано геоінформаційні технології (ArcGIS 10.1) та дані дистанційного зондування Землі високої роздільної здатності (космічні знімки).

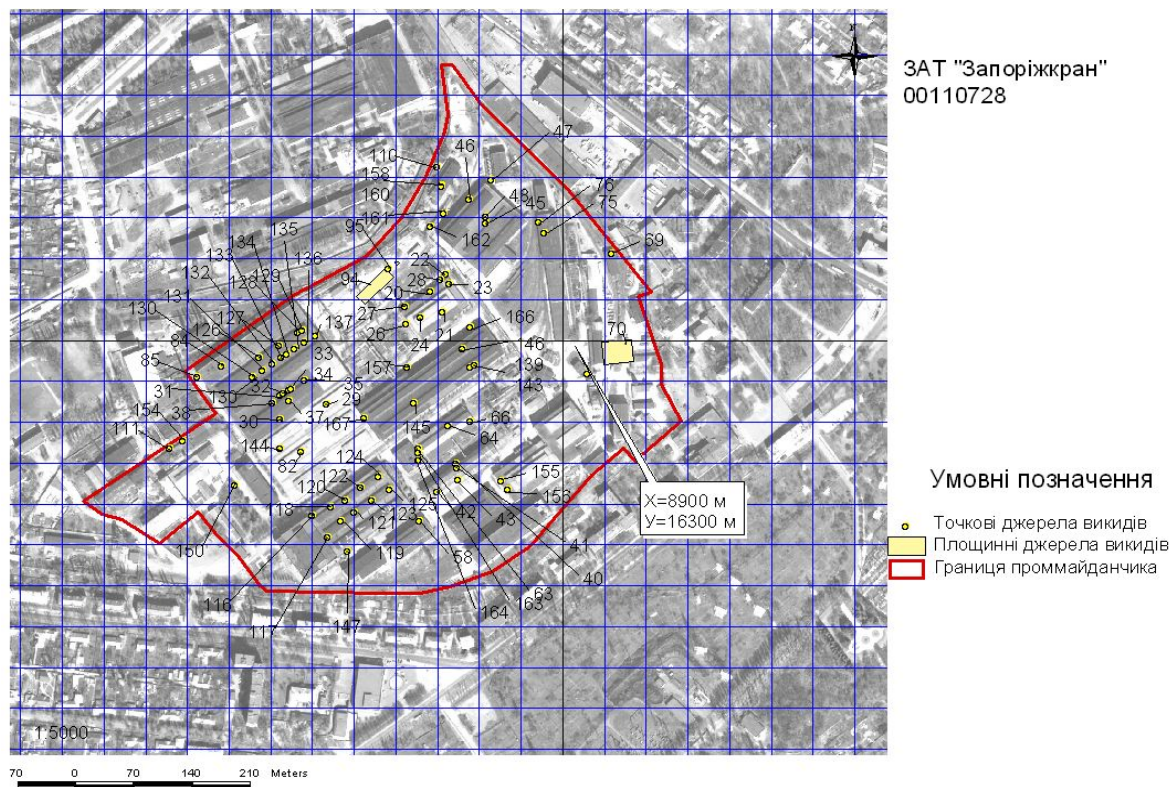


Рисунок 7.1 – Приклад геокодування стаціонарних ДВ, м. Запоріжжя

На етапах ідентифікації небезпеки та оцінки «доза-відповідь» за даними власних досліджень та на підставі інформації з наукових джерел, було оцінено токсичність промислових викидів та сформовано переліки пріоритетних ЗР атмосферного повітря (табл. 7.2) [318] – [320], [322]. Це дозволило визначитися з переліками пріоритетних для даного виду підприємств та автотранспорту хімічних речовин, оцінити територіальні особливості інгаляційного надходження полутантів та їх розповсюдження у ПША сельбищних територій у конкретному досліджуваному місті та виявити хімічні речовини, які повинні підлягати обов'язковому контролю [354].

Аналіз даних відносно параметрів небезпеки: співвідношень з існуючими вітчизняними гігієнічними нормативами (ГДК<sub>м.р.</sub>, ГДК<sub>с.д.</sub>, ОБРВ) та міжнародними критеріями – референтними концентраціями, факторами канцерогенного потенціалу, для визначених пріоритетних хімічних сполук, які необхідні для проведення розрахунків ризику для здоров'я експонованого населення, наведено у Додатку Г [89], [94], [95], [107], [318].

**Перелік пріоритетних ЗР від різних об'єктів господарської діяльності,  
які потребують контролю та оцінок**

№ п/п	Перелік промислових підприємств за видами економічної діяльності	Пріоритетні забруднюючі речовини
1.	Металургійні	азоту діоксид, сірки діоксид, вуглецю оксид, пил НДЗС (в т.ч. РМ <sub>10</sub> та РМ <sub>2.5</sub> ), важкі метали (алюміній, ванадій, залізо, марганець, мідь, <b>нікель, свинець, цинк, кадмій, хром (VI), миш'як, ртуть</b> ), сірчана кислота, сірководень, <b>бенз(а)пірен</b> , водню ціанід
2.	Машинобудівні	азоту діоксид, сірки діоксид, вуглецю оксид, пил НДЗС (в т.ч. РМ <sub>10</sub> та РМ <sub>2.5</sub> ), важкі метали (алюміній, залізо, марганець, мідь, <b>нікель, свинець, цинк, кадмій, хром (VI), ртуть</b> ), сірчана та азотна кислоти, аміак, ксилол, уайт-спірит, натрію гідрооксид, водню фторид та хлорид, барію хлорид, <b>етилбензол, епіхлоргідрин, 1,3-бутадієн, акрилонітрил, формальдегід, акролеїн.</b>
3.	Хімічні	азоту діоксид, сірки діоксид, вуглецю оксид, пил НДЗС (в т.ч. РМ <sub>10</sub> та РМ <sub>2.5</sub> ), важкі метали (залізо, марганець, мідь, <b>нікель, свинець, хром (VI), ртуть</b> ), азотна, ортофосфорна, оцтова та сірчана кислоти, <b>формальдегід</b> , водню хлорид та фторид, хлор та його сполуки, аміак, ксилол, толуол, фенол, етилацетат, ацетон, <b>бензин, ацетальдегід, бензол, етилбензол, тетрахлоретилен, дихлоретан, трихлоретилен, гідразин гідрат, циклогексанол, циклогексанон</b>
4.	Коксохімічні	азоту діоксид, сірки діоксид, вуглецю оксид, пил НДЗС (в т.ч. РМ <sub>10</sub> та РМ <sub>2.5</sub> ), аміак, нафталін, <b>бензол</b> , толуол, ксилол, фенол, сірководень, сірковуглець, <b>бенз(а)пірен</b> , важкі метали ( <b>миш'як</b> , ванадій, залізо, марганець, мідь, <b>нікель, свинець, цинк, хром (VI), ртуть</b> ), сірчана кислота, водню ціанід, водню фторид, уайт-спірит, натрію гідрооксид
5.	Теплоенергетичні	азоту діоксид, сірки діоксид, вуглецю оксид, пил НДЗС (в т.ч. РМ <sub>10</sub> та РМ <sub>2.5</sub> ), ванадію п'ятиоксид, <b>бенз(а)пірен</b>



## продовження табл. 7.2

6.	Гірничорудні	азоту діоксид, сірки діоксид, вуглецю оксид, пил НДЗС (в т.ч. РМ <sub>10</sub> та РМ <sub>2.5</sub> ), важкі метали (залізо, марганець, мідь, <b>нікель, хром (VI), свинець</b> , кремній), водню фторид, ксилол, фенол, толуол, <b>бенз(а)пірен</b>
7.	Нафтопереробні	азоту діоксид, сірки діоксид, вуглецю оксид, пил НДЗС (в т.ч. РМ <sub>10</sub> та РМ <sub>2.5</sub> ), <b>бензин, бензол</b> , вуглеводні насичені С <sub>12</sub> -С <sub>19</sub> , гексан, етилен, ксилол, толуол, <b>етилбензол</b> , важкі метали (залізо, марганець, <b>хром (VI)</b> , мідь, <b>нікель</b> )
8.	Будівельні (виробництво цементу)	азоту діоксид, сірки діоксид, вуглецю оксид, пил НДЗС (в т.ч. РМ <sub>10</sub> та РМ <sub>2.5</sub> ), <b>бенз(а)пірен</b> , водню фторид та хлорид, важкі метали (залізо, марганець, мідь, <b>нікель, свинець, миш'як</b> , цинк, <b>кобальт, хром (VI)</b> , ртуть)
9.	Виробництво олії та тваринних жирів	азоту діоксид, сірки діоксид, вуглецю оксид, пил НДЗС (в т.ч. РМ <sub>10</sub> та РМ <sub>2.5</sub> ), акролеїн, <b>бенз(а)пірен, ацетальдегід</b> , сірчана кислота, спирти метиловий та етиловий, водню хлорид, гексан, діетиловий ефір, сума жирних кислот, вінілацетат, альдегіди, важкі метали (марганець, <b>хром (VI)</b> , мідь)
10.	Сільськогосподарські (свинокомплекс)	азоту діоксид, сірки діоксид, вуглецю оксид, пил НДЗС (хутровий, зерновий, в т.ч. РМ <sub>10</sub> та РМ <sub>2.5</sub> ), альдегід глутаровий, альдегід пропіоновий, аміак, диметиламін, диметисульфід, метан, метилмеркаптан, спирт ізопропіловий, сірководень
11.	Автотранспорт	азоту діоксид, сірки діоксид, вуглецю оксид, РМ <sub>10</sub> , <b>формальдегід, бенз(а)пірен</b> , неметанові вуглеводні

Примітка. 1. **Позначено червоним** – канцерогенні речовини.

До переліку пріоритетних ЗР від викидів металургійних підприємств було включено 23 хімічні сполуки (з них 6 речовин, які відносять до канцерогенів); від машинобудівних – 31 (з них 9 канцерогенів); хімічних – 37 (з них 12 канцерогенів); коксохімічних – 30 (з них 6 канцерогенів); теплоенергетичних – 4 (лише 4 ЗР за відсутності вихідних даних); гірничорудних – 18 (з них 4 канцерогени); нафтопереробних – 19 (з них 5 канцерогенів); будівельних – 19 (з них 6 канцерогенів); виробництва олії та тваринних жирів – 21 (з них 3



канцерогени); тваринницьких комплексів – 15; автотранспорту – 7 (з них 2 канцерогени).

На підставі вищенаведеного, враховуючи вихідні дані, які були надані промисловими підприємствами та наведені у дозвільних документах (звіти з інвентаризації; документи, у яких обґрунтовуються дозволи на викид), виконано розрахунки експозиційних навантажень за допомогою програмного комплексу ISC-AERMOD View. Оцінки усереднених добових та річних концентрацій для визначених пріоритетних ЗР промислових підприємств проведено у рецепторних точках розрахункової сітки радіального типу у всіх напрямках за румбами сторін світу на відстанях від центрів промайданчиків до 12000 м (в залежності від зони впливу підприємства – 40 висот найвищого джерела викиду), з кроком сітки від 50 до 500 м (рис. 7.2); для автотранспорту – у рецепторних точках на відстанях 25, 50, 100 та 300 м або у буферних зонах радіусом 25, 50, 100, 300, 500, 1000 м від картографованих перехресть та відрізків проїжджої частини дороги.

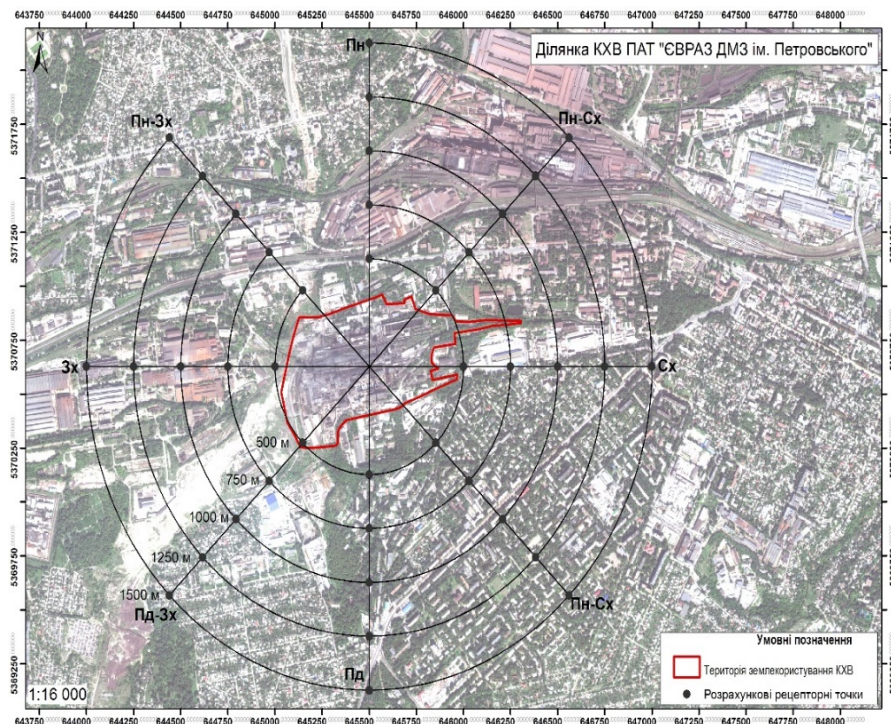


Рисунок 7.2 – Приклад розташування розрахункових вузлів радіальної рецепторної сітки, м. Дніпро

На етапі характеристики ризику виконано аналіз та розрахунки неканцерогенних ( $HQ_{acute}$ ;  $HQ_{chronic}$ ), канцерогенних ризиків ( $ICR_{total}$ ) для здоров'я населення та індивідуальних ризиків смерті ( $IRM$ , пов'язаних з впливом  $PM_{10}$ ) за умови гострих (на рівні усередненої добової концентрації) та хронічних (на рівні річної концентрації) інгаляційних впливів ЗР в зонах впливу промислових підприємств та автотранспорту, відповідно до методичних підходів, які наведено у даній роботі [94].

### **7.1 Результати оцінки та аналізу інгаляційного ризику для здоров'я населення, обумовленого впливом викидів різних видів промислових підприємств**

Проведені розрахунки неканцерогенних ризиків для здоров'я населення під час оцінювання *гострих інгаляційних впливів* промислових підприємств показали, що перевищення допустимого рівня ризику ( $HQ_{acute} \geq 1$ ), спостерігаються від викидів металургійних підприємств (min-max) у: м. Запоріжжя – для пилу НДЗС ( $HQ_{acute} = 1,1 \div 7,9$ ), азоту діоксиду ( $HQ_{acute} = 1,1 \div 3,4$ ), марганцю та його сполук ( $HQ_{acute} = 1,1 \div 6,6$ ), нікелю оксиду ( $HQ_{acute} = 1,1 \div 1,8$ ), свинцю та його сполук ( $HQ_{acute} = 1,1 \div 3,5$ ), бенз(а)пірену ( $HQ_{acute} = 1,1 \div 3,2$ ), сірки діоксиду ( $HQ_{acute} = 1,2 \div 1,6$ ); м. Кам'янське – для пилу НДЗС ( $HQ_{acute} = 1,1 \div 5,5$ ), азоту діоксиду ( $HQ_{acute} = 1,1 \div 1,8$ ), марганцю та його сполук ( $HQ_{acute} = 1,1 \div 4,1$ ), сірки діоксиду ( $HQ_{acute} = 1,2 \div 1,7$ ); м. Маріуполь – для азоту діоксиду ( $HQ_{acute} = 1,1 \div 2,5$ ), свинцю та його сполук ( $HQ_{acute} = 1,1 \div 1,9$ ), пилу НДЗС ( $HQ = 1,1 \div 2,9$ ), сірки діоксиду ( $HQ = 1,1 \div 4,8$ ), водню ціаніду ( $HQ_{acute} = 1,2 \div 2,9$ ), бенз(а)пірену ( $HQ_{acute} = 1,13 \div 3,0$ ) (рис. 7.3) [385] – [388].

Отримані дані співзвучні з роботами міжнародних науковців. Так, високі значення коефіцієнтів небезпеки від викидів металургійних підприємств були отримані у мм. Новокузнецьк, Норильськ та характерні для викидів азоту діоксиду, марганцю та його сполук, хрому (VI), алюмінію оксиду, бенз(а)пірену, кобальту та нікелю [181], [182], [389], [390]. Дослідження, проведені в одному з

районів м. Запоріжжя, ілюструють перевищення індексів небезпеки, обумовлених впливом металургійних підприємств для сірководню ( $HQ=3,4$ ), азоту діоксиду ( $HQ=2,54$ ) та сірки діоксиду ( $HQ_{acute}=2,4$ ); у м. Кам'янське – для пилу НДЗС [201], [203].

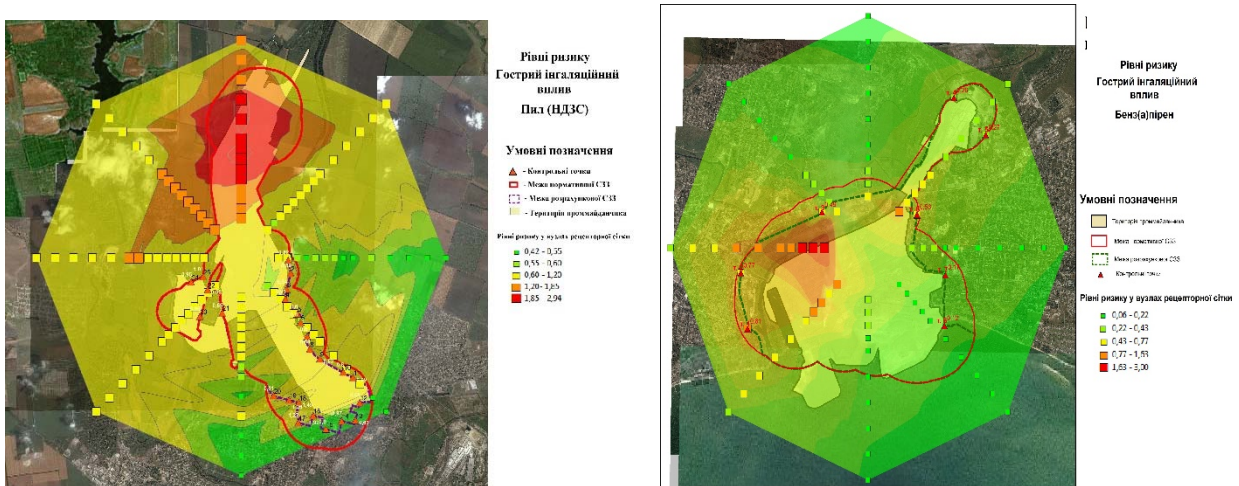


Рисунок 7.3 – Результати розрахунків рівнів неканцерогенного ризику для здоров'я населення при гострому інгаляційному впливі пилу НДЗС та бенз(а)пірену, м. Маріуполь

Від викидів машинобудівного комплексу у м. Дружківка – для азоту діоксиду ( $HQ_{acute}=1,1\div 1,4$ ), марганцю та його сполук ( $HQ_{acute}=1,2\div 2,4$ ), заліза оксиду ( $HQ_{acute}=1,2\div 5,6$ ), натрію гідроксиду ( $HQ_{acute}=1,1\div 1,4$ ), пилу НДЗС ( $HQ_{acute}=1,1\div 5,6$ ); м. Ромни – натрію гідроксиду ( $HQ_{acute}=1,1\div 1,3$ ); м. Запоріжжя – марганцю та його сполук ( $HQ_{acute}=1,2\div 4,4$ ), ртуті азотнокислої ( $HQ_{acute}=1,1\div 1,2$ ). Аналогічні дані були отримані у дослідженнях, проведених у мм. Воронеж та Волгоград, де високі рівні неканцерогенного ризику від викидів машинобудівних підприємств обумовлювали такі поллютанти, як марганець та його сполуки, мідь, азоту діоксид та пил [191], [194].

Проведені розрахунки впливу хімічних підприємств показали, що перевищення коефіцієнтів небезпеки спостерігаються для: азоту діоксиду ( $HQ_{acute}=1,1\div 1,4$ ), сірки діоксиду ( $HQ_{acute}=1,1\div 2,2$ ), сірчаної кислоти ( $HQ_{acute}=1,1\div 1,3$ ), формальдегіду ( $HQ_{acute}=1,1\div 2,7$ ), марганцю та його сполук

( $HQ_{acute}=1,1\div 3,1$ ) у м. Черкаси; азоту діоксиду ( $HQ_{acute}=1,1\div 3,1$ ),пилу НДЗС ( $HQ_{acute}=1,2\div 4,2$ ), марганцю та його сполук ( $HQ_{acute}=1,1\div 6,6$ ) у м. Кам'янське. Схожі дані щодо спектру хімічних речовин, які містять викиди хімічних підприємств були описані у дослідженнях, проведених у Білорусі (м. Борисов) та мм. Волгоград, Чапаєвськ, Пермь, Дзержинськ [93], [191], [391]. Високі рівні неканцерогенного ризику від викидів хімічних підприємств обумовлюють такі поллютанти, як азоту діоксид, аміак, циклогексанол, сірковуглець, сірчана кислота, формальдегід, бензол, етилбензол, бенз(а)пірен, пил та важкі метали (ванадій, марганець та хром). Отримані дані також співзвучні з роботами Рубана Е.В. [392], проведеними у м. Рубіжне (встановлено перевищення для сірчаної кислоти) та Малоног К.П. [393], в яких було встановлено, що при оцінці впливу викидів промислових підприємств м. Черкаси (на підставі даних моніторингу стаціонарних постів спостереження), перевищення рівнів неканцерогенного ризику спостерігається лише для формальдегіду  $HQ=10,0\div 12,3$ ; сірководню  $HQ=13,0$ , азоту діоксиду  $HQ=2,1\div 4,5$ , сірки діоксиду  $HQ=1,1$  та аміаку  $HQ=1,2\div 2,6$ . Але спектр хімічних речовин був дуже вузький, що свідчить про недосконалість системи моніторингу та відсутність повної оцінки токсичності викидів. У той же час, у роботі Загороднього В.В. [44], яка виконана з використанням моделювання розповсюдження ЗР у ПША м. Черкаси, спектр пріоритетних речовин був розширений, та наведено більш ґрунтовні оцінки впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення.

Оцінки ризиків від викидів коксохімічних підприємств ілюструють перевищення у: м. Кам'янське – для азоту діоксиду ( $HQ_{acute}=1,1\div 1,14$ ), аміаку ( $HQ_{acute}=1,1\div 1,7$ ), бенз(а)пірену ( $HQ_{acute}=1,1\div 3,9$ ), нафталіну ( $HQ_{acute}=1,3\div 5,1$ ), фенолу ( $HQ_{acute}=1,2\div 2,6$ ), сірководню ( $HQ_{acute}=1,1\div 1,7$ ); у м. Запоріжжя – для сірководню ( $HQ_{acute}=1,3\div 2,4$ ) та нафталіну ( $HQ_{acute}=1,2\div 2,0$ ); у м. Макіївка – для азоту діоксиду ( $HQ_{acute}=1,1\div 1,2$ ), фенолу ( $HQ_{acute}=1,3$ ), сірководню ( $HQ_{acute}=1,1\div 4,1$ ); у м. Дніпро перевищення відсутні ( $HQ_{acute}\leq 1$ ) для всіх ЗР. Перевищення щодо експозиційних навантажень від викидів коксохімічних підприємств характерні для сірководню та фенолу у м. Ярославль; аміаку,

формальдегіду, азоту діоксиду, сірки діоксиду, пилу НДЗС – у мм. Макіївка та Алчевськ. Ці оцінки зроблені на підставі аналізу даних моніторингових спостережень, що виключає специфічність забруднення атмосферного повітря коксохімічною галуззю [202], [394], [395].

Що стосується впливу гірничодобувних підприємств на якість атмосферного повітря, то незначні перевищення неканцерогенних ризиків спостерігалися для викидів пилу НДЗС ( $HQ_{acute}=1,1$ ) у м. Кривий Ріг, що обумовлено постійним впровадженням підприємством за останні роки комплексу значних природоохоронних заходів; у м. Марганець – пилу НДЗС ( $HQ_{acute} = 1,1 \div 2,8$ ) та азоту діоксиду ( $HQ_{acute} = 1,2 \div 2,6$ ); у м. Жовті води перевищень допустимих рівнів не визначено ( $HQ \leq 1$  для всіх ЗР). Перевищення рівнів допустимого ризику щодо вищевказаних речовин, спостерігаються від гірничозбагачувальної фабрики у м. Новокузнецьк [396].

Для викидів нафтоперобної галузі (м. Дрогобич Львівської області) перевищення допустимих рівнів ризику були характерні для бензину ( $HQ_{acute}=2,7 \div 7,8$ ), вуглеводнів насичених  $C_{12}-C_{19}$  ( $HQ_{acute}=1,2 \div 4,1$ ) та сірки діоксиду ( $HQ_{acute}=1,1 \div 1,7$ ). Перевищення коефіцієнтів небезпеки від викидів будівельних підприємств спостерігалися у: м. Миколаїв – від викидів азоту діоксиду ( $HQ_{acute}=1,2 \div 1,5$ ), сірки діоксиду ( $HQ_{acute}=1,1 \div 2,1$ ) та пилу НДЗС ( $HQ_{acute}=1,2 \div 1,6$ ); у м. Кам'янське – лише щодо пилу НДЗС ( $HQ_{acute}=1,1 \div 1,5$ ). Аналогічні дослідження були проведені у мм. Самара, Новокуйбишевськ, Новокузнецьк, які характеризуються зосередженістю підприємств нафто- і газопереробки та підприємств будівельної індустрії. Високі неканцерогенні ризики у цих містах були обумовлені впливом 1,2,4-триметилбензолу, 1,3,5-триметилбензолу, сірководню, ацетальдегіду, бензину, бензолу, формальдегіду, хлористого водню, азоту діоксиду, сірки діоксиду, вуглеводнів, пилу НДЗС [191], [397] – [399].

При аналізі рівнів неканцерогенного ризику, обумовленого викидами підприємств з виробництва олії та тваринних жирів визначено перевищення лише для акролеїну, відповідно у мм. Запоріжжя ( $HQ_{acute}=1,1 \div 5,3$ ) та Дніпро



( $HQ_{acute}=1,1\div 4,7$ ). Від викидів теплоенергетичного об'єкту – для викидів пилю НДЗС ( $HQ_{acute}=1,2\div 1,5$ ); обмеженість проведених оцінок була обумовлена недостатньою повнотою, наданих вихідних даних.

Проведені розрахунки впливу сільськогосподарських підприємств [376], [381], [400], [401] у с. Мельники (свинокомплекс з потужністю до 2,4 тис. голів на рік), с. Малинівка (потужністю до 12 тис. голів на рік) та с. Полствин (потужністю до 50 тис. голів на рік) показали, що перевищення неканцерогенних ризиків було характерне лише для свинокомплексу, розташованого у с. Полствин та становили: для аміаку –  $HQ=1,2\div 1,3$ ; сірководню –  $HQ=1,1\div 1,5$  та метилмеркаптану –  $HQ=1,1\div 1,6$ ; у Мельниках та Малинівці перевищень не спостерігалось для жодної з пріоритезованих хімічних сполук. Аналогічні результати щодо відсутності інгаляційних впливів на здоров'я населення, отримано при аналізі діяльності свинокомплексу потужністю на 24 тис. голів у Білорусі [402]. У зв'язку з постійними скаргами (на неприємний запах) населення України, яке проживає в зонах впливу тваринницьких комплексів, додатково було здійснено порівняльний аналіз хімічних речовин, які володіють вираженими запаховими властивостями (аміак, метилмеркаптан, сірководень, диметиламін) з їх пороговими концентраціями (порогами запаху) (табл. 7.3),

Таблиця 7.3

**Результати порівняння середньодобових концентрацій ЗР з вираженими запаховими властивостями з порогоми запаху [403]**

№ з/п	Назва забруднюючої речовини	Середньодобова концентрація, мг/м <sup>3</sup>			ГДК <sub>с.д.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Порог запаху*, мг/м <sup>3</sup>
		Полствин	Мельники	Малинівка		
1.	Аміак	0,036	0,0002	0,001	0,04	31,98
2.	Сірководень	0,0082	0,0005	0,0019	-	0,00066
3.	Метилмеркаптан	0,0006	0,0000016	0,0001	-	0,0000412
4.	Диметиламін	-	0,00013	0,0004	0,005	2,5

відповідно до міжнародних критеріїв [328], [403], [404]. Встановлено перевищення нормативних значень для викидів: сірководню (у 12,4 рази) та метилмеркаптану (у 14,5 рази) – у с. Полствин; сірководню (у 2,9 рази) та метилмеркаптану (у 2,4 рази) – у с. Малинівка [179], [400]. Щодо інших ЗР та в цілому, у с. Мельники перевищень порогів запаху не виявлено. Таким чином, ми спостерігаємо відсутність перевищень гігієнічних нормативів досліджуваних хімічних ЗР в атмосферному повітрі (наприклад, у с. Малинівка), але визначаємо перевищення показників порогу запаху щодо сірководню та метилмеркаптану, що доводить обов'язковість додаткових досліджень впливу тваринницьких комплексів на здоров'я населення з позицій одориметричних оцінок. Це, у свою чергу, підтверджує доцільність з еколого-гігієнічної точки зору будівництва та розміщення в Україні свинокомплексів з потужністю до 12 тис. голів на рік. Таких, які працюють, зокрема, у Нідерландах, Данії, Німеччині, тощо.

Що стосується оцінки впливу *хронічних інгаляційних впливів* досліджуваних промислових підприємств, то перевищення допустимого рівня неканцерогенного ризику ( $HQ_{\text{chronic}} \geq 1$ ) були характерні для металургійних підприємств (рис. 7.4): у м. Запоріжжя – для марганцю та його сполук

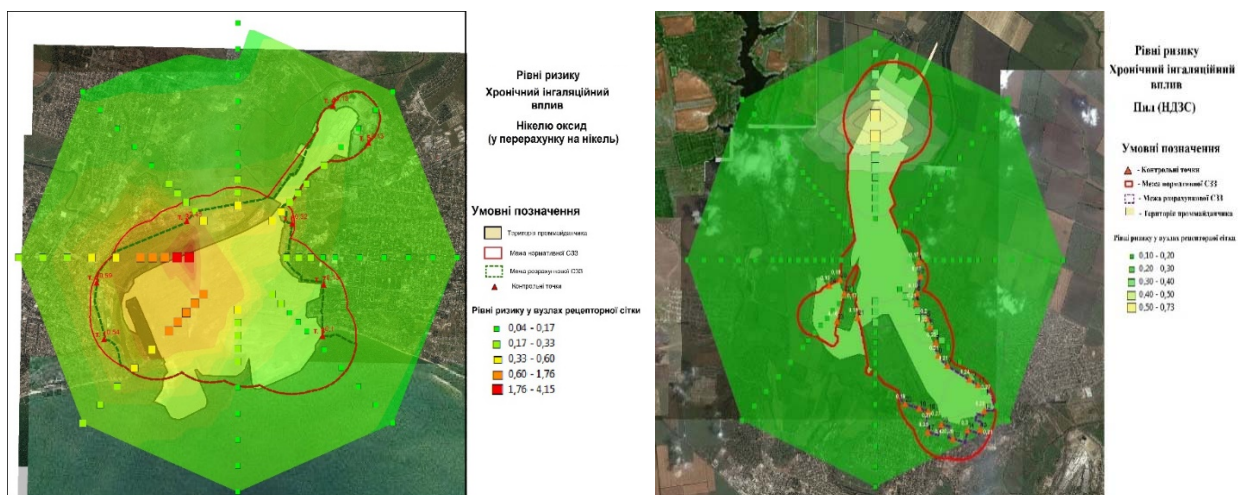


Рисунок 7.4 – Результати розрахунків рівнів неканцерогенного ризику для здоров'я населення при хронічному інгаляційному впливі пилу НДЗС та нікелю оксиду, м. Маріуполь

( $HQ_{\text{chronic}}=1,1\div 2,7$ ), міді оксиду ( $HQ_{\text{chronic}}=1,3\div 3,2$ ), нікелю оксиду ( $HQ_{\text{chronic}}=1,1\div 3,7$ ), свинцю та його сполук ( $HQ_{\text{chronic}}=1,1\div 2,0$ ); у м. Кам'янське – для марганцю та його сполук ( $HQ_{\text{chronic}}=1,1\div 1,9$ ); у м. Маріуполь – для марганцю та його сполук ( $HQ_{\text{chronic}}=1,3\div 1,6$ ), кадмію оксиду ( $HQ_{\text{chronic}}=1,3\div 6,7$ ), нікелю оксиду ( $HQ_{\text{chronic}}=1,1\div 4,2$ ), водню ціаніду ( $HQ_{\text{chronic}}=1,1$ ), миш'яку ( $HQ_{\text{chronic}}=1,1\div 1,7$ ). Від викидів машинобудівного комплексу перевищення неканцерогенного ризику спостерігалися для: міді оксиду ( $HQ_{\text{chronic}}=1,1\div 1,6$ ), марганцю та його сполук ( $HQ_{\text{chronic}}=1,2\div 4,9$ ), пилу НДЗС ( $HQ_{\text{chronic}}=1,1\div 1,5$ ) – у м. Дружківка; марганцю та його сполук ( $HQ_{\text{chronic}}=1,1\div 5,5$ ) – у м. Запоріжжя. Вплив хімічних підприємств створював неприйнятні рівні ризику від викидів: циклогексанолу ( $HQ_{\text{chronic}}=1,2\div 2,6$ ) – у м. Черкаси; марганцю та його сполук ( $HQ_{\text{chronic}}=1,1\div 8,5$ ) – у м. Кам'янське. При оцінюванні впливу коксохімічних підприємств перевищення були визначені лише у м. Кам'янське – для нафталіну ( $HQ_{\text{chronic}}=1,2\div 1,7$ ), бенз(а)пірену ( $HQ_{\text{chronic}}=1,3\div 2,5$ ), сірководню ( $HQ_{\text{chronic}}=1,2\div 3,4$ ) та сірчаної кислоти ( $HQ_{\text{chronic}}=1,1$ ). У мм. Макіївка, Запоріжжя та Дніпро рівні неканцерогенного ризику знаходилися на допустимому рівні ( $HQ_{\text{chronic}}\leq 1$  для всіх ЗР). Від гірничорудних підприємств недопустимі рівні неканцерогенного ризику спостерігалися лише у м. Марганець – від викидів марганцю та його сполук ( $HQ_{\text{chronic}}=1,3\div 5,8$ ) та азоту діоксиду ( $HQ_{\text{chronic}}=1,6$ ); в інших досліджуваних містах, вони перебували – в межах допустимих значень. Перевищення коефіцієнтів небезпеки від викидів нафтопереробного заводу у м. Дрогобич були визначені для викидів бензину ( $HQ_{\text{chronic}}=1,1\div 3,6$ ). Що стосується оцінок хронічних інгаляційних впливів підприємств з виробництва олії та тваринних жирів, то перевищення були виявлені у м. Дніпро – від викидів сірчаної кислоти ( $HQ_{\text{chronic}}=1,0\div 1,8$ ) та акролеїну ( $HQ_{\text{chronic}}=1,1\div 3,9$ ); у м. Запоріжжя – відсутні для кожної з пріоритезованих ЗР.

При аналізі будівельних та сільськогосподарських (свинокомплексів) підприємств перевищень допустимих рівнів неканцерогенного ризику при оцінках хронічних впливів не встановлено для жодного з промислових об'єктів досліджуваних міст.



На підставі вищенаведеного, був проведений порівняльний аналіз (рис. 7.5) максимальних значень неканцерогенного ризику під час оцінювання гострих та хронічних впливів ЗР від викидів різних видів промислових підприємств.

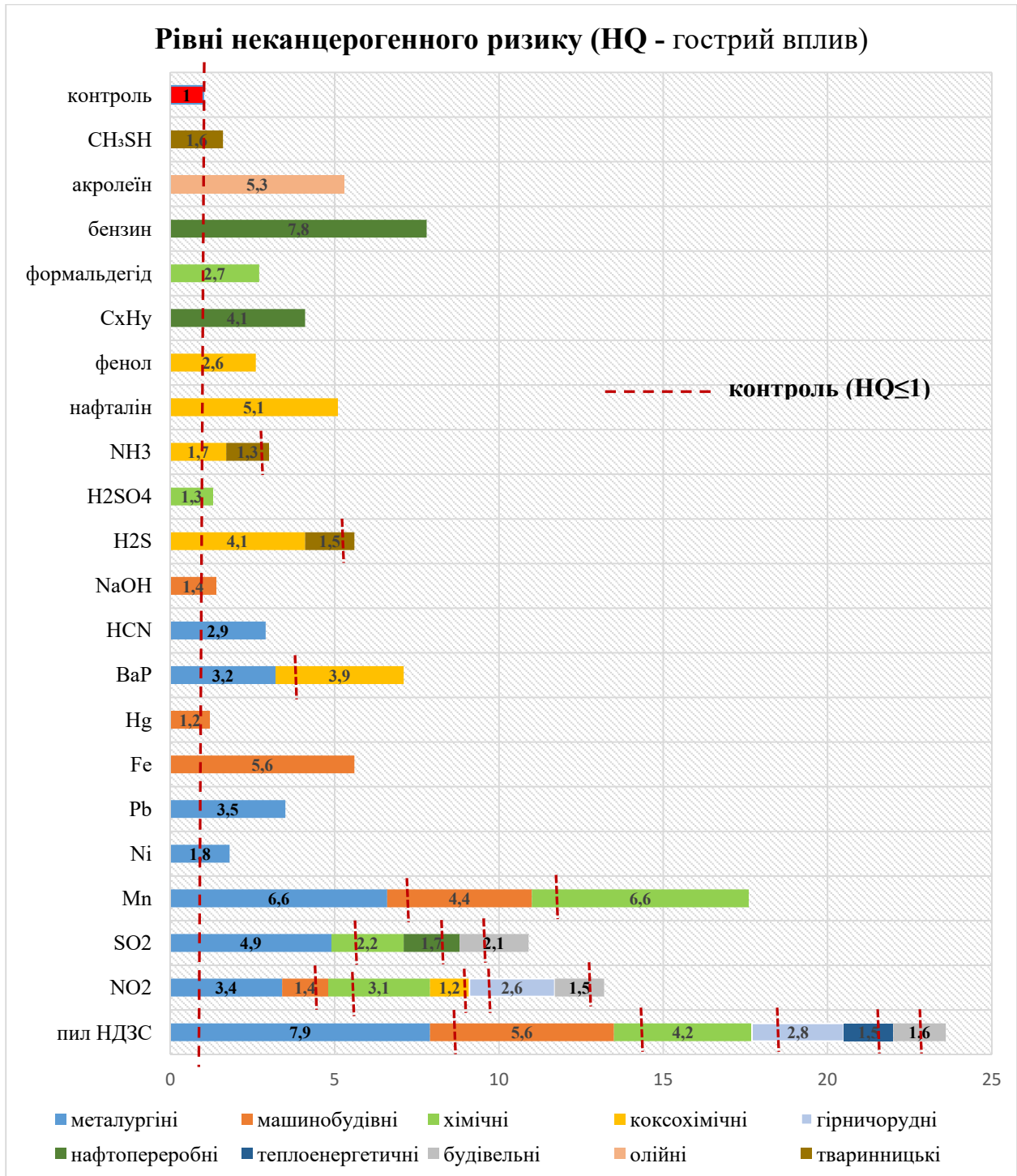


Рисунок 7.5 – Порівняльний аналіз максимальних значень неканцерогенного ризику за умови гострого інгаляційного впливу ЗР від викидів промислових підприємств

Встановлено, що найбільшого гострого інгаляційного впливу зазнає населення від викидів: пилу НДЗС ( $HQ_{max}=7,9$ ), азоту діоксиду ( $HQ_{max}=3,4$ ), сірки діоксиду ( $HQ_{max}=4,9$ ), марганцю ( $HQ_{max}=6,6$ ), свинцю ( $HQ_{max}=3,5$ ), нікелю ( $HQ_{max}=1,8$ ) та їх сполук, водню ціаніду ( $HQ_{max}=2,9$ ), що викидаються металургійними підприємствами; заліза оксиду ( $HQ_{max}=5,6$ ), ртуті азотнокислої ( $HQ_{max}=1,2$ ) та натрію гідроксиду ( $HQ_{max}=1,4$ ) – від машинобудівних підприємств; сірчаної кислоти ( $HQ_{max}=1,3$ ), формальдегіду ( $HQ_{max}=2,7$ ), марганцю та його сполук ( $HQ_{max}=6,6$ ) – від хімічних підприємств; бенз(а)пірену ( $HQ_{max}=3,9$ ), сірководню ( $HQ_{max}=4,1$ ), аміаку ( $HQ_{max}=1,7$ ), нафталіну ( $HQ_{max}=5,1$ ) та фенолу ( $HQ_{max}=2,6$ ) – від коксохімічних заводів. А також – від специфічних хімічних речовин, таких як бензин ( $HQ_{max}=7,8$ ) та вуглеводні насичені  $C_{12}-C_{19}$  ( $HQ_{max}=4,1$ ), які є продуктами нафтопереробної галузі; акролеїну ( $HQ_{max}=5,3$ ) – від виробництв олії та тваринних жирів; метилмеркаптану ( $HQ_{max}=1,6$ ) – від тваринницьких комплексів.

Найвищий неканцерогенний ризик під час оцінювання хронічних інгаляційних впливів характерний в основному для (рис. 7.6): нікелю ( $HQ_{max}=4,2$ ), свинцю ( $HQ_{max}=2,0$ ), міді ( $HQ_{max}=3,2$ ), кадмію ( $HQ_{max}=6,7$ ), миш'яку ( $HQ_{max}=1,7$ ) та водню ціаніду ( $HQ_{max}=1,1$ ) – від металургійних підприємств; пилу НДЗС ( $HQ_{max}=1,5$ ) – від машинобудівних; циклогексанолу ( $HQ_{max}=2,6$ ), марганцю та його сполук ( $HQ_{max}=8,5$ ) – від хімічних; марганцю та його сполук ( $HQ_{max}=5,8$ ) – від гірничорудних; бенз(а)пірену ( $HQ_{max}=2,5$ ), сірководню ( $HQ_{max}=3,6$ ) та нафталіну ( $HQ_{max}=1,7$ ) – від коксохімічних; сірчаної кислоти ( $HQ_{max}=1,8$ ) та акролеїну ( $HQ_{max}=3,9$ ) – від виробництв олії та тваринних жирів та бензину ( $HQ_{max}=3,6$ ) – від нафтоперобного підприємства.

Як видно з рисунків 7.5 та 7.6, рівні неканцерогенного ризику від пріоритезованих ЗР, в основному, коливалися у діапазоні  $HQ=3,0\div 6,0$ . Такі рівні ризику, відповідно до рекомендацій ВООЗ, належать до помірних рівнів забруднення повітря та можуть спричиняти виникнення слабких ефектів, особливо – у чутливих груп населення (людей похилого віку, вагітних жінок та дітей).

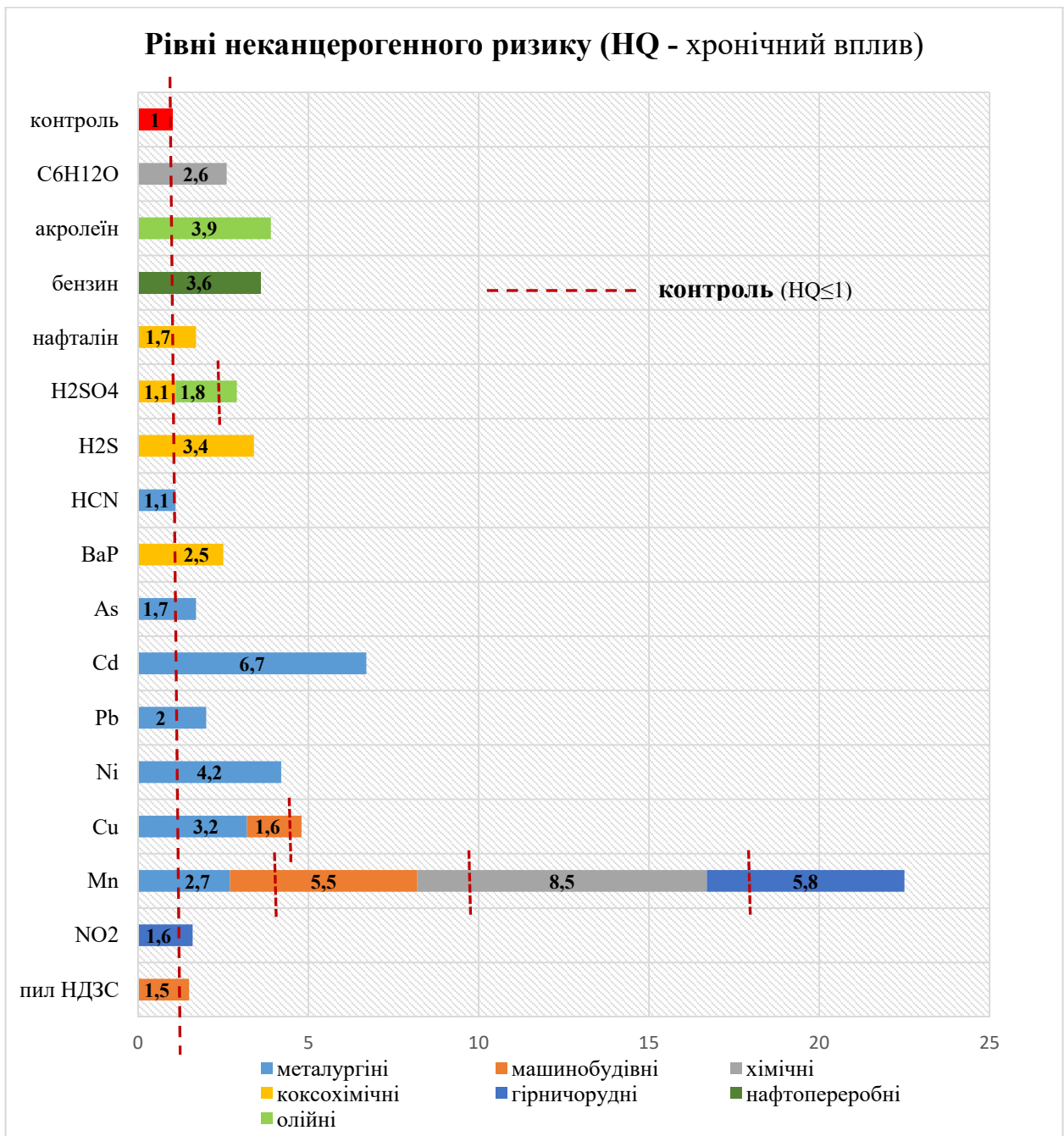


Рисунок 7.6 – Порівняльний аналіз максимальних значень неканцерогенного ризику за умови хронічного інгаляційного впливу ЗР від викидів промислових підприємств

Лише, для викидів пилу НДЗС, кадмію та марганцю від металургійних і хімічних підприємств та викидів бензину від нафтопереробного підприємства –  $HQ \geq 6$ , що відповідно до вимог ВООЗ, характеризує рівень забруднення повітря як високий. На його фоні можуть спостерігатися виражені ефекти у населення.

При цьому, слід зазначити, що розрахунки неканцерогенного ризику були проведені для окремих промислових підприємств різних видів господарської діяльності, та не враховували: сумарний (агрегований) вплив підприємств однієї економічної системи у містах; ефекти сумації ЗР та фонове забруднення атмосферного повітря, що формується за рахунок викидів інших промислових підприємств (наявних у місті) та автотранспорту. Отже, з впевненістю можна очікувати, що у досліджуваних містах можуть спостерігатися, рівні сумарних неканцерогенних ризиків (НІ) з індексами небезпеки  $HQ \geq 10$ , які відповідно до рекомендацій ВООЗ, відзначаються як дуже високі та обумовлюють прогресуючі ефекти (у населення в цілому), вимагаючи розробки заходів щодо зниження експозиції та запобігання цих ефектів [95], [98], [330].

При аналізі рівнів забруднення атмосферного повітря пріоритетними хімічними канцерогенами від викидів коксохімічних підприємств було встановлено, що рівні сумарних канцерогенних ризиків коливаються в наступних діапазонах та становлять: у м. Кам'янське –  $ICR_{total} = 1,9 \times 10^{-6} \div 9,8 \times 10^{-5}$ ; у м. Запоріжжя –  $ICR_{total} = 2,0 \times 10^{-6} \div 2,1 \times 10^{-5}$ ; у м. Макіївка –  $ICR_{total} = 7,2 \times 10^{-6} \div 3,9 \times 10^{-5}$ ; у м. Дніпро –  $ICR_{total} = 1,5 \times 10^{-6} \div 5,7 \times 10^{-5}$ , в основному за рахунок викидів бензолу, бенз(а)пірену та хрому (IV). Такі рівні ризику (ризик протягом життя більший за  $1 \times 10^{-6}$  та менший, ніж  $1 \times 10^{-4}$ ) [103], належать до зони умовно прийняттого (допустимого) ризику та потребують постійного контролю з боку підприємства та контролюючих органів щодо дотримання потужності та технологічних режимів роботи обладнання. Як ми бачимо, соціальні втрати населення у вигляді додаткової ймовірності розвитку раку у індивідуума від викидів коксохімічного підприємства можуть досягати майже 10 випадків онкозахворювань на 100 тис. населення.

Допустимі рівні сумарного канцерогенного ризику спостерігалися й для гірничорудних підприємств, розташованих у мм. Кривий Ріг та Жовті води, та відповідно, становили:  $ICR_{total} = 2,1 \times 10^{-8} \div 6,6 \times 10^{-5}$  та  $ICR_{total} = 1,8 \times 10^{-6} \div 9,4 \times 10^{-5}$  (в основному, за рахунок викидів хрому (IV)), що може бути причиною 9 додаткових випадків онкозахворювань на 100 тис. населення. Отримані

результати кореспондуються з даними російських науковців, отриманими для гірничо-збагачувального комбінату «Гайський ГЗК», розташованого в Оренбурзькій області [191], [405]. При цьому, у м. Марганець рівні ризику коливалися у діапазоні  $ICR_{total}=9,7 \times 10^{-13} \div 6,1 \times 10^{-10}$  та, відповідно до рекомендацій ВООЗ, сприймаються усіма верствами населення, як досить малі, що не відрізняються від звичайних повсякденних ризиків. Такі ж рівні прийняттого (мінімального) для населення сумарного канцерогенного ризику, спостерігалися й від викидів будівельних підприємств (цементних заводів) та коливалися у наступних діапазонах: м. Миколаїв –  $ICR_{total}=2,6 \times 10^{-7} \div 3,2 \times 10^{-6}$  та м. Кам'янське –  $ICR_{total}=1,5 \times 10^{-7} \div 1,2 \times 10^{-6}$  (за рахунок викидів хрому (VI) та кобальту); підприємств з виробництва олії та тваринних жирів, у м. Запоріжжя –  $ICR_{total}=1,7 \times 10^{-8} \div 1,1 \times 10^{-7}$  та у м. Дніпро –  $ICR_{total}=1,1 \times 10^{-6} \div 5,9 \times 10^{-6}$  (в основному, за рахунок викидів бенз(а)пірену, ацетальдегіду та сажі).

Проведені розрахунки рівнів ризику від викидів машинобудівних підприємств у мм. Дружківка, Запоріжжя дозволили встановити, що сумарні канцерогенні ризики, відповідно, коливалися в таких межах:  $ICR_{total}=6,8 \times 10^{-6} \div 2,8 \times 10^{-4}$  і  $ICR_{total}=1,7 \times 10^{-5} \div 8,7 \times 10^{-4}$  та формувалися, в основному за рахунок хрому (VI). Такі рівні ризику, відповідно до рекомендацій ВООЗ, відносять до третього діапазону, оскільки високі значення ризику ( $\times 10^{-4}$ ) спостерігалися на території житлової забудови та характеризувалися рівнями, які є допустимими для професійних контингентів та недопустимими для населення в цілому. При цьому, додаткова ймовірність розвитку раку серед населення може складати майже 9 випадків онкозахворювань на 10 тис. населення. Отримані дані вказують на необхідність розробки і проведення планових оздоровчих заходів щодо зниження негативного впливу атмосферного забруднення. Результати проведених досліджень у мм. Дружківка та Запоріжжя співзвучні з даними робіт, виконаних у мм. Воронеж та Волгоград, що характеризуються наявністю підприємств машинобудівного комплексу, де рівні сумарного канцерогенного ризику становили  $ICR_{total}=6,4 \times 10^{-4}$  та  $ICR_{total}=9,1 \times 10^{-4}$ , відповідно [39], [192]. У м. Ромни рівні ризику коливалися на прийнятному (мінімальному) рівні –

$ICR=10^{-13} \div 10^{-11}$ , що обумовлено невеликою виробничою потужністю підприємства.

Такі ж рівні ризику характерні й для хімічних підприємств, розташованих у м. Черкаси та Кам'янське, де сумарний канцерогенний ризик, відповідно, коливався в межах:  $ICR_{total}=2,6 \times 10^{-5} \div 4,4 \times 10^{-4}$  та  $ICR_{total}=1,04 \times 10^{-5} \div 6,0 \times 10^{-4}$  (максимальні соціальні втрати – 6 додаткових випадків розвитку раку на 10 тис. населення) та обумовлені в основному викидами хрому (VI), бензолу, дихлоретану, гідразин гідрату та формальдегіду. Отримані результати ілюструють загальну тенденцію оцінок ризику впливу хімічного комплексу, що були проведені у Росії та Україні. Рівні канцерогенного ризику від викидів хімічної промисловості у м. Волгоград та Казань, відповідно оцінюються 13 та 2 додатковими випадками захворювань на рак щороку [191]. За даними українських науковців, високі рівні канцерогенного ризику  $ICR=3,4 \times 10^{-4} \div 4,0 \times 10^{-4}$  створюють викиди формальдегіду, бензолу та хрому (VI) [19], [389], [393].

Канцерогенний ризик на рівні  $ICR=1,8 \times 10^{-5} \div 7,0 \times 10^{-4}$  характерний й для нафтопереробного підприємства, розташованого у м. Дрогобич та обумовлений, в основному, викидами бензину (може бути причиною майже 7 додаткових новоутворень на 10 тис. населення). Дослідження, проведені в Республіці Башкортостан (м. Уфа, Стерлитамак, Салават), м. Самара та Новокуйбишевськ щодо впливу викидів від нафто- та газопереробки, показали, що індивідуальний канцерогенний ризик, відповідно, становить  $6,4 \times 10^{-4} \div 8,9 \times 10^{-4}$ ;  $2,8 \times 10^{-4}$  та  $1,7 \times 10^{-4}$ , в основному – за рахунок викидів 1,3-бутадієну, бензину, бензолу, формальдегіду, 1,2-дихлоретану, тетрахлорметану [191], [397], [398], [406]. Проведені епідеміологічні дослідження в Аргентині (Wichmann et al., 2009), Китаї (Liao et al., 2009), Бразилії (De Moraes et al., 2010) тощо, також реєструють зростання захворюваності з боку органів дихання та розвитку новоутворень серед населення, яке проживає в зонах впливу нафтопереробних заводів [407].

Що стосується оцінки сумарного канцерогенного ризику від викидів металургійних підприємств, характерного для м. Запоріжжя та Маріуполь, то він знаходиться на досить високому рівні та складає, відповідно:  $ICR_{total} = 9,3 \times 10^{-6} \div 5,2 \times 10^{-3}$  та  $ICR_{total} = 4,8 \times 10^{-6} \div 1,2 \times 10^{-3}$ . У м. Кам'янське він знаходився на недопустимому рівні –  $ICR_{total} = 9,4 \times 10^{-6} \div 9,7 \times 10^{-4}$  (обумовлений за рахунок викидів хрому (VI), нікелю, кадмію, миш'яку). Згідно рекомендацій ВООЗ, рівні ризику, що визначені у м. Запоріжжя та Маріуполь, є недопустимими ні для безпечного проживання населення, ні для виробничих умов. Соціальні втрати серед працездатного населення у вигляді виникнення ймовірних додаткових випадків онкозахворювань від викидів металургійних підприємств можуть становити майже 5 випадків на 1000 осіб. Роботи Лангарда та співавторів ілюструють, що при концентрації хрому в атмосферному повітрі на рівні  $1 \text{ мкг/м}^3$  ризик захворювання на рак легень становить  $4 \times 10^{-2}$ , що підтверджує отримані нами результати [8], [107]. Проведені дослідження співзвучні й з даними оцінки ризику щодо впливу металургійної галузі у багатьох містах РФ: м. Череповець, Магнітогорськ, Орськ, Новокузнецьк [39], [181], [182]. Так, у м. Новокузнецьку рівень канцерогенного ризику, обумовлений викидами бенз(а)пірену, нікелю, хрому (VI) та свинцю становить  $4,3 \times 10^{-4} \div 6,5 \times 10^{-4}$ . Таким чином, у м. Запоріжжя та Маріуполь, такий високий рівень ризику може бути обумовлений особливостями функціонального зонування міст, а саме – локальною зосередженістю металургійних підприємств та приляганням житлової забудови до промислової зони.

Аналізуючи вищесказане, в таблиці 7.4 було узагальнено результати дослідження щодо оцінок рівнів сумарного канцерогенного ризику від різних видів промислових підприємств [385], [387], [408] – [410]. Як ми бачимо, забруднення атмосферного повітря «хімічними канцерогенами» в Україні, обумовлене впливом окремих об'єктів господарської діяльності, знаходиться на дуже високому рівні та характерно, в основному, для викидів металургійної, машинобудівної, хімічної та нафтопереробної галузей (рис. 7.7).

При цьому, у багатьох досліджуваних містах при агрегованих оцінках можна очікувати показники сумарного канцерогенного ризику на рівнях  $10^{-4} \div 10^{-3}$ , що обумовлено кумулятивним ефектом зосередженості великої кількості промислових підприємств в одному місті та однаковим спектром ЗР, які викидаються в атмосферне повітря іншими виробничими об'єктами.

Таблиця 7.4

**Рівні сумарного канцерогенного ризику для здоров'я населення від викидів різних видів промислових підприємств**

№ п/п	Перелік промислових підприємств за видами господарської діяльності	Місто	Сумарний канцерогенний ризик для здоров'я населення ( $ICR_{total}$ )	Рівні ризику (за шкалою ВООЗ)	
1.	Виробництво олії та тваринних жирів	Запоріжжя	$1,7 \times 10^{-8} \div 1,1 \times 10^{-7}$	мінімальний (De Minimas) $ICR < 10^{-6}$	
		Дніпро	$1,1 \times 10^{-6} \div 5,9 \times 10^{-6}$		
2.	Будівельні (виробництво цементу)	Миколаїв	$2,6 \times 10^{-7} \div 3,2 \times 10^{-6}$		
		Кам'янське	$1,5 \times 10^{-7} \div 1,2 \times 10^{-6}$		
3.	Гірничорудні	Марганець	$9,7 \times 10^{-13} \div 6,1 \times 10^{-10}$		низький (допустимий) $10^{-6} \div 10^{-4}$
		Кривий Ріг	$2,1 \times 10^{-8} \div 6,6 \times 10^{-5}$		
		Жовті води	$1,8 \times 10^{-6} \div 9,4 \times 10^{-5}$		
4.	Коксохімічні	Запоріжжя	$2,0 \times 10^{-6} \div 2,1 \times 10^{-5}$		
		Кам'янське	$1,9 \times 10^{-6} \div 9,8 \times 10^{-5}$		
		Макіївка	$7,2 \times 10^{-6} \div 3,9 \times 10^{-5}$		
		Дніпро	$1,5 \times 10^{-6} \div 5,7 \times 10^{-5}$		
5.	Машинобудівні	Дружківка	$6,8 \times 10^{-6} \div 2,8 \times 10^{-4}$	середній (не допустимий) $10^{-4} \div 10^{-3}$	
		Запоріжжя	$1,7 \times 10^{-5} \div 8,7 \times 10^{-4}$		
6.	Хімічні	Черкаси	$2,6 \times 10^{-5} \div 4,4 \times 10^{-4}$		
		Кам'янське	$1,04 \times 10^{-5} \div 6,0 \times 10^{-4}$		
7.	Нафтопереробні	Дрогобич	$1,8 \times 10^{-5} \div 7,0 \times 10^{-4}$		
8.	Металургійні	Кам'янське	$9,4 \times 10^{-6} \div 9,7 \times 10^{-4}$		високий (De Manifestis) $ICR > 10^{-3}$
		Запоріжжя	$9,3 \times 10^{-6} \div 5,2 \times 10^{-3}$		
		Маріуполь	$4,8 \times 10^{-6} \div 1,2 \times 10^{-3}$		



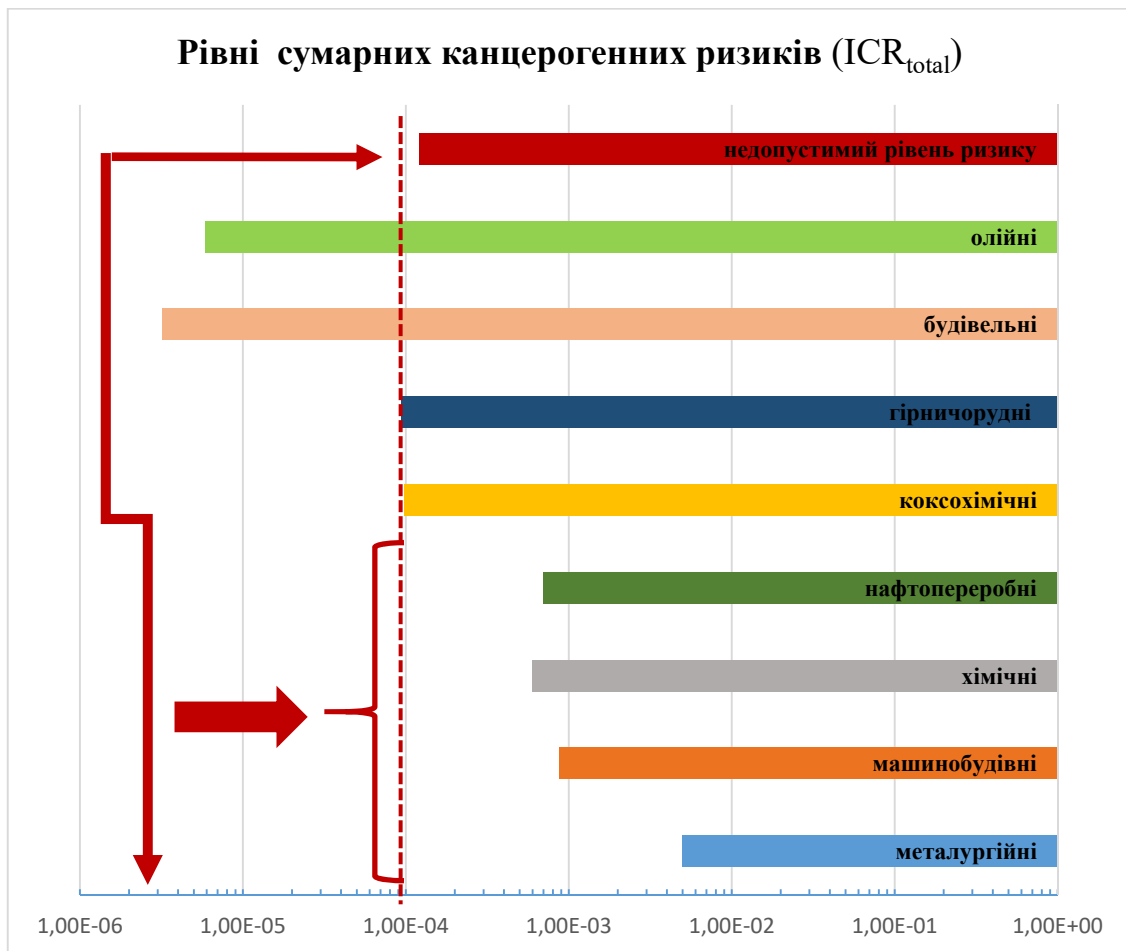


Рисунок 7.7 – Порівняльний аналіз максимальних значень рівнів сумарного канцерогенних ризику від викидів різних видів промислових підприємств

Особливо це стосується викидів важких металів та бенз(а)пірену, які абсорбуються та входять до складу пилу НДЗС (в т.ч. мілкодисперсного пилу  $PM_{10}$  і  $PM_{2.5}$ ) та характерні для викидів теплоенергетичних об'єктів і автотранспорту, наявність яких притаманна будь-якому місту України. Соціальні втрати населення у вигляді додаткової ймовірності розвитку новоутворень у індивідуума від інгаляційного впливу досліджуваних груп промислових підприємств можуть становити від 9 випадків на 10 тис. населення до 5 випадків на 1000 осіб [411], [412]. Вищевказане, вимагає проведення розробки екстрених природоохоронних та профілактичних заходів для експонованого населення, яке проживає в умовах недопустимих рівнів ризику, які обумовлюють ефект «тихого вбивці» населення України в умовах тенденції

щорічного зростання онкозахворюваності населення [413].

Підсумовуючи вищенаведене, можна стверджувати, що проведені розрахунки сумарних канцерогенних ризиків співзвучні з даними, отриманими в інших країнах, але залежать від виробничих потужностей промислових підприємств та зосередженості в умовах міста виробничих об'єктів, що належать одній економічній системі.

Як було зазначено у попередніх розділах, однією з найбільш актуальних і невирішених проблем сьогодення є оцінка забруднення повітря твердими частками пилу ( $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ), які можуть знаходитися в атмосферному повітрі протягом багатьох днів, тижнів та переноситися на великі відстані, перетинаючи кордони держав. Епідеміологічні дослідження, проведені в багатьох країнах світу, доводять, що при збільшенні концентрації  $PM_{10}$  в атмосферному повітрі на  $10 \text{ мкг/м}^3$  смертність від серцево-судинних захворювань зростає від 0,6 до 0,76 % в порівнянні зі смертністю від усіх захворювань та на 0,58 % – від респіраторних захворювань [7]. Вплив твердих часток пилу на здоров'я людини має повне документальне підтвердження і знаходить своє відображення у наукових проєктах ВООЗ «Обґрунтування даних щодо впливу забруднення повітря на здоров'я для перегляду європейських нормативів» (проєкт REVIHAAP) та «Оцінка ризиків для здоров'я від забруднення повітря в Європі» (проєкт HRAPIE), розроблених на підставі досліджень, проведених в Угорщині – проєкт APHEKOM (Paldy et al., NIEH, 2007); Італії (Cesaroni et al., EHP 2013), Німеччині (HNRS, Bauer et al., 2010); США (Harvard University, CPRED in California, Malig et al., 2000 – 2013 pp.) та ін. [3], [8].

В рамках даної роботи були проведені додаткові дослідження щодо оцінок індивідуального ризику смерті (IRM) від впливу різних видів промислових підприємств для респірабельної фракції пилу НДЗС з діаметром часток менше 10 мкм ( $PM_{10}$ ) [22], [414] – [418]. При цьому, за результатами моделювання рівня забруднення атмосферного повітря  $PM_{10}$ , визначено перевищення міжнародних критеріїв щодо вмісту цих часток в атмосферному повітрі досліджуваних

населених місць, в середньому від 1,4 до 4,5 разів [414], що було представлено вище під час оцінок неканцерогенного ризику.

Результати розрахунків показали, що рівні ризику, обумовлені забрудненням атмосферного повітря  $PM_{10}$ , які входять до складу емісій різних об'єктів господарської діяльності, коливаються в таких межах: від коксохімічних підприємств –  $IRM=9,7 \times 10^{-6} \div 9,8 \times 10^{-5}$ ; від підприємств з виробництва олії та тваринних жирів –  $IRM=3,0 \times 10^{-6} \div 8,9 \times 10^{-5}$ ; від тваринницьких комплексів –  $IRM=2,0 \times 10^{-7} \div 7,3 \times 10^{-5}$  та характеризуються, відповідно до рекомендацій ВООЗ, допустимими рівнями для проживання населення [94]. В першу чергу, такі рівні ризику пов'язані з розробленими рекомендаціями щодо впровадження природоохоронних заходів, отриманих за результатами оцінки ризику під час обґрунтування та встановлення розмірів СЗЗ та отримання підприємствами дозволу на викиди на етапі управління.

Що стосується аналізу отриманих розрахунків ризику від викидів  $PM_{10}$  хімічними підприємствами, то вони коливалися в наступних межах –  $IRM=2,0 \times 10^{-5} \div 3,4 \times 10^{-4}$ , та характеризувалися рівнями, які є допустимими для професійних контингентів та недопустимими для населення в цілому. Аналогічні результати були одержані при оцінках впливу будівельних підприємств –  $IRM=6,8 \times 10^{-6} \div 7,4 \times 10^{-4}$ ; тваринницького комплексу (потужністю 50 тис. голів свиней у с. Полствин) –  $IRM=6,8 \times 10^{-5} \div 3,4 \times 10^{-4}$  та від теплоенергетичного об'єкту, розташованого у Київській області –  $IRM=6,0 \times 10^{-5} \div 7,7 \times 10^{-4}$  (на територіях населених пунктів, які знаходяться в зоні впливу вугільної ТЕС) [380]. При цьому, можливі соціальні втрати населення, у вигляді додаткових випадків смертей, обумовлених викидами  $PM_{10}$  від вищевказаних об'єктів, відповідно, коливаються від 3 до 8 випадків на 10 тис. населення.

Під час оцінювання підприємств металургійного комплексу спостерігалися значні перевищення концентрацій  $PM_{10}$ , де індивідуальний ризик смерті знаходився, відповідно, на рівнях  $IRM=1,4 \times 10^{-5} \div 2,9 \times 10^{-3}$  та характеризується як високий для експонованого населення, що ймовірно може призвести до 3 додаткових смертей на 1000 осіб. У м. Череповець забруднення атмосферного

повітря металургійними підприємствами є причиною 460 додаткових випадків смерті на рік, в тому числі – від викидів пилу НДЗС може додаватися 220 випадків. Це складає 7,8-9,9 % від загальної смертності у місті, 12-23 % смертності від захворювань органів дихання та 12-15 % від захворювань кровотворної системи [182], [191]. Подібні рівні ризику від  $PM_{10}$  –  $IRM=3,4 \times 10^{-6} \div 2,1 \times 10^{-3}$  та  $IRM=5,1 \times 10^{-6} \div 1,2 \times 10^{-3}$ , відповідно, були встановлені від впливу викидів машинобудівного комплексу та гірничорудних підприємств, що характерні для умов проживання експонованого населення досліджуваних міст, що може призвести від 1 до 2 додаткових випадків смертей на 1000 осіб. При цьому, в м. Запоріжжя та Ромни рівні ризику знаходилися на допустимому рівні ( $IRM=10^{-6} \div 10^{-5}$ ), що обумовлено невеликими виробничими потужностями досліджуваних підприємств та впровадженням ряду природоохоронних заходів.

Аналізуючи вищесказане (рис. 7.8), ми бачимо, що найменшого інгалаційного впливу від викидів  $PM_{10}$  зазнає населення, яке проживає під

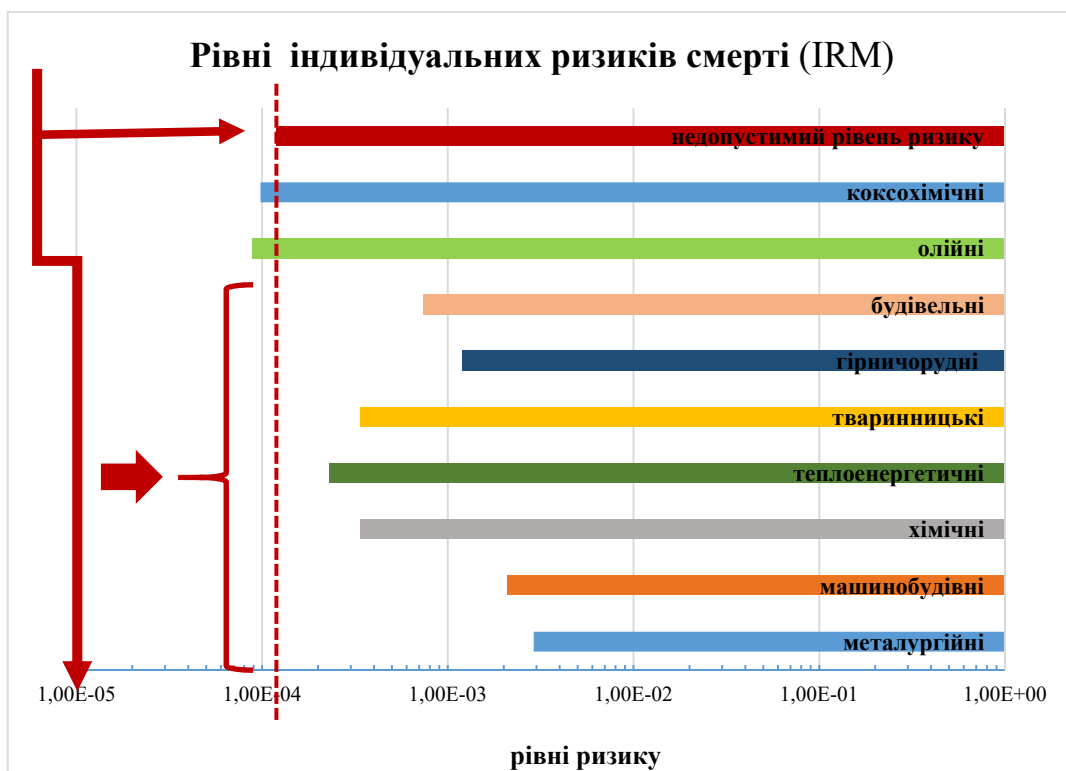


Рисунок 7.8 – Порівняльний аналіз максимальних значень рівнів індивідуального ризику смерті від викидів  $PM_{10}$  різними видами промислових підприємств

експозицією коксохімічних та підприємств з виробництва олії та тваринних жирів; для інших груп промислових підприємств рівні ризику є недопустимими. Можливі соціальні втрати населення, у вигляді додаткових випадків смертей, обумовлених інгаляційним впливом  $PM_{10}$  від вищевказаних об'єктів, можуть становити від 8 випадків на 10 тис. населення до 3 випадків на 1000 осіб. Це в черговий раз доводить необхідність якнайшвидшого впровадження в державну систему моніторингу спостереження за мілкодисперсним пилом ( $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ).

## **7.2 Результати оцінки та аналізу інгаляційного ризику для здоров'я населення, обумовленого впливом викидів автотранспорту**

На наступному етапі роботи було проведено дослідження щодо оцінок інгаляційного ризику для здоров'я населення, обумовленого впливом автомобільного транспорту [419] – [422]. У м. Київ до дослідження було включено 28 ділянок автодоріг і 6 перехресть у Дарницькому та Дніпровському районах та 18 ділянок автодоріг у Солом'янському районі; у м. Запоріжжя – 8 основних перехресть центральних автодоріг міста [423] – [426].

На основі розрахованих коефіцієнтів небезпеки, за умов *гострого інгаляційного впливу*, перевищення допустимого рівня ( $HQ_{acute} \geq 1$ ) від викидів автотранспорту було визначено у м. Київ – Дарницькому та Дніпровському районах, лише для  $PM_{10}$  ( $HQ_{acute} = 1,2 \div 1,4$ ) [21], [422]. Також, були визначені максимальні пікові концентрації вуглецю оксиду в салонах пасажирських маршрутних автобусів (маршрути руху пролягали у вищевказаних районах) та ризик для здоров'я визначався на рівнях –  $HQ_{acute} = 1,3 \div 1,6$ . Під час аналізу концентрацій  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$  перевищення у салонах пасажирських автобусів були визначені у 35 % випадків для  $PM_{10}$  та у 60 % – для  $PM_{2.5}$ , а в деяких випадках майже у 83 % вимірювань як для  $PM_{10}$  ( $HQ_{acute} = 1,4 \div 2,8$ ), так і для  $PM_{2.5}$  ( $HQ_{acute} = 1,3 \div 2,6$ ) [427].

У Солом'янському районі, перевищення неканцерогенного ризику були визначені – для вуглецю оксиду ( $HQ_{acute} = 1,1 \div 2,8$ ), азоту діоксиду

( $HQ_{acute}=1,1\div 2,5$ ) та сірки діоксиду ( $HQ_{acute}=1,1\div 1,9$ ) майже по всій території району, особливо, на проспектах Лобановського, Комарова, Повітрофлотському, Перемоги, в районі б-ру Лепсе, Севастопольської площі та вул. Народна, В. Гетьмана та Борщагівська [424]. У м. Запоріжжя – для  $PM_{10}$ , на перехресті бульвару Вінтера та вул. Гребельна ( $HQ_{acute} = 1,5$ ), просп. Соборний та вул. Артема ( $HQ_{acute} = 1,3$ ); вуглецю оксиду – на перехресті б-ру Вінтера та вул. Гребельна ( $HQ_{acute} = 1,1$ ) [425].

При аналізі забруднення атмосферного повітря викидами автомобільних транспортних засобів за умов *хронічного впливу*, було встановлено перевищення допустимих рівнів неканцерогенного ризику ( $HQ_{chronic}\geq 1$ ) у м. Київ для: азоту діоксиду – на проспектах Соборності та П. Тичини, Дарницька площа, вул. Дніпровська набережна ( $HQ_{chronic}=1,1\div 2,1$ ); неметанових вуглеводнів, найвищі рівні спостерігалися на – проспектах Соборності, П. Тичини, Ю. Гагаріна, б-рі Верховної Ради та Дарницькій площі ( $HQ_{chronic}=1,1\div 3,2$ );  $PM_{10}$  – на проспекті Соборності та Дарницькій площі ( $HQ_{chronic}=1,1\div 1,3$ ) [21], [421], [423].

Що стосується досліджень, проведених у Солом'янському районі м. Київ, то перевищення були визначені для: вуглецю оксиду ( $HQ_{chronic} = 1,3\div 2,2$ ), азоту діоксиду (середнє значення –  $HQ_{chronic}=3,6$ ) та сірки діоксиду (середнє значення –  $HQ_{chronic} = 3,1$ ), майже по всій території району, особливо, на проспектах Лобановського, Комарова, Повітрофлотському, Перемоги, в районі б-ру Лепсе, Севастопольської площі та вул. Народна, В. Гетьмана та Борщагівська. У той же час, на територіях, розташованих у радіусі 50-100 м від найбільш завантажених автодоріг, спостерігалися максимальні значення коефіцієнтів небезпеки (для азоту та сірки діоксидів) –  $HQ_{chronic}\geq 10$ . Слід зазначити, що такі високі значення рівнів неканцерогенного ризику в Солом'янському районі обумовлені також впливом промислового (фонового) забрудненням району, так як у даному дослідженні розрахунки експозиційних навантажень ЗР проводилися на підставі моделювання даних моніторингових спостережень, проведених у контрольних точках уздовж автомагістралей та транспортних розв'язок (рис.7.9) [424].

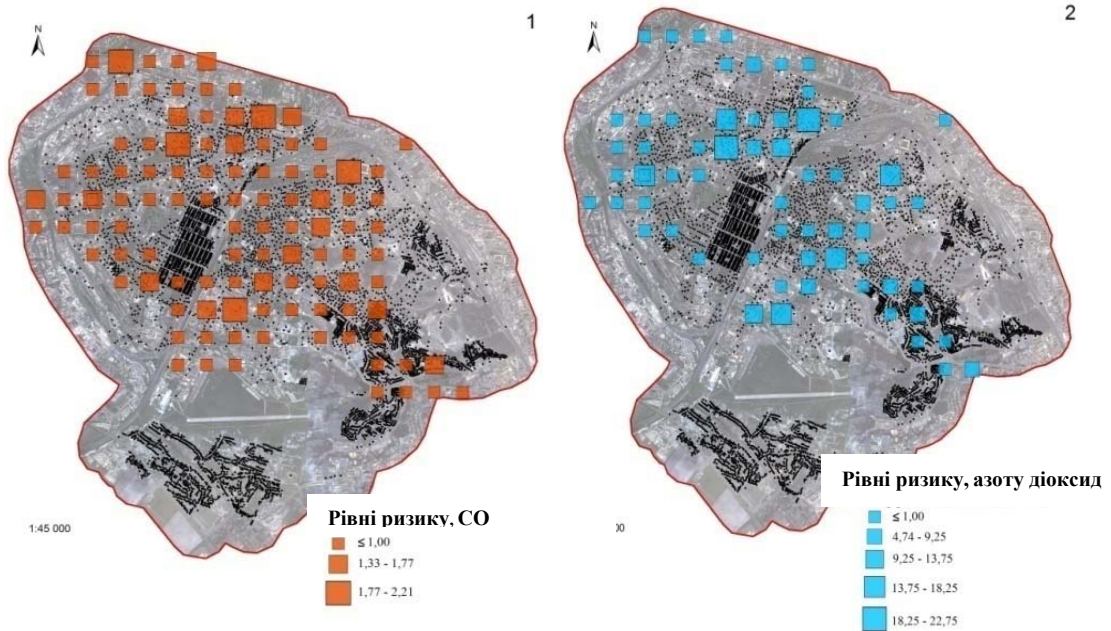


Рисунок 7.9 – Результати розрахунків рівнів неканцерогенного ризику для здоров'я населення при інгаляційному впливі вуглецю оксиду та азоту діоксиду від автотранспорту, м. Київ (Солом'янський р-н)

У м. Запоріжжя для азоту діоксиду ( $HQ_{\text{chronic}} = 1,5 \div 2,9$ ), а саме: на перехрестях б-ру Вінтера та вул. Гребельна ( $HQ_{\text{chronic}} = 1,5 \div 1,9$ ), вул. Перемоги та Патріотичної ( $HQ_{\text{chronic}} = 1,47$ ), просп. Соборний та вул. Артема ( $HQ_{\text{chronic}} = 1,9 \div 2,9$ ); вуглецю оксиду ( $HQ_{\text{chronic}} = 1,2 \div 2,3$ ) – на перехрестях б-ру Вінтера та вул. Гребельна ( $HQ_{\text{chronic}} = 1,2 \div 1,6$ ), просп. Соборний та вул. Артема ( $HQ_{\text{chronic}} = 1,4 \div 2,3$ ); неметанових вуглеводнів ( $HQ_{\text{chronic}} = 1,1 \div 4,5$ ) – на перехрестях б-ру Вінтера та вул. Гребельна ( $HQ_{\text{chronic}} = 2,4 \div 4,5$ ), просп. Соборний та Металургів ( $HQ_{\text{chronic}} = 1,4$ ), вул. Перемоги та Тюленіна ( $HQ_{\text{chronic}} = 1,5$ ), вул. Перемоги та Патріотичної ( $HQ_{\text{chronic}} = 1,1 \div 1,9$ ), просп. Соборний та вул. Українська ( $HQ_{\text{chronic}} = 1,7$ ), просп. Соборний та вул. Артема ( $HQ_{\text{chronic}} = 2,9$ ), вул. Задніпровська та Новгородська ( $HQ_{\text{chronic}} = 1,1 \div 2,1$ );  $PM_{10}$  ( $HQ_{\text{chronic}} = 1,1 \div 1,4$ ) – на перехрестях б-ру Вінтера та вул. Гребельна ( $HQ_{\text{chronic}} = 1,1 \div 1,4$ ), просп. Соборний та вул. Артема ( $HQ_{\text{chronic}} = 1,2$ ) [425].

Для інших хімічних речовин за умови гострого та хронічного впливу автотранспорту у досліджуваних містах рівні неканцерогенного ризику знаходилися у допустимих межах ( $HQ_{\text{chronic}} < 1$ ).

Проведені дослідження дозволи здійснити порівняльний аналіз максимальних значень неканцерогенного ризику при оцінках хронічних впливів ЗР від викидів автомобільного транспорту Київ (Київ (Д) – Дарницький і Дніпровський райони; Київ (С) – Солом'янський район) та у м. Запоріжжя (рис. 7.10).

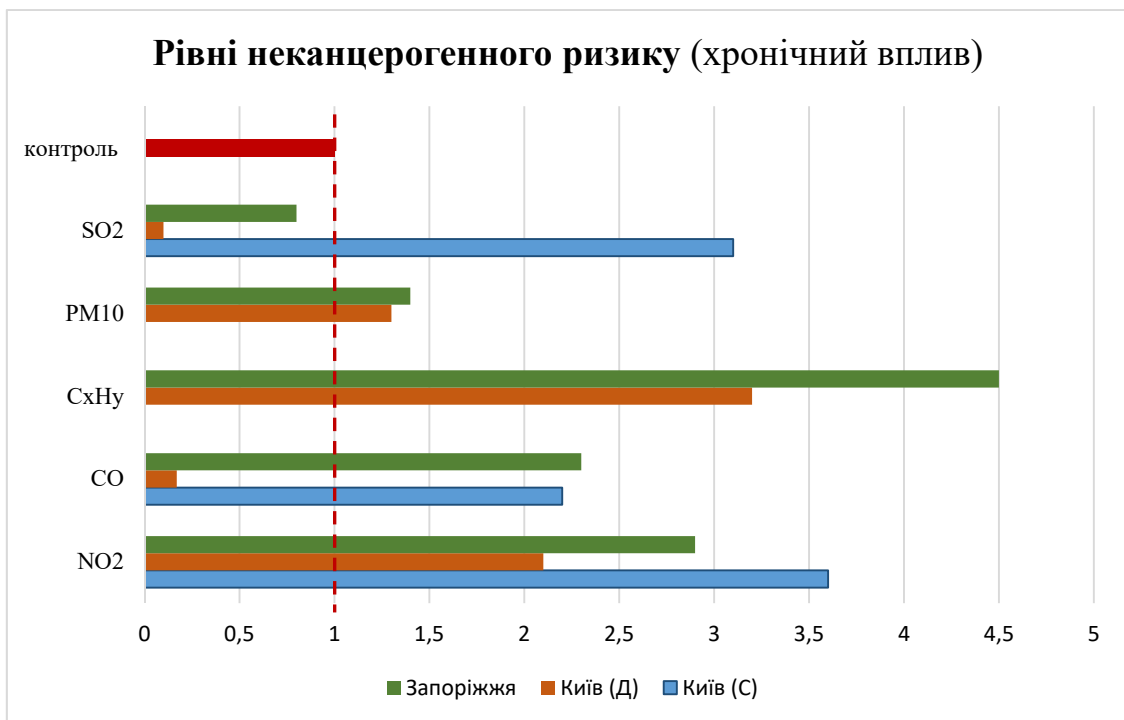


Рисунок 7.10 – Порівняльний аналіз максимальних рівнів неканцерогенного ризику за умови хронічного інгаляційного впливу ЗР від викидів автотранспорту

Встановлено, що найбільшого хронічного інгаляційного впливу від транспортних засобів зазнає населення від викидів: азоту діоксиду ( $HQ_{\text{max}}=3,1$ ), сірки діоксиду ( $HQ_{\text{max}}=3,6$ ) – у м. Київ; неметанових вуглеводнів ( $HQ_{\text{max}}=4,5$ ),  $PM_{10}$  ( $HQ_{\text{max}}=1,4$ ) та вуглецю оксиду ( $HQ_{\text{max}}=2,3$ ) – у м. Запоріжжя. Рівні ризику ( $HQ=3\div 6$ ), відповідно до рекомендацій ВООЗ відносяться до помірних рівнів



забруднення повітря та можуть спричиняти виникнення слабких ефектів, особливо, у чутливих груп населення (людей похилого віку, вагітних жінок та дітей);  $HQ < 3$  – низькі, але насторожуючі рівні ризику.

Отримані результати співзвучні з даними, отриманими у м. Полтава та Запоріжжя, де перевищення неканцерогенного ризику реєструються для викидів вуглецю оксиду, неметанових вуглеводнів та азоту діоксиду [95], [97], [103].

При розрахунках рівнів забруднення атмосферного повітря пріоритезованими хімічними канцерогенами від викидів автотранспорту, за відсутності та обмеженості вихідних даних, оцінки були проведені лише для формальдегіду у м. Київ та бенз(а)пірену у м. Запоріжжя. Встановлено, що рівні індивідуального канцерогенного ризику коливаються в наступних діапазонах та, відповідно становлять у: м. Київ –  $ICR_{total} = 2,5 \times 10^{-7} \div 1,4 \times 10^{-5}$  (допустимі рівні ризику); м. Запоріжжя –  $ICR_{total} = 6,9 \times 10^{-6} \div 7,9 \times 10^{-4}$  (недопустимі для проживання населення). У дослідженнях, проведених українськими науковцями, встановлено, що загальний рівень канцерогенного ризику у м. Київ та Запоріжжя, оцінюється як високий та, відповідно, складає  $4,1 \times 10^{-3}$  і  $1,2 \times 10^{-3}$ . За оцінками проведеними лише для викидів формальдегіду у м. Київ, дані співзвучні з отриманими результатами  $2,0 \times 10^{-5} \div 5,0 \times 10^{-5}$  [428]. При цьому, характер примігстральної забудови міста суттєво впливає на ступінь забруднення атмосферного повітря. На території із закритою житловою забудовою реєструється перевищення ГДК у 100 % проб для бенз(а)пірену, нітрозодиметиламіну та формальдегіду, а розповсюдження цих речовин у глибину кварталу сягає 100 м і більше [204].

Проведені додаткові розрахунки щодо оцінок рівнів індивідуального ризику смерті від  $PM_{10}$  становили у: м. Київ –  $IRM = 1,2 \times 10^{-5} \div 4,1 \times 10^{-4}$ ; м. Запоріжжя –  $IRM = 7,4 \times 10^{-6} \div 4,8 \times 10^{-4}$ , що відповідно до рекомендацій ВООЗ, характеризувалися рівнями, які є допустимими для професійних контингентів та недопустимими для населення в цілому. Це в котрий раз підкреслює необхідність організації моніторингових спостережень за вмістом мілкодисперсного пилу ( $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ) в атмосферному повітрі населених місць.

## Висновки до розділу 7

Аналізуючи вищевикладене, проведені дослідження підтверджують високу ймовірність впливу забруднення атмосферного повітря на організм експонованої популяції, яка проживає в умовах підвищених рівнів ризику різних груп промислових підприємств і автотранспорту та підкреслюють необхідність впровадження й розробки профілактичних та природоохоронних заходів на національному рівні.

1. Оцінено токсичність викидів різних груп промислових підприємств та автотранспорту, відповідно до вимог етапів ідентифікації небезпеки та оцінки залежності «доза-відповідь». Сформовано переліки пріоритетних ЗР, до яких від викидів металургійних підприємств включено 23 хімічні сполуки (з них 6 речовин, які відносять до канцерогенів); від машинобудівних – 31 (з них 9 канцерогенів); хімічних – 37 (з них 12 канцерогенів); коксохімічних – 30 (з них 6 канцерогенів); гірничорудних – 18 (з них 4 канцерогени); нафтопереробних – 9 (з них 6 канцерогенів); будівельних – 19 (з них 6 канцерогенів); теплоенергетичних – 4 (за відсутності вихідних даних); виробництва олії та тваринних жирів – 21 (з них 3 канцерогени); тваринницьких комплексів – 15; автотранспорту – 7 (з них 2 канцерогени).
2. Проаналізовано та геокодовано розташування 7526 ДВ промислових об'єктів, 46 ділянок автодоріг і 14 перехресть у досліджуваних містах та розраховано рівні усереднених добових та річних концентрацій пріоритетних ЗР атмосферного повітря у заданих рецепторних точках.
3. Визначено рівні неканцерогенного ризику (НҚ) при оцінках гострих (на рівні усередненої добової концентрації) та хронічних (на рівні усередненої річної концентрації) інгаляційних впливів пріоритетних хімічних речовин промислових підприємств та автотранспорту на здоров'я експонованого населення досліджуваних міст. Встановлено, що найбільш гострого інгаляційного впливу зазнає населення від викидів металургійних

( $HQ_{acute}=1,1\div7,9$ ), нафтопереробних ( $HQ_{acute}=1,1\div7,8$ ), хімічних ( $HQ_{acute}=1,1\div6,6$ ), машинобудівних ( $HQ_{acute}=1,1\div5,6$ ) підприємств, виробництва олії та тваринних жирів ( $HQ_{acute}=1,1\div5,3$ ), коксохімічних ( $HQ_{acute}=1,1\div5,1$ ), гірничорудних ( $HQ_{acute}=1,1\div2,8$ ), будівельних ( $HQ_{acute}=1,1\div2,1$ ), теплоенергетичних ( $HQ_{acute}=1,2\div1,5$ ) підприємств, тваринницьких комплексів ( $HQ_{acute}=1,1\div1,6$ ; додатково проведено порівняння з порогоми запаху та встановлено перевищення у 2,4-14,5 разів для сірководню та метилмеркаптану) та автотранспорту ( $HQ_{acute}=1,1\div2,8$ ). Найвищі рівні неканцерогенного ризику під час оцінювання хронічних інгаляційних впливів характерні для хімічних ( $HQ_{chronic}=1,1\div8,5$ ), металургійних ( $HQ_{chronic}=1,1\div6,7$ ), гірничорудних ( $HQ_{chronic}=1,3\div5,8$ ), машинобудівних ( $HQ_{chronic}=1,1\div5,5$ ) підприємств, виробництва олії та тваринних жирів ( $HQ_{chronic}=1,0\div3,9$ ), нафтопереробної промисловості ( $HQ_{chronic}=1,1\div3,6$ ), коксохімічних ( $HQ_{chronic}=1,1\div3,4$ ) підприємств та автотранспорту ( $HQ_{acute}=1,1\div4,5$ ). Такі рівні ризику ( $HQ=3,0\div6,0$ ;  $HQ\geq6$ ), відповідно до рекомендацій ВООЗ, належать до помірних та високих рівнів забруднення повітря та можуть спричиняти виникнення, відповідно, слабких та виражених ефектів, особливо у чутливих груп населення (людей похилого віку, дітей та вагітних жінок).

4. Оцінено рівні сумарного канцерогенного ризику ( $ICR_{total}$ ), які коливалися в залежності від технологій виробництв та територіального розташування на: *мінімальному (прийнятному) рівні* для здоров'я експонованого населення досліджуваних міст, від впливу будівельних –  $ICR_{total}=1,5\times10^{-7}\div3,2\times10^{-6}$  та підприємств по виробництву олії та тваринних жирів –  $ICR_{total}=1,7\times10^{-8}\div5,9\times10^{-6}$ ; *допустимому рівні* – для коксохімічних підприємств –  $ICR_{total}=1,5\times10^{-6}\div9,8\times10^{-5}$ , гірничорудних –  $ICR_{total}=2,1\times10^{-8}\div9,4\times10^{-5}$ ; *недопустимому рівні* – для машинобудівних (за рахунок викидів хрому (VI)) –  $ICR_{total}=6,8\times10^{-6}\div8,7\times10^{-4}$ ; хімічних (хрому (VI), бензолу, дихлоретану, гідразин гідрату та формальдегіду) –  $ICR_{total}=1,04\times10^{-5}\div6,0\times10^{-4}$ , нафтопереробних підприємств (бензину) –  $ICR_{total}=1,8\times10^{-5}$

$\div 7,0 \times 10^{-4}$  та автотранспорту (формальдегіду та бенз(а)пірену) –  $ICR_{total} = 6,9 \times 10^{-6} \div 7,9 \times 10^{-4}$ ; *високому рівні* – для металургійних підприємств (хрому (VI), нікелю, кадмію, миш'яку) –  $ICR_{total} = 4,8 \times 10^{-6} \div 5,2 \times 10^{-3}$ . Соціальні втрати населення у вигляді додаткових випадків розвитку новоутворень у індивідуума від інгаляційного впливу досліджуваних груп промислових підприємств та автотранспорту можуть становити від дев'яти випадків на 10 тис. населення до п'яти випадків на 1000 осіб.

5. Розраховано рівні індивідуального ризику смерті (IRM) для фракції твердих часток з діаметром менше 10 мкм. *Недопустимі рівні* ризику було визначено для: хімічних –  $IRM = 2,0 \times 10^{-5} \div 3,4 \times 10^{-4}$ , будівельних –  $IRM = 6,8 \times 10^{-6} \div 7,4 \times 10^{-4}$ , тваринницьких (потужністю 50 тис. голів) –  $IRM = 6,8 \times 10^{-5} \div 3,4 \times 10^{-4}$  та теплоенергетичних підприємств –  $IRM = 6,0 \times 10^{-5} \div 7,7 \times 10^{-4}$ , автотранспорту –  $IRM = 7,4 \times 10^{-6} \div 4,8 \times 10^{-4}$ ; *високі рівні* ризику від впливу металургійних, машинобудівних та гірничорудних підприємств –  $IRM = 1,4 \times 10^{-5} \div 2,9 \times 10^{-3}$ ,  $IRM = 3,4 \times 10^{-6} \div 2,1 \times 10^{-3}$  та  $IRM = 5,1 \times 10^{-6} \div 1,2 \times 10^{-3}$ , відповідно. Можливі соціальні втрати населення, у вигляді додаткових випадків смертей, обумовлених інгаляційним впливом  $PM_{10}$  від вищевказаних об'єктів, можуть становити від восьми випадків на 10 тис. населення до трьох випадків на 1000 осіб.

**Матеріали даного розділу відображені у наступних публікаціях:** [328], [354], [376], [380], [381], [385] – [388], [400], [401], [404], [408] – [412], [414] – [427].

**РОЗДІЛ 8**  
**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ ПРОФІЛАКТИКИ**  
**НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО**  
**ПОВІТРЯ НА СТАН ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я (аналіз та**  
**узагальнення результатів)**

Одним з найвагоміших етапів процедури оцінки ризику для здоров'я населення є етап управління ризиком, який базується на врахуванні сукупності політичних, соціальних та економічних оцінок отриманих величин ризику, порівняльної характеристики можливих збитків для здоров'я населення та суспільства в цілому, можливих витрат від реалізації різних варіантів управлінських рішень щодо зниження ризику та тих вигод, які будуть отримані в результаті впровадження профілактичних та природоохоронних заходів (наприклад, збереження людського життя, попередження випадків захворювань, зменшення обсягів викидів та ін.) [95], [336], [337], [416].

За останнє десятиріччя загальний рівень захворюваності в Україні зріс на 21,5 % [429]. Регіональний аналіз захворюваності свідчить про те, що найвищий її рівень спостерігається у південно-східному регіоні. Особливо показовими тут є такі захворювання: новоутворення, хвороби органів дихання, психічні захворювання, вроджені аномалії. У південному регіоні на першому місці стоять хвороби органів дихання, нервової системи і органів чуття, порушення кровообігу. У структурі смертності в північно-східному регіоні основне місце посідають судинні ураження мозку, новоутворення. А населення центрального регіону найчастіше хворіє на новоутворення, хвороби крові та кровотворних органів, ендокринні захворювання тощо. Для західного регіону характерний високий рівень захворюваності органів дихання, травлення, кровообігу, нервової системи та органів чуття тощо. Існує диференціація показників поширення хвороб та первинної захворюваності в залежності від типу поселення. Рівні поширення хвороб та захворюваності міського населення України, як правило, на 10-15 % вищі за показники в сільській місцевості. У структурі первинної

захворюваності в Україні найбільшу частку мають хвороби органів дихання – понад 44 %; нервової системи та органів чуття, на які припадає понад 11 % первинної захворюваності. Хвороби системи кровообігу та кровотворних органів, як правило, складають 7-8 %. У структурі захворюваності населення працездатного віку перше місце посідають хвороби органів дихання (понад 33 %), друге – хвороби сечостатевої системи (понад 10 %), третє – хвороби органів крові та кровотворних органів (понад 7 %), п'яте – хвороби шкіри (понад 6 %) [429].

Але на жаль, дослідження щодо доказовості впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення України, в основному, базуються на ретроспективних даних за умови використання крос-секційного аналізу, носять епізодичний (локальний в умовах міста) характер оцінок впливу сумарних факторів довкілля і не використовують МОРЗН. Відсутня вищевказана інформація й на офіційних сайтах та у звітах Міністерства охорони здоров'я і Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. В них констатується лише забруднення повітря у містах, та не враховується взаємозв'язок його впливу зі здоров'ям населення, що конче необхідне для розробки медико-екологічних програм. Це в черговий раз доводить відсутність єдиного законодавчого поля, недостатнє використання наявних сучасних методичних підходів до оцінки забруднення атмосферного повітря та його впливу на громадське здоров'я [336], [430], [431]. Відсутність єдиних універсальних інструментів МОРЗН та середовищної епідеміології призводить до відсутності міжсекторальної координації органів виконавчої влади, що унеможливує комплексні оцінки та високу ефективність прийняття управлінських рішень [95].

З метою встановлення пріоритетів та виділення кола питань, що потребують першочергової уваги при визначенні ймовірності дії експозиції та встановленні наслідків на етапі управління ризиком, на підставі отриманих результатів було проведено оцінки впливу викидів промислових підприємств та автотранспорту на здоров'я експонованого населення. Дослідження передбачали

визначення ймовірності розвитку порушень стану здоров'я та аналіз їх обумовленості, з орієнтуванням на ті ЗР, які потенційно представляють найбільшу загрозу для життя та здоров'я людини при короткочасних та тривалих впливах; реєструються в атмосферному повітрі постійного проживання населення та формують ризики сумачії або посилення (синергізму) негативних ефектів при одночасному впливі різних хімічних речовин [337].

Таким чином, проведені та представлені у попередніх розділах дослідження дозволили виконати аналіз залежностей «доза-відповідь» та показали наявність широкого спектру різних токсичних впливів різних груп промислових підприємств і автотранспорту по відношенню до критичних органів / систем експонованого населення. Це дозволило оцінити асоційований вплив рівня вмісту того чи іншого компонента (домішки, речовини) в атмосферному повітрі та показників стану здоров'я, пов'язаних з цим рівнем [94], [318] – [320].

Встановлено, що найбільш несприятливими відносно розвитку ймовірнісних шкідливих ефектів для здоров'я населення, яке проживає в зонах впливу досліджуваних підприємств та автотранспорту, можна очікувати ризик розвитку хронічних та гострих ефектів від впливу:

- металургійних підприємств – з боку органів дихання,  $HI_{max}=36,8$ , за рахунок викидів пилу НДЗС (в т.ч.  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ), азоту діоксиду, сірки діоксиду, марганцю та його сполук, нікелю оксиду, кадмію, миш'яку, хрому (VI), міді оксиду; серцево-судинної системи,  $HI_{max}=12,5$  – за рахунок викидів пилу НДЗС (в т.ч.  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ), ціаністого водню, миш'яку; вроджених вад розвитку  $HI_{max}=16,3$  – за рахунок викидів пилу НДЗС (в т.ч.  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ), свинцю та його сполук, бенз(а)пірену, миш'яку; центральної нервової системи,  $HI_{max}=14,8$  – за рахунок марганцю та його сполук, нікелю оксиду, свинцю та його сполук, ціаністого водню; онкозахворювань,  $HI_{max}=27,2$  – за рахунок викидів пилу НДЗС (в т.ч.  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ), хрому (VI), свинцю та його сполук, бенз(а)пірену, миш'яку, нікелю оксиду, кадмію;

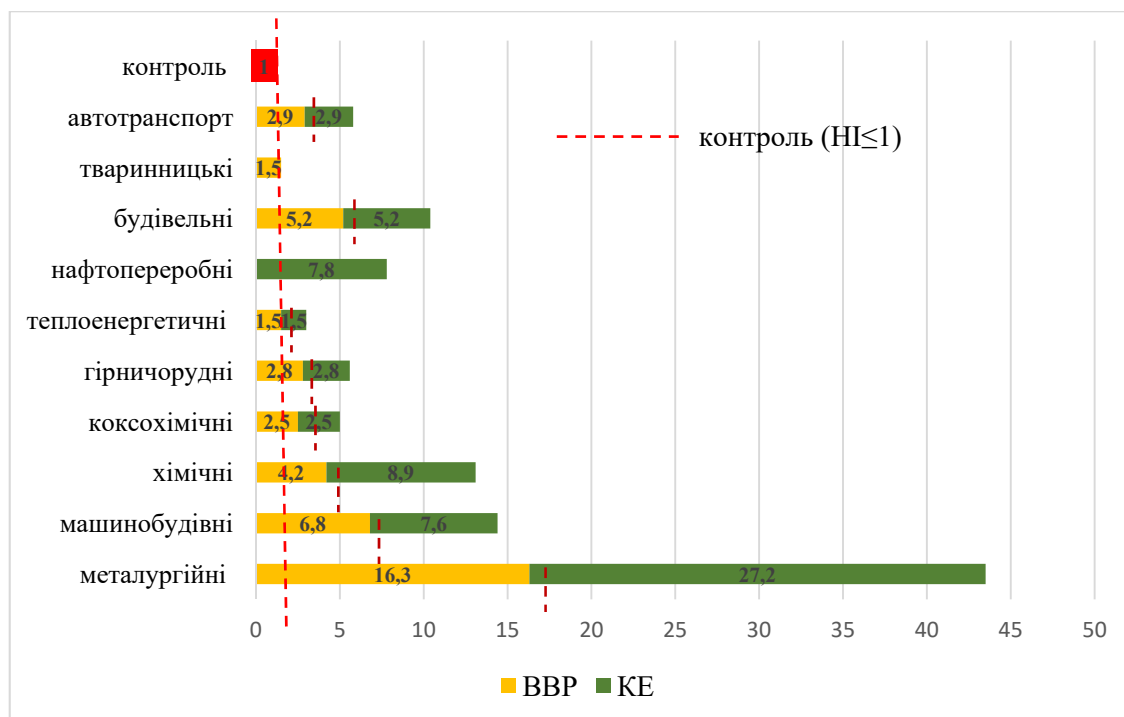
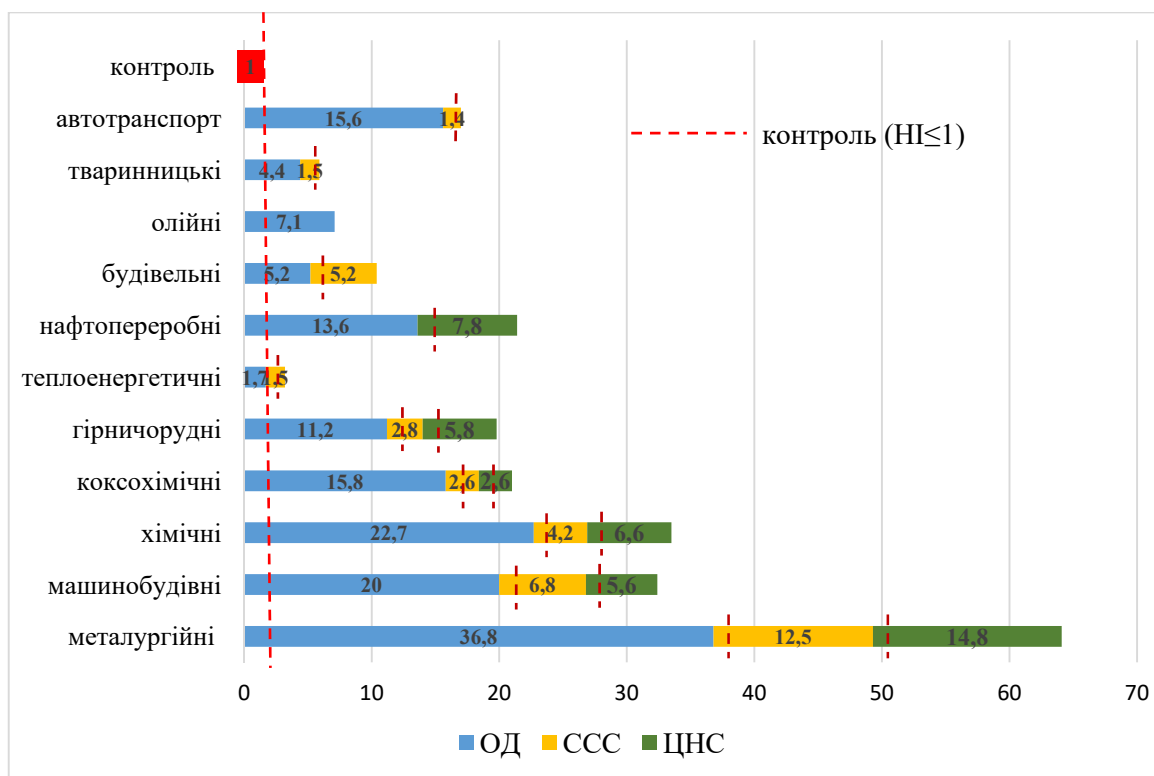
- машинобудівних підприємств – з боку органів дихання,  $HI_{max}=20,0$  – за рахунок викидів пилу НДЗС (в т.ч.  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ), азоту діоксиду, марганцю та його сполук, заліза оксиду, міді оксиду, натрію гідроксиду, хрому (VI); серцево-судинної системи та вроджених вад розвитку,  $HI_{max}=6,8$  – за рахунок викидів пилу НДЗС (в т.ч.  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ), ртуті металічної; центральної нервової системи,  $HI_{max}=5,6$  – за рахунок марганцю та його сполук, ртуті металічної; онкозахворювань  $HI_{max}=7,6$  – за рахунок викидів пилу НДЗС (в т.ч.  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ), ртуті металічної, хрому (VI);
- хімічних підприємств – з боку органів дихання,  $HI_{max}=22,7$  – за рахунок викидів пилу НДЗС (в т.ч.  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ), азоту діоксиду, сірки діоксиду, марганцю та його сполук, сірчаної кислоти, формальдегіду, циклогексанолу; серцево-судинної системи та вроджених вад розвитку,  $HI_{max}=4,2$  – за рахунок викидів пилу НДЗС (в т.ч.  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ); центральної нервової системи,  $HI_{max}=6,6$  – за рахунок марганцю та його сполук; органів зору та імунної системи,  $HI_{max}=2,7$  – за рахунок формальдегіду; онкозахворювань,  $HI_{max}=8,9$  – за рахунок викидів пилу НДЗС (в т.ч.  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ), формальдегіду, хрому (VI), бензолу, дихлоретану, гідразин гідрату;
- коксохімічних підприємств – з боку органів дихання,  $HI_{max}=15,8$  – за рахунок викидів азоту діоксиду, сірководню, аміаку, нафталіну, фенолу, сірчаної кислоти; серцево-судинної та центральної нервової систем,  $HI_{max}=2,6$  – за рахунок фенолу; онкозахворювань, імунної системи та вроджених вад розвитку,  $HI_{max}=2,5$  – за рахунок викидів бенз(а)пірену;
- теплоенергетичних підприємств з боку – органів дихання та серцево-судинної системи, вроджених вад розвитку та онкозахворювань,  $HI_{max}=1,7$  – за рахунок викидів пилу НДЗС (в т.ч.  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ), азоту діоксиду, сірки діоксиду;
- гірничорудних підприємств з боку – органів дихання,  $HI_{max}=11,2$  – за рахунок викидів пилу НДЗС (в т.ч.  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ), азоту діоксиду,



марганцю та його сполук; серцево-судинної системи, вроджених вад розвитку та онкозахворювань,  $HI_{max}=2,8$  – за рахунок викидів пилу НДЗС (в т.ч.  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ); центральної нервової системи,  $HI_{max}=5,8$  – за рахунок марганцю та його сполук;

- нафтопереробних підприємств з боку – органів дихання  $HI_{max}=13,6$  – за рахунок викидів сірки діоксиду, вуглеводнів, бензину; онкозахворювань, органів зору та центральної нервової системи,  $HI_{max}=7,8$  – за рахунок бензину;
- будівельних підприємств з боку – органів дихання, серцево-судинної системи, вроджених вад розвитку та онкозахворювань,  $HI_{max}=5,2$  – за рахунок викидів пилу НДЗС (в т.ч.  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ), азоту діоксиду, сірки діоксиду;
- виробництв олії та тваринних жирів – органів дихання та зору  $HI_{max}=7,1$  – за рахунок викидів акролеїну та сірчаної кислоти;
- сільськогосподарських (тваринницькі комплекси) з боку органів дихання,  $HI_{max}=4,4$  – за рахунок викидів аміаку, сірководню та метилмеркаптану; нервової системи та органів зору,  $HI_{max}=1,6$  – за рахунок метилмеркаптану; серцево-судинної системи, вроджених вад розвитку та онкозахворювань  $HI_{max}=1,5$  – за рахунок викидів пилу НДЗС (в т.ч.  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ );
- автотранспорту з боку – органів дихання,  $HI_{max}=15,6$  – за рахунок викидів пилу НДЗС (в т.ч.  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ), азоту діоксиду, сірки діоксиду, вуглецю оксиду, формальдегіду; серцево-судинної системи,  $HI_{max}=1,4$  – за рахунок викидів мілкодисперсного пилу ( $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ); вроджених вад розвитку та онкозахворювань,  $HI_{max}=2,9$  – за рахунок викидів мілкодисперсного пилу ( $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$ ), формальдегіду та бенз(а)пірену.

Отримані дані можуть слугувати основою для розроблення профілактичних (в т.ч. проведення епідеміологічних досліджень) і природоохоронних програм у досліджуваних містах щодо зниження (рис. 8.1): гострих та хронічних респіраторних патологій (хвороб легень, бронхіальної астми тощо) від усіх груп промислових підприємств та автотранспорту, особливо



Примітка. Направленість впливу – ЦНС (центральна нервова система), ОД (органи дихання), ССС (серцево-судинна система); ВВР (вроджені вади розвитку); КЕ (онкозахворювання) – канцерогенні ефекти.

Рисунок 8.1 – Порівняльний аналіз ймовірності розвитку шкідливих ефектів для здоров'я населення, обумовлених впливом різних груп промислових підприємств та автотранспорту

у містах, де зосереджено металургійні, хімічні, машинобудівні, коксохімічні, теплоенергетичні, нафтопереробні та гірничорудні підприємства; серцево-судинних захворювань, в основному в зонах впливу металургійних, машинобудівних, теплоенергетичних, хімічних, коксохімічних, будівельних та гірничорудних підприємств; захворювань центральної нервової системи – в зонах впливу металургійних, нафтопереробних, хімічних, гірничорудних, машинобудівних, коксохімічних, будівельних, гірничорудних та коксохімічних підприємств. Організацію профілактичних програм у вигляді генетичного моніторингу (вагітних жінок) та диспансеризації (онкопатологій) необхідно передбачати серед населення, яке проживає в зонах впливу металургійних, машинобудівних, хімічних, теплоенергетичних, будівельних, нафтопереробних підприємств та поруч з великими автомагістралями.

На підставі проведених досліджень та результатів оцінки ризику було оцінено можливі соціально-економічні збитки, які можуть бути завдані державі забрудненням атмосферного повітря представленими у дослідженнях промисловими підприємствами. Наприклад, тягар онкозахворюваності серед експонованого населення (враховуючи, відсоткові співвідношення летального випадку від розвитку новоутворень у індивідуума), може становити для держави від 2,7 до 71,7 млн гривень на рік. Водночас, оцінені соціально-економічні збитки (виражені у вартісних показниках втраченого життя), обумовлені впливом мілкодисперсного пилу можуть коштувати державі від 0,1 до 36 млн гривень на рік, з розрахунку впливу лише одного досліджуваного підприємства [22], [411], [432] – [434].

Аналізуючи вищевикладене, можна побачити, що проведені дослідження ілюструють значний вплив забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення, як за даними експозиційних та «дозо-ефектних» оцінок (на підставі отриманих даних моделювання та моніторингу), так і за результатами розрахунків ризику, що може коштувати державі значних соціальних втрат серед працездатного населення України. Це вимагає розробки заходів та підходів щодо регулювання та зниження ризику до прийняттого рівня, включаючи

управлінські, інвестиційні та політичні рішення. А саме, зосередженості на адаптації та розробці методичних підходів реалізації етапу управління ризиком з метою прийняття раціональних політичних рішень на місцевому, обласному та національному рівнях.

Таким чином, на етапі управління ризиком (для проведення більш детальних досліджень) з метою розробки профілактичних та природоохоронних заходів було удосконалено алгоритм (механізм) оцінки впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я експонованого населення, що базувався на визначенні (рис. 8.2): 1) зон ризику та розташування населення, яке в них проживає для проведення цілеспрямованих профілактичних заходів (в т.ч. епіддосліджень); 2) основних джерел викидів, що формують неприйнятні рівні ризику для проведення природоохоронних заходів [376], [387].

Як приклад щодо можливості адаптації запропонованого алгоритму був обраний інгаляційний вплив сірки діоксиду та пилу НДЗС на експоноване населення, що проживає/знаходиться в зоні впливу, відповідно, промислових



Рисунок 8.2 – Алгоритм оцінки забруднення атмосферного повітря на здоров'я експонованого населення на етапі управління ризиком

підприємств у м. Черкаси (хімічних та теплоенергетичних) та гірничорудного підприємства у м. Кривий Ріг [435], [436], [437].

Під час розрахунків неканцерогенного ризику для здоров'я населення у м. Черкаси було визначено, що коефіцієнти небезпеки від забруднення атмосферного повітря викидами сірки діоксиду коливаються в межах  $HQ=0,96\div 4,5$ . Отримані рівні ризику було поділено за квантилями на 5 класів: 1 зона –  $HQ=0,96\div 1,65$ ; 2 зона –  $HQ=1,66\div 2,04$ ; 3 зона –  $HQ=2,05\div 2,18$ ; 4 зона –  $HQ=2,19\div 3,22$ ; 5 зона –  $HQ=3,23\div 4,5$ ). Використовуючи ГІС, отримані дані були співставлені з картографованими матеріали щодо проживання дорослого та дитячого населення міста. Встановлено, що у першій зоні проживає 39038 осіб, з них дорослих – 32493 та дітей – 6548 осіб; у другій зоні – 32163 особи, з них дорослих – 25658 та дітей – 6505 осіб; у третій зоні – 8323 особи, з них дорослих – 6961 та дітей – 1362 осіб; четвертій зоні – 64721 особа, з них дорослих – 52583 та дітей – 12138 осіб; у п'ятій зоні – 13606 осіб, з них дорослих – 10983 та дітей – 2623 особи. Відповідно до рекомендацій ВООЗ, в умовах низьких рівнів забруднення атмосферного повітря ( $HQ=1\div 3$ ), проживає 117695 осіб; у зонах ( $HQ>3$ ), що відносяться до помірних рівнів забруднення та можуть спричиняти виникнення слабких ефектів у чутливих груп населення (людей похилого віку, вагітних жінок та дітей) – 13606 осіб. Отже, в зоні підвищеної експозиції знаходиться населення, яке проживає (основні) по: просп. Хіміків, вулицях – В. Черновола, Нечуй-Левицького, Сурікова, Різдвяна, Титова, Полтавська тощо.

Проведений аналіз (за наявності вихідних даних щодо захворюваності) дозволив виконати епідеміологічні дослідження щодо ймовірного впливу сірки діоксиду на органи дихання дитячого населення, обумовленого викидами промислових підприємств у м. Черкаси. На підставі чого було проаналізовано динаміку захворюваності дитячого населення міста (віком 0-14 років) на бронхіальну астму, яка становила 100 випадків на 10000 популяції (95 % ДІ; 87.5-111.5) та картографовано випадки захворюваності. В результаті розрахунків було встановлено, що діти, які проживають в умовах підвищених рівнів ризику,

обумовлених експозицією сірки діоксиду, більш схильні до розвитку бронхіальної астми (1,99 OR; 95% CI (1,95-2,60),  $p < 0,01$ ), що представлено на рисунку 8.3.

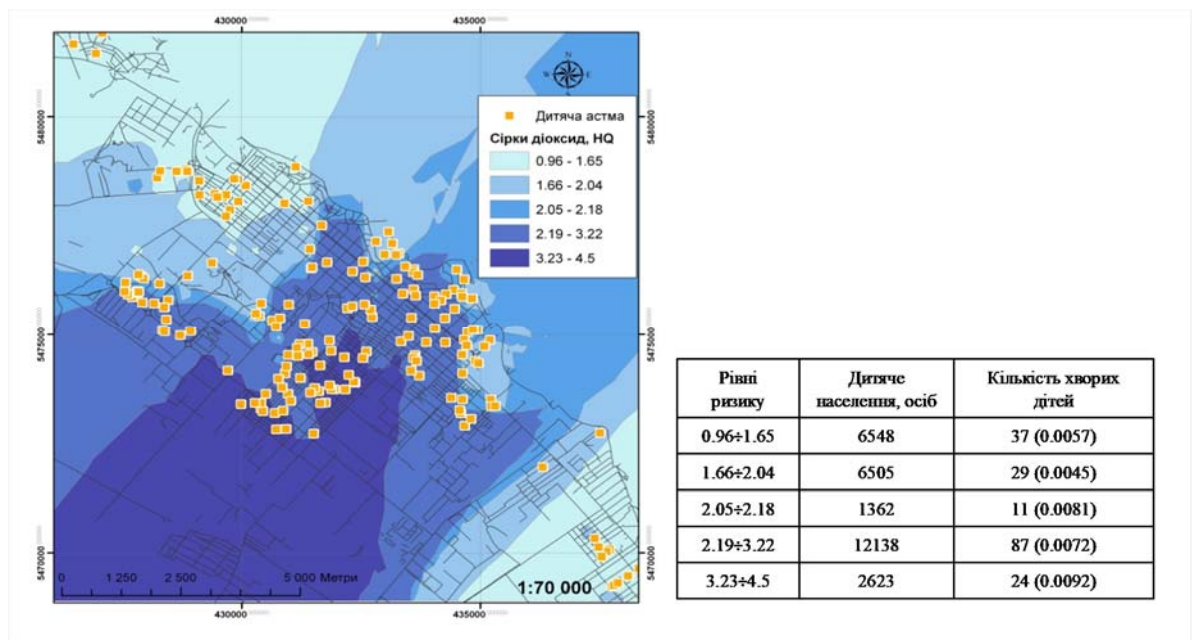


Рисунок 8.3 – Захворюваність на бронхіальну астму, в умовах підвищеної експозиції сірки діоксиду, м. Черкаси

Виконані дослідження показали, що майже 30,6 % випадків бронхіальної астми у місті обумовлені інгаляційним впливом експозиційних навантажень сірки діоксиду. Проведені розрахунки та дослідження є прекрасним основою щодо подальшої розробки адекватних лікувально-профілактичних заходів на етапі управління ризиком (включаючи ретельну диспансеризацію) для здійснення менеджменту в галузі громадського здоров'я [435].

На жаль, можливість проведення масштабних епідеміологічних досліджень та кількісних оцінок впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення дуже утруднені в Україні, що пов'язано з відсутністю щоденних демографічних даних та даних медичної статистики відносно смертності та захворюваності на серцево-судинні, легеневі хвороби, інфаркт міокарда тощо у містах.

Це вимагає створення єдиних інформаційних систем (соціально-гігієнічного моніторингу) з імпортом даних статистичної звітності щодо

смертності населення у розрізі щоденної реєстрації випадків смерті та захворюваності за причинами в окремих містах.

Проведені дослідження дозволили визначити коло питань для розробки профілактичних заходів до складу яких входить комплекс медичних, санітарно-технічних, гігієнічних, педагогічних та соціально-економічних мір, спрямованих на попередження захворювань та усунення факторів ризику. Як приклад можливої реалізації вищезазначеного в зоні підвищеного ризику, обумовленого (в даному випадку) сірки діоксидом, необхідно: проводити диспансеризацію населення (особливо, чутливих груп); передбачити організацію автоматизованого моніторингу та оповіщення населення при виникненні несприятливих метеорологічних умов (з метою обмеження перебування на відкритому повітрі); перенести соціальні об'єкти (навчальні заклади – дитячі садки та школи); провести додаткове озеленення для створення перешкоди розповсюдженню руху та поглинання забрудненої повітряної маси за напрямками найближчої житлової забудови зі сторони впливу промислових майданчиків та автодоріг, тощо.

З метою мінімізації фінансових, фізичних, матеріальних капіталовкладень та розробки природоохоронних заходів було проведено дослідження щодо оцінки та пріоритезації ДВ гірничорудного підприємства, розташованого у м. Кривий Ріг. На підставі проведених розрахунків ризику було встановлено, що рівні некацерогенного ризику від викидів пилу НДЗС коливаються в наступних межах –  $HQ=0,3\div 1,1$ , – та знаходяться на невисокому рівні, але потребують більш пильного контролю з боку підприємства щодо дотримання потужності викидів та технологічних режимів роботи. Таким чином, у наступних контрольних точках (рис. 8.4) було виконано розрахунки та оцінки щодо внеску ДВ (у відсотках, %) пилу НДЗС у загальне забруднення атмосферного повітря, які наведено у Додатку Д та пріоритезовано основні джерела з метою їх контролю [437].

Дослідження показали (табл. 8.1), що деякі джерела формують найбільший внесок у забруднення атмосферного повітря, а саме джерела №№1060 та 4042.

На підставі результатів оцінки ризику, з метою визначення ДВ, які чинять найбільший внесок (у відсотках, %) у загальне забруднення атмосферного



Рисунок 8.4 – Розташування контрольних точок на межі житлової забудови, м. Кривий Ріг (околиці)

Таблиця 8.1

**Джерела викидів, що формують найбільший внесок у забруднення атмосферного повітря пилом НДЗС у контрольних точках на межі житлової забудови**

№ Джерела	Внесок в забруднення атмосферного повітря				
	1-5 %	5-10 %	10-20 %	20-50 %	>50 %
1060	-	т.11	т.1-10	-	-
1061	т.1-11	-	-	-	-
2002	т.1,5-7, 9-11	-	-	-	-
2012	т.1, 2, 4 -7, 9-11	-	-	-	-
2013	т.1, 2, 5-7, 9-11	-	-	-	-
2029	т.1-4, 6-9	т.5,10,11	-	-	-
2046	т.1-11	-	-	-	-
4042	-	-	-	т.10	т.1-9,11



повітря пилом на межі житлової забудови було обрано контрольні точки, а саме: точка №1 (с. Новоселівка, поруч з вул. Миру, 59), точка №2 (с. Новоселівка, в'їзд до села із західної сторони), точка №3 (с. Латівка, поруч з вул. Кірова, 37), точка №9 (с. Латівка, в'їзд до села з південної сторони), які найбільш наближені до межі підприємства, що представлено нижче у вигляді діаграм.

При цьому, слід зазначити, що розрахунки в інших контрольних точках №№4-8, 10,11 було недоцільно проводити, так як рівні концентрацій пилю НДЗС за даними моніторингових досліджень, результатів моделювання та оцінки ризику знаходилися на нижчих рівнях.

З діаграм (рис. 8.5), виконаних на основі розрахунків, наведених у Додатку Д та таблиці 8.1, видно, що основним ДВ пилю НДЗС є стаціонарне джерело зон спікання агломераційних машин (ДВ №4042; внесок у загальне забруднення – від 50 до 70 %), яке потребує контролю щодо дотримання потужностей та технологічних режимів роботи підприємства, які були закладені при розрахунках ризику.

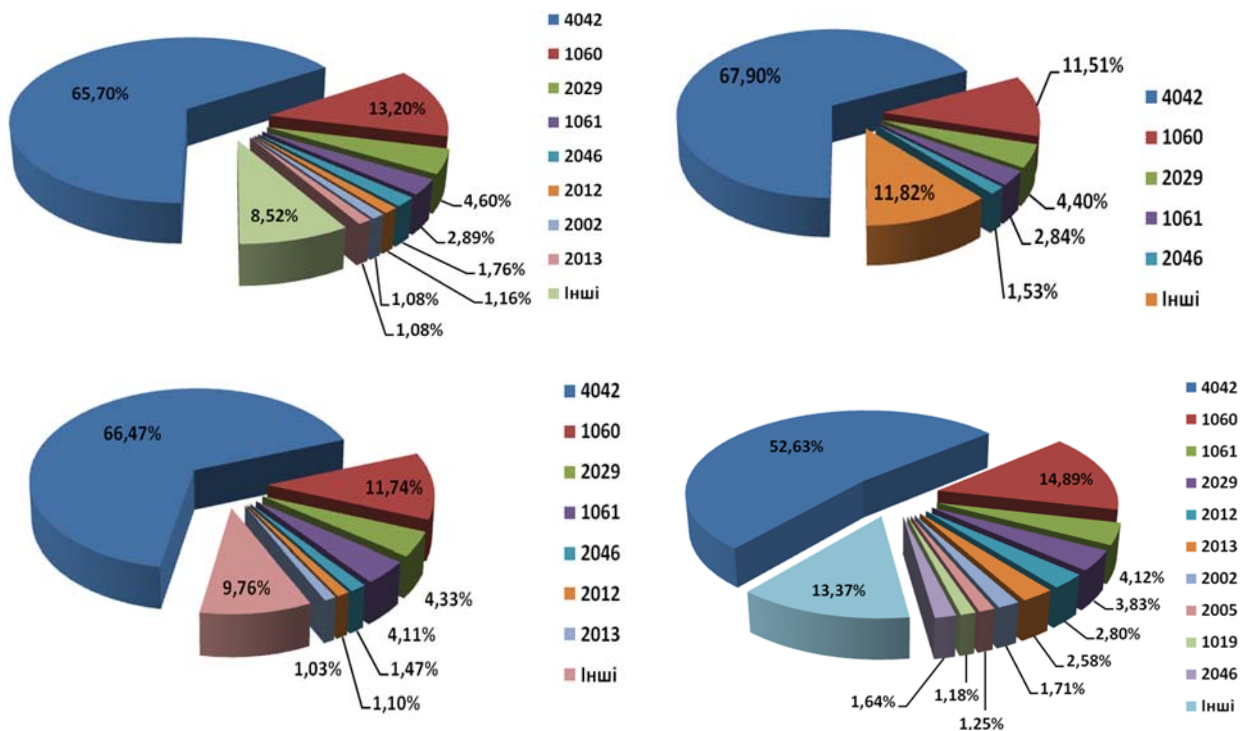


Рисунок 8.5 – Внесок ДВ в концентрацію пилю НДЗС, відповідно в точках №№1, 2, 3 та 9, розташованих на межі житлової забудови

На сьогоднішній день підприємство, з метою зниження викидів в атмосферне повітря від зон спікання агломераційних машин, використовує пилоуловлювачі типу БЦР 254/6x81, що дозволяє, згідно наказу №671 від 21.12.2012 р. (Міністерства екології та природних ресурсів України), використовувати його до 2021 року. Поточний технологічний норматив по пилю НДЗС, згідно зазначеного наказу складає – 580 мг/м<sup>3</sup>. Для зниження викидів щодо досягнення перспективного нормативу, який становитиме 50 мг/м<sup>3</sup> та вступить в дію з 01.01.2021 р., було запропоновано виконати природоохоронний захід з реконструкції системи очистки агломераційних газів зон спікання агломашин К-1-75 аглофабрики №1 з встановленням сучасних рукавних фільтрів, в якості системи доочистки агрогазів після батарейних циклонів, які сприятимуть зниженню викидів пилю в атмосферне повітря, які становитимуть не більше 20 мг/м<sup>3</sup>. Це дозволить максимально знизити ймовірність виникнення шкідливих ефектів для здоров'я населення, яке знаходиться під експозицією пилю НДЗС (в т.ч. РМ<sub>10</sub> та РМ<sub>2.5</sub>).

Вище представлене показало, що проведені «локальні» дослідження на етапі управління ризиком можуть бути підставою для визначення кола завдань, необхідних для розробки та здійснення медико-екологічних програм у досліджуваних містах з метою зниження інгаляційних ризиків для здоров'я експонованого населення, що проживає в зонах впливу різних груп промислових підприємств та автотранспорту [314], [387].

Проведені та представлені у попередніх розділах дослідження показали ефективність використання методології оцінки ризику під час прийняття управлінських рішень щодо зменшення забруднення атмосферного повітря та оцінок його впливу на експоноване населення. Отже, концепція ризику, будучи системним підходом, надає можливість отримати кількісну оцінку потенційної та реальної небезпеки впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення в умовах населених місць. Це дозволило розглядати МОРЗН як надійний інструмент, здатний визначити доцільність, пріоритетність, ефективність оздоровчих та природоохоронних заходів. Водночас, МОРЗН може

виступати головним інструментом (методичним підходом) у створенні міжсекторальної моделі партнерства органів виконавчої влади, які є основними регуляторами в розробленій та адаптованій системі гігієнічної оцінки якості атмосферного повітря (рис. 8.6), а саме [430]:

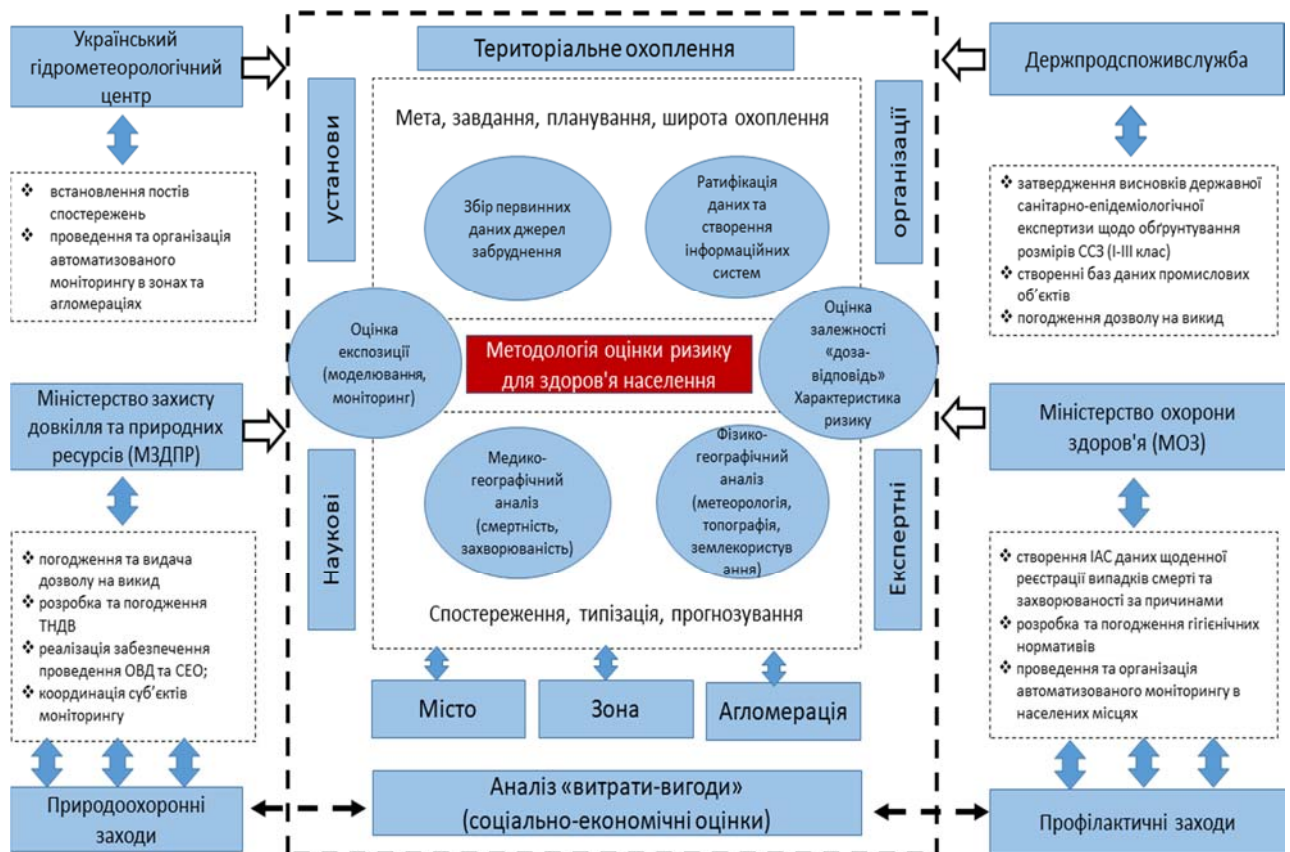


Рисунок 8.6 – Використання МОРЗН у системі гігієнічної оцінки якості атмосферного повітря

- МОЗ під час створення інформаційно-аналітичних систем даних у розрізі щоденної реєстрації випадків смерті та захворюваності за причинами; розробки та погодження гігієнічних нормативів (ГДК, ОБРВ) хімічних речовин в атмосферному повітрі; проведення та організації автоматизованого моніторингу атмосферного повітря у населених місцях;
- Держпродспоживслужби, у разі затвердження висновків ДСЕЕ щодо обґрунтування розмірів СЗЗ для промислових об'єктів та створення баз

даних виробничих об'єктів; погодження дозволу на викиди ЗР в атмосферне повітря;

- МЗДПР України – у процесі погодження та видачі дозволу на викиди ЗР в атмосферне повітря; розроблення та погодження технологічних нормативів допустимих викидів ЗР; реалізації забезпечення проведення ОВД та СЕО; координації суб'єктів моніторингу атмосферного повітря;
- Українського гідрометеорологічного центру ДСНС України під час обґрунтування встановлення постів спостережень; проведення та організації моніторингу атмосферного повітря в зонах та агломераціях.

Як ми бачимо, кінцевою метою даної системи є управління ризиком, що реалізується за рахунок впровадження адміністративно-командних заходів щодо досягнення «соціально» прийняттого рівня ризику на підставі аналізу «витрати-вигоди», що передбачають соціально-економічні оцінки розроблених управлінських рішень. При цьому, прийнятний рівень ризику може використовуватися в якості критерію еколого-гігієнічної безпеки в конкретній соціально-економічній системі (місто, зона, агломерація). Проведені дослідження показали можливість досягнення рівнів прийняттого ризику для металургійних, хімічних, нафтопереробних, машинобудівних, на рівні  $n \times 10^{-5}$ ; гірничорудних та коксохімічних – на рівні  $n \times 10^{-6}$  за рахунок розробки, пошуку та впровадження оптимальних профілактичних та природоохоронних заходів [336].

Таким чином, досягти кінцевої мети управління ризиком можна за рахунок вирішення наступних завдань, а саме: 1) зменшити рівень негативного впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення; 2) посилити стан захищеності населення до інгаляційного впливу [314].

Реалізація першого завдання передбачає зменшення ризику до прийняттого рівня шляхом впровадження природоохоронних заходів. Наприклад: зниження викидів ЗР від промислових об'єктів і автотранспорту та визначення основних джерел, що формують високі рівні ризику; розробки стандартів промислових викидів, палива, технологій та впровадженні НДТМ;

фінансового стимулювання до розвитку альтернативних видів палива з відновлювальних джерел; запровадження часового обмеження руху автомобілів, зокрема, призначених для перевезення вантажів та ін.; ініціювання ширшого впровадження дистанційної роботи, тощо.

Друге завдання (впровадження профілактичних заходів) може бути вирішено двома шляхами, а саме:

- знизити вплив на населення (наприклад, перенести/відселити соціальні об'єкти та житлову забудову із зон високих рівнів ризику або вивести підприємства або інші джерела небезпеки з населених пунктів);
- посилити стан захищеності населення (наприклад, проводити диспансеризацію населення (особливо, чутливих груп); підвищувати імунітет та резистентність організму населення заходами медичної профілактики (просвітницькі кампанії); організувати автоматизований моніторинг та оповіщення населення під час виникнення несприятливих метеорологічних умов (з метою обмеження перебування на відкритому повітрі, зволоження приміщень, перегляду питного режиму і т. ін.); провести додаткове озеленення сельбищних зон, тощо.

Вищевикладене може стати «науковим плацдармом» під час прийняття управлінських рішень на державному рівні за рахунок: відновлення попереджувального та впровадження поточного санітарного нагляду, шляхом гармонізації оцінок забруднення атмосферного повітря та його впливу на здоров'я населення (поєднання даних моніторингу повітря та державної санітарно-епідеміологічної експертизи в межах соціально-гігієнічного моніторингу в єдиній державній інформаційно-аналітичній системі); встановлення міжгалузевих стандартів; обґрунтування шкоди здоров'ю при соціальному, медичному та екологічному страхуванні; визначення пріоритетних напрямків проектного фінансування з державного бюджету та екологічних фондів; передбачення пріоритетів економічного розвитку держави; відбору альтернативних політичних варіантів та оцінювання завданої шкоди в судових справах щодо виплати компенсацій.

## Висновки до розділу 8

Запропонована та удосконалена система гігієнічної оцінки якості атмосферного повітря дозволяє оцінити медико-екологічну ситуацію, розробити профілактичні програми щодо резистентності організму до негативних чинників довкілля та створити базис для прийняття управлінських рішень органами виконавчої влади на державному рівні. На підставі проведених у даному розділі досліджень:

1. Створено алгоритм управління ризиком для здоров'я населення від небезпеки забруднення атмосферного повітря пріоритетними ЗР через визначення ймовірності виникнення патологічних станів здоров'я населення, зумовлених проживанням у зонах неприйняттого ризику. Встановлено, що найбільш несприятливий прогностичний рівень захворюваності очікується у вигляді легеневих хвороб, зокрема, бронхіальної астми (гострих та хронічних станів) – від господарської діяльності усіх груп промислових підприємств та автотранспорту, особливо у містах, де зосереджено металургійні, хімічні, машинобудівні, коксохімічні, теплоенергетичні, нафтопереробні та гірничорудні підприємства ( $HI_{max}=36,8$ ); захворювань центральної нервової системи ( $HI_{max}=14,8$ ) – від металургійних, нафтопереробних, хімічних, гірничорудних, машинобудівних, коксохімічних, будівельних, гірничорудних та коксохімічних підприємств; серцево-судинних захворювань ( $HI_{max}=12,5$ ), в основному – у зонах впливу металургійних, машинобудівних, хімічних, коксохімічних, теплоенергетичних, будівельних та гірничорудних підприємств. Серед населення, яке проживає в зонах впливу ( $HI_{max}=27,2$ ) металургійних, машинобудівних, хімічних, теплоенергетичних, будівельних, нафтопереробних підприємств та поруч автомагістралей, необхідно передбачати організацію профілактичних програм у вигляді медичних оглядів дітей/дорослих, генетичного та соціально-гігієнічного моніторингу.

2. Удосконалено систему гігієнічної оцінки якості повітря шляхом впровадження ймовірнісного підходу та сучасних методичних інструментів в санітарно-епідеміологічну і природоохоронну практику (запропоновано створення міжсекторальної моделі партнерства органів виконавчої влади), з метою обов'язкового досягнення встановлення на державному рівні меж допустимого (прийняттого) ризику для здоров'я населення, зумовлених впливом різних об'єктів господарської діяльності та автотранспорту.

**Матеріали даного розділу відображені у наступних публікаціях:** [336], [337], [376], [387], [411], [416], [430] – [436].

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на підставі проведених досліджень науково обґрунтовано та удосконалено систему гігієнічної оцінки якості атмосферного повітря, що базується на ймовірнісному підході та використанні нових інформаційних технологій. В результаті проведення комплексу натурних вимірювань концентрацій розширеного переліку ЗР та моделювання розповсюдження забруднення у приземному шарі атмосфери, розширено можливості наукових досліджень щодо оцінок небезпеки забруднення повітря для здоров'я населення. Використані сучасні методичні підходи лягли в основу наукового обґрунтування імплементації міжнародного законодавства в частині моніторингу та спостереження за рівнями забруднення атмосферного повітря, встановлення меж допустимого ризику, оцінювання небезпеки для здоров'я населення та розроблення профілактичних заходів у системі громадського здоров'я.

1. Встановлено (на підставі офіційних статистичних даних за 2010-2018 рр.) загальне зменшення забруднення атмосферного повітря від викидів стаціонарних та пересувних джерел, що, в основному, пов'язано зі спадом промислового виробництва і впровадженням природоохоронних заходів (в середньому на 16,9 % по областях). Водночас, спостерігається поступове збільшення забруднення в умовно «чистих» областях України, таких як: Житомирська, Волинська, Сумська, Тернопільська, Хмельницька, Херсонська області (в середньому на 12,6 % щорічно).
2. Проведено еколого-гігієнічне та фізико-географічне оцінювання зон впливу територій досліджень 43 різних за господарською діяльністю промислових підприємств та автотранспорту. Використовуючи інструменти ГІС-технологій, за розробленим алгоритмом удосконалено етап експозиції шляхом оброблення та конвертації метеорологічних, топографічних даних, характеристик землекористування та ДВ. За стандартними процедурами дисперсійного статистичного аналізу



перевірено положення (координати) та геокодовано 7576 ДВ промислових підприємств та визначено, що лише 38 % з них мали коректне розташування згідно із затвердженими проєктними матеріалами. Визначено, що похибка розташування ДВ може коливатися від кількох до сотень метрів у довільному напрямку та впливає на достовірність результатів поширення забруднення в ПША сельбищних територій.

3. Розраховано усереднені концентрації ЗР у ПША від викидів різних груп промислових підприємств і автотранспорту та встановлено наявність їх достовірного кореляційного зв'язку за відстанями та напрямками ( $p < 0,05$ ). Оцінено співвідношення усереднених концентрацій хімічних речовин між собою у загальному забрудненні атмосферного повітря та визначено середній коефіцієнт співвідношення між: середньодобовою та максимально разовою концентраціями – на рівні 0,17 ( $C_{сд} = 0,17 \times C_{мр}$ ); середньорічною та середньодобовою концентраціями – на рівні 0,1 ( $C_{ср} = 0,1 \times C_{сд}$ ). Показано неможливість використання законодавчо закріплених в Україні програмних комплексів у разі оцінювання хронічних впливів на організм людини та, відповідно, здійснення оцінок ризику для здоров'я населення.
4. Обґрунтовано методичні підходи до визначення місць розташування АПС на підставі моделювання і результатів оцінки ризику для здоров'я населення з урахуванням прив'язки до місць найвищої щільності проживання населення, розташування закладів освіти та розроблено пропозиції щодо організації регіональної автоматизованої мережі спостережень за станом атмосферного повітря на прикладі Дніпропетровської області. Рекомендовано встановити у м. Кам'янське сім АПС, на п'яти наявних організувати автоматизований моніторинг та додати два АПС; у м. Марганець – три АПС; у м. Жовті води – два АПС. Визначено переліки пріоритетних хімічних речовин для обов'язкового моніторингу.

5. Показано необхідність впровадження та розширення моніторингових програм вимірювання  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  та озону в атмосферному повітрі населених місць України. Встановлено, що рівні середньодобових концентрацій  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$  перевищують нормативні значення, рекомендовані ВООЗ та Директивою 2008/50/ЄС, а населення перебуває під хронічним інгаляційним впливом. Кількість днів з перевищенням середньодобових масових концентрацій становила для (відповідно, 2018 та 2019 рр.):  $PM_{10}$  – 76 та 43 дні (у квітні, травні, вересні, жовтні), що було обумовлено несприятливими метеорологічними умовами та аеробіологічним забрудненням;  $PM_{2.5}$  – 99 та 125 днів (в основному – у листопаді-березні під час опалювального сезону). Визначено, що середньорічні масові концентрації твердих часток пилу знаходилися на рівні (відповідно, у 2018 та 2019 р.):  $PM_{10}$  ( $37,8 \pm 0,4$  та  $31,1 \pm 0,9$   $\mu\text{кг}/\text{м}^3$ ),  $PM_{2.5}$  ( $22,8 \pm 0,2$  та  $23,3 \pm 0,6$   $\mu\text{кг}/\text{м}^3$ ). Такі рівні є небезпечними для здоров'я експонованого населення, відповідно до рекомендацій ВООЗ, але не перевищували граничні величини, зазначені у Директиві 2008/50/ЄС та Постанові КМУ від 14.08.2019 р. за № 827.
6. Проведено інструментальні дослідження концентрацій озону та встановлено його середні масові концентрації на рівні: від 0,13 до 0,28  $\text{мг}/\text{м}^3$  ( $0,19 \pm 0,04$   $\text{мг}/\text{м}^3$ ) у 2018 р.; від 0,04 до 0,28  $\text{мг}/\text{м}^3$  ( $0,17 \pm 0,05$   $\text{мг}/\text{м}^3$ ) у 2019 р. Визначено, що виявлені величини перевищували чинний в Україні гігієнічний норматив у 29 випадках ( $1,1 \div 1,7$  ГДК<sub>м.р</sub>) з 38 у 2018 р. та у 39 випадках ( $1,0 \div 1,4$  ГДК<sub>м.р</sub>) з 62 епізодів досліджень у 2019 р. З огляду на нормативи, встановлені рекомендаціями ВООЗ та Директивою 2008/50/ЄС, перевищення спостерігалось майже у кожному випадку (від 1,2 до 2,7 разів). Піки максимальних масових концентрацій ( $> 0,2$   $\text{мг}/\text{м}^3$ ) озону фіксувалися у травні та у червні, що за оцінками ВООЗ зумовлює зростання числа додаткових випадків щоденних смертей на 3-5 % у порівнянні зі смертністю при експозиції на розрахунковому фоновому рівні.

7. Розроблено, встановлено та оцінено з використанням гігієнічних підходів, відповідно, перспективні і поточні технологічні нормативи допустимих викидів ЗР та проаналізовано висновки найкращих доступних технологій і методів управління (НДТМ; рекомендовані ЄС) для різних типів устаткування. Показано неможливість впровадження висновків НДТМ, які затверджено та рекомендовано ЄС без урахування оцінок впливу на здоров'я, що зумовлено специфікою (ефектами потенціювання та сумації ЗР; фоном) промислового забруднення атмосферного повітря та жорсткішими вимогами щодо нормування його якості в Україні. На підставі результатів оцінки ризику встановлено та погоджено технологічні нормативи допустимих викидів із устаткування (установок) для різних видів виробництв.
8. Науково обґрунтовано необхідність вивчення закономірностей розповсюдження потенційно-небезпечних хімічних речовин у ПША та аналізу рівнів їх концентрацій в зоні впливу підприємства (радіус 40 висот найбільшої труби, м) на різних відстанях в усіх напрямках сторін світу за румбами з урахуванням територіальних особливостей (характеристики землекористування, топографічних та метеорологічних даних) розташування промислових об'єктів та сельбищних територій. Доведено ефективність використання МОРЗН під час проведення державної санітарно-епідеміологічної експертизи матеріалів щодо обґрунтування розмірів СЗЗ для промислових підприємств I-II класу небезпеки та показано важливість її впровадження на законодавчому рівні в рамках дозвільних процедур з метою прийняття управлінських рішень.
9. Визначено рівні неканцерогенного ризику (HQ) при оцінюванні гострих (на рівні усередненої добової концентрації) та хронічних (на рівні усередненої річної концентрації) інгаляційних впливів пріоритетних хімічних речовин промислових підприємств та автотранспорту на здоров'я експонованого населення досліджуваних міст. Встановлено, що

найбільш гострого інгаляційного впливу зазнає населення від викидів металургійних ( $HQ_{acute}=1,1\div 7,9$ ), нафтопереробних ( $HQ_{acute}=1,1\div 7,8$ ), хімічних ( $HQ_{acute}=1,1\div 6,6$ ), машинобудівних ( $HQ_{acute}=1,1\div 5,6$ ) підприємств, виробництва олії та тваринних жирів ( $HQ_{acute}=1,1\div 5,3$ ), коксохімічних ( $HQ_{acute}=1,1\div 5,1$ ), гірничорудних ( $HQ_{acute}=1,1\div 2,8$ ), будівельних ( $HQ_{acute}=1,1\div 2,1$ ), теплоенергетичних ( $HQ_{acute}=1,2\div 1,5$ ) підприємств, тваринницьких комплексів ( $HQ_{acute}=1,1\div 1,6$ ; додатково проведено порівняння з порогоми запаху та встановлено перевищення для сірководню і метилмеркаптану) та автотранспорту ( $HQ_{acute}=1,1\div 2,8$ ). Найвищі рівні неканцерогенного ризику під час оцінювання хронічних інгаляційних впливів характерні для хімічних ( $HQ_{chronic}=1,1\div 8,5$ ), металургійних ( $HQ_{chronic}=1,1\div 6,7$ ), гірничорудних ( $HQ_{chronic}=1,3\div 5,8$ ), машинобудівних ( $HQ_{chronic}=1,1\div 5,5$ ) підприємств, виробництва олії та тваринних жирів ( $HQ_{chronic}=1,0\div 3,9$ ), нафтопереробної промисловості ( $HQ_{chronic}=1,1\div 3,6$ ), коксохімічних ( $HQ_{chronic}=1,1\div 3,4$ ) підприємств та автотранспорту ( $HQ_{acute}=1,1\div 4,5$ ). Такі рівні ризику ( $HQ=3,0\div 6,0$ ;  $HQ\geq 6$ ), відповідно до рекомендацій ВООЗ, належать до помірних та високих рівнів забруднення повітря та можуть спричиняти виникнення, відповідно, слабких та виражених ефектів, особливо у чутливих груп населення (людей похилого віку, вагітних жінок та дітей).

10. Оцінено рівні сумарного канцерогенного ризику ( $ICR_{total}$ ), які коливалися в залежності від технологій виробництв та територіального розташування на: *мінімальному (прийнятному) рівні* для здоров'я експонованого населення досліджуваних міст – від впливу будівельних ( $ICR_{total}=1,5\times 10^{-7}\div 3,2\times 10^{-6}$ ) та підприємств з виробництва олії та тваринних жирів ( $ICR_{total}=1,7\times 10^{-8}\div 5,9\times 10^{-6}$ ); *допустимому рівні* – для коксохімічних ( $ICR_{total}=1,5\times 10^{-6}\div 9,8\times 10^{-5}$ ), гірничорудних ( $ICR_{total}=2,1\times 10^{-8}\div 9,4\times 10^{-5}$ ) підприємств; *недопустимому рівні* – для машинобудівних ( $ICR_{total}=6,8\times 10^{-6}\div 8,7\times 10^{-4}$ ), хімічних ( $ICR_{total}=1,04\times 10^{-5}\div 6,0\times 10^{-4}$ ), нафтопереробних ( $ICR_{total}=1,8\times 10^{-5}\div 7,0\times 10^{-4}$ ) підприємств та

автотранспорту ( $ICR_{total}=6,9 \times 10^{-6} \div 7,9 \times 10^{-4}$ ); *високому рівні* – для металургійних ( $ICR_{total}=4,8 \times 10^{-6} \div 5,2 \times 10^{-3}$ ) підприємств. Соціальні втрати населення у вигляді додаткових випадків розвитку новоутворень у індивідуума від інгаляційного впливу досліджуваних груп промислових підприємств та автотранспорту можуть становити від дев'яти випадків на 10 тис. населення до п'яти випадків на 1000 осіб.

11. Розраховано рівні індивідуального ризику смерті (IRM) населення від впливу фракції пилу з діаметром часток менше 10 мкм (PM<sub>10</sub>). *Недопустимі рівні* ризику було визначено для хімічних ( $IRM=2,0 \times 10^{-5} \div 3,4 \times 10^{-4}$ ), будівельних ( $IRM=6,8 \times 10^{-6} \div 7,4 \times 10^{-4}$ ), теплоенергетичних ( $IRM=6,0 \times 10^{-5} \div 7,7 \times 10^{-4}$ ), тваринницьких підприємств потужністю 50 тис. голів ( $IRM=6,8 \times 10^{-5} \div 3,4 \times 10^{-4}$ ) та автотранспорту ( $IRM=7,4 \times 10^{-6} \div 4,8 \times 10^{-4}$ ); *високі рівні* ризику спостерігались від впливу металургійних, машинобудівних та гірничорудних підприємств ( $IRM=1,4 \times 10^{-5} \div 2,9 \times 10^{-3}$ ,  $IRM=3,4 \times 10^{-6} \div 2,1 \times 10^{-3}$  та  $IRM=5,1 \times 10^{-6} \div 1,2 \times 10^{-3}$ , відповідно). Можливі соціальні втрати населення у вигляді додаткових випадків смертей, обумовлених інгаляційним впливом PM<sub>10</sub> від вищевказаних об'єктів, можуть становити від восьми випадків на 10 тис. населення до трьох випадків на 1000 осіб.
12. Створено алгоритм управління ризиком для здоров'я населення від небезпеки забруднення атмосферного повітря пріоритетними ЗР через визначення ймовірності виникнення патологічних станів здоров'я населення, зумовлених проживанням у зонах неприйнятної ризику. Встановлено, що найбільш несприятливий прогностичний рівень захворюваності очікується у вигляді легеневих хвороб, зокрема, бронхіальної астми (гострих та хронічних станів) – від господарської діяльності усіх груп промислових підприємств та автотранспорту, особливо у містах, де зосереджено металургійні, хімічні, машинобудівні, коксохімічні, теплоенергетичні, нафтопереробні та гірничорудні підприємства ( $HI_{max}=36,8$ ); захворювань центральної нервової системи

( $HI_{max}=14,8$ ) – від металургійних, нафтопереробних, хімічних, гірничорудних, машинобудівних, коксохімічних, будівельних, гірничорудних та коксохімічних підприємств; серцево-судинних захворювань ( $HI_{max}=12,5$ ), в основному – у зонах впливу металургійних, машинобудівних, хімічних, коксохімічних, теплоенергетичних, будівельних та гірничорудних підприємств. Серед населення, яке проживає в зонах впливу ( $HI_{max}=27,2$ ) металургійних, машинобудівних, хімічних, теплоенергетичних, будівельних, нафтопереробних підприємств та поруч автомагістралей, необхідно передбачати організацію профілактичних програм у вигляді медичних оглядів дітей/дорослих, генетичного та соціально-гігієнічного моніторингу.

13. Удосконалено систему гігієнічної оцінки якості повітря шляхом впровадження ймовірнісного підходу та сучасних методичних інструментів у санітарно-епідеміологічну і природоохоронну практики (запропоновано створення міжсекторальної моделі партнерства органів виконавчої влади) з метою обов'язкового встановлення на державному рівні меж допустимого (прийняттого) ризику для здоров'я населення, зумовленого впливом різних об'єктів господарської діяльності та автотранспорту.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ambient air pollution: Health impacts. URL: <https://www.who.int/airpollution/ambient/health-impacts/ru/>
2. Health risk assessment of air pollution. General principles. Copenhagen : WHO, 2016. 29 p.
3. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP : technical report. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe, 2013. 302p.
4. Ambient air pollution - a major threat to health and climate. URL: <https://www.who.int/airpollution/ambient/en/>
5. Неинфекционные заболевания и загрязнение атмосферного воздуха / Всемирная организация здравоохранения. 2019. 12 с. URL: [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0006/397788/Air-Pollution...](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/397788/Air-Pollution...)
6. State of Global Air 2018 : Special Report / Health Effects Institute. Boston, MA, 2018. 24 p.
7. Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe, 2016. 131 p.
8. Health Risks of Air Pollution in Europe – HRAPIE : Technical Report. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe, 2014. 65 p.
9. Cohen A.J., Brauer M., Burnett, R. Anderson, H.R. Frostad J., Estep K. et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: An analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015 // Lancet. 2017. № 389. P. 1907–1918.
10. Турос О. І. Розробка наукових підходів до гігієнічної оцінки небезпеки від джерел забруднення атмосферного повітря на основі показників ризику : автореф. дис. ... докт. мед. наук : спец. 14.02.01 «Гігієна та професійна патологія». К, 2008. 42 с.

11. Горова А.І., Бучавий Ю.В. Аналіз ризиків для здоров'я населення від викидів промислових підприємств Дніпродзержинська з використанням ГІС // Гігієна населених місць : зб. наук. праць. Київ, 2015. С. 32-38.
12. Бардов В.Г. Гігієна та екологія: підручник / під ред. В.Г. Бардова. Вінниця : Нова Книга, 2006. С. 693-719.
13. Bardov V.G., Moskalenko V.F., Omelchuk S.T., Yavorovsky O.P. et al. Hygiene and ecology. 2-nd edition, updated. Vinnytsia : Nova Knyha, 2018. 688 p.
14. Сердюк А.М., Гущук І.В., Черниченко І.О., Литвиченко О.М. Особливості забруднення атмосферного повітря непромислового міста: ризик для населення // Медичні перспективи. 2019. Т. 24 (№ 4). С. 154-159.
15. Власик Л.І., Власик Л.Й. Шляхи реалізації в Україні ініціатив ВООЗ щодо профілактики неінфекційних захворювань, обумовлених забрудненням повітря // Актуальні проблеми транспортної медицини: навколишнє середовище; професійне здоров'я; патологія. 2017. № 1. С. 44-51.
16. Турос О.І., Петросян А.А., Михіна Л.І. Гігієна повітря // Досвід та перспективи наукового супроводу проблем гігієнічної науки та практики: зб. наук. пр. К., 2011. С. 133 - 149.
17. Черниченко І.О., Першегуба Я.В., Литвиченко О.М., Швагер О.В. Особливості формування канцерогенного ризику для населення, що проживає в зоні впливу автомагістралі // Гігієна населених місць : зб. наук. праць. Київ, 2010. С. 159-166.
18. Бабій В.Ф., Литвиченко О.М., Першегуба Я.В., Осипчук О.П. Канцерогенний та неканцерогенний ризик для населення сучасного міста від пріоритетних забруднювачів, що надходять з атмосферним повітрям // Журнал Хроматографічного товариства. 2007. Т.VII. №1. С. 8-13.
19. Черниченко І.О., Литвиченко О.М., Соверткова Л.С., Цимбалюк С.М. Оцінка канцерогенного ризику для населення промислових міст України // Довкілля та здоров'я. 2017. № 2. С. 17-22.



20. Федорченко Р.А. Гігієнічна оцінка та профілактика впливу атмосферних забруднень на населення у мегаполісі металургійної галузі : дис. ... канд. мед. наук : 14.02.01 – Гігієна та професійна патологія. Запоріжжя, 2016. 188 с.
21. Ананьєва О.В. Вдосконалення гігієнічної оцінки забруднення атмосферного повітря викидами автомобільного транспорту : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 14.02.01 – Гігієна та професійна патологія. К., 2017. 20 с.
22. Давиденко Г.М. Гігієнічна оцінка небезпеки здоров'ю населення від забруднення атмосферного повітря зваженими частками пилу : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 14.02.01 – Гігієна та професійна патологія. К., 2017. 21 с.
23. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2017 році. URL: <https://mepr.gov.ua/news/35955.html>
24. Статистичний збірник «Довкілля України за 2018 рік» / за ред. О.М. Прокопенко ; Державна служба статистики України. К., 2019. URL: [http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat\\_u/2019/zb/11/Zb\\_dovk\\_2018.pdf](http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2019/zb/11/Zb_dovk_2018.pdf)
25. Конвенція про транскордонне забруднення повітря на великі відстані №995\_223 - ЗУ №2707-ХІІ від 16.10.1992 р. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_223#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_223#Text)
26. Конвенція про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_015#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_015#Text).
27. Directive 2008/50/EU of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe // Official Journal of the European Union. 2008. 51. L152. 44 p.
28. Directive 2004/107/EU of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air // Official Journal of the European Union. 2005. L 23. 16 p.

29. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) // Official Journal of the European Union. 2010. L 334. 119 p.
30. Европейские процессы «Окружающая среда для Европы» и «Окружающая среда и здоровье». URL: <http://www.unece.org/ru/env/efe/>.
31. Héroux M.E., Anderson H.R., Atkinson R., Brunekreef B., Cohen A. et al. Quantifying the Health Impacts of Ambient Air Pollutants: Recommendations of a WHO/Europe Project // Int. J. Public Health. 2015. Vol. 60. P. 619-627.
32. Xiong K., Rumrich I., Kukec A., Rejc T., Pasetto R., Iavarone I., Hänninen O. Methods of health risk and impact assessment at industrially contaminated sites: Systematic review // Epidemiol. Prev. 2018. Vol. 42 (Suppl. 1). P. 49-58.
33. Chalvatzaki E., Chatoutsidou S.E., Lehtomäki H., Almeida S.M., Eleftheriadis K., Hänninen O., Lazaridis M. Characterization of Human Health Risks from Particulate Air Pollution in Selected European Cities // Atmosphere. 2019. Vol. 10(2). P. 248-256.
34. Golub A., Strukova E. Evaluation and Identification of Priority Air Pollutants for Environmental Management on the Basis of Risk Analysis in Russia // Journal of Toxicology and Environmental Health. 2008. №71. P. 86-91.
35. Kenessariyev U., Brody M., Golub A. et al. Cost of Air Pollution in Kazakhstan: Human Health Risk Assessment // Journal of Environmental Protection. 2013. №4. P. 869-876.
36. Авалиани С.Л., Новиков С.М., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А., Мишина А.Л. Проблемы совершенствования системы управления качеством окружающей среды на основе анализа риска здоровью населения // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93, № 6. С. 5-9.
37. Ракитский В.Н., Авалиани С.Л., Новиков С.М., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А. Анализ риска здоровью при воздействии атмосферных загрязнений как составная часть стратегии уменьшения глобальной

- эпидемии неинфекционных заболеваний // Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 30–36.
38. Рахманин Ю.А., Новиков С.М., Авалиани С.Л., Сеницына О.О., Шашина Т.А. Современные проблемы оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и пути ее совершенствования // Анализ риска здоровью. 2015. № 2. С. 4–14.
39. Ревич Б.А. Загрязнение окружающей среды и здоровье населения. Введение в экологическую эпидемиологию. М. : МНЭПУ, 2008. 264 с.
40. Revich B.A., Avaliani S.L., Simons G.J. Air pollution and public health in a megalopolis: a case study of Moscow // Экономика региона. 2016. Т. 12, № 4. С. 1069–1078.
41. Фоменко Г.А., Бородкин А.Е. Интегральные риски и риски здоровью населения в природоохранном менеджменте в условиях транзита к новой экономике (на примере промышленных зон г.Ярославля) // Проблемы региональной экологии. 2016. №1. С. 66-76.
42. Бородкин А. Е. Эколого-географические основы оценки риска здоровью населения староосвоенных регионов: на примере Ярославской области : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : спец. 25.00.36 «Геоэкология (науки о Земле)»; 25.00.24 «Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география». Ярославль, 2017. С. 34.
43. Турос О.І. Перспективи розвитку гігієни повітря в умовах євроінтеграції України // Гігієнічна наука та практика: сучасні реалії: матеріали XV зїзду гігієністів України (20-21 вер. 2012 р.). Львів, 2012. С. 256-257.
44. Загородній В.В. Гігієнічне обґрунтування заходів з управління якістю атмосферного повітря промислового міста на основі оцінки ризиків для здоров'я населення : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Київ, 2011. 20 с.
45. Черненко Л.М. Наукове обґрунтування медико-екологічних заходів щодо вдосконалення управління якістю атмосферного повітря : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.02.01 – Гігієна та професійна патологія. К., 2016. 23 с.

46. Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення: Закон України від 17.12.2020 р. № 1113-IX URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12#Text>.
47. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року: Закон України від 31.03.2019 р. № 2697-VIII.
48. Про оцінку впливу на довкілля Закон України від 23.05.2017 р. №2059-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text>.
49. Про стратегічну екологічну оцінку Закон України від 20.03.2018 р. №2354-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19#Text>.
50. Калюжный Д.Н., Булгаков В.В., Костовецкий Я.И. Гигиена внешней среды в районе размещения промышленных предприятий (черной металлургии и горнодобывающей промышленности): монография. Киев : Здоров'я, 1973. 246 с.
51. Буштуева К.А., Случанко И.С. Методы и критерии состояния здоровья населения в связи с загрязнением окружающей среды. М. : Медицина, 1979. С. 21-120.
52. Пинигин М. А. Гигиеническое регламентирование вредных веществ в атмосферном воздухе // Профилактическая токсикология : сб. учебно-методических материалов (Программа ООН по охране окружающей среды). М. : МРПТХВ, Центр международных проектов, 1984. Т. 2, ч. 2. С. 64 - 72.
53. Присяжнюк В.Є. Наукове обґрунтування принципів і критеріїв оцінки еколого-гігієнічної безпеки повітряного середовища (на прикладі територій розміщення підприємств нафтопереробної та азотної промисловості : автореф. дис. ... д-ра мед. наук : спец. 14.00.07 . К., 1993. 40 с.
54. Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря: Постанова КМУ від 14.08.2019 р. за №827. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF#Text>

55. Rodinkova V., Palamarchuk O., Toziuk O., Yermishev O. Modeling hay fever risk factors caused by pollen from *Ambrosia* spp. using pollen load mapping in Ukraine // *Acta Agrobotanica*. 2018. Vol. 71 (3). P. 1-12.
56. Про охорону навколишнього природного середовища : закон України від 25.06.1991 р. № 1264-ХІІ // *Відомості Верховної Ради України*. 1991. № 41. Ст. 546.
57. Про охорону атмосферного повітря : закон України від 16.10.1992 р. № 2707-ХІІ // *Відомості Верховної Ради України*. 1992. № 50. Ст. 678.
58. Про затвердження переліку найбільш поширених і небезпечних забруднюючих речовин, викиди яких в атмосферне повітря підлягають регулюванню: Постанова Кабінету Міністрів України від 29.11.2001 р. №1598 // *Офіційний вісник України*. 2001. № 49. Ст. 2187. С. 29.
59. Про затвердження порядку ведення державного обліку в галузі охорони атмосферного повітря: Постанова Кабінету Міністрів України від 13.12.2001 р. №1655 // *Офіційний вісник України*. 2001. № 51. Ст. 2274. С. 357.
60. Про затвердження порядку розроблення та затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел: Постанова Кабінету Міністрів України від 28.12.2001 р. №1780 // *Офіційний вісник України*. 2002. № 1. Ст. 9. С. 84.
61. Про затвердження порядку проведення та оплати робіт, пов'язаних з видачею дозволів на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами, обліку підприємств, установ, організацій та громадян – суб'єктів підприємницької діяльності, які отримали такі дозволи: Постанова Кабінету Міністрів України від 13.03.2002 р. №302 // *Офіційний вісник України*. 2002. № 12. Ст. 574. С. 61.
62. Про затвердження інструкції про порядок та критерії взяття на державний облік об'єктів, які справляють або можуть справити шкідливий вплив на здоров'я людей і стан атмосферного повітря, видів та обсягів забруднюючих

- речовин, що викидаються в атмосферне повітря: Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 10.05.2002 р. №177 // Офіційний вісник України. 2002. № 22. Ст. 1074. С. 52.
63. Про затвердження інструкції про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин на підприємстві: Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України від 10.02.1995 р. № 7 // Офіційний вісник України. 2017. № 31. Ст. 979. С. 138.
64. Про затвердження Інструкції про загальні вимоги до оформлення документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів, для отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами для підприємств, установ, організацій та громадян – підприємців: Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 9.03.2006 р №108. // Офіційний вісник України. 2006. № 13/14. С. 391/250.
65. Про затвердження переліку типів устаткування, для яких розробляються нормативи гранично допустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел: Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України №317 від 16.08.2004 р.
66. Цілі сталого розвитку 2016-2030. URL : <http://www.un.org.ua/ua/tsili-rozvytku-tysiacholittia/tsili-staloho-rozvytku>
67. Угода про Асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами – членами, з іншої сторони від 26.09.2014 // Офіційний вісник України. 2014. № 75. Ст. 2125. С. 83.
68. Виконання Україною міжнародних зобов'язань з охорони довкілля крізь призму Угоди про асоціацію з Європейським Союзом : матер. міжнар. наук.-практич. конф. (Київ, 22 квітня) / Українська асоціація міжнародного права. К., 2019. 204 с.

69. Рамкова конвенція ООН про зміну клімату. Ратифіковано Законом № 435/96-ВР від 29.10.1996 р. ВВР, 1996, № 50, ст.277) // Офіційний вісник України. 2012. № 83. Ст. 3381. С. 198.
70. Віденська конвенція про охорону озонowego шару № 995-088 від 22.03.1985 р. // Офіційний вісник України. 2005. № 21. Ст. 1179. С. 240.
71. Стокгольмська конвенція про стійкі органічні забруднювачі : закон України від 18.04.2007 р. №949-V // Відомості Верховної Ради України. 2007. № 30. Ст. 396. С. 1016.
72. Про основні напрямки державної політики України в галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки (п. 29): Постанова Верховної Ради України від 05 березня 1998 р. № 188/98-ВР // Відомості Верховної Ради України. 1998. № 38. Ст. 248.
73. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»: Розпорядження КМУ від 18.08.2017 р. № 605-р. // Урядовий кур'єр. 2017. № 167.
74. Якість атмосферного повітря : короткий опис Директив ЄС та графіку їх впровадження. URL:  
[http://www.if.gov.ua/files/uploads/%D1%8F%D0%BA%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8CAir\\_brochure\\_final.pdf](http://www.if.gov.ua/files/uploads/%D1%8F%D0%BA%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8CAir_brochure_final.pdf) (дата звернення: 17.01.2020).
75. Про реєстри викидів і перенесення забруднювачів (РВПЗ) в рамках прийняття: закон України від 03.02.2016 р. №980-VIII. // Офіційний вісник України. 2016. № 18. Ст. 705. С. 223.
76. Про схвалення Концепції створення загальнодержавної автоматизованої системи «Відкрите довкілля»: розпорядження КМУ від 07.11.2018 р. №825-р // Офіційний вісник України. 2018. № 90. Ст. 2989.
77. Про державну програму науково-технічного переоснащення системи гідрометеорологічних спостережень та базової мережі спостережень за забрудненням навколишнього природного середовища: Постанова КМУ від 29.05.1996 р. №579.

78. Про посилення державного регулювання стосовно ввезення в Україну та вивезення з України озоноруйнівних речовин : Постанова КМУ від 16.05.2002 р. №624 // Офіційний вісник України. 2002. № 20. Ст. 984.
79. Про регулювання господарської діяльності з озоноруйнівними речовинами та фторованими парниковими газами: Закон України від 12.12.2019 р. №376-IX // Офіційний вісник України. 2020. № 2. Ст. 45. С. 65.
80. Екологічна політика та право України на шляху до європейської інтеграції. Посібник / за ред. О. І. Бондаря. Київ, 2015. 178 с.
81. Директива 2001/80/ЄС Європейського Парламенту та Ради «Про обмеження викидів речовин від крупних установок спалювання, що забруднюють повітря» від 23.10.2001 р. № 2001/80/ЄС.
82. Директива 2002/88/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 09.12.2002 р., що змінює Директиву Європейського Парламенту та Ради 97/68/ЄС від 16.12.1997 р. про апроксимацію законодавства держав-членів щодо заходів проти викидів газоподібних та пилових забруднюючих речовин з двигунів внутрішнього згорання, які призначені для встановлення на позашляхових автомобілях (джипах) // Official Bulletin. L 035. 11.02.2003. С. 28.
83. Про схвалення Концепції реформування системи державного нагляду (контролю) у сфері охорони навколишнього природного середовища: розпорядження КМУ від 31.05.2017 р. №616-р // Офіційний вісник України. 2017. № 76. Ст. 2336. С. 38.
84. Про порядок здійснення моніторингу за вмістом миш'яку, кадмію, ртуті, нікелю та поліциклічних ароматичних вуглеводнів в атмосферному повітрі: наказ МВС України від 28.02.2018 р. №154 // Офіційний вісник України. 2018. № 35. Ст. 1251. С. 35.
85. Національна транспортна стратегія на період до 2030 року: розпорядження КМУ від 30.05.2018 р. №430-р // Офіційний вісник України. 2018. № 52. Ст. 1848. С. 533.



86. Висновки робочої групи щодо стану відповідності законодавства України у сфері якості атмосферного повітря вимогам права ЄС у сфері охорони. URL: <https://www.zhiva-planeta.org.ua/upload/stan-vidpovidnosti-zakonodavstva-ukraini-u-sferi-yakosti-atmosfernogo-povitrya.pdf> (дата звернення: 01.02.2020).
87. Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності: закон України від 06 вересня 2005 р. № 2806-IV // Офіційний вісник України. 2005. № 39. Ст. 2429. С. 31.
88. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами): ДСП від 09.07.1997 № 201.
89. Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць: наказ МОЗ України від 14.01.2020 р. №52, зареєстровано в Міністерстві юстиції України від 10.02.2020 р №156/34439 // Офіційний вісник України. 2020. № 15. Ст. 608. С. 20.
90. Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів (ДСП № 173-96): наказ МОЗ України від 19.06.1996 №173.
91. Сердюк А.М., Полька Н.С., Махнюк В.М. Сучасні проблеми гігієни планування та забудови населених місць (нормативно-правове регулювання): монографія. Київ : Медінформ, 2014. 174 с.
92. Про затвердження Національного плану заходів щодо неінфекційних захворювань для досягнення глобальних цілей сталого розвитку (план НІЗ): розпорядження КМУ від 26.06.2018 р. №530-р // Урядовий кур'єр. 2018. № 144.
93. Онищенко Г.Г., Новиков С. М., Рахманин Ю.А., Авалиани С.Л., Буштуева К.А. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии

- химических веществ, загрязняющих окружающую среду / под. ред. Рахманина Ю.А., Онищенко Г.Г. Москва : НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. 408 с.
94. Про затвердження методичних рекомендацій «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря»: наказ МОЗ від 13.04.2007 р. № 184. К., 2007. 28 с.
  95. Рахманин Ю.А., Сеницына О.О., Новиков С.М. и др. Руководство по комплексной профилактике экологически обусловленных заболеваний на основе оценки риска. Москва, 2017. 68 с.
  96. Леонович Э.И., Скоробогатая И.В. Оценка риска для жизни и здоровья населения от воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе // Гигиенические показатели уровня загрязнения атмосферы : учебно-методическое пособие. Минск : БГМУ, 2019. 48 с.
  97. US EPA. Human health risk assessment. URL: <https://www.epa.gov/risk/human-health-risk-assessment> (дата звернення: 16.01.2020).
  98. Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities / U.S. Environmental Protection Agency ; Multimedia Planning and Permitting Division ; Office of Solid Waste Centre for Combustion Science and Engineering. 2005. 890 p.
  99. US EPA. Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part A). EPA/540/1-89/00 / US Environmental Protection Agency, Office of Emergency and Remedial Response. Washington, DC, USA, 1989. URL: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/rags\\_a.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/rags_a.pdf) (дата звернення: 19.01.2020).
  100. US EPA. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment). EPA/540/R/070/002 / US Environmental Protection Agency, Office of Emergency and Remedial Response. Washington, DC, USA, 2009. URL: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/partf\\_200901\\_final.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/partf_200901_final.pdf) (дата звернення: 03.02.2020).

101. IARC. Outdoor Air Pollution. In IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 2016. Volume 109. URL: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol109/index.php> (дата звернення: 05.02.2020).
102. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment. Geneva : WHO, 2006. 20 p.
103. СМН. Macroeconomics and Health: Investing in Health for Economic Development. Geneva, 2001. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42463> (дата звернення: 25.03.2020).
104. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Основні положення проектування : ДБН А.2.2-1-2003. Наказ Державного комітету України з будівництва та архітектури від 15.12.2003 р. №214 // Інформаційний бюлетень Держбуду України. 2003. № 12.
105. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86). Ленинград : Гидрометеиздат, 1987. URL: <http://www.sfund.kiev.ua/down/ond86.pdf> (дата звернення: 01.05.2019).
106. European Environment Agency. Urban air quality. URL: <https://www.eea.europa.eu/themes/air/urban-air-quality> (дата звернення: 01.02.2020).
107. Рекомендации по качеству воздуха в Европе / ВОЗ. 2-е изд. Москва : Весь мир, 2004. С. 5 - 89.
108. Briggs D.J., Collins S., Elliott P. et al. Mapping urban air pollution using GIS: a regression based approach // Int J Geographical Information Science. 1997. Vol. Vol. 11(7). P. 699-718.

109. Горова А.І., Колесник В.Є., Павличенко А.В. Моделювання впливу забрудненості довкілля на здоров'я людини // Довкілля та здоров'я. 2006. №2. С. 3-6.32.
110. Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля: Постанова від 30 березня 1998 р. № 391 // Офіційний вісник України. 1998. № 13. 91 с.
111. Огляд стану забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій у 2019 році / ЦГО ім. Б. Срезневського. Київ, 2020. 44 с. URL: [http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/index.php?fn=u\\_zabrud&f=ukraine](http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/index.php?fn=u_zabrud&f=ukraine) (дата звернення: 12.01.2020).
112. Руководство по контролю загрязнения атмосферы : РД 52.04.186-89. 1991.
113. Турос О. І. Аналіз довгострокового спостереження за станом атмосферного повітря, який здійснюється органами санітарно-епідеміологічної служби України // Медичні перспективи. 2008. Т. XIII, №3. С. 52 - 53.
114. Петросян А.А. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря викидами різних видів промислових підприємств : автореф. дис. ... канд. біол. наук : спец. 14.02.01 «Гігієна та професійна патологія»)». Київ, 2010. 22 с.
115. Турос О. І. До питання моніторингу атмосферного повітря за вмістом дрібнодисперсного пилу // Медичні перспективи. 2007. Т. XII (2). С. 127 - 130.
116. Пульс Угоди: моніторинг реалізації плану заходів з виконання Угоди. Забезпечення технічної спроможності імплементації вимог Директиви 2008/50/ЄС щодо проведення моніторингу якості атмосферного повітря. URL: <https://pulse.kmu.gov.ua/ua/streams/environment/2019-substream1-73> (дата звернення: 05.02.2020).
117. Дмитрієва О.О., Варламов Є.М., Квасов В.А., Палагута О.А., Нестеренко Л.М., Нестеренко У.Ю. Стан мережі спостереження за атмосферним

- повітрям в Україні та її відповідність вимогам директиви 2008/50/ЄС // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки. 2016. Вип. 38. С. 99-110.
118. Інформаційно-аналітичний ресурс «Українська енергетика UA-Energy.org». Як Україна вимірює забруднення повітря. URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/yak-ukraina-vymiriuiie-zabrudnennia-povitria> (дата звернення: 07.02.2020).
119. Air quality in Europe – 2019 report. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2019> (дата звернення: 12.01.2020).
120. Кольцов М., Шевченко Л. Моніторинг якості атмосферного повітря: український та міжнародний досвід [Аналітична записка] / ГО «Фундація «Відкрите Суспільство». Київ, 2018. 13 с. URL: [https://openaccess.org.ua/data/blog\\_dwnl/Analitichna\\_zapiska\\_atmosferne\\_povitrya.pdf](https://openaccess.org.ua/data/blog_dwnl/Analitichna_zapiska_atmosferne_povitrya.pdf).
121. US EPA. Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index (AQI). 2012. 26 p.
122. Services to develop an EU Air Quality Index. EU AQI Final report – Issue 1.1. Report for European Commission DG ENV. Energy & Environment - Ricardo PLC. 2013. 30p.
123. Про метрологію та метрологічну діяльність: закон України від 05.06.2014 р. № 1314-VII // Офіційний вісник України. 2014. № 54. Ст. 1439. С. 11.
124. EcoInfo. Стан повітря в точці. URL: <https://ecoinfo.pro> (дата звернення: 17.01.2020).
125. Моніторинг довкілля. Пілотний проект Дніпропетровської області. URL: [http://tnr.kpi.ua/images/Org\\_robota/Monitoring\\_Angurets.pdf](http://tnr.kpi.ua/images/Org_robota/Monitoring_Angurets.pdf) (дата звернення: 14.01.2020).
126. Центр екологічного моніторингу. URL: <https://ecomonitoring.info/> (дата звернення: 15.01.2020).

127. Проект громадського моніторингу якості повітря EcoCity. URL: <https://ecocity.org.ua/> (дата звернення: 11.01.2020).
128. SaveDnipro / ГО «Збережи Дніпро». URL: <https://www.savednipro.org/> (дата звернення: 09.01.2020).
129. Звіт про діяльність SaveDnipro в 2019 році. URL: [https://www.savednipro.org/wp-content/uploads/2020/01/SaveDnipro\\_Report\\_2019\\_UKR.pdf](https://www.savednipro.org/wp-content/uploads/2020/01/SaveDnipro_Report_2019_UKR.pdf) (дата звернення: 10.01.2020).
130. SaveDnipro. Мапа якості атмосферного повітря. URL: <https://www.saveecobot.com/maps> (дата звернення: 19.02.2020).
131. Kyiv Smart Environmental. Managing Air Quality URL: <https://air.kyivsmartcity.com/> (дата звернення: 17.02.2020).
132. Бабков В.С., Ткаченко Т.Ю. Анализ математических моделей распространения примесей от точечных источников // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка». Донецьк, 2011. Вып. 13 (185). С. 147-155.
133. Берланд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнений в атмосфере. Л. : Гидрометеиздат, 1985. 272 с.
134. Белихов А.Б., Лесотин Д.Л., Сухов А.К. Современные компьютерные модели распространения загрязняющих веществ в атмосфере // Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова. 2013. № 1. С. 14-19.
135. Seaman N.L. Meteorological modeling for air-quality assessments // Atmospheric Environment. 2013. Vol. 34. P. 2231-2259. DOI: 10.1016/S1352-2310(99)00466-5.
136. U.S. Environmental Protection Agency. Guidance on the Application of Refined Dispersion Models for Hazardous/Toxic Air Releases / Office of Air Quality Planning and Standards. EPA-454/R-93-002. 1993. 925 p.

137. Turner D.B. Workbook of atmospheric dispersion estimates: an introduction to dispersion modeling. 2nd ed. CRC Press, 1994. P. 192. URL: [www.crcpress.com](http://www.crcpress.com) (дата звернення: 08.02.2020).
138. Barrat R. Atmospheric Dispersion Modelling. 1st ed. London : Earthscan Publications, 2001. 166 p.
139. Schnelle K. B., Dey P. R. Atmospheric Dispersion Modeling Compliance Guide. 1st ed. McGraw-Hill Professional, 1999. 562 p.
140. Seinfeld J.H. Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. New York : John Wiley and Sons, 2016. 1152 p.
141. Pasquill F. Atmospheric Dispersion Parameters in Gaussian Plume Modeling. Part II. Possible Requirements for Change in the Turner Workbook Values. EPA-600/4-76-030b. U.S. Environmental Protection Agency, 1974. 53 p.
142. Бызова Н.Л., Гарнер Е.К., Иванов В.Н. Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчет распространения примеси. Л. : Гидрометеиздат, 1991. 368 с.
143. Павлий В.А. Построение информационной модели расчета распространения примеси в приземном слое атмосферы над территориально-распределенными объектами // Системний аналіз у науках про природу та суспільство. 2011. Вип. 1. С. 71-81.
144. Zannetti P. Numerical simulation modeling of air pollution: overview // Air pollution. Southampton : Computations Mechanics publications, 1993. P. 3-14.
145. Moussiopoulo, N., Berge E., Bohler T., de Leeuw F.A.A.M., Grønskei K., Mylona S., and Tombrou M. Ambient air quality, pollutant dispersion and transport models. EEA Topic Report no 19. Copenhagen, 1996. 98 p.
146. Машихина П. Б. Моделирование распространения примеси в атмосфере с учетом рельефа местности // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2009. №27. С. 138-142.
147. AERMOD. URL: <https://www.enviroware.com/aermod/> (дата звернення: 17.02.2020).

148. Cimorelli A.J., Perry S.G., Venkatram A., Weil J.C., Paine R., Wilson R.B. et al. AERMOD: A Dispersion Model for Industrial Source Applications. Part I: General Model Formulation and Boundary Layer Characterization // Journal of Applied Meteorology. 2004. Vol 44. P. 682-693.
149. Perry S.G., Cimorelli A.J., Paine R.J., Brode R.W., Weil J.C., Venkatram A. et al. AERMOD: A Dispersion Model for Industrial Source Applications. Part II: Model Performance against 17 Field Study Databases // Journal of Applied Meteorology. 2005. Vol. 44(5). P. 694-708.
150. Cimorelli A.J., Perry S.G., Venkatram A., Weil J.C., Paine R.J., Wilson R.B. et al. AERMOD: Description of Model Formulation / EPA-454/R-03-004 September, 2004 URL: [https://www3.epa.gov/scram001/7thconf/aermod/aermod\\_mfd.pdf](https://www3.epa.gov/scram001/7thconf/aermod/aermod_mfd.pdf) (дата звернення: 04.01.2020).
151. Kumar A., Dikshit A., Fatima S., Patil R. Application of WRF Model for Vehicular Pollution Modelling Using AERMOD // Atmospheric and Climate Sciences. 2015. Vol. 5. P. 57-62. doi: 10.4236/acs.2015.52004.
152. Official CALPUFF Modeling System. URL: <http://www.src.com/> (дата звернення: 15.01.2020).
153. Brown S.G., Eberly Sh., Paatero P., Norris G.A. Methods for estimating uncertainty in PMF solutions: Examples with ambient air and water quality data and guidance on reporting PMF results // Science of The Total Environment. 2015. Vol. 518–519. P. 626-635.
154. Positive Matrix Factorization Model for Environmental Data Analyses. URL: <https://www.epa.gov/air-research/positive-matrix-factorization-model-environmental-data-analyses> (дата звернення: 09.01.2020).
155. AUSTAL2000. URL: <http://www.austal2000.de/de/home.html> (дата звернення: 02.02.2020).



156. Air Quality Dispersion Modeling - Preferred and Recommended Models. URL: <https://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-preferred-and-recommended-models> (дата звернення: 25.01.2020).
157. Perry S.G. CTDMPLUS: A Dispersion Model for Sources near Complex Topography. Part I: Technical Formulations // Journal of Applied Meteorology. 1992. Vol. 31, no. 7. P. 633–645.
158. Адаменко М.І., Кацман М.Д., Білецька Є.С. Аналіз існуючих математичних моделей і комп'ютерних програм для прогнозування розповсюдження забруднюючих речовин в атмосфері // Системи обробки інформації. 2018. Вип. 1. С. 155-162.
159. ЕОЛ 2000. URL: <http://www.sfund.kiev.ua/ukr/products/ecology.htm> (дата звернення: 01.02.2020).
160. Горячев Г.В., Гаврилюк М.А. Моделирование распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе с использованием ГИС-технологий по методике ОНД-86 // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. 2009. №3. URL: <https://trudy.vntu.edu.ua/index.php/trudy/article/view/157>.
161. Тунакова Ю.А., Григорьева И.Г., Шагидуллина Р.А. Области применения моделей для расчета распределения примесей в приземном слое атмосферного воздуха // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №20. С. 163-165.
162. CALRoads View Traffic Air Dispersion Model. URL: <https://www.weblakes.com/products/calroads/index.html> (дата звернення: 17.01.2020).
163. List of atmospheric dispersion models. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_atmospheric\\_dispersion\\_models](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_atmospheric_dispersion_models) (дата звернення: 22.01.2020).

164. Whole model's catalogue. URL: <https://web.archive.org/web/20071102135620/http://pandora.meng.auth.gr/mds/strquery.php?wholedb> (дата звернення: 24.01.2020).
165. Michalakopoulos T.N., Panagiotou G.N. Mine Planning and Equipment Selection 2000. 1st ed. London : CRC Press, 2000. 992 p. <https://doi.org/10.1201/9780203747124>.
166. HAMS-GPS PSM/EHS Management Software. URL: <https://www.hams-gps.net/> (дата звернення: 08.02.2020).
167. Wang Y.Q., Zhang X.Y., Draxler R.R. TrajStat: GIS-based software that uses various trajectory statistical analysis methods to identify potential sources from long-term air pollution measurement data // Environmental Modelling & Software. 2009. Vol. 24, Issue 8. P. 938-939.
168. Кацман М. Д. Методологічні засади організації управління екологічною безпекою під час ліквідування наслідків аварійних ситуацій на залізничному транспорті : дис. ... доктора техн. наук : 21.06.01 – «Екологічна безпека» / Національний авіаційний університет. К., 2018. 380 с.
169. Шаталов А.А., Лисанов М.В., Печеркин А.С., Пчельников А.В., Сумской С.И. Методика расчета распространения аварийных выбросов, основанная на модели рассеивания тяжелого газа // Вопросы безопасности в промышленности. 2004. № 9. С. 46-52.
170. ALOHA / Office of Response and Restoration. URL: <https://response.restoration.noaa.gov/aloha> (дата звернення: 17.01.2020).
171. Environment and Human Health : Joint EEA-JRS Report / European Environment Agency. Copenhagen, 2013. 112 p.
172. Доклад о ситуации в области неинфекционных заболеваний в мире, 2010 г. Женева : ВОЗ, 2013. 172 с.
173. Landrigan P.J., Fuller R., Acosta N.R. et al. The Lancet Commission on pollution and health // Lancet. 2018. Vol. 391. P. 464–512.

174. Lee K.K., Miller M. R., Shah S. V. Air Pollution and Stroke // *Journal of Stroke*. 2018. Vol. 20(1). P. 2-11
175. Lelieveld J., Klingmüller K., Pozzer A. et al. Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions // *European Heart Journal*. 2019. Vol. 40. P. 1590–1596.
176. Lelieveld J., Haines A., Pozzer A. Age-dependent health risk from ambient air pollution: a modelling and data analysis of childhood mortality in middle-income and low-income countries // *Lancet Planet Health*. 2018. Vol. 2. P. 292–300.
177. Dominici F., Peng R.D., Bell M.L. et al. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases // *JAMA*. 2006. Vol. 295(10). P. 1127–1134.
178. Gold D.R., Samet J.M. Air pollution, climate, and heart disease // *Circulation*. 2013. Vol. 128. P. 411-414.
179. Слаутенко Є.Г. Нові інструменти оцінки небезпеки для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря свинокомплексами // *Медичні перспективи*. 2018. Т. 23, № 1. С. 96-100.
180. Новиков С.М., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А., Воробьева Л.М., Горяев Д.В. и др. Сравнительная оценка канцерогенных рисков здоровью населения при многосредовом воздействии химических веществ // *Гигиена и санитария*. 2015. Т. 94, № 2. С. 88-92.
181. Климов П.В., Суржиков В.Д., Суржиков Д.В., Большаков В.В. Оценка антропогенного загрязнения атмосферного воздуха г. Новокузнецка // *Вестник Кемеровского гос. университета*. 2011. № 2. С. 190-194.
182. Голиков Р.А., Суржиков Д.В., Кислицына В.В., Штайгер В.А. Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье населения (обзор литературы) // *Научное обозрение. Медицинские науки*. 2017. № 5. С. 20-31.
183. Рибалова О.В., Варламов Є.М., Гаджиєв Е.Н. Визначення ризику для здоров'я людей від впливу шкідливих викидів при виробництві мінеральної

- вати // The Scientific Heritage. 2017. № 10 (10). Pt.3 (Budapest, Hungary). P. 52-58.
184. Рибалова О. В., Белан С. В. Комплексна оцінка екологічної небезпеки промислового підприємства на прикладі Зміївської ТЕС // Scientific Journal «ScienceRise». 2014. №5/2(4). P. 43-49.
185. Lelieveld J., Evans J.S., Fnais M. et al. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale // Nature. 2015. Vol. 525. P. 367–371.
186. Osunsanya T., Prescott G., Seaton A. Acute Respiratory Effects of Particles: Mass or Number? // Occupational and Environmental Medicine. 2001. Vol. 58 (3). P. 154-159.
187. Nanotechnology: Ultrafine Particle Research / Environmental Protection Agency. 26 February 2008. Retrieved 2009-05-15.
188. Howard C.V. Statement of Evidence. Particulate Emissions and Health. Proposed Ringaskiddy Waste-to-Energy Facility. 2009. URL: <https://www.nottinghamshire.gov.uk/media/110338/kc3-particulate-emissions-and-health-statement-of-evidence-to-ringaskiddy-inquiry.pdf>.
189. Krivoshto I., Richards J.R., Albertson T.E., Derlet R.W. The Toxicity of Diesel Exhaust: Implications for Primary Care // Journal of the American Board of Family Medicine. 2008. Vol. 21, № 1. P. 55.
190. Bates D.V. Ambient ozone and mortality // Epidemiology. 2005. Vol. 16 (4). P. 427–429.
191. Ревич Б.А. «Горячие точки» химического загрязнения окружающей среды и здоровье населения России. М. : Акрополь, 2007. С. 37-185.
192. Ревич Б.А., Авалиани С.Л., Тихонова Г.И. Основы оценки воздействия загрязненной окружающей среды на здоровье человека. М. : Акрополь, 2004. С. 80-114.
193. Василенко И.Я., Василенко О.И. Медицинские проблемы техногенного загрязнения окружающей среды // Гигиена и санитария. 2006. № 1. С. 22-25.

194. Авалиани С.Л., Андрианова М.М., Печенникова Е.В. Окружающая среда. Оценка риска для здоровья (мировой опыт) / Консультационный центр по оценке риска. М., 1996. С. 9 - 78.
195. Киселев А.В., Фридман К.Б. Оценка риска здоровью. М. - СПб, 1997. С. 7-58.
196. Заболотских В.В., Васильев А.В., Терещенко Ю.П., Васильев В.А. Методология оценки рисков здоровью населения урбанизированных территорий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т.18, №5(2). С. 284-289.
197. Kenessary D., Kenessary A., Adilgireiuly Z., Akzholova N., Erzhanova A. et al. Air Pollution in Kazakhstan and Its Health Risk Assessment // Ann Glob Health. 2019. Vol. 85(1). 133. P.1-9.
198. Швагер О.В. Гігієнічна оцінка ролі пріоритетних канцерогенних сполук атмосферного повітря у формуванні онкологічної захворюваності населення міста : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.02.01 – гігієна та професійна патологія. Київ, 2014. 20 с.
199. Горова А.І., Бучавий Ю.В., Колесник В.Є. Удосконалення системи інформування про ризики для здоров'я населення через забруднення атмосферного повітря // Медична інформатика та інженерія. 2016. № 2. С. 21–25.
200. Бучавий Ю.В. Прогнозування ризиків для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря викидами підприємств Дніпропетровської області : автореф. дис. ... канд. біол. наук: 14.03.11. Київ, 2017. 22 с.
201. Білецька Е.М., Онул Н.М, Ніконенко В.І. Металургійні підприємства як джерело забруднення атмосферного повітря та фактор ризику погіршення здоров'я населення // Медичні перспективи. 2018. Т. 23, № 3(1). С. 17-22.
202. Капранов С.В., Ноженко А.А. Оценка риска для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха в городе с крупными производствами

- черной металлургии и коксохимии // Гигиена населенных мест : сб. науч. пр. К., 2013. Вып. 62. С. 50-53.
203. Белоконь К.В., Манідіна Є.А., Куранова Я.О. Дослідження впливу викидів металургійних підприємств на забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя // Металургія. 2018. Вып. 1 (39). С. 136-140.
204. Першегуба Я.В. Гігієнічна оцінка комплексного (аерогенного і перорального) навантаження хімічних канцерогенів на населення великого міста за критерієм ризику: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.02.01. К., 2010. 20 с.
205. Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В., Говорун А. Г., Корпач А. О. Екологія автомобільного транспорту: навч. посіб. / Національна транспортна академія. К. : Основа, 2002. 312 с.
206. Паращієнко І.М., Воронова Т.С., Гончаренко І. В. Визначення рівня ризику на здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря автотранспортом (на прикладі Шевченківського району міста Полтава) // Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия: Безопасность жизнедеятельности. 2018. Вып. 105. С.79-87.
207. Германович Ф.А., Амвросьев П.А., Просвирякова И.А. Практика применения процедуры оценки риска в г. Минске // Современные проблемы гигиены города, методология и пути решения: материалы пленума научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды РАМН и Минздравсоцразвития РФ (21–22 декабря 2006 г., г. Москва, РФ). М., 2006. С. 74–76.
208. Авалиани С.А., Буштуева К.А., Андрианова И.М., Безпалько Л.А. Оценка вклада выбросов автотранспорта в интегральную характеристику риска загрязнений воздушной среды // Гигиена и санитария. 2002. № 6. С. 21–25.
209. Chen H., Goldberg M.S., Burnett R.T. et al. Long-term exposure to traffic-related air pollution and cardiovascular mortality // Epidemiology. 2013. Vol.24. P. 35–43.

210. Cesaroni G., Forastiere F., Stafoggia M. et al. Long term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: prospective cohort study and meta-analysis in 11 European cohorts from the ESCAPE Project // *BMJ*. 2014. Vol. 348. f7412. doi: 10.1136/bmj.f7412.
211. Raza A., Bellander T., Bero-Bedada G. et al. Short-term effects of air pollution on outof-hospital cardiac arrest in Stockholm // *Eur. Heart. J.* 2014. Vol. 35. P. 861–868.
212. Watkins A., Danilewitz M., Kusha M. et al. Air pollution and arrhythmic risk: the smog is yet to clear // *Can. J. Cardiol.* 2013. Vol. 29. P. 734–741.
213. Shah A.S., Langrish J.P., Nair H. et al. Global association of air pollution and heart failure: a systematic review and meta-analysis // *Lancet*. 2013. Vol. 382. P. 1039–1048.
214. Miller M.R., Shah A. Ambient particles and cerebrovascular disease // *Inflammation, Aging and Oxidative Stress* / Bondy S.C., Campbell A. (eds). 2016. P. 133–160.
215. Hoffmann B., Moebus S., Kroger K. et al. Residential exposure to urban air pollution, ankle–brachial index, and peripheral arterial disease // *Epidemiology*. 2009. Vol. 20. P. 280–288.
216. Peng R.D., Chang H.H., Bell M.L. et al. Coarse particulate matter air pollution and hospital admissions for cardiovascular and respiratory diseases among Medicare patients // *JAMA*. 2008. Vol. 299. P. 2172–2179.
217. Baccarelli A., Martinelli I., Pegoraro V. et al. Living near major traffic roads and risk of deep vein thrombosis // *Circulation*. 2009. Vol. 119. P. 3118–3124.
218. Cui Y., Sun Q., Liu Z. Ambient particulate matter exposure and cardiovascular diseases: a focus on progenitor and stem cells // *J. Cell Mol. Med.* 2016. Vol. 20. P. 782–793.
219. Ruttens D., Verleden S.E., Bijmans E.M. et al. An association of particulate air pollution and traffic exposure with mortality after lung transplantation in Europe // *Eur. Respir. J.* 2017. Vol. 49. 1600484. DOI: 10.1183/13993003.00484-2016.

220. Münzel T., Gori T., Al-Kindi S., Deanfield J., Lelieveld J., Daiber A., Rajagopalan S. Effects of gaseous and solid constituents of air pollution on endothelial function // *European Heart Journal*. 2018. Vol. 39(38). P. 3543–3550.
221. Miller M.R. The role of oxidative stress in the cardiovascular actions of particulate air pollution // *Biochem. Soc. Trans.* 2014. Vol. 42. P.1006–1011.
222. Miller M.R., Shaw C.A., Langrish J.P. From particles to patients: oxidative stress and the cardiovascular effects of air pollution // *Future Cardiol.* 2012. Vol. 8. P. 77–602.
223. Seaton A., MacNee W., Donaldson K., Godden D. Particulate air pollution and acute health effects // *Lancet*. 1995. Vol. 345. P. 176–178.
224. D'Amato G., Cecchi L., D'Amato M., Liccardi G. Urban air pollution and climate change as environmental risk factors of respiratory allergy: an update // *J. Investig. Allergol. Clin Immunol.* 2010. Vol. 20(2). P. 95-102.
225. Kim Dasom, Chen Zi, Zhou Lin-Fu, Huang Shou-Xiong. Air pollutants and early origins of respiratory diseases // *Chronic. Dis. Transl. Med.* 2018. Vol. 4, Issue 2. P. 75-94.
226. Tsai D.H., Amyai N., Marques-Vidal P. et al. Effects of particulate matter on inflammatory markers in the general adult population // *Part Fibre Toxicol.* 2012. Vol. 9. P. 24.
227. Ghio A.J., Kim C., Devlin R.B. Concentrated ambient air particles induce mild pulmonary inflammation in healthy human volunteers // *Am J. Respir. Crit. Care Med.* 2000. Vol. 162 (3, Pt 1). P. 981–988.
228. Hoffmann B., Moebus S., Dragano N. et al. Chronic residential exposure to particulate matter air pollution and systemic inflammatory markers // *Environ. Health Perspect.* 2009. Vol. 117. P. 1302–1308.
229. Mills N.L., Törnqvist H., Robinson S.D. et al. Diesel exhaust inhalation causes vascular dysfunction and impaired endogenous fibrinolysis // *Circulation.* 2005. Vol. 112. P. 3930–3936.



230. Gong K.W., Zhao W., Li N. et al. Air-pollutant chemicals and oxidized lipids exhibit genome-wide synergistic effects on endothelial cells // *Genome Biol.* 2007. Vol. 8. P. 149.
231. Brüske I., Hampel R., Baumgärtner Z. et al. Ambient air pollution and lipoprotein-associated phospholipase A(2) in survivors of myocardial infarction // *Environ. Health Perspect.* 2011. Vol. 119. P. 921–926.
232. Oberdörster G., Sharp Z., Atudorei V. et al. Extrapulmonary translocation of ultrafine carbon particles following whole-body inhalation exposure of rats // *J. Toxicol Environ. Health A.* 2002. Vol. 65. P.1531–1543.
233. Aung H.H., Lane M.W., Gohil K. et al. Comparative gene responses to collected ambient particles in vitro: endothelial responses // *Physiol. Genomics.* 2011. Vol. 43. P. 917–929.
234. Lee C.C., Huang S.H., Yang Y.T. et al. Motorcycle exhaust particles up-regulate expression of vascular adhesion molecule-1 and intercellular adhesion molecule-1 in human umbilical vein endothelial cells // *Toxicol. in Vitro.* 2012. Vol. 26. P. 552–560.
235. Montiel-Dávalos A., Alfaro-Moreno E., López-Marure R. PM2.5 and PM10 induce the expression of adhesion molecules and the adhesion of monocytic cells to human umbilical vein endothelial cells // *Inhal Toxicol.* 2007. Vol. 19. Suppl 1. P. 91–98.
236. Sumanasekera W.K., Ivanova M.M., Johnston B.J. et al. Rapid effects of diesel exhaust particulate extracts on intracellular signaling in human endothelial cells // *Toxicol. Lett.* 2007. Vol. 174. P.61–73.
237. Chao M.W., Kozlosky J., Po I.P. et al. Diesel exhaust particle exposure causes redistribution of endothelial tube VE-cadherin // *Toxicology.* 2011. Vol. 279. P. 73–84.
238. Li R., Ning Z., Cui J. et al. Diesel exhaust particles modulate vascular endothelial cell permeability: implication of ZO-1 expression // *Toxicol. Lett.* 2010. Vol. 197. P.163–168.

239. Miller M.R., Raftis J.B., Langrish J.P. et al. Inhaled nanoparticles accumulate at sites of vascular disease // *ACS Nano*. 2017. Vol. 11. P. 4542–4552.
240. Pope C.A., Verrier R.L., Lovett E.G. et al. Heart rate variability associated with particulate air pollution // *Am. Heart J.* 1999. Vol. 138. P. 890–899.
241. Pieters N., Plusquin M., Cox B. et al. An epidemiological appraisal of the association between heart rate variability and particulate air pollution: a meta-analysis // *Heart*. 2012. Vol. 98. P. 1127–1135.
242. Tsuji H., Larson M.G., Venditti F.J. et al. Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events. The Framingham Heart Study // *Circulation*. 1996. Vol. 94, P. 2850-2855.
243. La Rovere M.T., Pinna G.D., Maestri R. et al. Short-term heart rate variability strongly predicts sudden cardiac death in chronic heart failure patients // *Circulation*. 2003. Vol. 107. P. 565–570.
244. Wang T., Lang G.D., Moreno-Vinasco L. et al. Particulate matter induces cardiac arrhythmias via dysregulation of carotid body sensitivity and cardiac sodium channels // *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol.* 2012. Vol. 46. P.524–531.
245. Nadziejko C., Fang K. et al. Effect of particulate and gaseous pollutants on spontaneous arrhythmias in aged rats // *Inhal. Toxicol.* 2004. Vol. 16. P.373–380.
246. Chung J.W., Bang O.Y., Ahn K. et al. Air pollution is associated with ischemic stroke via cardiogenic embolism // *Stroke*. 2017. Vol. 48 (1). P.17–23.
247. Dockery D.W., Pope C.A., Xu X et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities // *N. Engl. J. Med.* 1993. Vol. 329 (24). P. 1753–1759.
248. Peters A., Dockery D.W., Muller J.E., Mittleman M.A. Increased particulate air pollution and the triggering of myocardial infarction // *Circulation*. 2001. Vol. 103 (23). P. 2810–2815.
249. Urch B., Silverman F., Corey P. et al. Acute blood pressure responses in healthy adults during controlled air pollution exposures // *Environ. Health Perspect.* 2005. Vol. 113 (8). P. 1052-1055.

250. Yang B.Y., Qian Z., Howard S.W. et al. Global association between ambient air pollution and blood pressure: a systematic review and meta-analysis // *Environ. Pollut.* 2018. Vol. 235. P. 576–588
251. Mills N.L., Tornqvist H., Gonzalez M.C. et al. Ischemic and thrombotic effects of dilute diesel-exhaust inhalation in men with coronary heart disease // *N. Engl. J. Med.* 2007. Vol. 357 (11). P.1075–1082.
252. Devlin R.B., Ghio A.J., Kehrl H., Sanders G., Cascio W. Elderly humans exposed to concentrated air pollution particles have decreased heart rate variability // *Eur. Respir. J. Suppl.* 2003. Vol. 40. P. 76–80.
253. Brook R.D., Brook J.R., Urch B. et al. Inhalation of fine particulate air pollution and ozone causes acute arterial vasoconstriction in healthy adults // *Circulation.* 2002. Vol. 105 (13). P. 1534–1536.
254. Barath S., Langrish J.P., Lundback M. et al. Short-term exposure to ozone does not impair vascular function or affect heart rate variability in healthy young men // *Toxicol. Sci.* 2013. Vol. 135 (2). P. 292–299.
255. Anderson H.R., Favarato G., Atkinson R. Long-term exposure to air pollution and the incidence of asthma: meta-analysis of cohort studies // *Air Qual. Atmos. Health.* 2013. Vol. 6. P. 47–56.
256. Bowatte G., Lodge C.J., Knibbs L.D. et al. Traffic-related air pollution exposure is associated with allergic sensitization, asthma, and poor lung function in middle age // *J. Allergy Clin. Immunol.* 2016. Vol. 139 (1). P. 122–129.
257. Weuve J., Kaufman J.D., Szpiro AA. et al. Exposure to Traffic-Related Air Pollution in Relation to Progression in Physical Disability among Older Adults // *Environ. Health Perspect.* 2016. Vol. 124(7). P. 1000-1008.
258. Barath S., Mills N.L., Lundback M. et al. Impaired vascular function after exposure to diesel exhaust generated at urban transient running conditions // *Part Fibre. Toxicol.* 2010. Vol. 7. P. 19.

259. Rice M.B., Ljungman P.L., Wilker E.H. et al. Long-term exposure to traffic emissions and fine particulate matter and lung function decline in the Framingham Heart Study // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2015. Vol. 191 (6). P. 656–664.
260. Young M.T., Sandler D.P., DeRoo L.A. et al. Ambient air pollution exposure and incident adult asthma in a nationwide cohort of U.S. women // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2014. Vol. 190 (8). P. 914–921.
261. Schraufnagel D.E., Balmes J.R., Cowl C.T. et al. Air pollution and noncommunicable diseases: a review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee, part 1: the damaging effects of air pollution // *Chest* 2019. Vol. 155(20). P. 409–416.
262. Munzel T., Sorensen M., Gori T. et al. Environmental stressors and cardio-metabolic disease: part I – epidemiologic evidence supporting a role for noise and air pollution and effects of mitigation strategies // *Eur. Heart J.* 2017. Vol. 38 (8). P. 550–556.
263. Rajagopalan S., Brook R.D. Air pollution and type 2 diabetes: mechanistic insights // *Diabetes.* 2012. Vol. 61 (12). P. 3037–3045.
264. Xu X., Nie S., Ding H., Hou F.F. Environmental pollution and kidney diseases // *Nat. Rev. Nephrol.* 2018. Vol. 14. P. 313–324.
265. Nagel G., Stafoggia M., Pedersen M. et al. Air pollution and incidence of cancers of the stomach and the upper aerodigestive tract in the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE) // *Int. J. Cancer.* 2018. Vol. 17. P. 86.
266. Janitz A.E., Campbell J.E., Magzamen S. et al. Traffic-related air pollution and childhood acute leukemia in Oklahoma // *Environ. Res.* 2016. Vol. 148. P. 102–111.
267. Abegunde A.T., Muhammad B.H., Bhatti O., Ali T. Environmental risk factors for inflammatory bowel diseases: evidence based literature review // *World J. Gastroenterol.* 2016. Vol. 22 (27). P. 6296–6317.

268. Prada D., Zhong J., Colicino E. et al. Association of air particulate pollution with bone loss over time and bone fracture risk: analysis of data from two independent studies // *Lancet. Planet Health*. 2017. Vol. 1 (8). P. 337–347.
269. Kim J.W., Park S., Lim C.W. et al. The role of air pollutants in initiating liver disease // *Toxicol. Res*. 2014. Vol. 30. P. 65–70.
270. Kim K.E., Cho D., Park H.J. Air pollution and skin diseases: adverse effects of airborne particulate matter on various skin diseases // *Life Sci*. 2016. Vol. 152. P. 126–134.
271. Zhao C.N., Xu Z., Wu G.C. et al. Emerging role of air pollution in autoimmune diseases // *Autoimmun Rev*. 2019. Vol. 18 (6). P. 607–614.
272. Carre J., Gatimel N., Moreau J., Parinaud J., Leandri R. Does air pollution play a role in infertility? A systematic review // *Environ. Health*. 2017. Vol. 16. P. 82.
273. Kilian J., Kitazawa M. The emerging risk of exposure to air pollution on cognitive decline and Alzheimer's disease—evidence from epidemiological and animal studies // *Biomed. J*. 2018. Vol. 41. P. 141–162.
274. Allen J.L., Klocke C., Morris-Schaffer K. et al Cognitive effects of air pollution exposures and potential mechanistic underpinnings // *Curr. Environ Health Rep*. 2017. Vol. 4. P. 180-191.
275. Li X., Huang S., Jiao A. et al. Association between ambient fine particulate matter and preterm birth or term low birth weight: an updated systematic review and meta-analysis // *Environ. Pollut*. 2017. Vol. 227. P. 596–605.
276. Grippo A., Zhang J., Chu L. et al. Air pollution exposure during pregnancy and spontaneous abortion and stillbirth // *Rev. Environ. Health*. 2018. Vol. 33 (3). P. 247–264.
277. Jung C.R., Chen W.T., Tang Y.H., Hwang B.F. Fine particulate matter exposure during pregnancy and infancy periods and incident asthma // *J. Allergy Clin. Immunol*. 2019. Vol. 143 (6). P. 2254–2262.
278. Klepac P., Locatelli I., Korosec S., Kunzli N, Kukec A. et al. Ambient air pollution and pregnancy outcomes: a comprehensive review and identification of

- environmental public health challenges // *Environ. Res.* 2018. Vol. 167. P. 144–159.
279. Nieuwenhuijsen M.J., Basagana X., Dadvand P. et al. Air pollution and human fertility rates // *Environ. Int.* 2014. Vol. 70. P. 9-14.
280. Mahalingaiah S., Hart J.E., Laden F. et al. Adult air pollution exposure and risk of infertility in the Nurses' health study II // *Human Reprod.* 2016. Vol. 31 (3). P. 638-647.
281. Slama R., Bottagisi S., Solansky I. et al. Shortterm impact of atmospheric pollution on fecundability // *Epidemiology.* 2013. Vol. 24(6). P. 871-879.
282. Dejmek J., Jelinek R., Solansky I. et al. Fecundability and parental exposure to ambient sulfur dioxide // *Environ. Health Perspect.* 2000. Vol. 108 (7). P. 647–654.
283. Flores-Pajot M.C., Ofner M., Do M.T. et al. Childhood autism spectrum disorders and exposure to nitrogen dioxide, and particulate matter air pollution: a review and meta-analysis // *Environ Res.* 2016. Vol. 151. P. 763–776.
284. Kaplan G.G., Tanyingoh D., Dixon E. et al. Ambient ozone concentrations and the risk of perforated and nonperforated appendicitis: a multicity case-crossover study // *Environ. Health Perspect.* 2013. Vol. 121 (8). P. 939-943.
285. Barth A., Brucker N., Moro AM. et al. Association between inflammation // *Sci. Pollut. Res. Int.* 2016. Vol. 24 (1). P. 353-362.
286. Walton R.T., Mudway I.S., Dundas I. et al. Air pollution, ethnicity and telomere length in east London schoolchildren: an observational study // *Environ. Int.* 2016. Vol. 96. P. 41-47.
287. Cao Y. Environmental pollution and DNA methylation: carcinogenesis, clinical significance, and practical applications // *Front. Med.* 2015. Vol. 3. P. 261-274.
288. Ding R., Jin Y., Liu X. et al. Characteristics of DNA methylation changes induced by traffic-related air pollution // *Mutat. Res Genet. Toxicol. Environ. Mutagen.* 2016. Vol. 796. P. 46-53.

289. Byun H.M., Barrow T.M. Analysis of pollutant-induced changes in mitochondrial DNA methylation // *Methods Mol. Biol.* 2015. Vol. 1265. P. 271-283.
290. WHO. Report on the Global Tobacco Epidemic. 2017. Geneva : WHO, 2017. URL: [https://www.who.int/tobacco/global\\_report/2017/en/](https://www.who.int/tobacco/global_report/2017/en/) (дата звернення: 17.02.2020).
291. Митчелл Э. Руководство по ГИС анализу. Часть 1: Пространственные модели и взаимосвязи. М. : Стилос, 2000. P. 198.
292. Ночвай В., Криваковська Р., Іщук О. Використання ГІС у задачах управління якістю повітря /В. Ночвай, Р. Криваковська, О. Іщук. // *Електроніка та інформаційні технології.* 2012. №2. С. 154–163.
293. Proposed guidance for air dispersion modeling. RFP #SSB-034875 / Ontario Ministry of the Environment. Toronto, 2003. 98 p. URL: [https://archive.org/stream/8628.ome/8628\\_djvu.txt](https://archive.org/stream/8628.ome/8628_djvu.txt) (дата звернення: 12.02.2020).
294. Руководство по эксплуатации анализатора пыли APDA-371 в атмосферном воздухе / HORIBA Europe GmbH. 2010. 31p.
295. Ambient O<sub>3</sub> monitor APOA-370 Operation Manual. URL: [https://www.horiba.com/fileadmin/uploads/Process-Environmental/Documents/Manuals\\_US/Ambient/APOA-370\\_Operation\\_manual\\_e.pdf](https://www.horiba.com/fileadmin/uploads/Process-Environmental/Documents/Manuals_US/Ambient/APOA-370_Operation_manual_e.pdf) (дата звернення: 09.02.2020).
296. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных. К., 2006. С. 31-93.
297. Min-Der Lin, Yung-Chang Lin. The application of GIS to air quality analysis in Taichung City, Taiwan, ROC // *Environmental Modelling & Software.* 2002. Vol. 17. P. 11–19.
298. Ліщенко Л.П., Рябоконеко С.О., Федоровський О.Д. Використання нових функціональних можливостей ГІС-технологій для підвищення оцінки екологічного стану територій // *Геоінформатика.* 2005. № 1. С. 86–90.

299. Уфимцев А.Е., Ермак А.А. Использование данных дистанционного зондирования Земли при организации рационального землепользования // Вестник ЮГУ. 2014. №3 (34). С. 70-73.
300. ArcGis 10.1 manual. URL: <http://geo-tiff.com/Outlines/ArcMapManual.pdf> (дата звернения: 09.02.2020)
301. ESCAPE –European Study of Cohorts for Air Pollution Effects / European Commission Project. URL:<http://www.escapeproject.eu/> (дата звернения: 09.02.2020).
302. Guideline on Air Quality Models (revised) / Environmental Protection Agency. Washington, 1986. 320 p.
303. Hanna S R. Review of atmospheric diffusion models for regulatory applications. Technical Report N-8312662 / World Meteorological Organization. Geneva, 1982. 52 с.
304. Монин А.С., Обухов А.М. Основные закономерности турбулентного перемешивания в приземном слое атмосферы // Тр. Геофизин. АН СССР. 1954. № 24. С. 163–187.
305. Auer A.H.Jr. Correlation of Land Use and Cover with Meteorological Anomalies // Journal of Applied Meteorology. 1978. 17(5). P. 636–643.
306. Mapping the impacts of recent natural disasters and technological accidents in Europe: Environmental Issue Report № 35 / Office for Official Publicatios of the European Communities. Luxembourg, 2004. P. 6 – 17.
307. Jarup L. Health and Environment Information Systems for Exposure and Disease Mapping and Risk Assessment // Environmental Health Perspectives. 2004. Vol. 112, № 9. P. 995 – 997.
308. Nuckols J., Ward M., Jarup L. Using Geographic Information Systems for Exposure Assessment in Environmental Epidemiology Studies // Environmental Health Perspectives. 2004. Vol. 112, № 9. P. 1007 - 1015.
309. Meteorological Model Performance for Annual 2016 Simulation WRF v3.8. URL: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2020->



- [10/documents/met\\_model\\_performance-2016\\_wrf.pdf](https://www.epa.gov/scram001/7thconf/aermod/aermetugb.pdf) (дата звернення: 20.01.2020).
310. Hanna S.R., White J., Zhou Y. Observed winds, turbulence, and dispersion in built-up downtown areas of Oklahoma City and Manhattan // Bound. Layer Met. 2007. Vol. 125. P. 441–468.
311. User's Guide for the AERMOD Meteorological Preprocessor (AERMET). EPA-454/B-03-002 / U.S. Environmental Protection Agency. 2004. 252 p. URL: <https://www3.epa.gov/scram001/7thconf/aermod/aermetugb.pdf> (дата звернення: 19.02.2020).
312. Herring S., Huq P. A Review of Methodology for Evaluating the Performance of Atmospheric Transport and Dispersion Models and Suggested Protocol for Providing More Informative Results // Fluids. 2018. Vol. 3(1). 20 p.
313. USGS EROS Archive - Digital Elevation - Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global. URL: [https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1-arc?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1-arc?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects) (дата звернення: 15.02.2020).
314. Авалиани С.Л., Балбус Д., Голуб А.А., Сафонов Г.В. Управление окружающей средой на основе методологии анализа риска. Москва, 2010. 187 с.
315. Covello V.T., Sandman P.M., Slovic P. Risk communication, Risk Statistics, and Risk comparisons : a Manual for Plant Managers / Chemical Manufacturers Assosiation. Washington, 1988. 122 p.
316. Черниченко И.А., Сердюк А.М., Литвиченко О.Н., Баленко Н.В. Гигиеническое регламентирование и риск // Гигиена и санитария. 2006. № 1. С. 30-32.
317. Курляндский Б. А., Филов В.А. Общая токсикология. М. : Медицина, 2002. С. 256 - 408.

318. US EPA. Integrated Risk Information System. URL: <http://www.epa.gov/iris> (дата звернення: 02.03.2020).
319. Centers for Disease Control and Prevention URL: <http://www.cdc.gov/nioch/RTECS> (дата звернення: 05.02.2020).
320. National Ambient Air Quality Standards (NAAQS). URL: <http://www.epa.gov/air/criteria.html> (дата звернення: 18.02.2020).
321. National Certificate of Educational Achievement URL: <http://www.nzqa.govt.nz/ncea/> (дата звернення: 02.03.2020).
322. California Environmental Protection Agency (CalEPA). OEHHA Acute, 8-hour and Chronic Reference Exposure Level (REL). Summary. URL: <https://oehha.ca.gov/air/general-info/oehha-acute-8-hour-and-chronic-reference-exposure-level-rel-summary> (дата звернення: 19.02.2020).
323. US EPA. Methods for Derivation of Inhalation Reference Concentrations and Application of Inhalation Dosimetry. URL: <https://www.epa.gov/risk/methods-derivation-inhalation-reference-concentrations-and-application-inhalation-dosimetry> (дата звернення: 26.01.2020).
324. US EPA. Health Effects Assessment Summary Tables (Heast). URL: <https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=2877> (дата звернення: 29.01.2020).
325. US EPA. National Service Center for Environmental Publications (NSCEP). NATICH Database Report On State, Local, And EPA Air Toxics Activities. URL: <https://www.epa.gov/nscep> (дата звернення: 29.01.2020).
326. ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. URL: <https://www.atsdr.cdc.gov/> (дата звернення: 27.01.2020).
327. Турос О.І., Петросян А.А., Картавцев О.М., Вознюк О.В., Михіна Л.І., Мельник Є.А. Патент № 33659 UA, МПК А61В 10/00. Спосіб визначення осереднених концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі / заявник і власник ДУ «ІГМЕ ім. О. М. Марзєєва АМНУ». №и 200800699 ; заявл. 21.01.2008 ; опубл. 10.07.2008, Бюл.№13.

328. Турос О.І., Петросян А.А., Слаутенко Є.Г., Моргульова В.В., Маремуха Т.П. Деклараційний патент на корисну модель (51) А61В 10/00. Спосіб визначення розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі». Заявник і власник ДУ «ІГЗ ім. О. М. Марзєєва НАМНУ». № 131880 (11); заявл. 11.02.2019; Бюл. № 3.
329. Картавцев О.М., Турос О.І., Вознюк О.В., Петросян А.А. Розрахунок усереднених концентрацій забруднюючих речовин від викидів об'єктів паливно-енергетичного комплексу при визначенні експозиції в процесі оцінки ризику для здоров'я населення // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2009. Вип. 54. С. 67 - 72.
330. US EPA. Policy for Risk Characterization. Washington, 1995. 41 p.
331. Dockery D.W., Pope C.A. Acute respiratory effects of particulate air pollution // Ann. Rev. Public Health. 1994. № 15. P. 107–132.
332. Zhang X.-X., Chen X., Wang Z.-F., Guo Y.-H., Li J. et al. Dust deposition and ambient PM10 concentration in Northwest China: spatial and temporal variability // Atmospheric Chemistry and Physics. 2017. Vol. 17, No 3. P. 1699–1711.
333. Просвирякова И.А., Шевчук Л.М. Гигиеническая оценка содержания твердых частиц рm10 и рm2.5 в атмосферном воздухе и риска для здоровья жителей в зоне влияния выбросов стационарных источников промышленных предприятий // Анализ риска здоровью. 2018. №2. С. 14–22.
334. Загороднов С.Ю. Пылевое загрязнение атмосферного воздуха города как недооцененный фактор риска здоровью человека // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Серия. Прикладная экология. Урбанистика. 2018. № 2. С. 124–133.
335. Петросян А.А., Черненко Л.М. Аналіз міжнародних законодавчих документів, які регулюють якість атмосферного повітря // Медичні перспективи. 2016. Т. XXI, №1. С. 130-133.
336. Петросян А.А. Оцінка ризику для здоров'я населення як інструмент еколого-гігієнічної діагностики // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки

- України (п'ятнадцяті марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. (15-16 жовт. 2019 р.). К., 2019. С. 89 – 91.
337. Петросян А.А. Використання оцінки ризику при управлінні якістю повітря та збереженні громадського здоров'я // Довкілля та здоров'я. 2016. № 2(78). С. 47-50.
338. Турос О.І., Петросян А.А. Методичні питання щодо впровадження методології оцінки ризику для здоров'я населення органами державної санітарно-епідеміологічної служби України // Східноєвропейський журнал громадського здоров'я (матеріали міжнародної наук.-практ. конференції, присвяченої Всесвітньому дню здоров'я). 2011. № 1 (13). С. 247-248.
339. Anuarul statistical Republicii Moldova (Статистический ежегодник Республики Молдова). Chişinău: Biroul Naţional de Statisticăal Republicii Moldova, 2016. 688 p.
340. Медведева И.В. Охрана окружающей среды в республике Беларусь : стат. сб. /Национальный статистический комитет республики Беларусь. Минск, 2016. 248 с.
341. Статистичні дані по викидам Азербайджану. URL: <https://www.stat.gov.az/source/environment/?lang=enm> (дата звернення: 12.03.2020).
342. Про викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря в Грузії. URL: [https://www.geostat.ge/media/29425/0804\\_180220\\_GE.pdf](https://www.geostat.ge/media/29425/0804_180220_GE.pdf) (дата звернення: 12.03.2020).
343. Про викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря у Вірменії. URL: <https://www.armstat.am/en/?nid=12&id=14001> (дата звернення: 12.03.2020).
344. Про викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря в Республіці Казахстан. URL: <https://stat.gov.kz/official/industry/157/statistic/6> (дата звернення: 12.03.2020).
345. Петросян А.А., Моргульова В.В. Використання моделювання забруднення атмосферного повітря в сельбищних зонах // Актуальні питання гігієни та

- екологічної безпеки України (чотирнадцять марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. (11-12 жовт. 2018 р.). К., 2018. С. 209-211.
346. Janssen N., Mehta S. Human exposure to air pollution // Air quality guidelines for Europe. Geneva : WHO, 2006. P.61-85.
347. Турос О.І., Моргульова В.В, Петросян А.А, Парсаданян К.Г. Нові інформаційні ресурси в гігієні атмосферного повітря // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (одинадцять марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. Івано-Франківськ, 2015. С. 328-330.
348. Турос О.І., Маремуха Т.П., Петросян А.А., Моргульова В.В. Використання даних дистанційного зондування Землі високої роздільної здатності (космічні знімки) при вирішенні еколого-гігієнічних питань // Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки : Шоста Всеукраїнська конференція «GEO-UA». К., 2018. С. 66-67.
349. Morhulova V., Petrosian A., Maremukha T. Improved methods of assessing the impact of air pollution on public health // ISES, ISIAQ – 2019. – SU-PO-18. P.19.
350. Наукові дослідження з оцінки ризику для здоров'я населення, обумовленого забрудненням атмосферного повітря викидами стаціонарних джерел Приватного акціонерного товариства з іноземними інвестиціями „Дніпропетровський олійно-екстракційний завод”, розташованого за адресою: 49000, Дніпропетровська область, м. Дніпро, вул. Князя Ярослава Мудрого, 46 : звіт про НДР. ДУ «ІГЗ НАМНУ». Київ, 2017. 138 с.
351. Наукові дослідження з обґрунтування встановлення розміру санітарно-захисної зони для установки підготовки та стабілізації вуглеводневої сировини у зв'язку з реконструкцією нафтобази ТОВ «ПОЛТАВАВТОРМА» (розташованої у Шишацькому районі Полтавської області) на підставі оцінки ризику для здоров'я населення : звіт про НДР. ДУ «ІГЗ НАМНУ». Київ, 2016. 101 с.
352. Турос О.І., Петросян А.А., Черненко Л.М., Давиденко Г.М., Маремуха Т.П. Недосконалість системи моніторингу атмосферного повітря та шляхи її

- поліпшення // Східноєвропейський журнал громадського здоров'я (матеріали міжнародної наук.-практ. конференції, присвяченої Всесвітньому дню здоров'я). 2012. № 1 (17). С. 267-268.
353. Науковий супровід проекту «Організація, розбудова та удосконалення регіональної автоматизованої мережі спостережень за станом атмосферного повітря Дніпропетровській області» : звіт про НДР. ДУ «ІГЗ НАМНУ». Київ, 2018. 102 с.
354. Турос О.І., Петросян А.А., Картавцев О.М., Давиденко Г.М., Кобзаренко І.В. Оцінка токсичності викидів стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря в контексті аналізу ризику для здоров'я населення // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2010. Вип. 55. С. 35-42.
355. Турос О.І., Маремуха Т.П., Кобзаренко І.В., Петросян А.А., Михіна Л.І., Брезіцька Н.В., Давиденко Г.М., Харченко К.О. Забруднення атмосферного повітря зваженими частками пилу ( $ЗЧ_{10}$  и  $ЗЧ_{2,5}$ ) у Деснянському районі м. Києва // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. Вип. 67. К., 2017. С. 31-37.
356. Turos O., Maremukha T., Petrosian A., Brezitska N., Mykhina L., Ananyeva O. Study of air pollution by particulate matter ( $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$ ) in Kyiv, Ukraine // ISES, ISIAQ. 2019. TU-PO-36. P. 214.
357. Турос О.І., Маремуха Т.П., Петросян А.А., Брезіцька Н.В. Дослідження забруднення атмосферного повітря зваженими частинками пилу ( $PM_{10}$  та  $PM_{2,5}$ ) у м. Києві // Довкілля та здоров'я. 2018. №4(89). С. 36-39.
358. Shelestov A., Kolotii A., Borisova T., Turos O., Milinevsky G., Gomilko I., Bulanay T., Fedorov O., Shumilo L., Pidgorodetska L., Kolos L., Borysov A., Pozdnyakova N., Chunikhin A., Dudarenko M., Petrosian A., Danylevsky V., Miatselskaya N., Choliy V. Essential variables for air quality estimation // International Journal of Digital Earth. 2020. Vol. 13(2). P. 278-298.
359. Турос О.І., Ковтуненко І.М., Петросян А.А. Оцінка експозиційного навантаження на організм людини – критерій безпеки дії пилоквих

- аероалергенів атмосферного повітря // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2013. Вип. 62. С. 42-46.
360. Rodinkova V. Pollen calendar in Vinnitsa (Ukraine), 1999-2000 years study // Allergy as a Global Problem : abstract book of the XXII Congress of European Academy of Allergology and Clinical Immunology. Paris, 2003. P. 395–396.
361. Маремуха Т.П., Петросян А.А. Загрязнение атмосферного воздуха фракциями мелкодисперсной пыли ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ) в районе функционирования угольной ТЭС // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. Минск, 2016. Вып. 26. С. 39-42.
362. Турос О.І., Кобзаренко І.В., Михіна Л.І., Петросян А.А., Маремуха Т.П., Моргульова В.В., Брезіцька Н.В. Визначення рівнів масової концентрації озону в приземному шарі атмосферного повітря // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (п'ятнадцяті марзеевські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. (15-16 жовт. 2019 р.). К., 2019. С. 85-87.
363. Tuross O., Petrosian A., Kobzarenko I., Kharchenko K., Maremukha T., Ananyeva O. Measurement of ambient ozone ( $O_3$ ) levels, correlation with the  $NO_x$  levels and the development of the monitoring network for  $O_3$  // ISES, ISIAQ. 2019. SU-PO-14. P.41.
364. Потемкин В.Л., Потемкина Т.Г., Гусева Е.А. Динамика атмосферного озона в условиях высокогорья // Вестник ИрГТУ. 2015. №3 (98). С. 93-98.
365. Tuross O., Maremukha T., Petrosian A., Mykhina L., Morhulova V. Integral indicators as tools for air quality assessment // Довкілля та здоров'я. 2019. №1(90). С. 51-55.
366. Турос О.І., Петросян А.А., Михіна Л.І., Маремуха Т.П. Проблеми якості повітря в Україні та оцінки його впливу на громадське здоров'я // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (дванадцяті марзеевські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. Київ, 2016. С. 131-132.
367. Турос О.І., Черненко Л.М., Петросян А.А. Спосіб розробки технологічного нормативу допустимих викидів вуглецю оксиду від агломераційних машин

- підприємств гірничо-металургійного комплексу України // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. Вип. 66. К., 2015. С. 36-44.
368. Турос О.І., Петросян А.А., Ананьєва О.В., Моргульова В.В., Кобзаренко І.В. Розробка технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин на підставі оцінки ризику для здоров'я населення // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (дванадцяті марзєєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. Київ, 2016. С. 128-130.
369. Турос О.І., Петросян А.А., Маремуха Т.П., Черненко Л.М. Використання оцінки ризику для здоров'я населення при розробці технологічних нормативів допустимих викидів / ДУ «ІГМЕ ім. О.М. Марзєєва НАМН України»; Санітарно-епідеміологічна станція Державного управління справами. К., 2015. 3 с. (Укрмедпатентінформ МОЗ України / Інформаційний лист про нововведення № 334-2015).
370. Петросян А.А., Моргульова В.В. Моделювання розповсюдження забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери, обумовлене діяльністю підприємств гірничо-металургійного комплексу України // Українсько-польська конференція «Проблеми забруднення та очистки повітря: контроль, моніторинг, каталітичні, фотокаталітичні та сорбційні методи очистки : матеріали конференції (6-8 листопада 2016 р., м. Київ). Київ, 2016. С. 103-104.
371. Turos O., Petrosian A., Ananyeva O., Morgulova V. Development of emission standards for metallurgical industry based on results of human health risk assessment // ISES – 2016 – Annual Conference (Oct. 09-13, 2016): abstracts. Utrecht, Netherlands, 2016. Abstract number :Tu-Po-13.P. 477. URL: <https://ises2016.org/wp-content/uploads/2016/10/ISES-2016-abstractbook-DEF-161014.pdf>). (дата звернення: 16.02.2020)
372. Наукові дослідження та рекомендації щодо регулювання викидів забруднюючих речовин від устаткування для виробництва чавуну підприємств гірничо-металургійного комплексу України на підставі оцінок



- ризика для здоров'я населення : звіт про НДР. ДУ «ІГЗ НАМНУ». Київ, 2015. 229 с.
373. Наукові дослідження щодо регулювання викидів оксидів вуглецю від агломераційних машин підприємств гірничо-металургійного комплексу на підставі оцінок ризику для здоров'я населення : звіт про НДР. ДУ «ІГЗ НАМНУ». Київ, 2010. 116 с.
374. Наукові дослідження щодо регулювання викидів вуглецю оксиду від устаткування для виробництва сталі в конвертерах підприємств гірничо-металургійного комплексу на підставі оцінок ризику для здоров'я населення : звіт про НДР. ДУ «ІГЗ НАМНУ». Київ, 2014. 143 с.
375. Наукові дослідження щодо регулювання викидів вуглецю оксиду від устаткування для виробництва вапна підприємств України на підставі оцінок ризику для здоров'я населення : звіт про НДР. ДУ «ІГЗ НАМНУ». Київ, 2014. 167 с.
376. Турос Е.И., Петросян А.А. Внедрение оценки риска для здоров'я населения при управлении качеством атмосферного воздуха в Украине // Формирование и реализация экологической политики на региональном уровне : сб. матер. VI Всероссийской научно-практ. конф. с международ. участием (24-25 октября 2013, Ярославль). Ярославль, 2013. С. 99-103.
377. Пинигин М.А., Антипова Н.Д., Заброта Н.Н. Приемлемый риск здоровью как критерий установления размера санитарно-защитных зон // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2011. Т. 10, № 2. С. 439–443.
378. Боев В.М., Киреев А.А., Осиян С.А., Карпенко И.Л., Боев В.В. Практическое применение методологии оценки аэрогенного риска для здоровья населения при обосновании санитарно-защитной зоны // Гигиена и санитария. 2009. № 4. С. 82–83.
379. Беляев Е.Н., Фокин М.В., Новиков С.М., Прусаков В.М., Шашина Т.А., Шаяхметов С.Ф. Актуальные проблемы совершенствования оценки риска

- здоров'ю населення для забезпечення санітарно-епідеміологічного благополуччя // Гігієна і санітарія. 2013. № 5. С. 53–55.
380. Турос О.І., Петросян А.А., Маремуха Т.П., Моргульова В.В. Переваги використання оцінки ризику для здоров'я населення при обґрунтуванні розмірів санітарно-захисних зон для теплоенергетичних об'єктів // Довкілля та здоров'я. 2018. №3(88). С. 45-49.
381. Слаутенко Е.Г., Петросян А.А. Гигиеническое обоснование размеров санитарно-защитных зон для свиноподкомплексов средней мощности с учетом особенностей распространения запахообразующих химических веществ в атмосферном воздухе // Проблемы здоровья и экологии (Гомель). 2018. №1 (55). С. 98-101.
382. Турос О.І., Петросян А.А., Ананьєва О.В., Картавцев О.В. Розширення можливостей санітарно-епідеміологічної експертизи при обґрунтуванні встановлення розміру санітарно-захисної зони для феросплавного підприємства на етапі управління ризиком // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2013. Вип. 61. С. 62-70.
383. Турос О.І., Петросян А.А., Картавцев О.М. Порівняльний аналіз концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери при проведенні інструментальних та розрахункових досліджень // Гігієнічна наука та практика: сучасні реалії : матеріали XV з'їзду гігієністів України (20-21 вер. 2012 р., Львів). Львів, 2012. С. 260-262.
384. Turos O., Petrosian A., Zvinchuk O., Ananyeva O. Measurement and modeling of the variability of air pollution by heavy metals in one of the Ukrainian cities with the metallurgical industry // ISES – 2015 – Annual Conference (Oct. 18-22, 2015): abstracts. Henderson, Nevada, USA, 2015. Abstract number: Su-P-58. P. 32. URL: [http://www.isesweb.org/Meetings/Docs/ISES2015\\_AbstractBook%20FINAL.pdf](http://www.isesweb.org/Meetings/Docs/ISES2015_AbstractBook%20FINAL.pdf)( дата звернення: 19.02.2020).
385. Турос О.І., Петросян А.А., Ананьєва О.В., Картавцев О.М., Загородній В.В. Порівняльний аналіз ризику для здоров'я населення від викидів

- промислових підприємств різних галузей народно-господарської діяльності // Довкілля та здоров'я. 2012. № 4 (63). С. 34-38.
386. Caldwell J.C., Serdyuk A., Turos O., Petrosian A., Kartavtsev O., Avaliani S., Golub A., Strukova E., Brody M. Risk Assessment Capacity Building Program in Zaporizhzhia, Ukraine: Emissions Inventory Construction, Ambient Modeling, and Hazard Results // Journal of Environmental Protection. 2013. Vol. 4. P.1476-1487.
387. Турос Е.И., Петросян А.А., Картавец О.Н., Ананьева О.В., Маремуха Т.П. Роль оценки риска для здоровья населения в интегрированном управлении качеством воздуха // Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей : сб. ст. Том I. М., 2012. С. 737-740.
388. Petrosian A., Turos O., Voznyuk O., Kartavtsev O. Inhalation Impact of Metallurgy Enterprises Emissions on Human Health (Exposure and Risk Assessments) // ISES – 2011 (Oct. 23-27, 2011): abstract compilation. Baltimore, MD (USA), 2011. Abstract number : TT06-02. P. 180.
389. Суржиков Д.В. Кислицына В.В., Голиков Р.А., Суржикова Р.Н. Оценка риска для здоровья населения от загрязнения воздуха выбросами новокузнецкого опытного завода технологического оборудования // Медицина в Кузбассе. 2019. Том 18. № 1. С. 35.
390. Куркатов С.В., Тихонова И.В., Иванова О.Ю. Оценка риска воздействия атмосферных загрязнений на здоровье населения г. Норильска // Гигиена и санитария. 2015. № 94(2). С. 28-31.
391. Шевчук Л.М., Толкачёва Н.А., Пшегорода А.Е., Семёнов И.П. Гигиеническая оценка влияния на здоровье населения загрязнения атмосферного воздуха с учетом комбинированного действия химических веществ в зоне расположения предприятия химической промышленности. Минск, 2015. С. 40-46.

392. Рубан Е.В., Козловська Т.Ф. Оцінка ризику для здоров'я населення м. Рубіжне при забрудненні атмосферного повітря // Вісник КНУ імені Михайла Остроградського. 2011. № 3. С. 145-150.
393. Малоног К. П. Гігієнічна оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря міста з розвинутою хімічною промисловістю : автореф. дис. ... канд. біол. наук : спец. 14.02.01 «Гігієна та професійна патологія». Київ, 2007. 20 с.
394. Сеницын И.С. Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха города Ярославля на заболеваемость органов дыхания // Ярославский педагогический вестник. 2011. Том III. №1. С. 190-194.
395. Назарова В.В. Оценка риска воздействия загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения крупного промышленного города // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Безопасность жизнедеятельности. 2013. № 71(1). С. 166-170.
396. Кислицына В.В., Ликонцева Ю.С., Суржиков Д.В., Голиков Р.А. Оценка риска воздействия атмосферных выбросов обогатительной фабрики на здоровье населения // Медицина труда и промышленная экология. 2020. №3. С.184-188.
397. Сучков В.В., Семаева Е.А. Оценка риска здоровью населения самары и новокуйбышевска от загрязнения атмосферного воздуха // Гигиена и санитария. 2017. №96(8). С.729-733.
398. Сучков В.В., Семаева Е.А. Взаимосвязь величин предельно допустимых концентраций и уровня риска здоровью для аэрополлютантов // Гигиена и санитария. 2017. №96(5). С.442-445.
399. Суржиков Д.В., Кислицына В.В. Корсакова Т.Г. Оценка риска для здоровья населения промышленного города от атмосферных выбросов завода строительных изделий // Медицина в Кузбассе. 2017. Т. 16. № 3. С. 47-51.
400. Турос О.І., Слаутенко Є.Г., Петросян А.А., Моргульова В.В. Сучасні можливості оцінки забруднення атмосферного повітря підприємствами

- свинарської галузі // Вісник Вінницького національного медичного університету. 2018. №1(22). С. 217-221.
401. Слаутенко Є.Г., Петросян А.А. До питання вивчення впливу на здоров'я населення забруднення атмосферного повітря свинокомплексами // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (чотирнадцяті марзєєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. (11 – 12 жовт. 2018 р.). К., 2018. С. 85-88.
402. Шевчук Л.М., Науменко Т.Е. Применение дифференцированной шкалы оценки класса опасности предприятия для обоснования мероприятий по защите здоровья населения от воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе // Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2010. Т. 9. №2. С. 133-137.
403. Leonardos G., Kendall D., Barnard N. Odor Threshold Determinations of 53 Odorant Chemicals // Journal of the Air Pollution Control Association. 2012. Vol. 19, № 2 P.94-95.
404. Турос О.І., Слаутенко Є.Г., Моргульова В.В., Петросян А.А., Ананьєва О.В. Визначення розповсюдження хімічних забруднюючих речовин з вираженими запахоутворюючими властивостями, що утворюються в процесі діяльності свинокомплексів / ДУ «ІГЗ ім. О.М. Марзєєва НАМН України». К., 2017. 4 с. (Укрмедпатентінформ / Інформаційний лист №300-2017).
405. Васильев А. А. Антропогенные риски здоровью населения малого промышленного города : автореф. дис. ... канд. мед. наук : спец. 14.00.07 «Гигиена». Оренбург, 2005. 24 с.
406. Бакиров А.Б., Сулейманов Р.А., Валеев Т.К., Бактыбаева З.Б., Рахматуллин Н.Р., Степанов Е.Г., Давлетнуров Н.Х. Эколого-гигиеническая оценка канцерогенного риска здоровью населения техногенных территорий Республики Башкортостан // Медицина труда и экология человека. 2018. №3. С. 5-12.

407. Mudu P., Terracini B., Martuzzi M. Human Health in Areas with Industrial Contamination. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe, 2014. 380 p.
408. Turos O., Petrosian A., Voznyuk O. Assessment of Human Health Risk Attributed to Ambient Air Pollution Formed by Different Types of Industries in Ukraine // ISES – 2011 (Oct. 23-27, 2011): abstract compilation. Baltimore, MD (USA), 2011. Abstract number : WT06-05. P. 227.
409. Turos O., Petrosian A., Ananyeva O., Morgulova V. Incorporation human health risk assessment into system of air quality regulation // EuNetAirNewsletter. COST Action TD 1105. Iss. 8. 2016. P. 8. URL : <http://www.cost.eunetair.it/>
410. Turos O., Petrosian A., Ananyeva (Voznyuk) O. Approaches to Exposure and Human Health Risk Assessment Related to Ambient Air Pollution // ISES – 2012 (Oct. 28 - Nov. 1, 2012): abstract compilation. Seattle, Washington (USA), 2012. Abstract number : TuP-06. P.150.
411. Турос О.І., Давиденко Г.М., Петросян А.А. та ін. Соціальні втрати здоров'я населення, обумовлені промисловим забрудненням атмосферного повітря // Актуальні питання захисту довкілля та здоров'я населення України: результати наукових розробок 2014 р. Київ, 2015. С. 8-34.
412. Turos O., Petrosian A., Davydenko G. Ananyeva O. Social Costs of Air Pollution in Population Highly Exposed to Industrial Emissions // ISES – 2014 – Annual Conference (Oct. 12-16, 2014): abstracts. Cincinnati, Ohio, USA, 2014. Abstract number : Su-P-52. P.25.
413. Романів М.П. Медико-статистична оцінка статево-вікової структури захворюваності та смертності від онкологічних захворювань в Україні // Вісник наукових досліджень. 2017. №1. С. 85-90.
414. Давиденко Г.М., Петросян А.А. Дослідження забруднення атмосферного повітря зваженими частками пилу: оцінка наслідків // Вісник Вінницького національного медичного університету. 2017. №1, Ч. 1 (Т. 21). С. 165-168.
415. Турос О.І., Петросян А.А., Давиденко Г.М., Близнюк В.В., Ананьєва О.В., Севальнєв А.І. Аналіз оцінки соціальних втрат здоров'я населення,

- обумовлених забрудненням атмосферного повітря (на прикладі викидів ЗЧ<sub>10</sub>) // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2012. Вип. 59. С. 52-57.
416. Турос О.І., Петросян А.А., Давиденко Г.М. Оцінка соціальних втрат здоров'я населення, зумовлених промисловим забрудненням атмосферного повітря викидами зважених часток (ЗЧ<sub>10</sub>) // Медичні перспективи. 2017. Т. 22, № 1. С. 97-102.
417. Турос О.І., Петросян А.А., Вознюк О.В., Давиденко Г.М., Картавцев О.М. Оцінка інгаляційного впливу зважених часток (ЗЧ<sub>10</sub>) на здоров'я населення, що проживає в промислових містах України // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (сьомі марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. (15-16 вер. 2011 р.). Київ, 2011. С. 117-118.
418. Турос О.І., Петросян А.А., Давиденко Г.М., Близнюк В.В., Ананьєва О.В. Оцінка соціальних втрат здоров'я населення, яке проживає в умовах високих експозицій забруднення атмосферного повітря викидами зважених часток від промислових підприємств // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (десяті марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. К., 2014. С. 142-143.
419. Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А., Михіна Л.І., Маремуха Т.П., Сухачов Д.С. Деклараційний патент на корисну модель (51) А61В 10/00. Спосіб прогнозування забруднення атмосферного повітря викидами автомобільного транспорту. Заявник і власник ДУ «ІГМЕ ім. О. М. Марзеєва НАМНУ». №96939 від 25.02.2015 р., Бюл.№4.
420. Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А., Михіна Л.І., Маремуха Т.П., Ліхобицький І.В., Сухачов Д.С. Вдосконалення підходів до оцінки кількісного впливу забруднення атмосферного повітря, обумовленого викидами автомобільного транспорту та визначення зон підвищеного ризику для здоров'я населення / ДУ «ІГЗ ім. О.М. Марзеєва НАМН України». К., 2015. 4 с. (Укрмедпатентінформ МОЗ України / Інформаційний лист про нововведення № 227-2015).

421. Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А. та ін. Вдосконалення гігієнічної оцінки забруднення атмосферного повітря викидами автомобільного транспорту // Актуальні питання захисту довкілля та здоров'я населення України: результати наукових розробок 2014 р. Київ, 2015. С. 240-275.
422. Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А. Вдосконалення підходів до кількісної оцінки забруднення атмосферного повітря викидами автомобільних транспортних засобів // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2014. Вип. 63. С. 22-31.
423. Ананьєва О.В., Петросян А.А. Изучение закономерностей формирования загрязнения атмосферного воздуха выбросами автомобильного транспорта // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. Минск, 2014. Вып. 24. С. 49-55.
424. Турос Е.И., Ананьєва О.В., Петросян А.А. Исследование влияния выбросов автомобильного транспорта на здоровье населения на основании показателей риска (пример Соломенского района г. Киева) // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. Минск, 2013. Вип. 22. С.112-117.
425. Турос О.І., Вознюк О.В., Петросян А.А., Картавцев О.М. Просторове поширення викидів азоту діоксиду та оцінка ризику для здоров'я населення від автомобільного транспорту у одному з промислових міст України // Східноєвропейський журнал громадського здоров'я (матеріали міжнародної наук.-практ. конференції, присвяченої Всесвітньому дню здоров'я). 2011. № 1 (13). С. 246-247.
426. Voznyuk O., Turos O., Petrosian A., Kartavtsev O. Children Exposure to NO<sub>2</sub> Close to Busy Intersections in Zaporizhia, Ukraine // ISES – 2011 (Oct. 23-27, 2011): abstract compilation. Baltimore, MD (USA), 2011. Abstract number : TT07-03. P. 183.
427. Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А. Оцінка експозиції забрудненим повітрям у салоні пасажирських транспортних засобів // Актуальні проблеми транспортної медицини : навколишнє середовище; професійне здоров'я; патологія. 2015. №4. Т. 2 (42-2). С. 25-31.



428. Popov O., Yatsyshyn A., Kovach V., Artemchuk V., Kameneva I. et al. Risk Assessment for the Population of Kyiv, Ukraine as a Result of Atmospheric Air Pollution // *Journal of Health & Pollution*. 2020. Vol. 10 (25). 200303.
429. Мезенцева Н.І., Батиченко С.П., Мезенцев К.В. Захворюваність і здоров'я населення в Україні: суспільно-географічний вимір: монографія. К. : Прінт Сервіс, 2018. 136 с.
430. Турос О.І., Петросян А.А., Ананьєва О.В., Маремуха Т.П., Кобзаренко І.В. Використання оцінки ризику для здоров'я населення в системі управління якості повітря // *Збірник законодавчих та нормативно-правових актів, які регулюють діяльність суб'єктів господарювання в частині запобігання несприятливого впливу на стан здоров'я і життя людини шкідливих факторів атмосферного повітря*. Київ, 2014. С. 15-20.
431. Турос О.І., Петросян А.А., Ананьєва О.В., Маремуха Т.П. Оцінка ризику для здоров'я населення як інструмент управління якістю повітря // *Казантип Еко-2013 : сб. тр. XXI Международной научно-практ. конф. (3-7 июня 2013 г.)*. Том 2. Щелкино, АР Крым, 2013. С. 256-261.
432. Турос О.І., Близнюк В.В., Давиденко Г.М., Петросян А.А. Обґрунтування підходів до оцінки соціальних втрат, обумовлених підвищеними ризиками від дії забрудненого атмосферного повітря для здоров'я населення України / ДУ «ІГЗ ім. О.М. Марзєєва НАМН України»; ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України». К., 2015. 6 с. (Укрмедпатентінформ МОЗ України / Інформаційний лист про нововведення № 150-2015).
433. Турос О.І., Близнюк В.В., Давиденко Г.М., Петросян А.А. Обґрунтування доцільності поєднання різних економічних підходів та методології оцінки ризику для здоров'я населення при оцінках соціально-економічних збитків здоров'я населення / ДУ «ІГЗ ім. О.М. Марзєєва НАМН України»; ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України». К., 2015. 5 с. (Укрмедпатентінформ МОЗ України / Інформаційний лист про нововведення № 149-2015).

434. Давиденко Г.М., Петросян А.А., Близнюк В.В. Економічні оцінки збитків від передчасної смертності внаслідок захворювань дихальних шляхів // Довкілля та здоров'я. 2017. № 2. С. 39-44.
435. Петросян А.А. Аналіз ризику для здоров'я дитячого населення, яке проживає в зонах забруднення атмосферного повітря викидами сірки діоксиду // Медичні перспективи. 2015. Т. XX, №4. С. 91-97.
436. Petrosian A., Tuross O., Ananyeva O., Zagorodniy V., Chernenko L. Risk of asthmatic morbidity in children exposed to sulfur dioxide industrial emissions // ISEE, ISES, ISIAQ –2013 – Annual Conference (Aug. 19-23, 2013): abstracts. Basel, Switzerland, 2013. Abstract number: O-4-14-06. P.239.
437. Комплексний аналіз впливу виробничих об'єктів ПАТ «ПВДГЗК» на екологічну обстановку території та здоров'я населення Новолатівської сільської ради : звіт про НДР. ДУ «ІГЗ НАМНУ». Київ, 2017. 298 с.

## ДОДАТКИ

### ДОДАТОК А

#### СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1) наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

*- у наукових фахових виданнях України та наукових періодичних виданнях інших держав:*

1. Турос О.І., Петросян А.А., Картавцев О.М., Давиденко Г.М., Кобзаренко І.В. Оцінка токсичності викидів стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря в контексті аналізу ризику для здоров'я населення // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2010. Вип. 55. С. 35-42. *(участь в аналізі і узагальненні результатів, підготовка висновків)*
2. Турос О.І., Петросян А.А., Ананьєва О.В., Картавцев О.М., Загородній В.В. Порівняльний аналіз ризику для здоров'я населення від викидів промислових підприємств різних галузей народно-господарської діяльності // Довкілля та здоров'я. 2012. № 4 (63). С. 34-38. *(проведення наукових досліджень, обґрунтування висновків)*
3. Турос О.І., Петросян А.А., Давиденко Г.М., Близнюк В.В., Ананьєва О.В., Севальнєв А.І. Аналіз оцінки соціальних втрат здоров'я населення, обумовлених забрудненням атмосферного повітря (на прикладі викидів ЗЧ<sub>10</sub>) // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2012. Вип. 59. С. 52-57. *(проведення розрахунків, аналіз отриманих результатів, підготовка висновків)*
4. Турос О.І., Петросян А.А., Ананьєва О.В., Картавцев О.В. Розширення можливостей санітарно-епідеміологічної експертизи при обґрунтуванні встановлення розміру санітарно-захисної зони для феросплавного підприємства на етапі управління ризиком // Гігієна населених місць : зб.

- наук. пр. К., 2013. Вип. 61. С. 62-70. *(участь в аналізі і узагальненні результатів, підготовка висновків)*
5. Турос О.І., Ковтуненко І.М., Петросян А.А. Оцінка експозиційного навантаження на організм людини – критерій безпеки дії пилоквих аероалергенів атмосферного повітря // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2013. Вип. 62. С. 42-46. *(участь у проведенні розрахунків, аналіз та узагальнення результатів)*
  6. Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А. Вдосконалення підходів до кількісної оцінки забруднення атмосферного повітря викидами автомобільних транспортних засобів // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2014. Вип. 63. С. 22-31. *(участь у проведенні натурних досліджень, підготовка висновків)*
  7. Петросян А.А. Аналіз ризику для здоров'я дитячого населення, яке проживає в зонах забруднення атмосферного повітря викидами сірки діоксиду // Медичні перспективи. 2015. Т. XX, №4. С. 91-97. *(ідея роботи, проведення наукових досліджень, обґрунтування висновків)*
  8. Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А. Оцінка експозиції забрудненим повітрям у салоні пасажирських транспортних засобів // Актуальні проблеми транспортної медицини : навколишнє середовище; професійне здоров'я; патологія. 2015. №4. Т. 2 (42-2). С. 25-31. *(статистична обробка та аналіз одержаних результатів)*
  9. Петросян А.А., Черненко Л.М. Аналіз міжнародних законодавчих документів, які регулюють якість атмосферного повітря // Медичні перспективи. 2016. Т. XXI, №1. С. 130-133. *(ідея роботи, збір міжнародних законодавчих документів для аналізу, підготовка висновків)*
  10. Турос О.І., Петросян А.А., Давиденко Г.М. Оцінка соціальних втрат здоров'я населення, зумовлених промисловим забрудненням атмосферного повітря викидами зважених часток (ЗЧ<sub>10</sub>) // Медичні перспективи. 2017. Т. 22, № 1. С. 97-102. *(участь у зборі первинних матеріалів, проведення математичного моделювання та узагальнення результатів)*

11. Давиденко Г.М., Петросян А.А. Дослідження забруднення атмосферного повітря зваженими частками пилю: оцінка наслідків // Вісник Вінницького національного медичного університету. 2017. №1, Ч. 1 (Т. 21). С. 165-168. *(участь у зборі первинних матеріалів, проведення математичного моделювання)*
12. Турос О.І., Слаутенко Є.Г., Петросян А.А., Моргульова В.В. Сучасні можливості оцінки забруднення атмосферного повітря підприємствами свинарської галузі // Вісник Вінницького національного медичного університету. 2018. №1(22). С. 217-221. *(участь у проведенні натурних досліджень, математичне моделювання та узагальнення результатів)*
13. Турос О.І., Петросян А.А., Маремуха Т.П., Моргульова В.В. Переваги використання оцінки ризику для здоров'я населення при обґрунтуванні розмірів санітарно-захисних зон для теплоенергетичних об'єктів // Довкілля та здоров'я. 2018. №3(88). С. 45-49. *(ідея роботи, участь в аналізі і узагальненні результатів, підготовка висновків)*
14. Турос О.І., Маремуха Т.П., Петросян А.А., Брезіцька Н.В. Дослідження забруднення атмосферного повітря зваженими частинками пилю (PM<sub>10</sub> та PM<sub>2,5</sub>) у м. Києві // Довкілля та здоров'я. 2018. №4(89). С. 36-39. *(участь у проведенні натурних досліджень та узагальненні одержаних результатів)*
15. Turos O., Maremukha T., Petrosian A., Mykhina L., Morhulova V. Integral indicators as tools for air quality assessment // Довкілля та здоров'я. 2019. №1(90). С. 51-55. *(участь у проведенні досліджень, описання та узагальнення результатів)*
16. Турос Е.И., Ананьева О.В., Петросян А.А. Исследование влияния выбросов автомобильного транспорта на здоровье населения на основании показателей риска (пример Соломенского района г. Киева) // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. Минск, 2013. Вип. 22. С.112-117. *(участь у проведенні досліджень, виконання розрахунків ризику, підготовка висновків)*
17. Caldwell Jane C., Serdyuk A., Turos O., Petrosian A., Kartavtsev O., Avaliani S., Golub A., Strukova E., Brody M. Risk Assessment Capacity Building Program in

- Zaporizhzhia, Ukraine: Emissions Inventory Construction, Ambient Modeling, and Hazard Results // Journal of Environmental Protection. 2013. Vol. 4. P.1476-1487. *(участь у проведенні досліджень, описання та узагальнення результатів)*
18. Ананьева О.В., Петросян А.А. Изучение закономерностей формирования загрязнения атмосферного воздуха выбросами автомобильного транспорта // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. Минск, 2014. Вып. 24. С. 49-55. *(участь у проведенні натурних досліджень, підготовка висновків)*
  19. Маремуха Т.П., Петросян А.А. Загрязнение атмосферного воздуха фракциями мелкодисперсной пыли (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) в районе функционирования угольной ТЭС // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. Минск, 2016. Вып. 26. С. 39-42. *(участь в аналізі і узагальненні результатів, підготовка висновків)*
  20. Слаутенко Е.Г., Петросян А.А. Гигиеническое обоснование размеров санитарно-защитных зон для свинокомплексов средней мощности с учетом особенностей распространения запахообразующих химических веществ в атмосферном воздухе // Проблемы здоровья и экологии. Гомель, 2018. №1 (55). С. 98-101. *(участь в узагальненні результатів, підготовка висновків)*
  21. Shelestov A., Kolotii A., Borisova T., Turos O., Milinevsky G., Gomilko I., Bulanay T., Fedorov O., Shumilo L., Pidgorodetska L., Kolos L., Borysov A., Pozdnyakova N., Chunikhin A., Dudarenko M., Petrosian A., Danylevsky V., Miatselskaya N., Choliy V. Essential variables for air quality estimation // International Journal of Digital Earth. 2020. Vol. 13(2). P. 278-298. *(участь у проведенні досліджень, описання та узагальнення результатів)*
- 2) наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**
- тези доповідей:**
22. Petrosian A., Turos O., Voznyuk O., Kartavtsev O. Inhalation Impact of Metallurgy Enterprises Emissions on Human Health (Exposure and Risk Assessments) // ISES – 2011 (Oct. 23-27, 2011): abstract compilation. Baltimore, MD (USA), 2011. Abstract number : TT06-02. P. 180.

23. Voznyuk O., Turos O., Petrosian A., Kartavtsev O. Children Exposure to NO<sub>2</sub> Close to Busy Intersections in Zaporizhia, Ukraine // ISES – 2011 (Oct. 23-27, 2011): abstract compilation. Baltimore, MD (USA), 2011. Abstract number : TT07-03. P. 183.
24. Turos O., Petrosian A., Voznyuk O. Assessment of Human Health Risk Attributed to Ambient Air Pollution Formed by Different Types of Industries in Ukraine // ISES – 2011 (Oct. 23-27, 2011): abstract compilation. Baltimore, MD (USA), 2011. Abstract number : WT06-05. P. 227.
25. Турос О.І., Петросян А.А., Вознюк О.В., Давиденко Г.М., Картавцев О.М. Оцінка інгаляційного впливу зважених часток (ЗЧ<sub>10</sub>) на здоров'я населення, що проживає в промислових містах України // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (сьомі марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. (15-16 вер. 2011 р.). Київ, 2011. С. 117-118.
26. Турос О.І., Вознюк О.В., Петросян А.А., Картавцев О.М. Просторове поширення викидів азоту діоксиду та оцінка ризику для здоров'я населення від автомобільного транспорту у одному з промислових міст України // Східноєвропейський журнал громадського здоров'я (матеріали міжнародної наук.-практ. конференції, присвяченої Всесвітньому дню здоров'я). 2011. № 1 (13). С. 246-247.
27. Турос О.І., Петросян А.А. Методичні питання щодо впровадження методології оцінки ризику для здоров'я населення органами державної санітарно-епідеміологічної служби України // Східноєвропейський журнал громадського здоров'я (матеріали міжнародної наук.-практ. конференції, присвяченої Всесвітньому дню здоров'я). 2011. № 1 (13). С. 247-248.
28. Турос Е.И., Петросян А.А., Картавцев О.Н., Ананьева О.В., Маремуха Т.П. Роль оценки риска для здоровья населения в интегрированном управлении качеством воздуха // Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей : сборник статей. Том I. М., 2012. С. 737-740.
29. Турос О.І., Петросян А.А., Картавцев О.М. Порівняльний аналіз концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери при проведенні

- інструментальних та розрахункових досліджень // Гігієнічна наука та практика: сучасні реалії : матеріали XV з'їзду гігієністів України (20-21 вер. 2012 р., Львів). Львів, 2012. С. 260-262.
30. Turos O., Petrosian A., Ananyeva (Voznyuk) O. Approaches to Exposure and Human Health Risk Assessment Related to Ambient Air Pollution // ISES – 2012 (Oct. 28 - Nov. 1, 2012): abstract compilation. Seattle, Washington (USA), 2012. Abstract number : TuP-06. P.150.
  31. Турос О.І., Петросян А.А., Черненко Л.М., Давиденко Г.М., Маремуха Т.П. Недосконалість системи моніторингу атмосферного повітря та шляхи її поліпшення // Східноєвропейський журнал громадського здоров'я (матеріали міжнародної наук.-практ. конференції, присвяченої Всесвітньому дню здоров'я. 2012. № 1 (17). С. 267- 268.
  32. Турос О.І., Петросян А.А., Ананьєва О.В., Маремуха Т.П. Оцінка ризику для здоров'я населення як інструмент управління якістю повітря // Казантип Еко-2013 : сб. тр. XXI Международной научно-практ. конф. (3-7 июня 2013 г.). Том 2. Щелкино, АР Крым, 2013. С. 256-261.
  33. Турос Е.И., Петросян А.А. Внедрение оценки риска для здоров'я населения при управлении качеством атмосферного воздуха в Украине // Формирование и реализация экологической политики на региональном уровне : сб. матер. VI Всероссийской научно-практ. конф. с международ. Участием (24-25 октября 2013, Ярославль). Ярославль, 2013. С. 99-103.
  34. Petrosian A., Turos O., Ananyeva O., Zagorodniy V., Chernenko L. Risk of asthmatic morbidity in children exposed to sulfur dioxide industrial emissions // ISEE, ISES, ISIAQ –2013 – Annual Conference (Aug. 19-23, 2013): abstracts. Basel, Switzerland, 2013. Abstract number : O-4-14-06. P. 239.
  35. Turos O., Petrosian A., Davydenko G. Ananyeva O. Social Costs of Air Pollution in Population Highly Exposed to Industrial Emissions // ISES – 2014 – Annual Conference (Oct. 12-16, 2014): abstracts. Cincinnati, Ohio, USA, 2014. Abstract number : Su-P-52. P.25.



36. Турос О.І., Петросян А.А., Давиденко Г.М., Близнюк В.В., Ананьєва О.В. Оцінка соціальних втрат здоров'я населення, яке проживає в умовах високих експозицій забруднення атмосферного повітря викидами зважених часток від промислових підприємств // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (десяті марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. К., 2014. С. 142-143.
37. Turos O., Petrosian A., Zvinchuk O., Ananyeva O. Measurement and modeling of the variability of air pollution by heavy metals in one of the Ukrainian cities with the metallurgical industry // ISES – 2015 – Annual Conference (Oct. 18-22, 2015): abstracts. Henderson, Nevada, USA, 2015. Abstract number : Su-P-58. P. 32.
38. Турос О.І., Моргульова В.В., Петросян А.А., Парсаданян К.Г. Нові інформаційні ресурси в гігієні атмосферного повітря // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (одинадцяті марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. Івано-Франківськ, 2015. С. 328-330.
39. Turos O., Petrosian A., Ananyeva O., Morgulova V. Incorporation human health risk assessment into system of air quality regulation // EuNetAirNewsletter. COST Action TD 1105. Iss. 8/Sep 2016. P. 8. URL : <http://www.cost.eunetair.it/>
40. Петросян А.А., Моргульова В.В. Моделювання розповсюдження забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери, обумовлене діяльністю підприємств гірничо-металургійного комплексу України // Українсько-польська конференція «Проблеми забруднення та очистки повітря: контроль, моніторинг, каталітичні, фотокаталітичні та сорбційні методи очистки» : матеріали конференції (6-8 листопада 2016 р., м. Київ). Київ, 2016. С. 103-104.
41. Турос О.І., Петросян А.А., Ананьєва О.В., Моргульова В.В., Кобзаренко І.В. Розробка технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин на підставі оцінки ризику для здоров'я населення // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (дванадцяті марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. Київ, 2016. С. 128-130.

42. Турос О.І., Петросян А.А., Михіна Л.І., Маремуха Т.П. Проблеми якості повітря в Україні та оцінки його впливу на громадське здоров'я // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (дванадцяті марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. Київ, 2016. С. 131-132.
43. Turos O., Petrosian A., Ananyeva O., Morgulova V. Development of emission standards for metallurgical industry based on results of human health risk assessment // ISES – 2016 – Annual Conference (Oct. 09-13, 2016): abstracts. Utrecht, Netherlands, 2016. Abstract number : Tu-Po-13. P. 477.
44. Турос О.І., Маремуха Т.П., Петросян А.А., Моргульова В.В. Використання даних дистанційного зондування Землі високої роздільної здатності (космічні знімки) при вирішенні еколого-гігієнічних питань // Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки. Шоста Всеукраїнська конференція «GEO-UA». К., 2018. С. 66-67.
45. Слаутенко Є.Г., Петросян А.А. До питання вивчення впливу на здоров'я населення забруднення атмосферного повітря свиноконплексами // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (чотирнадцяті марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. (11 – 12 жовт. 2018 р.). К., 2018. С. 85-88.
46. Петросян А.А., Моргульова В.В. Використання моделювання забруднення атмосферного повітря в сельбищних зонах // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (чотирнадцяті марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. (11-12 жовт. 2018 р.). К., 2018. С. 209-211.
47. Петросян А.А. Оцінка ризику для здоров'я населення як інструмент еколого-гігієнічної діагностики // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (п'ятнадцяті марзеєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. (15-16 жовт. 2019 р.). К., 2019. С. 89 – 91.
48. Турос О.І., Кобзаренко І.В., Михіна Л.І., Петросян А.А., Маремуха Т.П., Моргульова В.В., Брезіцька Н.В. Визначення рівнів масової концентрації озону в приземному шарі атмосферного повітря // Актуальні питання гігієни

та екологічної безпеки України (п'ятнадцяті марзеевські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. (15-16 жовт. 2019 р.). К., 2019. С. 85-87.

49. Morhulova V., Petrosian A., Maremukha T. Improved methods of assessing the impact of air pollution on public health // ISES, ISIAQ – 2019. – SU-PO-18. P.19.
50. Turos O., Petrosian A., Kobzarenko I., Kharchenko K., Maremukha T., Ananyeva O. Measurement of ambient ozone (O<sub>3</sub>) levels, correlation with the NO<sub>x</sub> levels and the development of the monitoring network for O<sub>3</sub> // ISES, ISIAQ – 2019. SU-PO-14. P.41.
51. Turos O., Maremukha T., Petrosian A., Brezitska N., Mykhina L., Ananyeva O. Study of air pollution by particulate matter (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>) in Kyiv, Ukraine // ISES, ISIAQ –2019. – TU-PO-36. P. 214.

### **3) наукові праці, що додатково відображають наукові результати**

#### **дисертації:**

##### **- в інших виданнях:**

52. Турос О.І., Петросян А.А., Михіна Л.І. Гігієна повітря // Досвід та перспективи наукового супроводу проблем гігієнічної науки та практики : зб. наук. пр. К, 2011. С. 133-149.
53. Турос О.І., Петросян А.А., Ананьєва О.В., Маремуха Т.П., Кобзаренко І.В. Використання оцінки ризику для здоров'я населення в системі управління якості повітря // Збірник законодавчих та нормативно-правових актів, які регулюють діяльність суб'єктів господарювання в частині запобігання несприятливого впливу на стан здоров'я і життя людини шкідливих факторів атмосферного повітря. Київ, 2014. С. 15-20.
54. Турос О.І., Давиденко Г.М., Петросян А.А. та ін. Соціальні втрати здоров'я населення, обумовлені промисловим забрудненням атмосферного повітря // Актуальні питання захисту довкілля та здоров'я населення України: результати наукових розробок 2014 р. Київ, 2015. С. 8-34.
55. Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А. та ін. Вдосконалення гігієнічної оцінки забруднення атмосферного повітря викидами автомобільного

- транспорту // Актуальні питання захисту довкілля та здоров'я населення України: результати наукових розробок 2014 р. Київ, 2015. С. 240-275.
56. Турос О.І., Черненко Л.М., Петросян А.А. Спосіб розробки технологічного нормативу допустимих викидів вуглецю оксиду від агломераційних машин підприємств гірничо-металургійного комплексу України // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. Вип. 66. К., 2015. С. 36-44.
57. Петросян А.А. Використання оцінки ризику при управлінні якістю повітря та збереженні громадського здоров'я // Довкілля та здоров'я. 2016. № 2(78). С. 47-50.
58. Давиденко Г.М., Петросян А.А., Близнюк В.В. Економічні оцінки збитків від передчасної смертності внаслідок захворювань дихальних шляхів // Довкілля та здоров'я. 2017. № 2. С. 39-44.
59. Турос О.І., Маремуха Т.П., Кобзаренко І.В., Петросян А.А., Михіна Л.І., Брезіцька Н.В., Давиденко Г.М., Харченко К.О. Забруднення атмосферного повітря зваженими частками пилу ( $ЗЧ_{10}$  и  $ЗЧ_{2,5}$ ) у Деснянському районі м. Києва // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. Вип. 67. К., 2017. С. 31-37.
- патенти, інформаційні листи:**
60. Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А., Михіна Л.І., Маремуха Т.П., Сухачов Д.С. Деклараційний патент на корисну модель (51) А61В 10/00. Спосіб прогнозування забруднення атмосферного повітря викидами автомобільного транспорту. Заявник і власник ДУ «ІГМЕ ім. О. М. Марзеєва НАМНУ». №96939 від 25.02.2015 р., Бюл.№4.
61. Турос О.І., Близнюк В.В., Давиденко Г.М., Петросян А.А. Обґрунтування доцільності поєднання різних економічних підходів та методології оцінки ризику для здоров'я населення при оцінках соціально-економічних збитків здоров'я населення / ДУ «ІГЗ ім. О.М. Марзеєва НАМН України»; ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України». К., 2015. 5 с. (Укрмедпатентінформ МОЗ України / Інформаційний лист про нововедення № 149-2015).

62. Турос О.І., Близнюк В.В., Давиденко Г.М., Петросян А.А. Обґрунтування підходів до оцінки соціальних втрат, обумовлених підвищеними ризиками від дії забрудненого атмосферного повітря для здоров'я населення України / ДУ «ІГЗ ім. О.М. Марзєєва НАМН України»; ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України». К., 2015. 6 с. (Укрмедпатентінформ МОЗ України / Інформаційний лист про нововведення № 150-2015).
63. Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А., Михіна Л.І., Маремуха Т.П., Ліхобицький І.В., Сухачов Д.С. Вдосконалення підходів до оцінки кількісного впливу забруднення атмосферного повітря, обумовленого викидами автомобільного транспорту та визначення зон підвищеного ризику для здоров'я населення / ДУ «ІГЗ ім. О.М. Марзєєва НАМН України». К., 2015. 4 с. (Укрмедпатентінформ МОЗ України / Інформаційний лист про нововведення № 227-2015).
64. Турос О.І., Петросян А.А., Маремуха Т.П., Черненко Л.М. Використання оцінки ризику для здоров'я населення при розробці технологічних нормативів допустимих викидів / ДУ «ІГМЕ ім. О.М. Марзєєва НАМН України»; Санітарно-епідеміологічна станція Державного управління справами. К., 2015. 3 с. (Укрмедпатентінформ МОЗ України / Інформаційний лист про нововведення № 334-2015).
65. Турос О.І., Слаутенко Є.Г., Моргульова В.В., Петросян А.А., Ананьєва О.В. Визначення розповсюдження хімічних забруднюючих речовин з вираженими запахоутворюючими властивостями, що утворюються в процесі діяльності свинокомплексів / ДУ «ІГЗ ім. О.М. Марзєєва НАМН України». К., 2017. 4 с. (Укрмедпатентінформ МОЗ України / Інформаційний лист про нововведення № 300-2017).
66. Турос О.І., Петросян А.А., Слаутенко Є.Г., Моргульова В.В., Маремуха Т.П. Деклараційний патент на корисну модель (51) А61В 10/00. Спосіб визначення розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі». Заявник і власник ДУ «ІГЗ ім. О. М. Марзєєва НАМНУ». № 131880 (11); заявл. 11.02.2019; Бюл. № 3.

**ДОДАТОК Б****ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ**

- Міжнародна конференція ISES-2011. The International Society of Exposure Science. Advancing Exposure Science for Environmental Health (Балтімор, США, 23-27 жовтня 2011 р.) *(публікації, усна доповідь)*;
- Науково-практична конференція «Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (сьомі марзєєвські читання)» (Київ, 15-16 вересня 2011 р.) *(публікація, усна доповідь)*;
- Науково-практична конференція присвячена Всесвітньому дню здоров'я (Київ, 07-09 квітня, 2011 р.) *(публікації)*;
- XI Всероссийский съезд гигиенистов и санитарных врачей «Итоги и перспективы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации» (Москва, РФ, 13-14 березня 2012 р.) *(публікація)*;
- Міжнародний екологічний форум «Довкілля для України» (Київ, 24-26 квітня 2012 р.) *(усна доповідь)*;
- XV З'їзд гігієністів України «Гігієнічна наука та практика: сучасні реалії» (Львів, 20-21 вересня 2012 р.) *(публікації, усна доповідь)*;
- Міжнародна конференція ISES-2012. The International Society of Exposure Science. Advancing Exposure Science for Environmental Health (Сіетл, США, 28 жовтня-01 листопада 2012 р.) *(публікації, усна доповідь)*;
- Науково-практична конференція присвячена Всесвітньому дню здоров'я (Київ, 05-07 квітня 2012 р.) *(публікація)*;
- Міжнародний форум «Новітні технології ГІС та ДЗЗ в Україні – День ERDAS в Україні» (Київ, 16 травня 2012 р.) *(усна доповідь)*;
- XXI Міжнародна науково-практична конференція «Казантип Еко-2013» (Щолкіне, АР Крим, 03-07 червня 2013 р.) *(публікація)*;

- Міжнародна конференція ISEE, ISES, ISIAQ-2013. Environment and Health (Базель, Швейцарія, 19-23 серпня 2013 р.) *(публікація, усна доповідь)*;
- VI Міжнародний форум «Комплексне забезпечення лабораторій», круглий стіл «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря» (Київ, 15 жовтня 2013 р.) *(усна доповідь)*;
- VI Всероссийская с международным участием научно-практическая конференция «Формирование и реализация экологической политики на региональном уровне» (Ярославль, РФ, 24-25 жовтня 2013 р.) *(публікація)*;
- Семінар «Врегулювання питання процедури розгляду та погодження Держсанепідслужбою України документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів, для отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами» (Київ, 04 березня 2014 р.) *(публікації, усні доповіді)*;
- Науково-практична конференція «Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (десяті марзєєвські читання)» (Київ, 09-10 жовтня 2014 р.) *(публікація)*;
- Наукова конференція з міжнародною участю «Запровадження національного плану дій щодо неінфекційних захворювань на період до 2020 року, відповідно до Європейської стратегії «Здоров'я-2020» (Київ, 26-27 березня 2015 р.) *(усна доповідь)*;
- Міжнародна третя літня школа «Measurements of atmospheric aerosols: Aerosol physics, sampling and measurement techniques» (Гельсінки, Фінляндія, 01-10 травня 2015 р.) *(усна доповідь)*;
- Науково-практична конференція «Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (одинадцяті марзєєвські читання)» (Київ, 08-09 жовтня 2015 р.) *(публікація)*;
- Міжнародний порівняльний семінар «WHO/JRC INTERCOMPARISON WORKSHOP ON AIR QUALITY MONITORING – NO/N<sub>02</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>» (Ланген, Німеччина, 04-09 листопада 2015 р.) *(публікація, усна доповідь)*;

- Робоче засідання європейського Об'єднаного дослідного центру – пріоритетна область 6 (JRC EC-Priority Area 6) експертної групи з питань якості повітря (Іспра, Італія, 17-20 травня 2016 р.) *(усна доповідь)*;
- Робоче засідання європейського Об'єднаного дослідного центру – пріоритетна область 6 (JRC EC-Priority Area 6) експертної групи з питань якості повітря «Causes and solutions for air pollution in the Danube Region» (Загреб, Хорватія, 30 червня 2016 р.) *(усна доповідь)*;
- Міжнародна конференція ISEE, ISES, ISIAQ-2016. Interdisciplinary Approaches for Health and Environmental (Утрехт, Нідерланди, 09-13 жовтня 2016 р.) *(публікація, усна доповідь)*;
- Науково-практична конференція «Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (дванадцяті марзєєвські читання)» (Київ, 13-14 жовтня 2016 р.) *(публікації)*;
- 5-th Annual Forum of the EU Strategy for the Danube Region (пріоритетна область з питань якості повітря) (Братислава, Словаччина, 03-04 листопада 2016 р.) *(усна доповідь)*;
- Українсько-Польська конференція «Проблеми забруднення та очистки повітря: контроль, моніторинг, каталітичні, фотокаталітичні та сорбційні методи очистки» (Київ, 06-08 листопада 2016 р.) *(публікація)*;
- Робоче засідання європейського Об'єднаного дослідного центру – пріоритетна область 6 (JRC EC-Priority Area 6) експертної групи з питань якості повітря (Белград, Сербія, 28 лютого-02 березня 2017 р.) *(усна доповідь)*;
- Міжнародний форум «Новітні технології ГІС та ДЗЗ в Україні - GISTECH.UA-2017» (Київ, 18 травня 2017 р.) *(усна доповідь)*;
- 6-th Annual Forum of the EU Strategy for the Danube Region (пріоритетна область з питань якості повітря) (м. Будапешт, Угорщина 18-19 жовтня 2017 р.) *(усна доповідь)*;



- Семінар-нарада «Наукове забезпечення діяльності Держпродспоживслужби щодо здійснення державного нагляду (контролю) у сфері санітарного законодавства» (Київ, 14 грудня 2017 р.) *(усна доповідь)*;
- Робоча нарада з виконання проектів Цільової програми НАН України «ERA-PLANET/UA», Horizon–2020 (Київ, 19 жовтня 2017 р.) *(усна доповідь)*;
- П'яте робоче засідання європейського Об'єднаного дослідного центру – пріоритетна область 6 (JRC EC-Priority Area 6) експертної групи з питань якості повітря (Софія, Болгарія, 10-12 квітня 2018 р.) *(усна доповідь)*;
- Міжнародний форум «Новітні технології ГІС та ДЗЗ в Україні – GISTECH.UA-2018» (Київ, 22 квітня 2018 р.) *(усна доповідь)*;
- Шосте робоче засідання європейського Об'єднаного дослідного центру – пріоритетна область 6 (JRC EC-Priority Area 6) експертної групи з питань якості повітря (Бухарест, Румунія, 13-14 червня 2018 р.) *(усна доповідь)*;
- Міжнародний порівняльний семінар «WHO/JRC INTERCOMPARISON WORKSHOP ON AIR QUALITY MONITORING - NO/N<sub>02</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>» (Ланген, Німеччина, 02-07 вересня 2018 р.) *(публікація, усна доповідь)*;
- Шоста Всеукраїнська конференція «Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки. «GEO-UA» (Київ, 18-19 вересня 2018 р.) *(публікація)*;
- Науково-практична конференція «Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (чотирнадцяті марзеєвські читання)» (Київ, 11-12 жовтня 2018 р.) *(публікації, усна доповідь)*;
- Міжнародна виставка обладнання та технологій для поводження з муніципальними та промисловими викидами, пилогазоочистки «Waste Air & Gas Management 2018» (Київ, 28 листопада, 2018 р.) *(усна доповідь)*;
- Робоча нарада з виконання проектів Цільової програми НАН України «ERA-PLANET/UA», Horizon–2020 (Київ, 06 грудня 2018 р.) *(усна доповідь)*;
- Круглий стіл «Пріоритети довкілля та здоров'я в Україні» за підтримки ВООЗ (Київ, 13 листопада 2018 р.) *(усна доповідь)*;

- Сьоме робоче засідання європейського Об'єднаного дослідного центру – пріоритетна область 6 (JRC EC-Priority Area 6) експертної групи з питань якості повітря «Air pollution from home heating» (Прага, Чехія, 12 грудня 2018 р.) *(усна доповідь)*;
- Міжнародна конференція «Environmental health and sustainable urban development» (Рига, Латвія, 29-30 березня 2019 р.) *(усна доповідь)*;
- Науково-практична конференція «Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (п'ятнадцяті марзеєвські читання)» (Київ, 15-16 жовтня 2019 р.) *(публікації)*;
- Міжнародна виставка обладнання та технологій для поводження з муніципальними та промисловими викидами, пилогазоочистки «Waste Air & Gas Management 2019» (Київ, 26-27 листопада, 2019 р.) *(усна доповідь)*;
- Міжгалузевий захід – платформа екологічних та технологічних рішень «ПИЛОГАЗООЧИСТКА-2020» (Київ, 02 березня, 2020 р.) *(усна доповідь)*.

## ДОДАТОК В

### АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор

ДЗ «Дніпропетровська медична академія

Міністерства охорони здоров'я України»

д. мед. н., професор І.С. Шибонька

«10» січня 2018 р.



#### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

**інформаційного листа «Використання оцінки ризику для здоров'я населення при розробці технологічних нормативів допустимих викидів» у навчальний процес кафедри загальної гігієни ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України»**

1. *Назва пропозиції для впровадження:* інформаційний лист «Використання оцінки ризику для здоров'я населення при розробці технологічних нормативів допустимих викидів».
2. *Автори:* Турос О.І., Петросян А.А., Маремуха Т.П. ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМН України»; Черненко Л.М. Санітарно-епідеміологічна станція.
3. *Пропозиція до впровадження:* Методичні особливості гігієнічної оцінки забруднення атмосферного повітря викидами пересувних джерел; дані, щодо просторово-часових тенденцій та особливостей формування забруднення повітря, обумовленого викидами автомобілів у сельбищних зонах; алгоритм вирішення задач кількісної оцінки впливу та мінімізації ризиків для здоров'я населення міст від автотранспортного забруднення повітря.
4. *Актуальність дослідження:* Україна, яка є стороною ряду міжнародних угод прийняла на себе зобов'язання щодо здійснення заходів, які спрямовані на запобігання негативного для здоров'я населення та довкілля забруднення атмосферного повітря. Основною вимогою досягнення відповідних цілей щодо якості повітря з урахуванням існуючих критеріїв, рекомендацій та програм ЄС є розробка, встановлення та досягнення технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин промисловими підприємствами.
5. *Установа-розробник:* ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМН України», 02660, м. Київ, вул. Попудренка, 50; Санітарно-епідеміологічна станція, 04053, м. Київ, вул. Некрасівська, 10/8.
6. *Джерела інформації:*
  - Петросян А.А., Черненко Л.М. Аналіз міжнародних законодавчих документів, які регулюють якість атмосферного повітря / Медичні перспективи: Зб. наук. статей. 2016. Т. XXI. №1. С.130-134.
  - Петросян А.А. Використання оцінки ризику при управлінні якістю повітря та збереженні громадського здоров'я / Довкілля та здоров'я. К. 2016. Вип. 2 (78). С. 47-50
7. *Базова установа, що проводить впровадження:* кафедра загальної гігієни ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України».
8. *Термін впровадження:* 2016 - 2017 рр.
9. *Форма впровадження:* результати досліджень впроваджено у наукову та педагогічну діяльність під час викладання начальної дисципліни «Гігієна та екологія».
10. *Кількість студентів, що прослухали курс:* 450.
11. *Соціально-економічний ефект:* дозволяє довести до студентів новітню інформацію щодо використання оцінки ризику для здоров'я населення в системі регулювання якості повітря і тим самим навчити сучасним інструментам гармонізації нормативно-законодавчих документів до вимог європейського законодавства.

Завідуюча кафедрою загальної гігієни ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України», д.мед.н., професор

Е.М. Білецька

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з наукової роботи та інновацій  
Національного медичного університету  
імені О.О. Богомольця,

Д. мед. н., професор

С.В. Земсков

20 20 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Назва пропозиції для впровадження: Спосіб визначення розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.

2. Установа – розробник, юридична адреса, ПП авторів розробки: ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України»; лабораторія якості повітря. 02094, м. Київ, вул. Попудренка, 50; Турос О.І, Петросян А.А., Слаутенко Є.Г., Моргульова В.В., Маремуха Т.П.

3. Пропозиція до впровадження: методичні особливості визначення розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі сельбищних територій з метою розробки рекомендацій щодо мінімізації ризиків для здоров'я населення.

4. Джерело інформації (методичні рекомендації, інформаційний лист, монографії, з'їзди конференції, семінари та ін.): Патент на корисну модель «Спосіб визначення розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі» (№131880 (11) від 11.02.2019 р.) / Турос О.І, Петросян А.А., Слаутенко Є.Г., Моргульова В.В., Маремуха Т.П.

5. Базова установа, що проводить впровадження: кафедра гігієни та екології № 2 НМУ імені О.О. Богомольця.

6. Термін впровадження: 2019 - 2020 рр.

7. Форма впровадження: результати досліджень впроваджено у наукову та педагогічну діяльність під час викладання начальної дисципліни «Гігієна та екологія».

8. Ефективність впровадження: дало можливість розширити діапазон знань та розуміння у студентів щодо сучасних методичних підходів до визначення розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі для оцінки медико-екологічних ризиків.

9. Зауваження та рекомендації: немає.

Відповідальний за впровадження  
Завідувач кафедри гігієни та екології № 4 НМУ  
імені О.О.Богомольця к.мед.н., доцент

Н.В. Велика



«З А Т В Е Р Д Ж У Ю»

Ректор Державної екологічної академії  
післядипломної освіти та управління,  
доктор біологічних наук, професор,  
член-кореспондент НААНУ,  
заслужений діяч науки і техніки  
України



О. І. Бондар

"04" березня 2020 р.

### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. *Назва пропозиції для впровадження:* Обґрунтування доцільності поєднання різних економічних підходів та оцінки ризику при оцінках соціально-економічних збитків здоров'ю населення.
2. *Установа – розробник, юридична адреса, ПП авторів розробки:* ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзеєва НАМН України»; лабораторія якості повітря. 02094, м. Київ, вул. Попудренка, 50; Турос О.І., Близнюк В.В., Давиденко Г.М., Петросян А.А.
3. *Пропозиція до впровадження:* поєднання різних економічних підходів та оцінки ризику під час оцінювання соціально-економічних збитків громадському здоров'ю для розроблення пропозицій щодо впровадження природоохоронних заходів, спрямованих на покращення якості атмосферного повітря.
4. *Джерело інформації (методичні рекомендації, інформаційний лист, монографії, з'їзди конференції, семінари та ін.):* Інформаційний лист «Обґрунтування доцільності поєднання різних економічних підходів та оцінки ризику при оцінках соціально-економічних збитків здоров'ю населення» (Укрмедпатентінформ, №149-2015) / Турос О.І., Близнюк В.В., Давиденко Г.М., Петросян А.А.
5. *Базова установа, що проводить впровадження:* Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління; 02000, м. Київ, вул. Василя Липківського, 35, корп. 2.
6. *Термін впровадження:* 2019 - 2020 рр.
7. *Форма впровадження:* результати досліджень впроваджено у наукову та педагогічну діяльність під час викладання навчальних дисциплін «Основні засади державної екологічної політики», «Стратегія сталого розвитку», «Екологічна безпека», «Методологія оцінювання екологічних ризиків», «Екологічний моніторинг та засоби контролю» для підготовки на другому (магістерському) рівні вищої освіти за спеціальністю 101 – Екологія.
8. *Ефективність впровадження:* дало можливість розширити діапазон знань та розуміння у студентів щодо доцільності поєднання різних економічних

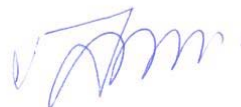
підходів та оцінки ризику під час оцінювання соціально-економічних збитків

здоров'ю населення.

9. *Зауваження та рекомендації*: відсутні.

Відповідальний за впровадження:

**Перший проректор з науково-педагогічної роботи**



**Фінін Г. С.**

«З А Т В Е Р Д Ж У Ю»

Ректор Державної екологічної академії  
післядипломної освіти та управління,  
доктор біологічних наук, професор,  
член-кореспондент НААНУ,  
заслужений діяч науки і техніки  
України



О. І. Бондар

" 11 " березня 2020 р.

### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. *Назва пропозиції для впровадження:* Обґрунтування підходів до кількісної оцінки соціальних втрат, обумовлених підвищеними ризиками від дії забрудненого атмосферного повітря для здоров'я населення України.

2. *Установа – розробник, юридична адреса, ППП авторів розробки:* ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України»; лабораторія якості повітря. 02094, Київ, вул. Попудренка, 50; Турос О.І., Близнюк В.В., Давиденко Г.М., Петросян А.А.

3. *Пропозиція до впровадження:* використання методичних підходів до кількісної оцінки соціальних втрат населення для пріоритетизації екологічних заходів, спрямованих на охорону навколишнього природного середовища (зокрема, атмосферного повітря) та здоров'я населення.

4. *Джерело інформації (методичні рекомендації, інформаційний лист, монографії, з'їзди конференції, семінари та ін.):* Інформаційний лист «Обґрунтування підходів до кількісної оцінки соціальних втрат, обумовлених підвищеними ризиками від дії забрудненого атмосферного повітря для здоров'я населення України» (Укрмедпатентінформ, № 150-2015) / Турос О.І., Близнюк В.В., Давиденко Г.М., Петросян А.А.

5. *Базова установа, що проводить впровадження:* Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління; 02000, м. Київ, вул. Василя Липківського, 35, корп. 2.

6. *Термін впровадження:* 2019 - 2020 рр.

7. *Форма впровадження:* результати досліджень впроваджено у наукову та педагогічну діяльність під час викладання навчальних дисциплін «Основні засади державної екологічної політики», «Стратегія сталого розвитку», «Екологічна безпека», «Методологія оцінювання екологічних ризиків», «Екологічний моніторинг та засоби контролю», «Системний аналіз якості навколишнього середовища» для підготовки на другому (магістерському) рівні вищої освіти за спеціальністю 101 – Екологія та на курсах підвищення кваліфікації «Розроблення документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів, для отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами для підприємств, організацій та громадян-підприємців».

8. *Ефективність впровадження*: дало можливість розширити діапазон знань та розуміння у студентів щодо використання методичних підходів до кількісної оцінки соціальних втрат, обумовлених підвищеними ризиками від дії забрудненого атмосферного повітря на здоров'я населення.

9. *Зауваження та рекомендації*: відсутні.

Відповідальний за впровадження:

**Перший проректор з науково-педагогічної роботи**



**Фінін Г. С.**

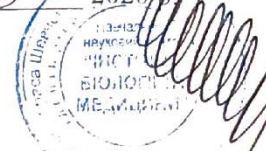


**«З А Т В Е Р Д Ж У Ю»**

Директор Навчально-наукового  
центру «Інститут біології та  
медицини»  
Київського національного  
університету імені Тараса  
Шевченка, доктор біологічних наук,  
професор **Остапченко Д.І.**

" 19 " лютого

2020



### **АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ**

Статі: Turos O., Maremukha T., Petrosian A., L. Mykhina, Morhulova V. Integral indicators as tools for air quality assessment. Довкілля та здоров'я. 2019. №1(90). С. 51-55. (Інтергральні показники як інструмент оцінки якості атмосферного повітря) у навчальний процес кафедри фундаментальної медицини ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського Національного університету

1. **Назва пропозиції для впровадження:** Стаття «Integral indicators as tools for air quality assessment (Інтергральні показники як інструмент оцінки якості атмосферного повітря)».

2. **Ким і коли запропоновано:** Автори: Турос Олена Ігорівна, Петросян Аріна Агасіївна, Маремуха Тетяна Петрівна, Моргульова Варвара Володимирівна, Коблянська Алла Володимирівна, ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України», 02094, м. Київ, вул. Попудренка, 50.

3. **Джерело Інформації** (методичні рекомендації, інформаційний лист, чиї про НДР. дисертації, монографії, з'їзди, конференції, семінари та ін.). Стаття: Turos O., Maremukha T., Petrosian A., L. Mykhina, Morhulova V. Integral indicators as tools for air quality assessment. Довкілля та здоров'я. 2019. №1(90). С. 51-55. Завершено 21.11.2018 р.

4. **Ким і коли впроваджено:** кафедра фундаментальної медицини ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського Національного університету, навчальний курс 2019-2020 рр.

5. **При проведенні яких робіт проведено впровадження** (проведення запобіжного та поточного санітарних наглядів; оцінка стану навколишнього середовища; розробка проектної документації; складання керівних документів, доповіді в директивні органи; проведення інших заходів, спрямованих на попередження забруднення, збереження та покращення якості навколишнього середовища). При формуванні матеріалів для студентів та впровадження у наукову та педагогічну діяльність при підготовці лекційних занять з навчальної дисципліни «Hygiene and ecology /Гігієна та екологія» ННЦ «Інститут біології та медицини».

6. **Ефективність впровадження** (підвищення якості санітарного нагляду, попереджені забруднення або оздоровлення навколишнього середовища; покращення стану здоров'я населення: економічний ефект скорочення часу проведення аналізу, ін. показники) Включення \ навчально-методичні матеріали інформації щодо інтегральних показників оцінки якості атмосферного повітря та підходи до визначення Індуксу якості

повітря на прикладі PM10 та PM2.5 актуалізує проблематику гігієни та медичної екології, підвищує інтерес студентів до дисципліни, сприяє отриманню ними навичок з аналізу для оцінки якості повітря, та свідомості, що Індекс якості повітря є інструментом для інформування громадськості щодо якості атмосферного повітря та пов'язаного з цим ризиком для здоров'я населення.

**7.Зауваження, пропозиції** Доцільно продовжити співпрацю Навчально-наукового центру «Інститут біології та медицини» Київського Національного Університету з ДУ «Інститут громадської о здоров'я ім. О.М. Марзеєва НАМИ України» з метою подальшого удосконалення навчального процесу.

Відповідальний за впровадження:

Завідуюча кафедрою фундаментальної  
медицини ННЦ «Інститут біології та  
медицини» Київського Національного  
університету

Доктор медичних наук, старший науковий  
співробітник, Заслужений діяч науки і  
техніки України



Хоперія В.Г.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В.о. генерального директора  
ДУ «Запорізький обласний  
лабораторний центр МОЗ України»

Терехов Р.Л.

2020 р.



### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

**1. Назва пропозиції для впровадження:** Спосіб визначення розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.

**2. Установа – розробник, юридична адреса, ПП авторів розробки:**

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України»; лабораторія якості повітря. 02094, Київ, вул. Попудренка, 50; Турос О.І., Петросян А.А., Слаутенко Є.Г., Моргульова В.В., Маремуха Т.П.

**3. Джерело інформації (методичні рекомендації, інформаційний лист, монографії, з'їзди конференції, семінари та ін.):** Патент на корисну модель «Спосіб визначення розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі» (№131880 (11) від 11.02.2019 р.) /Турос О.І., Петросян А.А., Слаутенко Є.Г., Моргульова В.В., Маремуха Т.П.

**4. Базова установа, що проводить впровадження:** Державна установа «Запорізький обласний лабораторний центр МОЗ України», 69037, Запорізька область, м. Запоріжжя, вул. Рекордна, 27.

**5. Термін впровадження:** 2019-2020рр.

**6. Ефективність впровадження:** зазначена інформація використовується для пріоритетизації медико-екологічних заходів, спрямованих на покращення здоров'я населення; розширенню знань щодо сучасних методичних підходів до визначення розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.

**7. Зауваження та пропозиції:** відсутні

Відповідальний за впровадження:

Заступник генерального директора  
Із впровадження системи управління якістю  
ДУ «Запорізький обласний лабораторний  
центр МОЗ України»

Гаврікова О.П.



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В.о. генерального директора  
ДУ «Запорізький обласний  
лабораторний центр МОЗ України»

Терехов Р.Л.

« 07 » 04 2020 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

**1. Назва пропозиції для впровадження:** Визначення розповсюдження хімічних забруднюючих речовин з вираженими запахоутворюючими властивостями, що утворюються в процесі діяльності свинокомплексів.

**2. Установа – розробник, юридична адреса, ПІП авторів розробки:**

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України»; лабораторія якості повітря. 02094, Київ, вул. Попудренка, 50; Турос О.І.; Слаутенко Є.Г., Моргульова В.В., Петросян А.А., Ананьєва О.В.

**3. Джерело інформації (методичні рекомендації, інформаційний лист, монографії, з'їзди конференції, семінари та ін.):** Інформаційний лист «Визначення розповсюдження хімічних забруднюючих речовин з вираженими запахоутворюючими властивостями, що утворюються в процесі діяльності свинокомплексів» (Укрмедпатентінформ, № 300-2017)/ Турос О.І., Слаутенко Є.Г., Моргульова В.В., Петросян А.А., Ананьєва О.В..

**4. Базова установа, що проводить впровадження:** Державна установа «Запорізький обласний лабораторний центр МОЗ України», 69037, Запорізька область, м. Запоріжжя, вул. Рекордна, 27.

**5. Термін впровадження:** 2019-2020рр.

**6.Ефективність впровадження:** використовується у практичній діяльності працівників оперативних та лабораторних підрозділів під час проведення досліджень у зонах впливу розміщення тваринницьких комплексів (свинокомплексів) для оцінки розповсюдження в атмосферному повітрі хімічних забруднюючих речовин з вираженими запахоутворюючими властивостями.

**7. Зауваження та пропозиції:** відсутні

Відповідальний за впровадження:

Заступник генерального директора  
із впровадження системи управління якістю  
ДУ «Запорізький обласний лабораторний  
центр МОЗ України»

Гаврікова О.П.



Затверджую

Начальник Головного управління  
Держпродспоживслужби в м. Києві

О.М. Рубан

№ 1» 11 2017 р.

### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Пропозиція для впровадження:** Кількісна оцінка впливу та ризику для здоров'я населення, обумовленого хімічним забрудненням атмосферного повітря викидами автомобільних транспортних засобів.

2. **Установа-розробник, автори.** ДУ «Інститут громадського здоров'я імені О. М. Марзєєва НАМНУ», Ананьєва О.В., Турос О.І., Петросян А.А.

3. **Джерело інформації:**

- Вдосконалення підходів до оцінки кількісного впливу забруднення атмосферного повітря, обумовленого викидами автомобільного транспорту та визначення зон підвищеного ризику для здоров'я населення / О.І. Турос, О.В. Ананьєва, А.А. Петросян, Л.І. Михіна, Т.П. Маремуха, І.В. Ліхобицький, Д.С. Сухачов, Н.В. Брезіцька. – Київ, 2015. – 8 с. (Інформ. лист № 227 / ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О. М. Марзєєва НАМН України»).

- Деклараційний патент на корисну модель (51) G01N 31/00. Спосіб прогнозування забруднення атмосферного повітря викидами автомобільного транспорту / О.І. Турос, О.В. Ананьєва, А.А. Петросян, Л.І. Михіна, Т.П. Маремуха, Д.С. Сухачов; заявник і власник ДУ "ІГМЕ ім. О. М. Марзєєва НАМНУ". – 96939 (11). заявл. 10.09.2014; опубл. 25.02.2015, Бюл. № 4.

4. **Використовується в роботі** Управління державного нагляду за дотриманням санітарного законодавства Головного управління Держпродспоживслужби в м. Києві з 2017 року при розгляді питань щодо забезпечення санітарно-епідеміологічного благополуччя населення в умовах забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом.

Відповідальний за впровадження:  
начальник Управління державного  
нагляду за дотриманням санітарного  
законодавства

Ж.І. Подковиріна



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Начальник Головного управління  
Держпродспоживслужби в Донецькій  
області



Тузов О.В.

« 12 » 2020 року

### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

**1. Назва пропозиції для впровадження:** Спосіб прогнозування забруднення атмосферного повітря викидами автомобільного транспорту.

**2. Установа – розробник, юридична адреса, ПІП авторів розробки:**

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України»; лабораторія якості повітря. 02094, Київ, вул. Попудренка, 50; Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А., Михіна Л.І., Маремуха Т.П., Сухачов Д.С.

**3. Джерело інформації (методичні рекомендації, інформаційний лист, монографії, з'їзди конференції, семінари та ін.):** Патент на корисну модель «Спосіб прогнозування забруднення атмосферного повітря викидами автомобільного транспорту» (№96939 від 25.02.2015 р.) /Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А., Михіна Л.І., Маремуха Т.П., Сухачов Д.С.

**4. Базова установа, що проводить впровадження:** Головне управління Держпродспоживслужби в Донецькій області; 87534, м. Маріуполь, вул. Гризодубової, 3.

**5. Термін впровадження:** 2019-2020рр.

**6. Ефективність впровадження:** використовується у практичній діяльності працівників оперативних та лабораторних підрозділів під час проведення гігієнічних оцінок кількісного впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення, обумовленого викидами автомобільного транспорту.

**7. Зауваження та пропозиції:** відсутні.

Відповідальний за впровадження:  
начальник відділу моніторингу факторів  
життєдіяльності населення  
та навколишнього середовища,  
оцінки ризиків і прогнозування  
Головного управління Держпродспоживслужби  
в Донецькій області

Остроушко В.Я.

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**  
**Начальник Головного управління**  
**Держпродспоживслужби в**  
**Хмельницькій області**

Грушко В.П.  
 \_\_\_\_\_  
 «28» 03 2020 р.



**АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ**

**1. Назва пропозиції для впровадження:** Визначення розповсюдження хімічних забруднюючих речовин з вираженими запахоутворюючими властивостями, що утворюються в процесі діяльності свинокомплексів.

**2. Установа – розробник, юридична адреса, ПП авторів розробки:**  
 ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України»; лабораторія якості повітря. 02094, Київ, вул. Попудренка, 50; Турос О.І., Слаутенко Є.Г., Моргульова В.В., Петросян А.А., Ананьєва О.В.

**3. Джерело інформації (методичні рекомендації, інформаційний лист, монографії, з'їзди конференції, семінари та ін.):** Інформаційний лист "Визначення розповсюдження хімічних забруднюючих речовин з вираженими запахоутворюючими властивостями, що утворюються в процесі діяльності свинокомплексів" (Укрмедпатентінформ, № 300-2017) / Турос О.І., Слаутенко Є.Г., Моргульова В.В., Петросян А.А., Ананьєва О.В..

**4. Базова установа, що проводить впровадження:** Головне управління Держпродспоживслужби в Хмельницькій області, 29000, м. Хмельницький, вул. Шевченка, 53.

**5. Термін впровадження:** 2019-2020 рр.

**6. Ефективність впровадження:** використовується у практичній діяльності працівників оперативних та лабораторних підрозділів під час проведення обстеження та досліджень у зонах впливу розміщення тваринницьких комплексів (свинокомплексів) для оцінки розповсюдження хімічних забруднюючих речовин з вираженими запахоутворюючими властивостями.

**7. Зауваження та пропозиції:** відсутні

**Відповідальний за впровадження:**  
 Головний спеціаліст відділу безпеки  
 середовища життєдіяльності  
 управління державного нагляду за  
 дотриманням санітарного законодавства  
 Головного управління Держпродспоживслужби  
 в Хмельницькій області



Баланюк Н.В.



**«З А Т В Е Р Д Ж У Ю**

**Начальник Головного управління  
Держпродспоживслужби в  
Хмельницькій області**

**Грушко В.П.**

« 27 » 02 2020 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

**1. Назва пропозиції для впровадження:** Вдосконалення підходів до оцінки кількісного впливу забруднення атмосферного повітря, обумовленого викидами автомобільного транспорту та визначення зон підвищеного ризику для здоров'я населення.

**2. Установа – розробник, юридична адреса, ПП авторів розробки:**

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України»; лабораторія якості повітря. 02094, Київ, вул. Попудренка, 50; Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А., Михіна Л.І., Маремуха Т.П., Ліхобицький І.В., Сухачов Д.С.

**3. Джерело інформації (методичні рекомендації, інформаційний лист, монографії, з'їзди конференцій, семінари та ін.):** Інформаційний лист «Вдосконалення підходів до оцінки кількісного впливу забруднення атмосферного повітря, обумовленого викидами автомобільного транспорту та визначення зон підвищеного ризику для здоров'я населення» (Укрмедпатентінформ, № 227-2015) / Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А., Михіна Л.І., Маремуха Т.П., Ліхобицький І.В., Сухачов Д.С., Брезіцька Н.В.

**4. Базова установа, що проводить впровадження:** Головне управління Держпродспоживслужби в Хмельницькій області, 29000, м. Хмельницький, вул. Шевченка, 53.

**5. Термін впровадження:** 2019-2020 рр.

**6. Ефективність впровадження:** використовується у практичній діяльності працівників оперативних та лабораторних підрозділів під час проведення обстеження та оцінок кількісного впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення, обумовленого викидами автомобільного транспорту.

**7. Зауваження та пропозиції:** відсутні

**Відповідальний за впровадження:**

Головний спеціаліст відділу безпеки  
середовища життєдіяльності  
управління державного нагляду за  
дотриманням санітарного законодавства  
Головного управління Держпродспоживслужби  
в Хмельницькій області

 **Баланюк Н.В.**





Код ЄДРПОУ 32772503 ПІН №327725026544, Св. ПДВ №100231232,  
 IBAN UA 44 322313 0000026005012827217 в АТ «УКРЕКСІМБАНК» м. Київ МФО 322313  
 Тел.: (044) 462-54-00, 425-48-95; e-mail: avtoeco@faust.net.ua; Сайти: www.eco.aep.kiev.ua; www.aep.kiev.ua  
 Фактична (поштова) адреса: вул. Межигірська, 82 А, Подільський район, м. Київ, 04080

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**  
 Генеральний директор  
 ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ  
 ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ  
 «АВТОЕКОПРИЛАД»  
 Приміський В.П.  
 «15» 2020 р.



### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

**1. Назва пропозиції для впровадження:** Спосіб прогнозування забруднення атмосферного повітря викидами автомобільного транспорту.

**2. Установа – розробник, юридична адреса, ПП авторів розробки:**

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України»; лабораторія якості повітря. 02094, Київ, вул. Попудренка, 50; Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А., Михіна Л.І., Маремуха Т.П., Сухачов Д.С.

**3. Джерело інформації (методичні рекомендації, інформаційний лист, монографії, з'їзди конференції, семінари та ін.):** Патент на корисну модель «Спосіб прогнозування забруднення атмосферного повітря викидами автомобільного транспорту» (№96939 від 25.02.2015 р.) / Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А., Михіна Л.І., Маремуха Т.П., Сухачов Д.С.

**4. Базова установа, що проводить впровадження:** ТОВ «Автоекоприлад»; 04080, Україна, м. Київ, вул. Межигірська 82-А, офіс 106.

**5. Термін впровадження:** 2019-2020 рр.

**6. Ефективність впровадження:** використовується у практичній діяльності працівників підприємства під час проведення вимірювань концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць протягом певного часового періоду, з паралельним визначенням кількості одиниць транспорту в одиницю часу, та прогнозування рівнів забруднення повітря, обумовленого викидами автомобільного транспорту.

**7. Зауваження та пропозиції:** відсутні.

Відповідальний за впровадження:  
 Завідувач лабораторії

 Корнієнко Д.Г.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ТОВАРИСТВА З  
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ  
«ЦЕНТР ЕКОЛОГІЇ ТА РОЗВИТКУ  
НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ»



В.І. Антипов

« 12 » 02 2020 р.

### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

**1. Назва пропозиції для впровадження:** Використання оцінки ризику для здоров'я населення при розробці технологічних нормативів допустимих викидів.

**2. Автори розробки, установа – розробник:** Турос О.І., Петросян А.А. Маремуха Т.П. – ДУ «Інститут гігієни та медичної ім. О.М. Марзєєва НАМН України»; Черненко Л.М. – санітарно-епідеміологічна станція Державного управління справами.

**3. Джерело інформації (методичні рекомендації, інформаційний лист, монографії, з'їзди конференції, семінари та ін.):** Інформаційний лист «Використання оцінки ризику для здоров'я населення при розробці технологічних нормативів допустимих викидів» (Укрмедпатентінформ, №334-2015) / Турос О.І., Петросян А.А., Маремуха Т.П., Черненко Л.М.

**4. Базова установа, що проводить впровадження:** ТОВ «ЦЕНТР ЕКОЛОГІЇ ТА РОЗВИТКУ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ»; 01032, Україна, м. Київ, вул. Льва Толстого, 33, офіс 75.

**5. Термін впровадження:** 2018-2019 рр.

**6. Ефективність впровадження:** використовується у практичній діяльності працівників підприємства під час розроблення звітів з інвентаризації джерел викидів забруднюючих речовин та документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів, для отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами промислових об'єктів.

**7. Зауваження та пропозиції:** відсутні.

Відповідальний за впровадження:  
Виконавчий директор



Гончаров Д.М.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ТОВАРИСТВА З  
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ  
«ЦЕНТР ЕКОЛОГІЇ ТА РОЗВИТКУ  
НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ»

В.І. Антипов

«19» 02 2020 р.

### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

**1. Назва пропозиції для впровадження:** Обґрунтування доцільності поєднання різних економічних підходів та методології оцінки ризику для здоров'я населення при оцінках соціально-економічних збитків здоров'я населення.

**2. Установа – розробник, юридична адреса, ПП авторів розробки:**

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України»; лабораторія якості повітря. 02094, Київ, вул. Попудренка, 50; Турос О.І., Давиденко Г.М., Петросян А.А.; ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України». 01011, Україна м. Київ, вул. Панаса Мирного, 26; Близнюк В.В.

**3. Джерело інформації (методичні рекомендації, інформаційний лист, монографії, з'їзди конференції, семінари та ін.):** Інформаційний лист «Обґрунтування доцільності поєднання різних економічних підходів та методології оцінки ризику для здоров'я населення при оцінках соціально-економічних збитків здоров'я населення» (Укрмедпатентінформ, №149-2015) / Турос О.І., Близнюк В.В. Давиденко Г.М., Петросян А.А.

**4. Базова установа, що проводить впровадження:** ТОВ «ЦЕНТР ЕКОЛОГІЇ ТА РОЗВИТКУ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ»; 01032, Україна, м. Київ, вул. Льва Толстого, 33, офіс 75.

**5. Термін впровадження:** 2019-2020 рр.

**6. Ефективність впровадження:** використовується у практичній діяльності працівників підприємства під час кількісних оцінок впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення, шляхом поєднання різних економічних підходів та методології оцінки ризику для оцінювання соціально-економічних збитків здоров'я населення від викидів різних видів промислових підприємств та автотранспорту.

**7. Зауваження та пропозиції:** відсутні.

Відповідальний за впровадження:

Виконавчий директор



Гончаров Д.М.

## ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1

**Перелік пріоритетних хімічних речовин, що викидають промислові підприємства і автотранспорт та вітчизняні гігієнічні нормативи повітря населених місць**

№ п/п	Код МОЗ	Назва речовини	ГДК <sub>м.р.</sub> *, ОБРВ**		ГДК <sub>с.д.</sub> ***		Клас небезпеки
			мг/м <sup>3</sup>	мкг/м <sup>3</sup>	мг/м <sup>3</sup>	мкг/м <sup>3</sup>	
1.	503	1,3-бутадиєн	3,0	3000	1,0	1000	4
2.	301	Азоту діоксид	0,2	200	0,04	40	2
3.	302	Азотна кислота	0,4	400	0,15	150	2
4.	2001	Акрилонітрил	-	-	0,03	30	2
5.	1301	Акролеїн	0,03	30	0,03	30	2
6.	1328	Альдегід глутаровий	0,03**	30**	-	-	-
7.	1314	Альдегід пропіоновий	0,01	10	-	-	3
8.	303	Аміак	0,2	200	0,04	40	4
9.	101	Алюмінію оксид	-	-	0,01	10	2
10.	1317	Ацетальдегід	0,01	10	0,01	10	3
11.	1401	Ацетон	0,35	350	0,35	350	4
12.	107	Барію хлорид	0,004**	4**	-	-	-
13.	703	Бенз(а)пірен	-	-	0,1 мкг на 100 м <sup>3</sup>	0,1 мкг на 100 м <sup>3</sup>	1
14.	2704	Бензин	5	5000	1,5	1500	4
15.	602	Бензол	1,5	1500	0,1	100	2
16.	1210	Бутилацетат	0,1	100	0,1	100	4
17.	110	Ванадію п'ятиоксид	-	-	0,002	2	1
18.	1213	Вінілацетат	0,15	150	0,15	150	3
19.	2754	Вуглеводні насичені C <sub>12</sub> -C <sub>19</sub>	1,0	1000	-	-	4



продовження табл. Г.1

20.	337	Вуглецю оксид	5	5000	3	3000	4
21.	2005	Гідразин гідрат	0,001**	1**	-	-	-
22.	403	Гексан	600	60000	-	-	4
23.	1819	Диметиламін	0,005	5	0,005	5	2
24.	1707	Диметисульфід	0,08	80	-	-	4
25.	856	Дихлоретан	3	3000	1	1000	2
26.	1105	Діетиловий ефір	1	1000	0,6	600	4
27.	931	Епіхлоргідрин	0,2	200	0,2	200	2
28.	1240	Етилацетат	0,1	100	0,1	100	4
29.	627	Етилбензол	0,02	20	0,02	20	3
30.	526	Етилен	3	3000	3	3000	3
31.	123	Заліза оксид	-	-	0,04	40	3
32.	133	Кадмію оксид	-	-	0,0003	0,3	1
33.	135	Кобальт	0,001	1	0,0004	0,4	2
34.	616	Ксилол	0,2	200	0,2	200	3
35.	323	Кремнію діоксид	0,02**	20**	-	-	-
36.	143	Марганець та його сполуки	0,01	10	0,001	1	2
37.	325	Миш'як	-	-	0,003	3	2
38.	146	Міді оксид	-	-	0,002	2	2
39.	410	Метан	50**	50000**	-	-	-
40.	1715	Метилмеркаптан	0,0001	0,1	-	-	4
41.	150	Натрію гідроксид	0,01**	10**	-	-	-
42.	708	Нафталін	0,007	7	0,003	3	4
43.	164	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	-	-	0,001	1	2
44.	348	О-фосфорна кислота	0,02**	20**	-	-	-
45.	1555	Оцтова кислота	0,2	200	0,06	60	3
46.	2902	Пил (НДЗС)	0,5	500	0,15	150	3
47.		PM <sub>10</sub>	-	-	-	-	-

продовження табл. Г.1

48.		PM <sub>2.5</sub>	-	-	-	-	-
49.	183	Ртуть металічна	-	-	0,0003	0,3	1
50.	184	Свинець і його неорганічні сполуки	0,001	1	0,0003	0,3	1
51.	330	Сірки діоксид	0,5	500	0,05	50	3
52.	333	Сірководень	0,008	8	-	-	2
53.	334	Сірковуглець	0,03	30	0,005	5	2
54.	322	Сірчана кислота	3	300	0,1	100	2
55.	1051	Спирт ізопропіловий	0,6	600	0,6	600	3
56.	1052	Спирт метиловий	1	1000	0,5	500	3
57.	1061	Спирт етиловий	5	5000	5	5000	4
58.	621	Толуол	0,6	600	0,6	600	3
59.	882	Тетрахлоретилен	0,5	500	0,06	60	2
60.	902	Трихлоретилен	4	4000	1	1000	3
61.	1071	Фенол	0,01	10	0,003	3	2
62.	342	Фтористий водень	0,02	20	0,005	5	2
63.	1325	Формальдегід	0,035	35	0,003	3	2
64.	349	Хлор	0,1	100	0,03	30	2
65.	316	Хлористий водень	0,2	200	0,2	200	2
66.	203	Хром (VI)	0,002	2	0,0015	1,5	1
67.	1077	Циклогексанол	0,06	60	0,06	60	3
68.	1411	Циклогесанон	0,04	40	-	-	3
69.	207	Цинку оксид	-	-	0,05	50	3
70.	317	Ціаністий водень	-	-	0,01	10	2
71.	2752	Уайт спірит	1**	1000**	-	-	-

Примітка:

1. \* - ГДК<sub>м.р.</sub> (гранично допустима максимальна разова концентрація);
2. \*\* - ГДК<sub>с.д.</sub> (гранично допустима середньодобова концентрація);
3. \*\*\* - ОБРВ (орієнтовно безпечні рівні впливу).

**Перелік пріоритетних хімічних речовин, що викидають промислові підприємства і автотранспорт та міжнародні гігієнічні критерії оцінки якості повітря населених місць**

№ п/п	CAS	Назва речовини	RfC <sub>acute</sub> *		RfC <sub>chronic</sub> *		SF <sub>i</sub> **, (mg/kg - day) <sup>-1</sup>	Вплив на органи та системи***
			мг/м <sup>3</sup>	мкг/м <sup>3</sup>	мг/м <sup>3</sup>	мкг/м <sup>3</sup>		
1.	106-99-0	1,3-Бутадиєн	0,11	110	0,002	2	0,105	РС, ОД, ССС, КЕ
2.	10102-44-0	Азоту діоксид	0,2****	200****	0,04****	40****	-	ОД, КС
3.	7697-37-2	Азотна кислота	0,09	90	0,04	40	-	ОД
4.	107-13-1	Акрилонітрил	0,2	200	0,002	2	0,24	ОД, КЕ, РС, ЦНС
5.	107-02-8	Акролеїн	0,0001	0,1	0,00002	0,02	-	ОД, ОЗ
6.	111-30-8	Альдегід глутаровий	0,014	14	0,004	4	-	ОД, ОР
7.	123-38-6	Альдегід пропіоновий	-	-	0,008	8	-	ОД, ПО, ОЗ, НС
8.	7664-41-7	Аміак	0,35	350	0,1	100	-	ОД
9.	1344-28-1	Алюмінію оксид	-	-	0,005	5	-	ОД
10.	75-07-0	Ацетальдегід	0,115	115	0,009	9	0,0077	ОЗ, ОД, КЕ
11.	67-64-1	Ацетон	62	62000	31,2	31200	-	ПО, КС, ЦНС
12.	10326-27-9	Барію хлорид	-	-	0,0005	0,5	-	РС, ССС
13.	50-32-8	Бенз(а)пірен	-	-	0,000001	0,001	3,1	КЕ, ІС, ВВР
14.	8006-61-9	Бензин	-	-	0,071	71	0,035	ОЗ, ОД, ПО, ЦНС
15.	71-43-2	Бензол	0,15	150	0,06	60	0,027	ВВР, КС, ЦНС, ІС, РС, КЕ
16.	123-86-4	Бутилацетат	-	-	0,7	700	-	ОД
17.	7440-62-2	Ванадію п'ятиоксид	0,0002	0,2	0,00007	0,07	-	ОД
18.	108-05-4	Вінілацетат	-	-	0,2	200	-	ОД, ПО
19.		Вуглеводні насичені C <sub>12</sub> -C <sub>19</sub>	-	-	0,48	480	-	ОД, НС
20.	630-08-0	Вуглецю оксид	5	5000	3	3000	-	ОД
21.	7803-57-8	Гідразин гідрат	-	-	0,0002	0,2	17	ОД, ПО, КЕ

продовження табл. Г.2

22.	110-54-3	Гексан	-	-	0,2	200	-	ЦНС, ОД, НС
23.	124-40-3	Диметиламін	-	-	0,00002	0,02	-	ОД, НС, ОЗ
24.	75-18-3	Диметисульфід	-	-	0,029	29	-	ОД, НС, ОЗ
25.	1300-21-6	Дихлоретан	-	-	0,4	400	0,091	ПО, ЦНС, РС, КЕ
26.	60-29-7	Діетиловий ефір	-	-	0,7	700	-	ОД
27.	106-89-8	Епіхлоргідрин	-	-	0,001	1	0,0042	ОД, ОЗ, КЕ
28.	141-78-6	Етилацетат	140	140000	3,2	3200	-	ЦНС, ОД
29.	100-41-4	Етилбензол	1	1000	1	1000	0,00385	ПО, ВВР, КЕ
30.	74-85-1	Етилен	-	-	0,1	100	-	ССС, ІС
31.	1332-37-2	Заліза оксид	-	-	0,04	40	-	ОД
32.	7440-43-9	Кадмію оксид	-	-	0,00002	0,02	6,3	ПО, ОД, КЕ
33.	7440-48-4	Кобальт	-	-	0,00002	0,02	9,8	ОД, КЕ
34.	1330-20-7	Ксилол	-	-	0,1	100	-	ЦНС, ОД, ПО
35.	60676-86-0	Кремнію діоксид	-	-	0,05	50	-	ОД
36.	7439-96-5	Марганець та його сполуки	-	-	0,00005	0,05	-	ЦНС, НС, ОД
37.	7440-38-2	Миш'як	0,0004	0,4	0,00003	0,03	15	ВВР, РС, НС, ССС, ОД, КЕ
38.	1317-38-0	Міді оксид	-	-	0,00002	0,02	-	ОД
39.	74-82-8	Метан	-	-	50	50000	-	ОД, НС
40.	74-93-1	Метилмеркаптан	-	-	0,001	1	-	ОД, НС, ОЗ
41.	1310-73-2	Натрію гідроксид	0,005	5	0,002	2	-	ОД, ОЗ
42.	91-20-3	Нафталін	-	-	0,003	3	-	ОД
43.	1313-99-1	Нікель оксид (у перерахунку на нікель)	-	-	0,00002	0,02	0,84	ОД, КС, ІС, КЕ, ЦНС
44.	7664-38-2	О-фосфорна кислота	-	-	0,01	10	-	ОД
45.	64-19-7	Оцтова кислота	3,7	3700	0,25	250	-	ОД



продовження табл. Г.2

46.		Пил (НДЗС)	0,3	300	0,1	100	-	ОД, ССС, ВВР, ДП, КЕ
47.		PM <sub>10</sub>	0,05****	50****	0,02****	20****	-	
48.		PM <sub>2.5</sub>	0,025*** *	25**** (не повинна перевищуватись більше 3 днів/рік)	0,01****	10****	-	
49.	7439-97-6	Ртуть металічна	0,002	2	0,0003	0,3	-	ЦНС, ПО, РС, ВВР
50.	7439-92-1	Свинець і його неорганічні сполуки	-	-	0,0005	0,5	0,0042	ЦНС, ВВР, РС, ПО, КЕ
51.	7446-095	Сірки діоксид	0,125*** *	125****	0,05	50	-	ОД, ДП
52.	7783-06-4	Сірководень	-	-	0,002	2	-	ОД
53.	75-15-0	Сірковуглець	20	20000	0,7	700	-	ЦНС, ВВР
54.	7664-93-9	Сірчана кислота	0,1	100	0,001	1	-	ОД
55.	67-63-0	Спирт ізопропіловий	3	3000	0,7	700	-	ОД, ПО, ВВР
56.	67-56-1	Спирт метиловий	30	30000	4	4000	-	ЦНС, ВВР
57.	64-17-5	Спирт етиловий	100	100000	100	100000	-	ЦНС, ОД
58.	108-88-3	Толуол	-	-	0,4	400	-	ЦНС, ОД, ВВР
59.	127-18-4	Тетрахлоретилен	1,4	1400	0,035	35	0,002	ОД, ЦНС, ВВР, НС, ПО, КЕ
60.	79-01-6	Трихлоретилен	11	11000	0,04	40	0,0063	ЦНС, ВВР, КЕ, ПО
61.	108-95-2	Фенол	0,01	10	0,006	6	-	ССС, ПО, ЦНС, ОД
62.	7664-39-3	Фтористий водень	0,2	200	0,014	14	-	ОД
63.	50-00-0	Формальдегід	0,048	48	0,003	3	0,046	ОД, ОЗ, ІС
64.	7782-50-5	Хлор	0,2	200	0,0002	0,2	-	ОД
65.	7647-01-0	Хлористий водень	2,1	2100	0,02	20	-	ОД
66.	18540-29-9	Хром (VI)	-	-	0,0001	0,1	42	ОД, КЕ

продовження табл. Г.2

67.	108-93-0	Циклогексанол	-	-	0,00002	0,02		ОД
68.	108-94-1	Циклогесанон	-	-	1	1000		ОД
69.	1314-13-2	Цинку оксид	-	-	0,035	35	-	ССС, КС, ОД
70.	74-90-8	Ціаністий водень	0,3	300	0,003	3		ССС, ЦНС
71.	8030-30-6	Уайт спірит	-	-	1,0	1000	-	ЦНС

Примітка:

- \* -  $RfC_{acute}$ ,  $RfC_{chronic}$  (референтна концентрація хімічної речовини за умови гострого та хронічного інгаляційного впливу на здоров'я людини) – це вплив хімічної речовини протягом життя, що встановлюється з урахуванням всіх наявних сучасних наукових даних та, ймовірно, не призводить до виникнення ризику для здоров'я людини (особливо, чутливих груп населення) [10,15];
- \*\* -  $SF_i$  (фактор канцерогенного потенціалу – міра додаткового індивідуального канцерогенного ризику або ступінь збільшення імовірності розвитку раку за впливу канцерогена) [10,15];
- \*\*\* - Направленість впливу: КС (кісткова система), (ОЗ) органи зору, ЦНС (центральна нервова система), НС (нервова система), ОД (органи дихання), ІС (імунна система), ПО – паренхіматозні органи, ССС (серцево-судинна система); ВВР (вроджені вади розвитку); КЕ – канцерогенні ефекти; ДП (демографічні показники) – підвищення рівня смертності;
- \*\*\*\* - гігієнічні нормативи, відповідно до рекомендацій ВООЗ.

## ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1

**Усереднені 1-годинні концентрації забруднюючих речовин у вузлах рецепторної сітки, обумовлені викидами стаціонарних джерел устаткування для виробництва чавуну підприємств ГМК України (перспективні технологічні нормативи допустимих викидів)**

Назва підприємства	Код ЗР	Назва ЗР	Румб	Усереднена 1-годинна концентрація, мкг/м <sup>3</sup>									
				1000 м	1250 м	1500 м	1750 м	2000 м	2500 м	3000 м	3500 м	4000 м	4500 м
ПАТ "Алчевський металургійний комбінат"	337	Вуглецю оксид	пн	2350,831	2172,92	1980,703	1811,441	1646,51	1355,013	1151,373	994,5233	877,2929	778,6896
			пн-сх	2160,03	1921,9	1693,238	1491,507	1314,827	1047,862	860,6708	729,3771	631,2375	550,0279
			сх	1344,145	1218,106	1090,833	986,8921	887,3963	742,5725	637,3154	548,8792	489,3021	442,4438
			пд-сх	1362,436	1248,843	1156,126	1060,051	979,8342	837,8329	724,82	642,4971	575,5454	521,7817
			пд	1505,339	1375,175	1280,489	1155,689	1045,391	838,4158	713,0013	631,7358	560,1921	499,4725
			пд-зх	1644,279	1504,26	1350,77	1211,158	1091,871	902,8229	765,1496	661,4542	581,5867	517,8258
			зх	1378,045	1276,955	1143,908	1048,853	959,055	821,4029	682,3604	585,8725	506,2721	435,1454
			пн-зх	2139,158	1999,659	1837,981	1684,336	1529,943	1265,517	1083,727	951,5404	877,3488	779,7783
	301	Азоту діоксид	пн	93,77993	88,18603	81,12583	74,59759	68,14245	56,47131	48,12079	41,64203	36,78666	32,68901
			пн-сх	91,32631	82,09179	72,50741	63,84962	56,20634	44,64717	36,56355	30,91236	26,70115	23,22806
			сх	55,78924	51,10355	45,84121	41,47379	37,26269	31,12409	26,79455	23,26108	20,7742	18,75276
			пд-сх	53,84507	49,70534	46,3189	43,21217	40,00031	34,27034	29,68595	26,33878	23,60661	21,42483
			пд	59,53062	55,69676	52,11448	47,21548	42,89707	34,65197	29,53448	26,15691	23,30723	20,79632
			пд-зх	67,03248	61,11638	54,88517	49,26083	44,49552	36,89583	31,34652	27,12034	23,87618	21,27389
			зх	54,27493	50,25255	45,08107	41,39669	37,91831	32,58301	27,1561	23,37779	20,24727	17,43744
			пн-зх	79,59014	75,21062	70,56493	66,01638	61,08072	52,18107	45,22152	39,70186	36,59807	32,5229
	ПАТ "Арселор Міттал Кривий Ріг"	337	Вуглецю оксид	пн	539,655	559,1838	560,2238	405,4425	344,1469	393,5339	382,3993	382,0174	370,8576
пн-сх				425,0233	411,3453	381,6064	378,2791	329,8166	285,6878	246,0163	201,9618	186,4233	164,9219
сх				432,4529	641,1763	770,7842	776,6258	719,1013	480,4246	291,2926	168,931	144,2129	134,6757
пд-сх				222,879	210,1895	197,3735	188,946	178,9596	200,7861	235,8265	250,3498	254,6197	256,2042
пд				200,3697	188,9521	182,5446	170,8228	160,1198	146,9915	134,4053	126,5402	113,8893	112,7605
пд-зх				225,6925	207,3697	193,019	183,1452	176,1597	159,7278	148,0922	128,3863	108,7629	101,0843
зх				284,7442	278,4325	271,4685	252,7523	234,5183	201,4565	180,5463	164,6672	125,9173	105,9821
пн-зх	425,9675	458,7733	430,8496	445,0342	400,7419	348,909	277,3194	220,7399	361,795	456,0254			

продовження табл. Г.1

	301	Азоту діоксид	пн	16,26807	16,61163	17,51095	12,11377	9,638321	14,23261	13,71133	14,46115	17,52303	19,01801	
			пн-сх	12,78664	12,38977	11,50457	11,36013	9,876441	8,509034	8,760834	10,74195	11,39063	10,34176	
			сх	12,6815	18,85425	22,71034	22,90251	21,23373	14,22686	8,7228	6,242393	4,849938	4,235866	
			пд-сх	9,568307	9,623293	11,17224	11,02387	8,365703	7,084607	7,044934	7,508114	7,682097	7,852728	
			пд	7,94399	7,925776	7,138748	7,241059	7,631307	11,19461	11,63485	9,02319	7,432731	6,810752	
			пд-зх	7,435628	7,253017	9,438093	10,76891	10,12748	7,119252	4,910372	4,300152	4,315321	4,235641	
			зх	8,460231	8,327476	8,0336	7,517217	7,886331	8,145541	7,635679	8,313648	8,213652	7,06739	
			пн-зх	12,5667	13,69635	13,03033	13,27632	11,96404	10,2886	8,091666	7,121259	10,86239	13,58626	
ПРАТ "МК "Азовсталь"	337	Вуглецю оксид	пн	1580,957	1518,748	1442,261	1436,197	1289,888	1298,642	1188,778	1136,011	978,1938	980,1933	
			пн-сх	1495,611	1428,62	1346,045	1263,446	1182,384	1045,033	1007,498	954,6321	900,0838	834,0592	
			сх	1443,101	1441,768	1383,91	1339,838	1283,189	1158,356	994,675	961,2875	931,3929	885,0525	
			пд-сх	1616,677	1431,996	1429,68	1525,669	1363,503	750,4554	740,9275	681,5213	635,0721	608,9992	
			пд	1587,182	1710,765	1027,382	1005,062	996,46	985,3467	978,9588	908,36	842,6554	693,7996	
			пд-зх	1536,747	1319,639	1030,852	791,2088	997,155	920,1129	909,3417	919,3213	974,3404	926,9867	
			зх	1765,596	1741,301	1705,995	1839,072	2048,888	2144,62	2133,341	1800,064	1686,159	1603,79	
			пн-зх	1738,914	1799,231	1796,183	1606,782	1639,817	1552,808	1601,112	1324,373	1408,532	1256,043	
	301	Азоту діоксид	пн	48,75762	45,65279	44,77717	44,56024	40,03276	40,29769	36,80269	35,10283	30,33864	30,34627	
			пн-сх	46,39469	44,31866	41,76562	39,21128	36,70414	31,88058	30,69482	29,15097	27,49225	25,5161	
			сх	44,77917	44,72048	42,92355	41,40828	39,79655	35,92459	30,85541	29,85678	28,91014	27,46041	
			пд-сх	50,09534	44,40062	44,38872	47,28817	42,26697	23,28753	22,77663	21,02604	19,6055	18,75998	
			пд	49,21114	52,96717	31,78883	30,60739	30,43232	30,21214	30,14314	28,09613	26,07363	21,39778	
			пд-зх	47,1741	40,45369	31,38976	23,62078	30,75197	28,09213	27,95815	27,76268	30,21502	28,75427	
ПАТ „Дніпровський металургійний комбінат”	337	Вуглецю оксид	пн	700,6917	658,7742	594,4075	526,2792	507,5275	473,8129	434,8467	488,3321	579,1454	632,8467	
			пн-сх	819,895	729,8454	652,2763	576,2617	503,5771	406,5488	466,0733	563,0279	610,0871	631,7208	
			сх	719,9263	695,1254	635,9258	569,9204	508,8175	419,3979	355,0705	325,6713	342,9445	454,7888	
			пд-сх	933,7763	886,4142	812,7104	728,8	651,1546	995,5279	1204,19	1307,423	1286,264	1253,21	
			пд	760,4483	696,6971	640,3017	711,2188	754,4663	769,6125	734,7679	655,3542	574,92	2007,87	
			пд-зх	832,0358	807,4008	740,7558	763,17	786,65	771,9629	793,5838	2497,133	5782,638	916,8046	
			зх	834,835	736,1192	658,0271	586,6646	496,4392	432,6875	362,8141	347,9474	308,1572	273,7074	
			пн-зх	535,9188	678,5646	789,2388	837,905	818,6254	801,0683	733,2454	666,7854	611,3233	560,0525	

продовження табл. Г.1

	301	Азоту діоксид	пн	21,9787	20,64753	18,68097	16,51787	16,0138	14,9524	13,72421	15,43715	18,30823	20,00436
			пн-сх	25,72517	22,90759	20,47267	18,11905	15,85048	12,77109	14,70015	17,77175	19,2627	19,94747
			сх	22,65567	21,87951	20,01709	17,93863	16,01414	13,21054	11,18702	10,2898	10,67201	14,2446
			пд-сх	29,42689	27,9348	25,61119	22,96486	20,51497	31,18542	37,83152	41,13207	40,49693	39,47583
			пд	23,83583	21,87474	20,2632	22,50529	23,86858	24,33758	23,2308	20,71284	18,16794	63,83807
			пд-зх	26,25584	25,48263	23,37815	24,12917	24,87203	24,40602	25,07361	79,2971	80,58272	28,62188
			зх	26,28983	23,15732	20,67549	18,46303	15,60797	13,61058	11,42628	10,92893	9,6864	8,609238
			пн-зх	17,03394	21,45773	24,95556	26,49094	25,88005	25,31954	23,17083	21,06677	19,31178	17,69051
ПРАТ „Донецьксталь” – МЗ”	337	Вуглецю оксид	пн	608,2333	484,8671	411,5636	352,2152	307,2478	256,4722	242,3451	228,3722	213,7649	199,2965
			пн-сх	496,2629	383,9038	307,2161	267,8041	244,3535	252,548	233,2068	220,2455	204,7622	190,2898
			сх	536,5404	449,0104	391,1095	345,3222	310,6271	302,4922	285,88	269,0998	251,5596	235,3138
			пд-сх	520,2163	424,5388	381,076	355,6555	324,3783	281,724	252,8243	228,424	215,5641	202,0931
			пд	548,2088	441,9746	381,4158	314,4178	253,244	235,3868	225,1521	223,9797	230,1857	219,7375
			пд-зх	664,9283	508,3454	396,7009	340,1082	321,6162	324,2613	304,1899	276,376	251,5396	230,2649
			зх	539,5217	508,0779	445,9142	382,663	333,0055	310,1619	287,6812	267,5716	241,9755	220,5192
			пн-зх	558,6025	442,7317	369,8545	325,7322	315,653	250,352	237,458	227,546	213,962	199,2943
	301	Азоту діоксид	пн	19,1188	15,24066	12,88466	10,98498	9,544693	7,50541	6,84849	6,464193	6,057655	5,652128
			пн-сх	15,67437	12,06608	9,595624	8,300655	7,574259	7,316376	6,742379	6,359155	5,908286	5,489552
			сх	16,41318	13,7366	11,86232	10,42445	9,346772	8,540197	8,098593	7,640652	7,153679	6,69889
			пд-сх	16,1358	13,20819	10,10857	9,360972	8,447117	8,162034	7,323476	6,614548	6,147697	5,779683
			пд	16,53539	13,25438	11,41895	9,3478	7,453507	6,914341	6,4864	6,446676	6,622786	6,327152
			пд-зх	20,38064	15,7722	12,05264	9,698552	9,161272	9,216476	8,65139	7,854321	7,145403	6,537445
ПРАТ „Снаківський металургійний завод”	337	Вуглецю оксид	пн	1656,295	1573,893	1403,197	1272,872	1201,343	1051,441	918,5004	807,7158	716,2975	640,385
			пн-сх	1233,1	1130,167	1044,325	983,3092	914,695	784,2138	668,9738	578,8863	518,6646	474,9929
			сх	1836,496	1784,116	1654,75	1499,724	1329,444	1140,116	987,7988	857,5146	755,7333	674,2513
			пд-сх	1199,265	1314,154	1319,551	1283,084	1217,038	1061,615	938,6725	821,91	725,8442	651,3546
			пд	970,0863	858,0038	777,2838	722,6496	678,6333	604,2204	520,7442	458,9408	412,1795	370,1484
			пд-зх	1051,411	939,1504	836,5913	750,6358	685,0979	570,6658	491,6575	433,4317	396,8918	362,3743
			зх	384,1083	361,2414	381,7124	388,1403	383,5535	343,847	314,7977	286,2176	274,7026	261,9047
			пн-зх	1059,031	952,9871	866,9833	786,0558	713,9313	596,1658	506,9471	438,1704	385,1183	346,7375

продовження табл. Г.1

		Азоту діоксид	пн	160,003	156,6136	148,0658	137,9634	127,8791	109,8713	95,2819	83,59407	74,13748	66,36555
			пн-сх	184,7055	172,9032	158,1848	144,1267	131,2512	109,7778	92,27931	79,08207	69,48769	61,91538
			сх	217,1978	201,757	184,2475	166,5681	147,9137	127,2621	110,8293	96,81652	85,74986	76,82207
			пд-сх	161,8226	160,3456	153,6766	146,1459	137,3945	119,9309	107,0607	95,11376	85,24148	77,08476
			пд	110,2332	104,8594	95,96752	88,21317	82,18728	72,31369	61,92728	54,36052	48,69686	43,65283
			пд-зх	136,134	122,2837	108,3667	96,66145	87,75383	72,342	61,84828	54,20566	49,41062	44,94417
			зх	64,342	51,42452	42,79662	45,39776	45,90652	41,58403	38,29821	34,888	32,0945	29,70966
			пн-зх	122,1636	113,9674	104,2241	94,90314	86,56445	72,96024	62,67641	54,75428	48,49914	43,446
ПРАТ „Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча”	337	Вуглецю оксид	пн	1376,84	1344,629	1387,739	1414,434	1392,528	1234,843	1119,574	1010,522	911,6871	831,0142
			пн-сх	2161,133	2119,629	2001,321	1920,864	1811,064	1640,764	1538,623	1456,187	1345,84	1237,382
			сх	1474,678	1362,833	1247,214	1228,195	1168,777	1033,7	920,3979	821,3458	735,7813	662,3767
			пд-сх	1437,422	1350,511	1378,474	1364,542	1295,318	1183,893	1062,453	976,2696	900,0642	823,2767
			пд	2128,474	2097,96	1981,73	1846,003	1707,766	1496,228	1364,772	1175,625	1063,596	969,9796
			пд-зх	2172,52	2128,006	2071,787	1939,227	1813,713	1555,014	1367,47	1225,018	1148,361	1072,461
			зх	2401,957	2321,98	2136,506	1980,801	1821,478	1515,378	1332,973	1179,342	1044,304	946,9567
			пн-зх	1461,141	1355,587	1313,19	1301,555	1240,23	1099,115	990,8421	880,7092	799,2504	736,4963
	301	Азоту діоксид	пн	43,82538	42,80007	44,17231	45,02203	44,32476	39,30559	35,63655	32,16537	29,01941	26,45156
			пн-сх	68,78969	67,46862	63,70286	61,1419	57,6469	52,22617	48,975	46,35103	42,83862	39,38638
			сх	46,93962	43,37955	39,69934	39,094	37,20269	32,90312	29,29667	26,1438	23,42024	21,08375
			пд-сх	45,75372	42,98734	43,87741	43,43397	41,23055	37,68383	33,81834	31,07509	28,64944	26,20526
			пд	67,75017	66,7789	63,07928	58,75903	54,3589	47,62555	43,44124	37,42066	33,85471	30,87486
			пд-зх	69,15221	67,73531	65,94583	61,72638	57,73121	49,49672	43,52714	38,99279	36,55279	34,13687
зх			76,45524	73,90955	68,00586	63,04972	57,97841	48,2351	42,4291	37,53893	33,24063	30,14202	
пн-зх			46,50869	43,1489	41,79959	41,42921	39,47721	34,98545	31,53905	28,03347	25,44045	23,44297	
ПРАТ «Дніпровський металургійний за завод»	337	Вуглецю оксид	пн	277,8127	266,5538	245,4127	228,1901	210,6344	208,2371	200,1018	188,8683	176,6266	164,0684
			пн-сх	311,7891	309,0683	317,0375	310,3589	287,3609	267,4306	237,6775	211,8611	204,9867	194,0707
			сх	221,6835	191,7618	171,0695	168,1643	166,6366	158,6477	155,893	152,4003	143,8141	130,567
			пд-сх	229,2901	202,6933	185,2224	189,127	189,0093	180,079	166,104	153,3605	143,713	131,1624
			пд	228,3473	214,5991	189,1291	203,5046	216,2503	210,3962	194,3176	167,6258	160,2267	152,8288
			пд-зх	444,425	492,8375	503,7442	496,6363	481,8458	459,2546	443,2733	418,0729	389,6098	362,445
			зх	336,7733	358,3284	353,5839	337,4983	317,6868	278,3842	242,3839	218,327	206,2673	195,4053
			пн-зх	211,2885	183,7795	202,0253	211,0206	212,6119	200,5946	193,9863	179,9178	168,0017	156,1271

продовження табл. Г.1

	301	Азоту діоксид	пн	8,842848	8,484476	7,811548	7,263348	6,704548	6,628241	6,369293	6,011728	5,622072	5,222341	
			пн-сх	9,924331	9,837728	10,09139	9,878807	9,146776	8,51239	7,565341	6,743593	6,524783	6,177321	6,177321
			сх	7,056245	6,103828	5,44519	5,352714	5,30409	5,049797	4,962117	4,850941	4,577641	4,155979	4,155979
			пд-сх	7,298366	6,451783	5,895679	6,019962	6,016217	5,731966	5,287134	4,881507	4,574424	4,174934	4,174934
			пд	7,268359	6,830748	6,020034	6,477607	6,883303	6,696966	6,185179	5,335572	5,100059	4,864583	4,864583
			пд-зх	14,14617	15,68715	16,03431	15,80806	15,33728	14,6182	14,10951	13,30737	12,40138	11,53672	11,53672
			зх	10,71959	11,40569	11,25467	10,74266	10,11206	8,861045	7,715145	6,949407	6,565541	6,219803	6,219803
			пн-зх	6,725369	5,849748	6,430517	6,716841	6,767493	6,384979	6,174634	5,726831	5,347538	4,969566	4,969566
ПАТ "ЗМК „Запоріжсталь"	337	Вуглецю оксид	пн	295,1755	332,4379	370,11	379,6371	396,7768	379,2878	345,2695	311,5813	274,558	235,7407	
			пн-сх	323,8724	342,7711	384,9324	403,3029	399,0441	379,5227	345,8983	311,0523	271,4843	251,5223	
			сх	341,6388	335,9926	369,2311	383,0905	377,964	348,174	308,8655	276,5549	245,3262	226,1503	
			пд-сх	604,1842	648,64	658,9925	646,4104	622,9483	579,0554	540,64	482,8754	433,0471	393,0441	
			пд	306,0291	341,5897	364,2918	371,4075	365,4363	335,8715	304,4744	266,4349	240,2124	220,9488	
			пд-зх	341,5508	374,7484	390,7518	387,3054	376,044	346,859	314,4323	280,463	261,838	236,155	
			зх	288,6314	332,1834	351,285	365,8236	352,4874	325,5362	294,2289	261,0041	240,6862	220,456	
			пн-зх	262,4959	301,4233	307,4485	305,1054	304,0175	283,1309	263,8214	242,9559	223,447	206,0965	
	301	Азоту діоксид	пн	19,51783	21,9964	23,02152	22,67875	23,73734	22,46942	20,23832	18,0991	15,6651	13,0893	
			пн-сх	23,57076	25,40677	26,33482	26,37893	25,18457	23,271	20,80644	18,41853	15,66761	14,48469	
			сх	25,22659	21,83479	20,61725	21,25414	20,8396	19,08512	16,79817	15,00073	13,20393	12,18623	
			пд-сх	36,26662	39,57279	39,15576	37,1601	34,58193	32,21528	30,42526	27,1487	24,33329	23,14071	
			пд	25,95292	24,96343	23,85482	22,69345	21,32538	19,18281	17,20853	14,86645	13,32446	12,20082	
			пд-зх	28,60707	28,92364	27,59018	25,75324	24,0212	21,1659	18,69136	16,32542	15,17732	13,50133	
			зх	21,71586	20,04272	20,50716	21,19868	20,06678	18,32819	16,4114	14,16472	12,87688	11,66453	
			пн-зх	15,19494	16,15659	16,15612	15,76281	15,80615	14,82961	13,87141	12,81906	11,81678	10,90953	

Таблиця Г.2

**Усереднені 24-годинні концентрації забруднюючих речовин у вузлах рецепторної сітки, обумовлені викидами стаціонарних джерел устаткування для виробництва чавуну підприємств ГМК України (перспективні технологічні нормативи допустимих викидів)**

Назва підприємства	Код ЗР	Назва ЗР	Румб	Усереднена 1-годинна концентрація, мкг/м <sup>3</sup>									
				1000 м	1250 м	1500 м	1750 м	2000 м	2500 м	3000 м	3500 м	4000 м	4500 м
ПАТ "Алчевський металургійний комбінат"	337	Вуглецю оксид	пн	503,3954	461,945	419,3667	383,0782	347,9075	284,8802	240,6928	206,8282	181,5193	160,3387
			пн-сх	142,0844	130,617	119,0443	108,1679	111,2571	112,6033	109,0792	104,6353	99,32979	92,98192
			сх	214,3948	174,8918	141,2443	116,702	101,5214	82,9325	75,21358	69,31092	63,46433	59,00379
			пд-сх	245,9383	230,8043	220,1157	208,8975	195,9604	169,238	147,1836	143,826	141,06	125,1616
			пд	230,4822	212,3934	196,3091	165,4627	140,9604	105,5883	97,65242	88,81442	75,82454	69,552
			пд-зх	189,2533	201,9438	196,3805	183,3718	168,0438	140,8798	118,0399	100,1007	85,45104	73,70904
			зх	145,7318	128,7925	128,3077	124,4748	117,3732	107,093	88,20633	79,18471	70,68638	62,12758
	пн-зх	376,0595	364,3923	346,1992	327,408	306,1182	265,0472	231,96	205,0329	190,582	169,7114		
	301	Азоту діоксид	пн	20,9852	19,46564	17,73257	16,19463	14,68797	12,00108	10,11686	8,677762	7,605655	6,711138
			пн-сх	6,003776	5,54841	5,061934	4,597862	4,42799	4,621152	4,508221	4,341134	4,135697	3,877203
			сх	7,516493	6,371697	5,462348	4,8635	4,322431	3,524707	2,960959	2,758766	2,60619	2,458286
			пд-сх	9,911824	9,336459	8,922517	8,479517	7,977183	6,909638	6,022597	5,552548	5,50491	4,937455
			пд	7,851955	7,39819	7,005776	6,004003	5,155907	4,174907	3,896176	3,626903	3,091645	2,844617
			пд-зх	7,257331	7,853207	7,701938	7,202752	6,611659	5,575772	4,696566	4,003069	3,429928	2,967628
зх			5,749634	5,29289	5,089066	4,944814	4,672807	4,383434	3,831648	3,441483	3,070303	2,695872	
пн-зх	16,17721	15,73536	14,98058	14,15673	13,21909	11,4161	9,961752	8,781634	8,14211	7,235693			
ПАТ "Арселор Міттал Кривий Ріг"	337	Вуглецю оксид	пн	289,7667	222,89	182,9799	151,3944	106,8835	103,6358	67,38658	56,908	55,12329	56,47263
			пн-сх	210,9218	197,7881	158,7095	138,7111	116,961	90,12308	91,33796	80,99538	80,57938	76,99875
			сх	111,632	108,2033	108,5903	97,48525	89,005	77,56563	60,22846	43,20992	36,15458	33,18321
			пд-сх	90,60192	90,37138	85,82692	81,02788	75,39104	63,91654	53,86979	45,22488	42,27196	40,5349
			пд	58,54425	57,89842	56,67329	53,93338	51,01433	46,34854	47,97196	42,80408	34,80172	33,44537
			пд-зх	114,4267	100,5924	86,86996	75,25042	67,47358	55,72492	46,16654	36,70038	29,88858	26,06348
			зх	135,8648	141,5836	121,8895	132,31	127,7416	109,4956	98,75363	79,38442	61,08175	50,55508
	пн-зх	306,1068	285,7022	332,197	270,3804	290,7683	200,8924	161,2818	116,3335	88,13146	65,92204		
	301	Азоту діоксид	пн	8,690745	6,248314	5,59859	4,334093	3,142017	3,228807	2,48719	2,443986	2,464379	2,523024
			пн-сх	6,321769	5,974007	4,784569	4,109238	3,521352	2,738152	2,706455	2,425969	2,435114	2,314724
			сх	3,360724	3,257262	3,263452	2,924003	2,694086	2,337176	1,806955	1,441066	1,37879	1,299586
			пд-сх	2,755248	2,748852	2,60901	2,462997	3,154528	3,015176	3,475762	1,862676	1,750641	1,394283
			пд	1,696328	1,863441	1,878748	2,085321	2,22909	3,218528	4,138093	5,304762	5,253221	4,296476
			пд-зх	3,477045	3,047372	2,626814	2,265024	2,030038	2,892921	2,9632	2,633138	2,322052	1,843634
зх			4,157831	4,286507	3,65661	4,006483	3,8383	3,299193	2,951055	2,362634	1,82921	1,507283	



продовження табл. Г.2

ПРАТ "МК "Азовсталь"	337	Вуглецю оксид	пн-зх	9,374321	8,656241	10,19787	7,924928	8,850814	6,0086	4,807952	3,484776	2,625741	1,959917
			пн	166,4257	161,0471	139,0173	171,6091	195,428	172,799	144,8129	137,093	122,2842	115,467
			пн-сх	287,6412	300,3267	306,74	311,2129	313,8932	310,6424	300,7559	285,5696	266,4064	242,3332
			сх	215,9321	209,8324	205,5643	199,1374	193,712	200,0039	202,3376	197,8183	194,0007	182,1428
			пд-сх	317,326	295,6472	240,1643	172,761	146,1302	129,4652	114,1435	93,13325	82,1915	78,20354
			пд	297,3985	203,3523	253,0261	240,5843	183,1874	166,9002	172,0083	180,371	186,8048	164,5218
			пд-зх	307,1675	279,352	274,7535	301,3945	400,5918	331,7327	267,4036	252,1622	238,6111	234,8163
	зх	200,2325	266,8358	278,9911	297,3407	375,6808	293,8115	419,0546	274,9907	271,0582	262,3661		
	пн-зх	173,8167	219,2382	227,1006	204,8254	189,4627	207,9636	209,6161	204,2683	157,1672	162,0522		
	301	Азоту діоксид	пн	5,153731	4,947166	4,279159	5,246955	5,976007	5,306114	4,444459	4,2192	3,7609	3,537241
			пн-сх	8,797628	9,200452	9,40101	9,543066	9,6256	9,533869	9,240193	8,782452	8,198472	7,469214
			сх	6,68179	6,523138	6,390903	6,191983	6,020524	6,153959	6,22131	6,068821	5,956848	5,594803
			пд-сх	9,824921	9,141976	7,423286	5,344962	4,523534	4,007841	3,533821	2,8828	2,54739	2,422583
			пд	9,18669	6,292803	7,8436	7,43711	5,646903	5,168966	5,318769	5,576469	5,786241	5,100634
пд-зх			9,463734	8,606886	8,299569	9,132117	12,17058	10,02243	8,145928	7,733472	7,349862	7,241231	
зх			5,975214	8,166169	8,418241	9,08021	11,32337	9,020848	12,73883	8,482014	8,403121	8,106614	
ПАТ „Дніпровський металургійний комбінат”	337	Вуглецю оксид	пн-зх	5,351355	6,78109	6,932179	6,327272	5,844124	6,387303	6,4953	6,314062	4,824903	5,030279
			пн	305,4128	287,4264	254,3786	226,0563	210,9914	181,0622	157,4828	135,3049	116,7718	103,0183
			пн-сх	556,8917	461,9388	374,136	301,0576	249,2567	183,4078	146,9784	116,8261	95,64842	86,75925
			сх	222,2648	183,9375	149,3696	121,9621	100,992	70,59238	53,2425	44,91771	44,11042	44,81813
			пд-сх	423,1929	330,6965	279,4375	245,6447	218,6414	174,5506	145,5976	126,7916	107,5344	94,72104
			пд	295,6893	226,7192	174,7191	136,1968	115,0586	85,74958	67,95188	59,39708	53,65613	167,0594
			пд-зх	252,3333	212,0735	182,307	154,2941	134,6211	110,7955	100,9983	513,4021	1106,208	199,6088
	зх	628,4346	551,3604	472,2463	404,2169	333,9888	258,2091	200,9731	168,8395	139,499	116,7135		
	пн-зх	176,7139	161,6155	143,9063	125,9683	106,4963	96,13271	94,03796	90,50292	87,08633	82,98683		
	301	Азоту діоксид	пн	9,426762	8,879559	7,852686	7,030855	6,574407	5,65421	4,923169	4,232362	3,65381	3,223952
			пн-сх	17,54126	14,5774	11,81719	9,513214	7,865221	5,784797	4,637907	3,687076	3,019034	2,724883
			сх	7,071207	5,850952	4,750138	3,877414	3,209834	2,237952	1,668193	1,382538	1,365159	1,392197
			пд-сх	13,30149	10,41231	8,774021	7,723569	6,880876	5,499297	4,560062	3,974838	3,373131	2,972807
			пд	9,374621	7,191128	5,542814	4,320848	3,621614	2,701079	2,138628	1,864493	1,681559	5,202914
пд-зх			7,983297	6,6969	5,752345	4,883297	4,257383	3,498376	3,007462	16,2771	35,17207	6,239314	
зх			19,75166	17,36843	14,8666	12,73549	10,52708	8,144369	6,341779	5,326138	4,400714	3,682069	
ПРАТ „Донецьксталь” – МЗ”	337	Вуглецю оксид	пн-зх	5,552521	5,056848	4,480321	3,90091	3,290252	3,022414	2,959728	2,850531	2,744352	2,616266
			пн	289,65	224,3686	179,8307	150,0282	127,1812	96,10633	74,90579	69,63092	64,22479	59,28292
			пн-сх	147,6896	117,0413	96,31717	86,84013	84,86121	87,29042	77,99963	73,46825	67,5115	61,91367
			сх	241,0874	212,1795	193,0454	170,1094	152,6326	123,4925	107,323	94,48988	84,02513	75,33271
			пд-сх	193,3757	160,9123	127,438	118,8971	107,3175	101,275	88,94096	78,54388	73,48913	67,60654
			пд	307,1524	249,4214	214,7539	176,3646	137,7071	107,7332	87,56346	74,92554	66,40754	61,54638

продовження табл. Г.2

	301	Азоту діоксид	пд-зх	349,8549	268,751	200,1096	146,9058	118,8296	91,09217	90,31975	75,61608	63,57204	54,49917		
			зх	329,925	288,1172	231,8886	189,8824	158,5881	119,3826	92,49608	79,95758	70,91008	64,49775		
			пн-зх	314,9192	246,702	206,1754	178,6832	163,1131	130,3061	110,4398	94,21842	81,27033	71,18696		
			пн	9,179059	7,088193	5,663031	4,711034	3,98179	2,992341	2,319586	2,081497	1,917566	1,76839		
			пн-сх	4,689131	3,710414	3,046624	2,739093	2,663669	2,588469	2,306438	2,17209	1,995569	1,82969		
			сх	7,486669	6,567059	5,970376	5,254438	4,709483	3,829521	3,327234	2,91829	2,586262	2,311724		
			пд-сх	6,023931	4,988214	3,939862	3,703752	3,331262	3,101676	2,717038	2,41401	2,261907	2,0751		
			пд	9,435193	7,555476	6,448838	5,252969	4,091966	3,173048	2,562452	2,180034	1,921286	1,788145		
			пд-зх	10,67986	8,116393	5,957455	4,302503	3,469279	2,671945	2,64201	2,209893	1,858393	1,635652		
			зх	10,18096	8,861028	7,076045	5,761407	4,788231	3,582938	2,756928	2,467228	2,17939	1,976766		
ПРАТ „Снакієвський металургійний завод”	337	Вуглецю оксид	пн-зх	9,6143	7,558483	6,331221	5,467055	4,987621	4,067507	3,428555	2,90851	2,491493	2,171662		
			пн	245,641	246,038	234,4203	218,8193	202,7116	173,5343	149,7488	130,7355	115,2894	102,775		
			пн-сх	110,1471	109,9072	112,1724	112,381	111,058	101,6637	97,815	94,29617	91,58721	88,17975		
			сх	197,068	183,8264	164,8008	144,6638	124,7573	104,8905	91,99246	80,32171	76,94529	73,65117		
			пд-сх	177,9061	197,5857	203,438	202,3294	195,7358	175,925	158,6625	140,2298	125,1453	112,4679		
			пд	74,00692	69,92625	68,70629	65,67763	61,1375	60,35733	57,53029	52,48625	46,21929	41,81338		
			пд-зх	98,30867	89,07863	82,38108	75,79358	71,41404	59,85425	52,06721	46,26613	44,18367	39,3043		
			зх	88,60388	88,55163	84,82692	82,14013	79,45358	63,84563	55,52471	48,90558	46,23471	43,94083		
			пн-зх	187,9005	177,5181	165,2386	153,8226	143,0901	124,6957	109,6221	97,45146	87,63567	79,74267		
			301	Азоту діоксид	пн	39,73567	31,06043	28,60733	26,15289	23,89705	20,14091	17,23971	14,98626	13,17101	11,72808
пн-сх	10,4409	10,31017			10,57305	10,51357	10,25799	9,417731	8,736297	8,475652	8,263662	8,006262			
сх	21,57868	19,54336			17,38927	15,36426	13,3566	11,66747	10,26952	9,013831	8,014183	7,199431			
пд-сх	30,84687	30,84647			29,6616	28,25952	26,54788	23,00134	20,2962	17,71172	15,64783	13,95726			
пд	10,12889	9,247883			8,338479	7,680321	7,125121	6,132624	5,215614	4,4764	3,828062	3,344338			
пд-зх	11,31653	10,20252			9,110434	8,168286	7,424814	6,059179	5,12741	4,460052	4,459772	4,024797			
зх	7,749569	6,500038			5,770379	5,593952	5,550172	5,078479	4,651566	4,209297	3,926893	3,789676			
пн-зх	22,16728	20,98824			19,56829	18,16513	16,84976	14,59483	12,786	11,34779	10,1995	9,281397			
ПРАТ „Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча”	337	Вуглецю оксид			пн	434,4483	363,273	311,093	269,023	263,0713	239,2759	224,5796	205,7546	178,3877	163,5636
					пн-сх	324,092	313,4823	297,7784	293,3626	283,8666	263,9497	242,1734	248,4358	241,6235	220,8857
			сх	705,3938	559,7867	443,2925	367,0434	318,6492	249,2266	204,6844	174,846	152,2067	133,421		
			пд-сх	407,3631	367,6639	330,1434	293,3493	259,673	209,9255	179,9659	162,5831	160,7629	156,2385		
			пд	322,9199	277,8941	240,4663	208,7761	182,2105	145,6959	127,4018	111,7911	109,4297	107,7713		
			пд-зх	382,3571	406,1178	418,5221	399,2511	376,7042	319,1817	277,0815	265,67	269,331	270,1376		
			зх	389,3498	315,0158	278,9073	247,9014	222,1042	203,6008	194,5766	182,6091	168,5594	159,2138		
			пн-зх	394,745	396,486	388,2915	381,7835	357,4731	310,9814	282,9338	246,2445	207,1764	178,4831		
			301	Азоту діоксид	пн	13,82867	11,56313	9,902224	8,563117	8,373676	7,616252	7,148462	6,549255	5,678159	5,206297
					пн-сх	10,31598	9,978269	9,478403	9,337848	9,035586	8,401624	7,708476	7,907807	7,690972	7,030876
сх	22,45299	17,81825			14,11019	11,68315	10,14274	7,93299	6,515193	5,565424	4,844803	4,246845			

продовження табл. Г.2

			пд-сх	12,96654	11,70289	10,5086	9,337431	8,2655	6,682017	5,728403	5,1751	5,117152	4,973138
			пд	10,27866	8,845497	7,654148	6,645438	5,799841	4,637566	4,055252	3,558362	3,48319	3,430403
			пд-зх	12,17059	12,9269	13,32173	12,70833	11,99066	10,15969	8,819621	8,456383	8,572914	8,59859
			зх	12,39316	10,02708	8,877734	7,890803	7,069669	6,4807	6,193455	5,812521	5,365317	5,067841
			пн-зх	12,56492	12,62033	12,35948	12,15232	11,37851	9,898662	9,005897	7,838062	6,59451	5,68119
ПРАТ «Дніпровський металургійний завод»	337	Вуглецю оксид	пн	164,0204	135,774	109,152	97,24642	93,25579	79,63304	68,06667	58,22733	49,98892	42,96892
			пн-сх	99,62604	76,441	60,68442	50,83517	43,77383	39,35764	38,59155	36,43757	35,3825	32,80882
			сх	87,72821	70,97971	62,23396	51,90304	50,89054	49,57092	44,27054	39,62603	34,8935	29,93375
			пд-сх	120,163	105,8718	96,21042	86,21938	77,19929	62,19921	52,03642	44,12538	38,70785	33,04064
			пд	93,13275	73,73371	67,49379	65,95321	59,18908	46,49375	37,80328	31,59136	27,72942	25,28246
			пд-зх	128,794	111,5986	93,85013	78,653	68,18788	64,62613	67,20417	85,34304	84,45942	74,781
			зх	122,6839	94,16967	72,66471	56,5455	48,18546	45,93321	44,31504	45,75417	45,15013	44,07621
			пн-зх	127,0015	110,8879	99,87729	88,73642	78,41375	61,69413	57,24908	51,06883	46,48958	42,18938
	301	Азоту діоксид	пн	5,22081	4,321724	3,474338	3,095379	2,968355	2,534741	2,166579	1,853393	1,591159	1,36771
			пн-сх	3,171124	2,433138	1,9316	1,618097	1,393331	1,252766	1,228379	1,159817	1,126234	1,044314
			сх	2,79241	2,259303	1,980924	1,65209	1,619859	1,577855	1,409145	1,261307	1,110669	0,9528
			пд-сх	3,824821	3,369928	3,062403	2,744386	2,457272	1,979817	1,656334	1,404521	1,232079	1,051693
			пд	2,964441	2,346962	2,148345	2,099307	1,884003	1,479907	1,20329	1,005562	0,882634	0,804748
			пд-зх	4,099548	3,552214	2,987276	2,503545	2,170438	2,057066	2,139128	2,716493	2,688366	2,3803
зх			3,905062	2,997445	2,312938	1,799859	1,533755	1,462066	1,410559	1,456366	1,437141	1,402959	
пн-зх			4,04249	3,529593	3,179121	2,824503	2,495931	1,963738	1,822255	1,625534	1,479776	1,342897	
ПАТ "ЗМК „Запоріжсталь"	337	Вуглецю оксид	пн	135,1917	118,4217	111,1845	106,3585	107,6639	96,77558	83,84617	75,27542	65,81342	56,11092
			пн-сх	153,0291	121,7125	111,9339	104,6785	94,99438	80,33875	66,99658	55,61717	43,97271	42,02788
			сх	107,436	88,48496	87,10042	85,98583	82,59958	73,87588	63,45154	55,20679	47,15033	42,61808
			пд-сх	129,7739	126,91	122,0563	121,7736	119,2149	114,4381	111,1714	100,8274	91,68271	84,53413
			пд	140,38	120,958	103,8679	90,14621	78,05096	59,49529	53,76221	46,60329	41,21739	37,43845
			пд-зх	138,6698	134,9145	124,5802	113,8941	103,9092	86,30275	72,47258	60,54321	53,97746	48,75829
			зх	229,605	188,6595	153,8954	133,6744	110,7252	83,84304	69,80171	58,95646	53,17517	47,49817
			пн-зх	134,301	129,0673	114,935	101,6778	90,34158	71,02129	59,66254	52,94783	47,142	42,1935
	301	Азоту діоксид	пн	8,681976	7,230228	6,511848	5,929762	6,054341	5,597372	4,975421	4,407645	3,776721	3,13291
			пн-сх	9,584872	7,33909	6,349441	5,607307	4,914145	3,983128	3,545838	3,193276	2,633893	2,470483
			сх	8,430297	6,191355	5,5745	5,176117	4,760724	4,009607	3,330152	2,834938	2,387721	2,138231
			пд-сх	8,084645	7,976531	7,426759	6,959252	6,829983	6,56889	6,404376	5,753631	5,189328	4,755931
			пд	6,694179	5,742307	4,908014	4,241303	3,768476	3,274686	2,960721	2,577234	2,304207	2,100669
			пд-зх	8,005731	7,41661	6,665069	5,987397	5,363438	4,363386	3,688841	3,311352	3,090524	2,775634
зх			10,74174	8,807679	7,168628	6,191807	5,214048	4,209979	3,624597	3,067497	2,725493	2,406955	
пн-зх			7,725672	7,071259	6,061631	5,23171	4,567566	3,654534	3,161434	2,753293	2,416859	2,140852	

Таблиця Г.3

**Усереднені 1-годинні концентрації азоту діоксиду у вузлах рецепторної сітки, обумовлені викидами стаціонарних джерел устаткування для виробництва чавуну підприємств ГМК України (висновки НДТМ)**

Назва підприємства	Код ЗР	Назва ЗР	Румб	Усереднена 1-годинна концентрація, мкг/м <sup>3</sup>									
				1000 м	1250 м	1500 м	1750 м	2000 м	2500 м	3000 м	3500 м	4000 м	4500 м
ПАТ "Алчевський металургійний комбінат"	301	Азоту діоксид	пн	77,70337	73,06843	67,21854	61,80943	56,46089	46,79051	39,87151	34,5034	30,48037	27,08518
			пн-сх	75,67037	68,01891	60,07757	52,90397	46,57097	36,99337	30,29551	25,61309	22,12381	19,24611
			сх	46,22537	42,34294	37,98271	34,364	30,8748	25,78853	22,2012	19,27347	17,21291	15,538
			пд-сх	44,61449	41,18443	38,37851	35,80437	33,14311	28,39543	24,59693	21,82356	19,55976	17,752
			пд	49,32537	46,14874	43,18057	39,1214	35,54329	28,71163	24,47143	21,67287	19,3117	17,23124
			пд-зх	55,5412	50,63929	45,47629	40,81611	36,86771	30,57083	25,97283	22,47114	19,78312	17,62694
			зх	44,97066	41,63783	37,35289	34,30011	31,41803	26,99735	22,50077	19,37017	16,77631	14,44817
			пн-зх	65,94611	62,31737	58,46809	54,69929	50,60974	43,23574	37,46926	32,89583	30,32411	26,94755
ПАТ "Арселор Міттал Кривий Ріг"	301	Азоту діоксид	пн	13,47926	13,76393	14,50907	10,03713	7,986037	11,79273	11,36082	11,9821	14,51908	15,75778
			пн-сх	10,59464	10,26581	9,532354	9,412677	8,183337	7,050343	7,258977	8,900474	9,437949	8,568886
			сх	10,50753	15,62209	18,81714	18,97637	17,59367	11,78797	7,227463	5,172269	4,01852	3,509717
			пд-сх	7,928026	7,973586	9,257	9,13406	6,931583	5,870103	5,837231	6,221009	6,365166	6,506546
			пд	6,582163	6,567071	5,914963	5,999734	6,323083	9,275531	9,640306	7,476357	6,158549	5,643194
			пд-зх	6,160949	6,009643	7,820134	8,922811	8,391337	5,898809	4,068594	3,562983	3,575551	3,509531
			зх	7,009906	6,899909	6,656411	6,228551	6,534389	6,749163	6,326706	6,888451	6,805597	5,855837
			пн-зх	10,41241	11,3484	10,79656	11,00038	9,913063	8,524843	6,704523	5,900471	9,000269	11,25718
ПРАТ "МК "Азовсталь"	301	Азоту діоксид	пн	40,39917	37,8266	37,10109	36,92134	33,17	33,38951	30,49366	29,0852	25,13773	25,14405
			пн-сх	38,44131	36,72117	34,6058	32,48934	30,412	26,41534	25,43285	24,15366	22,77929	21,14191
			сх	37,10274	37,05411	35,56523	34,30971	32,97429	29,76609	25,56591	24,73847	23,95412	22,75291
			пд-сх	41,50757	36,78909	36,77923	39,18163	35,0212	19,29538	18,87207	17,42157	16,24455	15,54398
			пд	40,77494	43,88709	26,33931	25,36041	25,21535	25,03292	24,97575	23,27965	21,60386	17,72959
			пд-зх	39,08711	33,51877	26,00865	19,57151	25,4802	23,27633	23,16533	23,00336	25,0353	23,82496
			зх	43,50786	44,63123	43,11846	46,93606	50,5724	54,67091	54,41629	46,16966	43,17797	41,18989
			пн-зх	44,64389	46,18477	45,99863	40,97911	42,23043	39,88834	40,89469	33,80431	35,36786	31,81403
ПАТ „Дніпровський металургійний комбінат”	301	Азоту діоксид	пн	18,21092	17,10795	15,47852	13,68623	13,26858	12,38913	11,37149	12,79078	15,16967	16,57504
			пн-сх	21,31514	18,98058	16,96307	15,01293	13,13325	10,58176	12,18013	14,72516	15,96052	16,5279
			сх	18,77184	18,12873	16,58559	14,86344	13,26886	10,94588	9,269246	8,525831	8,84252	11,80267
			пд-сх	24,38228	23,14598	21,2207	19,02802	16,99812	25,83935	31,34611	34,08086	33,5546	32,70854
			пд	19,74969	18,12478	16,78951	18,64724	19,77683	20,16542	19,24838	17,16207	15,05343	52,8944
			пд-зх	21,75484	21,11418	19,37047	19,99274	20,60826	20,22213	20,77528	65,70331	66,76854	23,71527
			зх	21,78301	19,18749	17,13112	15,29794	12,93232	11,27734	9,467489	9,055397	8,025874	7,133369
			пн-зх	14,11384	17,77927	20,67746	21,94964	21,44347	20,97905	19,19869	17,45533	16,00119	14,65785

продовження табл. Г.3

ПРАТ „Донецьксталь” – МЗ”	301	Азоту діоксид	пн	15,84129	12,62797	10,67586	9,101843	7,90846	6,218769	5,674463	5,356046	5,0192	4,683191
			пн-сх	12,98733	9,997606	7,95066	6,877686	6,275814	6,06214	5,586543	5,269014	4,895437	4,548486
			сх	13,59949	11,38175	9,82878	8,6374	7,744469	7,076163	6,710263	6,330826	5,927334	5,550509
			пд-сх	13,36966	10,94393	8,375671	7,756234	6,99904	6,762829	6,068023	5,480626	5,093806	4,78888
			пд	13,70075	10,9822	9,461414	7,74532	6,175763	5,729026	5,374446	5,341531	5,487451	5,242497
			пд-зх	16,88682	13,06839	9,986471	8,035943	7,590769	7,636509	7,168294	6,507866	5,920477	5,41674
			зх	13,95754	12,88538	11,11473	9,511769	8,266066	7,202589	6,694077	6,240757	5,649883	5,15416
			пн-зх	13,66888	10,81613	9,24724	8,178649	7,711374	6,270689	5,668866	5,423357	5,128303	4,756894
ПРАТ „Снакієвський металургійний завод”	301	Азоту діоксид	пн	132,5739	129,7655	122,6831	114,3126	105,957	91,03626	78,94786	69,26366	61,4282	54,9886
			пн-сх	153,0417	143,2626	131,0674	119,4192	108,751	90,95871	76,46	65,52514	57,57551	51,30131
			сх	179,9639	167,1701	152,6622	138,0135	122,557	105,4457	91,83	80,2194	71,04989	63,65257
			пд-сх	134,0816	132,8578	127,3321	121,0923	113,8411	99,37131	88,70743	78,80854	70,62866	63,87023
			пд	91,33611	86,88351	79,51594	73,09091	68,09803	59,91706	51,31117	45,04157	40,34883	36,16949
			пд-зх	112,7968	101,3207	89,78954	80,09091	72,71031	59,94051	51,24571	44,91326	40,94023	37,23946
			зх	53,31194	42,60889	35,46006	37,61529	38,03683	34,45534	31,7328	28,9072	26,59259	24,61658
			пн-зх	101,2213	94,43014	86,35709	78,63403	71,72483	60,45277	51,93189	45,36783	40,185	35,99811
ПРАТ „Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча”	301	Азоту діоксид	пн	36,31246	35,46291	36,59991	37,30397	36,72623	32,56749	29,52743	26,65131	24,04465	21,917
			пн-сх	56,99717	55,90257	52,78237	50,66043	47,76457	43,27311	40,57929	38,40514	35,49486	32,63443
			сх	38,89283	35,94306	32,89374	32,39217	30,82509	27,26258	24,27439	21,66201	19,40535	17,46939
			пд-сх	37,91023	35,61809	36,35557	35,98814	34,16246	31,22374	28,02091	25,74793	23,73811	21,71293
			пд	56,13586	55,33109	52,26569	48,68606	45,04023	39,46117	35,99417	31,00569	28,05105	25,58202
			пд-зх	57,29754	56,12354	54,64083	51,14471	47,83443	41,01157	36,06534	32,30831	30,2866	28,28483
			зх	63,34863	61,23934	56,34771	52,2412	48,03926	39,96623	35,15554	31,10369	27,54224	24,97482
			пн-зх	38,53577	35,75194	34,63394	34,32706	32,70969	28,98794	26,13236	23,22773	21,07923	19,42417
ПРАТ «Дніпровський металургійний завод”	301	Азоту діоксид	пн	7,326931	7,029994	6,472426	6,018203	5,555197	5,491971	5,277414	4,981146	4,658289	4,327083
			пн-сх	8,223017	8,15126	8,361437	8,185297	7,578757	7,053123	6,268426	5,587549	5,406249	5,118351
			сх	5,846603	5,057457	4,511729	4,435106	4,394817	4,184117	4,111469	4,019351	3,792903	3,443526
			пд-сх	6,047217	5,345763	4,884991	4,987969	4,984866	4,749343	4,380769	4,044677	3,790237	3,459231
			пд	6,022354	5,659763	4,988029	5,36716	5,703309	5,548914	5,124863	4,420903	4,225763	4,030654
			пд-зх	11,72111	12,99793	13,28557	13,09811	12,70803	12,11222	11,69074	11,0261	10,27543	9,558997
			зх	8,881943	9,450429	9,3253	8,901063	8,378563	7,342009	6,392549	5,75808	5,44002	5,153551
			пн-зх	5,572449	4,846934	5,328143	5,565383	5,607351	5,290411	5,116126	4,745089	4,430817	4,11764

продовження табл. Г.3

ПАТ "ЗМК „Запоріжсталь"	301	Азоту діоксид	пн	16,17192	18,22559	19,07498	18,79096	19,66809	18,61752	16,76889	14,99639	12,97966	10,84542
			пн-сх	19,53006	21,05132	21,82028	21,85683	20,86721	19,28169	17,23963	15,26107	12,98173	12,0016
			сх	20,90203	18,09168	17,08287	17,61057	17,2671	15,81338	13,91848	12,42918	10,9404	10,09716
			пд-сх	30,04949	32,78889	32,44334	30,7898	28,6536	26,69266	25,2095	22,49463	20,16187	19,17373
			пд	21,50385	20,68399	19,76542	18,80314	17,6696	15,89433	14,2585	12,31791	11,04026	10,10925
			пд-зх	23,703	23,9653	22,86043	21,3384	19,90328	17,53746	15,48713	13,52678	12,57549	11,18682
			зх	17,99314	16,60683	16,99164	17,56462	16,62676	15,18622	13,59802	11,73648	10,66941	9,664894
			пн-зх	12,59009	13,38689	13,3865	13,06061	13,09653	12,28739	11,49345	10,62151	9,791043	9,039326

Таблиця Г.4

**Усереднені добові концентрації азоту діоксиду у вузлах рецепторної сітки, обумовлені викидами  
стаціонарних джерел устаткування для виробництва чавуну підприємств ГМК України (висновки НДТМ)**

Назва підприємства	Код ЗР	Назва ЗР	Румб	Усереднена добова концентрація, мкг/м <sup>3</sup>									
				1000 м	1250 м	1500 м	1750 м	2000 м	2500 м	3000 м	3500 м	4000 м	4500 м
ПАТ "Алчевський металургійний комбінат"	301	Азоту діоксид	пн	17,38774	16,12867	14,6927	13,41841	12,17003	9,943754	8,382537	7,190146	6,301829	5,560657
			пн-сх	4,974557	4,597254	4,194174	3,809657	3,668906	3,828954	3,735383	3,59694	3,42672	3,21254
			сх	6,227951	5,279406	4,525946	4,029757	3,581443	2,920471	2,453366	2,285834	2,159414	2,036866
			пд-сх	8,212654	7,735923	7,392943	7,025886	6,609666	5,725129	4,990151	4,600683	4,561211	4,091034
			пд	6,505906	6,129929	5,804786	4,974746	4,272037	3,459209	3,22826	3,005149	2,561649	2,356969
			пд-зх	6,013217	6,506943	6,381606	5,967994	5,478231	4,619926	3,89144	3,316829	2,84194	2,458891
			зх	4,763983	4,385537	4,216654	4,097131	3,871754	3,631989	3,174794	2,851514	2,543966	2,233723
ПАТ "Арселор Міттал Кривий Ріг"	301	Азоту діоксид	пн	7,200903	5,177174	4,638831	3,591106	2,603386	2,675297	2,060814	2,025017	2,041914	2,090506
			пн-сх	5,238037	4,949891	3,964357	3,404797	2,917691	2,268754	2,242491	2,010089	2,017666	1,917914
			сх	2,7846	2,698874	2,704003	2,422746	2,232243	1,936517	1,497191	1,194026	1,142426	1,0768
			пд-сх	2,28292	2,27762	2,161751	2,040769	2,613751	2,498289	2,879917	1,54336	1,450531	1,155263
			пд	1,405529	1,543994	1,556677	1,727837	1,84696	2,66678	3,428706	4,395374	4,352669	3,559937
			пд-зх	2,88098	2,524966	2,176503	1,876734	1,682031	2,396991	2,455223	2,181743	1,923986	1,527583
			зх	3,44506	3,551677	3,029763	3,319657	3,180306	2,733617	2,44516	1,957611	1,515631	1,248891
пн-зх	7,767294	7,172314	8,449663	6,566369	7,333531	4,978554	3,983731	2,887386	2,175614	1,623931			


продовження табл. Г.4

ПРАТ "МК "Азовсталь"	301	Азоту діоксид	пн	4,270234	4,09908	3,545589	4,347477	4,951549	4,396494	3,682551	3,495909	3,116174	2,930857
			пн-сх	7,289463	7,623231	7,789409	7,907111	7,975497	7,899491	7,65616	7,276889	6,79302	6,188777
			сх	5,53634	5,404886	5,29532	5,1305	4,988434	5,098994	5,1548	5,028451	4,935674	4,635694
			пд-сх	8,140649	7,57478	6,150723	4,428683	3,748071	3,320783	2,928023	2,388606	2,110694	2,007283
			пд	7,611829	5,214037	6,498983	6,162177	4,678863	4,282857	4,40698	4,620503	4,794314	4,22624
			пд-зх	7,84138	7,13142	6,876786	7,566611	10,08419	8,3043	6,749483	6,407734	6,089886	5,999877
			зх	4,950891	6,766254	6,975114	7,523603	9,382223	7,474417	10,55503	7,027954	6,962586	6,716909
			пн-зх	4,43398	5,618617	5,743806	5,242597	4,842274	5,292337	5,38182	5,231651	3,997777	4,167946
ПАТ „Дніпровський металургійний комбінат”	301	Азоту діоксид	пн	7,810746	7,357349	6,506511	5,825566	5,447366	4,684917	4,079197	3,506814	3,027443	2,671274
			пн-сх	14,53419	12,07842	9,791386	7,882377	6,516897	4,793117	3,842837	3,055006	2,501486	2,25776
			сх	5,859	4,847931	3,935829	3,212714	2,659577	1,854303	1,382217	1,145531	1,131131	1,153534
			пд-сх	11,02124	8,627343	7,269903	6,399529	5,701297	4,55656	3,778337	3,293437	2,79488	2,463183
			пд	7,767543	5,958363	4,592617	3,580131	3,000766	2,238037	1,772006	1,544866	1,393291	4,310986
			пд-зх	6,614731	5,54886	4,766229	4,04616	3,527546	2,898654	2,491897	13,48674	29,14257	5,169717
			зх	16,36566	14,39099	12,31804	10,55226	8,72244	6,748191	5,254617	4,413086	3,646306	3,050857
			пн-зх	4,60066	4,18996	3,712266	3,232183	2,726209	2,504286	2,452346	2,361869	2,273891	2,167763
ПРАТ „Донецьксталь” – МЗ”	301	Азоту діоксид	пн	7,605506	5,873074	4,692226	3,903429	3,299197	2,479369	1,921943	1,724669	1,58884	1,465237
			пн-сх	3,88528	3,074343	2,524346	2,269534	2,20704	2,144731	1,911049	1,799731	1,653471	1,516029
			сх	6,20324	5,441277	4,946883	4,353677	3,902143	3,173031	2,756851	2,418011	2,142903	1,915429
			пд-сх	4,991257	4,133091	3,264457	3,068823	2,760189	2,56996	2,25126	2,00018	1,874151	1,719369
			пд	7,817731	6,260251	5,343323	4,35246	3,390486	2,629097	2,123174	1,806314	1,591923	1,481606
			пд-зх	8,849026	6,725011	4,936177	3,564931	2,874546	2,213897	2,189094	1,831054	1,539811	1,355254
			зх	8,435649	7,341994	5,863009	4,773737	3,967391	2,96872	2,284311	2,044274	1,80578	1,637891
			пн-зх	7,966134	6,262743	5,245869	4,529846	4,1326	3,37022	2,840803	2,409909	2,06438	1,799377
ПРАТ „Снакієвський металургійний завод”	301	Азоту діоксид	пн	32,92384	25,73579	23,70321	21,66954	19,80041	16,68818	14,28433	12,41718	10,91313	9,717549
			пн-сх	8,651034	8,542714	8,760526	8,71124	8,499477	7,803263	7,238646	7,022683	6,847034	6,63376
			сх	17,87948	16,19307	14,40825	12,73039	11,06689	9,667329	8,509029	7,468603	6,640323	5,965243
			пд-сх	25,55884	25,55851	24,57675	23,41503	21,99682	19,05826	16,81685	14,67543	12,96535	11,56459
			пд	8,392506	7,662531	6,909026	6,363694	5,903671	5,081317	4,321509	3,709017	3,171823	2,771023
			пд-зх	9,376551	8,453517	7,548646	6,768009	6,151989	5,020463	4,248426	3,695471	3,69524	3,334831
			зх	6,421071	5,385746	4,781171	4,634989	4,598714	4,207883	3,854154	3,487703	3,253711	3,140017
			пн-зх	18,36717	17,39026	16,21373	15,05111	13,96123	12,09286	10,59412	9,402454	8,451014	7,6903

продовження табл. Г.4

ПРАТ „Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча”	301	Азоту діоксид	пн	11,45804	9,58088	8,2047	7,095154	6,938189	6,310609	5,923011	5,426526	4,70476	4,313789
			пн-сх	8,547526	8,267709	7,853534	7,737074	7,486629	6,961346	6,387023	6,552183	6,37252	5,825583
			сх	18,60391	14,76369	11,6913	9,680323	8,403986	6,573049	5,398303	4,611351	4,014266	3,518814
			пд-сх	10,74371	9,696683	8,707129	7,736729	6,848557	5,536529	4,746391	4,28794	4,239926	4,1206
			пд	8,5166	7,329126	6,342009	5,50622	4,805583	3,842554	3,360066	2,948357	2,886071	2,842334
			пд-зх	10,0842	10,71086	11,03801	10,52976	9,935114	8,418029	7,307686	7,006717	7,103271	7,124546
			зх	10,26862	8,308151	7,355837	6,538094	5,857726	5,369723	5,13172	4,816089	4,445549	4,199069
			пн-зх	10,41093	10,45685	10,24071	10,06907	9,427911	8,201749	7,462029	6,494394	5,464023	4,707271
ПРАТ «Дніпровський металургійний завод”	301	Азоту діоксид	пн	4,325814	3,580857	2,878737	2,564743	2,459494	2,100214	1,795166	1,535669	1,318389	1,133246
			пн-сх	2,627503	2,016029	1,600469	1,340709	1,154474	1,038006	1,0178	0,960991	0,933166	0,865289
			сх	2,313711	1,871994	1,641337	1,368874	1,342169	1,307366	1,167577	1,045083	0,920269	0,789463
			пд-сх	3,169137	2,792226	2,53742	2,27392	2,036026	1,64042	1,372391	1,163746	1,020866	0,871403
			пд	2,456251	1,944626	1,780057	1,739426	1,561031	1,226209	0,997011	0,83318	0,731326	0,666791
			пд-зх	3,396769	2,943263	2,475171	2,074366	1,798363	1,704426	1,77242	2,250809	2,227503	1,972249
			зх	3,235623	2,483597	1,916434	1,491311	1,270826	1,211426	1,168749	1,206703	1,190774	1,162451
			пн-зх	3,349491	2,92452	2,634129	2,340303	2,068057	1,627097	1,509869	1,346871	1,2261	1,112686
ПАТ "ЗМК „Запоріжсталь"	301	Азоту діоксид	пн	7,193637	5,99076	5,395531	4,913231	5,016454	4,637823	4,122491	3,652049	3,129283	2,59584
			пн-сх	7,941751	6,08096	5,260966	4,646054	4,07172	3,300306	2,93798	2,645857	2,182369	2,046971
			сх	6,985103	5,12998	4,618871	4,288783	3,9446	3,322246	2,759269	2,348949	1,978397	1,771677
			пд-сх	6,698706	6,609126	6,1536	5,766237	5,659129	5,442794	5,306483	4,767294	4,299729	3,940629
			пд	5,546606	4,757911	4,06664	3,514223	3,122451	2,713311	2,453169	2,135423	1,9092	1,740554
			пд-зх	6,63332	6,145191	5,522486	4,960986	4,443991	3,615377	3,056469	2,743691	2,56072	2,299811
			зх	8,900297	7,297791	5,93972	5,130354	4,320211	3,488269	3,003237	2,54164	2,258266	1,994334
			пн-зх	6,401271	5,859043	5,022494	4,334846	3,784554	3,028043	2,619474	2,2813	2,00254	1,773849

Примітка:

- \* гігієнічні нормативи (усереднені 1-годинні концентрації були порівняні з гранично допустимими максимально разовими концентраціями (ГДК<sub>м.р.</sub>); усереднені 24-годинні концентрації були порівняні з гранично допустимими середньодобовими концентраціями (ГДК<sub>с.д.</sub>) та референтними концентраціями за умови гострого інгаляційного впливу на здоров'я населення (RfC<sub>acute</sub>); усереднені річні концентрації були порівняні з референтними концентраціями за умови хронічного інгаляційного впливу на здоров'я населення (RfC<sub>chronic</sub>);
-  - перевищення допустимих гігієнічних нормативів



## ДОДАТОК Д

Таблиця Д.1

**Внесок окремих джерел викидів гірничорудного підприємства в концентрацію пилу НДЗС у контрольних точках на межі житлової забудови, м. Кривий Ріг**

Джерела	Вклад в концентрацію в точках, %										
	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'	11'
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10001	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0	0,0001
10003	0	0	0,0001	0,0001	0	0	0	0,0001	0,0004	0	0,0004
10009	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0011	0,0001	0,0019
1001	0,0023	0,0028	0,0023	0,0031	0,0026	0,0024	0,0028	0,0022	0,0197	0,0240	0,0036
10010	0,0023	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0	0,0002
10011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10013	0	0	0,0001	0,0001	0	0	0	0,0001	0,0004	0	0,0005
10015	0,0034	0,0046	0,0029	0,0061	0,0034	0,0041	0,0038	0,0028	0,0026	0,0018	0,0064
10016	0	0	0	0,0001	0	0	0	0	0	0	0,0001
10020	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0	0,0004
10021	0	0	0	0,0001	0	0,0001	0	0	0	0	0,0002
10022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10028	0	0	0	0,0001	0	0	0	0	0	0	0,0001
10029	0,0001	0,0002	0,0001	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0004
1003	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0002	0,0010	0
10030	0,0004	0,0013	0,0006	0,0017	0,0009	0,0005	0,0012	0,0004	0,0008	0,0006	0,0016
10040	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0031	0,0043	0,0030
10041	0,0007	0,0006	0,0007	0,0006	0,0006	0,0007	0,0007	0,0007	0,0034	0,0039	0,0029
10047	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0	0
10052	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0002	0	0
10053	0,0006	0,0010	0,0008	0,0010	0,0009	0,0004	0,0009	0,0006	0,0030	0,0009	0,0009
10054	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10059	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0001	0,0001
10065	0,0190	0,0176	0,0180	0,0180	0,0187	0,0201	0,0190	0,0182	0,0758	0,1050	0,0661

продовження табл. Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10068	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0002	0,0004	0,0003
10069	0,0018	0,0017	0,0017	0,0017	0,0018	0,0019	0,0018	0,0018	0,0070	0,0091	0,0065
10071	0	0	0,0001	0,0001	0	0	0	0,0001	0,0004	0,0006	0,0005
10072	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0001
10075	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0002	0,0002
10077	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0
10078	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0002	0,0002
10079	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10081	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10082	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0001	0,0001
10083	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10084	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10085	0,0003	0,0005	0,0006	0,0006	0,0003	0,0003	0,0003	0,0006	0,0041	0,0065	0,0065
10086	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0001
10087	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10088	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1014	0	0,0001	0,0001	0,0001	0	0	0	0,0001	0,0015	0,0008	0,0003
1018	0,0030	0,0025	0,0028	0,0025	0,0019	0,0028	0,0024	0,0027	0,0119	0,0356	0,0022
1019	0,0399	0,1369	0,0949	0,1659	0,1133	0,0332	0,1290	0,0471	1,1833	3,5796	0,2448
1020	0,0856	0,1092	0,0914	0,1080	0,1023	0,0812	0,1111	0,0825	0,5980	0,8646	0,1709
1022	0,0721	0,0927	0,0764	0,0925	0,0853	0,0670	0,0931	0,0698	0,5115	0,8554	0,1428
1024	0,0040	0,0033	0,0036	0,0033	0,0019	0,0038	0,0032	0,0039	0,0123	0,0250	0,0026
1025	0,0040	0,0033	0,0037	0,0033	0,0024	0,0037	0,0031	0,0037	0,0174	0,0470	0,0025
1026	0,0044	0,0038	0,0042	0,0037	0,0027	0,0041	0,0035	0,0043	0,0153	0,0344	0,0026
1032	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0024	0,0007	0,0005
1037	0,0001	0,0001	0,0002	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0049	0,0008	0,0008
1040	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0006	0,0002	0,0001
1041	0	0	0,0001	0,0001	0	0	0	0	0,0020	0,0008	0,0002
1042	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1043	0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0083	0,0025	0,0010

продовження табл. Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1049	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0	0	0,0003
1054	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0	0	0,0003
1055	0,0058	0,0141	0,0076	0,0219	0,0069	0,0054	0,0100	0,0079	0,2799	1,0532	0,0393
1057	0,0001	0,0003	0,0002	0,0003	0,0003	0,0002	0,0003	0,0002	0,0028	0,0086	0,0006
1059	0,0118	0,0121	0,0124	0,0115	0,0108	0,0154	0,0117	0,0102	0,0100	0,0083	0,0050
1060	13,1990	11,7406	11,5120	11,4749	13,7061	14,8227	12,9484	12,1897	14,8856	16,2850	7,1047
1061	2,8922	4,1068	2,8385	3,9797	3,8967	1,3173	4,1549	2,0216	4,1182	3,4390	2,1219
1063	0,0006	0,0004	0,0005	0,0003	0,0006	0,0005	0,0005	0,0006	0,0025	0,0021	0,0004
1064	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0001	0,0001	0,0002
1064	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0001	0,0001	0,0002
1065	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0001	0,0001	0,0002
1066	0,0158	0,0151	0,0152	0,0181	0,0153	0,0161	0,0156	0,0150	0,2179	0,0919	0,0304
11003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12003	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0001	0,0002
12004	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0002	0,0002	0,0004
12006	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0	0
12009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001
12014	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0004	0,0003	0,0005
12015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15001	0,0149	0,0160	0,0139	0,0214	0,0154	0,0160	0,0146	0,0146	0,0801	0,1126	0,0443
15002	0	0,0001	0,0001	0,0002	0	0	0	0,0001	0,0009	0,0014	0,0006
15003	0,0002	0,0003	0,0004	0,0008	0,0001	0,0002	0,0002	0,0004	0,0036	0,0062	0,0024
15004	0,0193	0,0201	0,0173	0,0250	0,0200	0,0208	0,0190	0,0183	0,0883	0,1314	0,0489
15005	0,0212	0,0221	0,0191	0,0273	0,0220	0,0229	0,0209	0,0201	0,0972	0,1436	0,0533
15006	0,0001	0,0003	0,0003	0,0006	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	0,0027	0,0049	0,0017
15007	0,0185	0,0160	0,0166	0,0220	0,0184	0,0197	0,0183	0,0171	0,0780	0,1062	0,0480
15008	0,0209	0,0181	0,0185	0,0235	0,0209	0,0224	0,0207	0,0193	0,0817	0,1187	0,0523
15008	0,0209	0,0181	0,0185	0,0235	0,0209	0,0224	0,0207	0,0193	0,0817	0,1187	0,0523
15009	0	0	0,0001	0,0001	0	0	0	0	0,0004	0,0008	0,0004

продовження табл. Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15010	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0002	0,0001
15011	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0002	0,0001
15012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0
15013	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0001	0
15014	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0002	0
15015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15023	0	0	0,0001	0,0001	0	0	0	0,0001	0,0006	0,0006	0,0008
17001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17002	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0001	0,0001
19008	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0013	0,0019	0,0012
19012	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0005	0,0006	0,0004
19013	0	0,0001	0,0001	0,0001	0	0	0	0,0001	0,0010	0,0012	0,0008
19014	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0014	0,0017	0,0012
19015	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0020	0,0026	0,0025
19019	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0021	0,0029	0,0024
19020	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0004	0,0004	0,0005
19021	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0004	0,0005	0,0005
19022	0,0004	0,0007	0,0010	0,0009	0,0004	0,0003	0,0004	0,0010	0,0080	0,0120	0,0104
19023	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0016	0,0022	0,0019
19024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0
19025	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0002	0,0002	0,0002
19032	0,0025	0,0076	0,0045	0,0142	0,0021	0,0021	0,0031	0,0043	0,0905	0,0669	0,0433
19035	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0003	0,0003	0,0001
19037	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0002	0,0002	0,0001
2001	0,0178	0,0169	0,0171	0,0169	0,0182	0,0185	0,0179	0,0168	0,0598	0,0913	0,0612
2002	1,0802	0,9571	0,8419	0,8916	1,0047	1,0702	1,0888	0,9216	1,7108	1,1970	1,2005
2005	0,4392	0,4362	0,4179	0,4277	0,4467	0,4681	0,4424	0,4185	1,2458	1,0202	1,1536

продовження табл. Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2008	0,0406	0,0405	0,0417	0,0411	0,0450	0,0435	0,0406	0,0422	0,1685	0,1639	0,1473
2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0002	0,0002	0,0002
2012	1,1577	1,1029	0,9858	1,0658	1,1682	1,1264	1,1676	0,9559	2,7974	2,8944	1,5801
2013	1,0773	1,0274	0,9119	0,9908	1,0716	1,0358	1,0868	0,8806	2,5804	2,6812	1,4354
2015	0,0477	0,0492	0,0459	0,0478	0,0500	0,0515	0,0481	0,0446	0,0996	0,0789	0,0990
2016	0,0381	0,0392	0,0370	0,0378	0,0383	0,0406	0,0384	0,0354	0,0756	0,0722	0,0880
2017	0,0256	0,0263	0,0248	0,0253	0,0253	0,0271	0,0259	0,0237	0,0485	0,0495	0,0618
2018	0,2383	0,2068	0,1864	0,1940	0,2304	0,2331	0,2408	0,2027	0,2930	0,3502	0,3018
2022	0,0772	0,0751	0,0696	0,0721	0,0797	0,0808	0,0786	0,0681	0,1308	0,1408	0,1556
2023	0,0825	0,0734	0,0689	0,0701	0,0831	0,0832	0,0838	0,0752	0,1204	0,1649	0,1451
2028	0,1130	0,1004	0,0961	0,0949	0,1115	0,1166	0,1142	0,1037	0,1723	0,2018	0,2094
2029	4,6008	4,3256	4,3965	4,2491	5,1332	4,8726	4,5805	4,6604	3,8311	7,6847	7,8439
2030	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0002	0,0001
2031	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0
2038	0,2029	0,1898	0,1801	0,1710	0,1997	0,2100	0,2038	0,1939	0,3165	0,4339	0,3034
2039	0,0335	0,0303	0,0288	0,0287	0,0324	0,0351	0,0337	0,0311	0,0654	0,0978	0,0641
2040	0,0487	0,0443	0,0417	0,0414	0,0471	0,0509	0,0490	0,0449	0,0900	0,1318	0,0889
2041	0,0723	0,0658	0,0619	0,0611	0,0702	0,0753	0,0728	0,0668	0,1237	0,1782	0,1248
2043	0,0476	0,0432	0,0408	0,0402	0,0464	0,0494	0,0480	0,0440	0,0798	0,1139	0,0804
2044	0,0328	0,0296	0,0280	0,0279	0,0319	0,0342	0,0331	0,0302	0,0591	0,0860	0,0594
2045	0,0264	0,0237	0,0224	0,0225	0,0257	0,0275	0,0266	0,0243	0,0478	0,0685	0,0483
2046	1,7641	1,4662	1,5305	1,4266	1,7622	1,7981	1,7692	1,6505	1,6441	3,6209	1,7484
2051	0,3569	0,3784	0,4769	0,4018	0,3983	0,3671	0,3047	0,5076	0,2246	0,2535	0,1753
2052	0,4576	0,4949	0,6222	0,5277	0,5239	0,4813	0,3966	0,6541	0,2974	0,3255	0,2324
2053	0,4812	0,5021	0,6332	0,5327	0,5304	0,4844	0,4084	0,6753	0,2968	0,3383	0,2376
2054	0,0045	0,0043	0,0052	0,0043	0,0048	0,0044	0,0041	0,0055	0,0029	0,0031	0,0028
2056	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2058	0,1723	0,1376	0,1614	0,1497	0,1423	0,1714	0,1563	0,2019	0,2372	0,1298	0,0606
2059	0,0645	0,0721	0,0659	0,0870	0,0737	0,0712	0,0768	0,0581	0,2549	0,2010	0,0884
2061	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0006	0,0005	0,0004	0,0020	0,0034	0,0004

продовження табл. Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2064	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0003	0,0001	0
2070	0,1390	0,1806	0,1513	0,1771	0,1675	0,1362	0,1730	0,1432	0,5157	0,5736	0,2337
2074	0,1837	0,1650	0,1565	0,1558	0,1857	0,1871	0,1858	0,1677	0,2972	0,3744	0,2956
2078	0,0136	0,0155	0,0166	0,0150	0,0167	0,0157	0,0149	0,0170	0,0110	0,0065	0,0061
2079	0,0137	0,0155	0,0167	0,0150	0,0167	0,0158	0,0150	0,0170	0,0112	0,0068	0,0061
2082	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0001
2087	0,4045	0,4459	0,5598	0,4615	0,4364	0,4503	0,3596	0,6146	0,2844	0,2188	0,2751
2088	0,4135	0,4518	0,5698	0,4667	0,4445	0,4543	0,3731	0,6345	0,3121	0,2209	0,2779
2089	0,3738	0,4008	0,5033	0,4142	0,3933	0,4032	0,3226	0,5537	0,2601	0,2100	0,2398
2090	0,0016	0,0013	0,0016	0,0013	0,0013	0,0016	0,0013	0,0018	0,0013	0,0010	0,0008
2092	0,1027	0,1376	0,1153	0,1536	0,1480	0,1175	0,1378	0,0981	0,1094	0,0972	0,1020
2094	0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0	0,0001	0	0,0001	0,0001	0,0001
2097	0,2562	0,2357	0,2120	0,2066	0,2568	0,2577	0,2522	0,2217	0,3328	0,1226	0,2815
2098	0,2187	0,2013	0,1827	0,1767	0,2193	0,2197	0,2153	0,1894	0,2838	0,1050	0,2399
2099	0,1635	0,1639	0,1424	0,1411	0,1756	0,1923	0,1748	0,1406	0,3844	0,0842	0,2463
2101	0,0017	0,0019	0,0020	0,0019	0,0020	0,0017	0,0017	0,0020	0,0013	0,0006	0,0011
2102	0,0017	0,0019	0,0019	0,0018	0,0019	0,0017	0,0016	0,0020	0,0017	0,0006	0,0011
26001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	0,0020	0,0021	0,0027
26003	0,0015	0,0016	0,0031	0,0027	0,0015	0,0015	0,0015	0,0033	0,0186	0,0276	0,0399
26005	0,0007	0,0007	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0007	0,0008	0,0008	0,0008	0,0013
26006	0,0045	0,0039	0,0041	0,0040	0,0029	0,0046	0,0037	0,0042	0,0196	0,0463	0,0035
26007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0002
26011	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0006	0,0006	0,0024
26015	0,0013	0,0016	0,0025	0,0024	0,0013	0,0014	0,0013	0,0025	0,0301	0,0081	0,0227
27001	0,0041	0,0042	0,0039	0,0040	0,0041	0,0044	0,0041	0,0039	0,0101	0,0094	0,0106
27002	0,0047	0,0048	0,0045	0,0047	0,0048	0,0051	0,0047	0,0045	0,0122	0,0111	0,0118
30003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30007	0,0140	0,0221	0,0158	0,0261	0,0176	0,0149	0,0183	0,0162	0,2482	0,4502	0,0337
30008	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0004	0,0009	0
30009	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0008	0,0010	0,0016

продовження табл. Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0006	0,0006	0,0007
30010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001
30011	0,0055	0,0045	0,0070	0,0148	0,0020	0,0050	0,0049	0,0076	0,3044	0,6441	0,0301
3002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0006	0,0006	0,0006
3003	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0010	0,0009	0,0011
3004	0,0382	0,0387	0,0376	0,0373	0,0374	0,0397	0,0384	0,0361	0,0959	0,0787	0,0993
3005	0,0214	0,0218	0,0210	0,0210	0,0210	0,0224	0,0216	0,0203	0,0529	0,0455	0,0573
3006	0,0209	0,0213	0,0205	0,0205	0,0206	0,0220	0,0211	0,0199	0,0524	0,0461	0,0578
3007	0,0273	0,0278	0,0266	0,0268	0,0269	0,0288	0,0275	0,0258	0,0672	0,0594	0,0739
3008	0,0237	0,0242	0,0231	0,0234	0,0235	0,0252	0,0239	0,0226	0,0587	0,0559	0,0674
3009	0,1076	0,1102	0,1037	0,1065	0,1074	0,1160	0,1082	0,1033	0,2834	0,2806	0,3146
3010	0,0294	0,0301	0,0282	0,0291	0,0296	0,0319	0,0295	0,0282	0,0777	0,0757	0,0855
3011	0,0199	0,0204	0,0190	0,0196	0,0199	0,0215	0,0200	0,0190	0,0506	0,0509	0,0589
3014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3017	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0010	0,0010	0,0014
3018	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0015	0,0015	0,0018
3019	0,0670	0,0687	0,0646	0,0660	0,0662	0,0708	0,0676	0,0617	0,1358	0,1269	0,1590
3020	0,1158	0,1190	0,1116	0,1143	0,1152	0,1218	0,1169	0,1056	0,2321	0,1937	0,2471
35004	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0002	0,0002	0,0001
35005	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0001	0,0001
35006	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0001	0,0001
35008	0,0001	0,0002	0,0001	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0020	0,0021	0,0010
35010	0	0,0001	0	0,0001	0	0	0	0	0,0006	0,0011	0,0002
35013	0	0	0,0001	0,0001	0	0	0	0,0001	0,0007	0,0004	0,0009
35015	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0001	0,0001
35017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35020	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0001	0,0001
35021	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0021	0,0041	0,0039
35022	0,0002	0,0003	0,0004	0,0004	0,0002	0,0002	0,0002	0,0004	0,0025	0,0033	0,0022

продовження табл. Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
35027	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0001	0,0002
35028	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0011	0,0017	0,0021
35031	0	0	0,0001	0,0001	0	0	0	0,0001	0,0004	0	0,0005
4001	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0001	0,0001
4004	0,0882	0,0897	0,0822	0,0848	0,0874	0,0919	0,0893	0,0776	0,1263	0,1364	0,1656
4006	0,0518	0,0527	0,0482	0,0497	0,0512	0,0543	0,0523	0,0465	0,0962	0,0988	0,1041
4007	0,0267	0,0270	0,0250	0,0256	0,0263	0,0282	0,0270	0,0244	0,0509	0,0575	0,0624
4008	0,0011	0,0012	0,0012	0,0011	0,0012	0,0013	0,0012	0,0012	0,0039	0,0044	0,0052
4009	0,0013	0,0014	0,0013	0,0013	0,0013	0,0014	0,0013	0,0014	0,0042	0,0047	0,0056
4011	0,2593	0,2647	0,2457	0,2534	0,2493	0,2696	0,2623	0,2386	0,2516	0,2049	0,3766
4012	0,1648	0,1668	0,1580	0,1591	0,1629	0,1702	0,1666	0,1471	0,1967	0,1869	0,2956
4013	0,0723	0,0730	0,0694	0,0698	0,0713	0,0743	0,0730	0,0655	0,0799	0,0673	0,1245
4014	0,0806	0,0815	0,0774	0,0778	0,0796	0,0833	0,0815	0,0720	0,0962	0,0907	0,1435
4015	0,1745	0,1781	0,1671	0,1710	0,1695	0,1808	0,1765	0,1619	0,1740	0,1417	0,2645
4016	0,1135	0,1148	0,1093	0,1097	0,1122	0,1178	0,1147	0,1015	0,1370	0,1304	0,2021
4017	0,1550	0,1566	0,1494	0,1497	0,1531	0,1590	0,1566	0,1397	0,1780	0,1513	0,2739
4018	0,1558	0,1574	0,1502	0,1504	0,1539	0,1610	0,1574	0,1393	0,1883	0,1769	0,2800
4019	0,1284	0,1296	0,1240	0,1240	0,1268	0,1318	0,1297	0,1157	0,1490	0,1269	0,2284
4020	0,1137	0,1148	0,1097	0,1096	0,1123	0,1160	0,1149	0,1008	0,1436	0,1353	0,2170
4022	0,0071	0,0072	0,0068	0,0069	0,0070	0,0073	0,0072	0,0064	0,0126	0,0119	0,0171
4023	0,0025	0,0025	0,0024	0,0024	0,0025	0,0026	0,0025	0,0023	0,0045	0,0043	0,0061
4024	0,0048	0,0049	0,0046	0,0047	0,0048	0,0050	0,0049	0,0044	0,0085	0,0082	0,0118
4025	0,0067	0,0068	0,0064	0,0064	0,0066	0,0068	0,0067	0,0060	0,0115	0,0112	0,0163
4026	0,0044	0,0044	0,0042	0,0042	0,0043	0,0045	0,0044	0,0039	0,0076	0,0074	0,0109
4027	0,0048	0,0049	0,0046	0,0047	0,0048	0,0050	0,0049	0,0043	0,0085	0,0079	0,0112
4028	0,0054	0,0055	0,0051	0,0052	0,0053	0,0055	0,0054	0,0048	0,0092	0,0086	0,0124
4029	0,0020	0,0020	0,0019	0,0019	0,0019	0,0020	0,0020	0,0018	0,0034	0,0032	0,0046
4030	0,0019	0,0020	0,0019	0,0019	0,0019	0,0020	0,0020	0,0018	0,0033	0,0031	0,0045
4031	0,0038	0,0039	0,0037	0,0037	0,0038	0,0039	0,0039	0,0034	0,0065	0,0061	0,0089
4032	0,0035	0,0036	0,0034	0,0034	0,0035	0,0036	0,0036	0,0032	0,0059	0,0056	0,0082








продовження табл. Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4033	0,0043	0,0044	0,0041	0,0042	0,0043	0,0044	0,0044	0,0039	0,0073	0,0069	0,0101
4034	0,0051	0,0052	0,0049	0,0049	0,0050	0,0052	0,0051	0,0046	0,0085	0,0081	0,0119
4035	0,0032	0,0033	0,0031	0,0031	0,0032	0,0033	0,0033	0,0029	0,0055	0,0052	0,0077
4036	0,0042	0,0043	0,0040	0,0041	0,0041	0,0043	0,0042	0,0038	0,0070	0,0067	0,0099
4037	0,0025	0,0026	0,0024	0,0025	0,0025	0,0027	0,0026	0,0023	0,0045	0,0048	0,0055
4038	0,0057	0,0058	0,0054	0,0055	0,0056	0,0059	0,0057	0,0051	0,0097	0,0095	0,0133
4039	0,0034	0,0035	0,0033	0,0033	0,0034	0,0036	0,0035	0,0031	0,0060	0,0058	0,0082
4040	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014	0,0015	0,0016	0,0015	0,0013	0,0027	0,0029	0,0032
4042	65,7040	66,4716	67,8977	67,1059	63,3248	65,0751	64,7509	67,4421	52,6310	42,5367	64,0276
4043	0,0287	0,0432	0,0425	0,0452	0,0445	0,0267	0,0279	0,0410	0,0686	0,0740	0,0601
4044	0,0206	0,0201	0,0208	0,0196	0,0206	0,0203	0,0205	0,0202	0,0528	0,0661	0,0694
4045	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0004	0,0004	0,0007
4046	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0003	0,0003	0,0004
4047	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4048	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	0,0002	0,0003	0,0019	0,0015	0,0020
4050	0,0217	0,0219	0,0211	0,0210	0,0215	0,0225	0,0218	0,0208	0,0561	0,0552	0,0721
4051	0,0155	0,0156	0,0151	0,0150	0,0154	0,0161	0,0156	0,0148	0,0392	0,0383	0,0508
4052	0,0004	0,0004	0,0009	0,0008	0,0004	0,0004	0,0004	0,0010	0,0069	0,0083	0,0094
4053	0,0083	0,0084	0,0080	0,0081	0,0082	0,0087	0,0084	0,0080	0,0207	0,0213	0,0282
4054	0,0060	0,0060	0,0058	0,0058	0,0059	0,0063	0,0060	0,0057	0,0145	0,0149	0,0194
4056	0,0087	0,0088	0,0086	0,0084	0,0085	0,0089	0,0088	0,0081	0,0194	0,0186	0,0256
4057	0,0220	0,0278	0,0358	0,0356	0,0348	0,0211	0,0213	0,0312	0,0505	0,0511	0,0490
4058	0,0015	0,0024	0,0021	0,0023	0,0023	0,0014	0,0015	0,0024	0,0037	0,0035	0,0029
4059	0,0046	0,0046	0,0046	0,0044	0,0045	0,0046	0,0046	0,0044	0,0106	0,0105	0,0150
4060	0,0088	0,0088	0,0086	0,0084	0,0086	0,0089	0,0088	0,0083	0,0205	0,0205	0,0294
4061	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0001	0,0001
4063	0,0126	0,0126	0,0123	0,0120	0,0124	0,0125	0,0127	0,0116	0,0276	0,0266	0,0362
4064	0,0050	0,0050	0,0049	0,0048	0,0049	0,0050	0,0051	0,0047	0,0116	0,0113	0,0161
4065	0,0086	0,0086	0,0084	0,0082	0,0085	0,0086	0,0087	0,0079	0,0190	0,0183	0,0248
4067	0,0074	0,0071	0,0121	0,0106	0,0110	0,0096	0,0076	0,0125	0,0142	0,0070	0,0200

продовження табл. Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4069	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4070	0	0	0,0001	0,0001	0	0	0	0,0001	0,0005	0,0006	0,0011
4071	0,0002	0,0002	0,0004	0,0004	0,0002	0,0002	0,0002	0,0005	0,0031	0,0029	0,0040
5001	0,0459	0,0452	0,0418	0,0436	0,0471	0,0482	0,0467	0,0405	0,0842	0,1060	0,0984
5002	0,0427	0,0413	0,0386	0,0399	0,0435	0,0443	0,0434	0,0371	0,0790	0,0970	0,0910
5003	0,0347	0,0329	0,0311	0,0319	0,0352	0,0355	0,0352	0,0299	0,0630	0,0750	0,0717
5004	0,0424	0,0396	0,0377	0,0383	0,0428	0,0430	0,0431	0,0368	0,0749	0,0863	0,0860
5005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0
5019	0,0365	0,0330	0,0313	0,0315	0,0363	0,0365	0,0371	0,0324	0,0608	0,0858	0,0724
5020	0,0836	0,0774	0,0736	0,0734	0,0839	0,0834	0,0849	0,0733	0,1414	0,1759	0,1753
5021	0,0057	0,0051	0,0049	0,0049	0,0057	0,0058	0,0058	0,0051	0,0097	0,0142	0,0109
5022	0,0631	0,0575	0,0546	0,0546	0,0629	0,0627	0,0641	0,0558	0,1025	0,1457	0,1284
5023	0,0037	0,0036	0,0034	0,0034	0,0037	0,0039	0,0038	0,0036	0,0092	0,0114	0,0104
5024	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0009	0,0014	0,0013
5025	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0015	0,0019	0,0019
54006	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001	0,0002
67001	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0002	0,0002	0,0002
72001	0,0002	0,0003	0,0002	0,0006	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0004	0,0001	0,0013

\*Примітка

	1 – 5% внеску
	5 – 10% внеску
	10 – 20% внеску
	20 – 50% внеску
	>50% внеску