

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ДУ „ІНСТИТУТ ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я ім. О.М. МАРЗЄЄВА”

На правах рукопису

Давиденко Ганна Миколаївна

УДК 614.71:351.777:504.06

**ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА НЕБЕЗПЕКИ ЗДОРОВ'Ю НАСЕЛЕННЯ ВІД
ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЗВАЖЕНИМИ
ЧАСТКАМИ ПИЛУ**

14.02.01 - гігієна та професійна патологія

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Науковий керівник:
д. мед. н., професор
Турос Олена Ігорівна

Київ–2017

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	
1.1. Медико-екологічна оцінка впливу зважених часток різного аеродинамічного діаметру (зокрем, ЗЧ ₁₀) на стан атмосферного повітря та здоров'я населення	15
1.2. Основні підходи до оцінки впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення	25
1.3. Аналіз методичних підходів до оцінки соціально-економічних збитків, заподіяних забрудненням довкілля (зокрема, атмосферного повітря)	30
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ТА ОБСЯГ ДОСЛІДЖЕНЬ	
2.1. Методичний підхід та програма дослідження	37
2.2. Методологія оцінки ризику для здоров'я населення	39
2.3. Просторовий аналіз населення за допомогою геоінформаційних систем	51
2.4. Методичні підходи до оцінки економічного еквіваленту збитку – вартості середньостатистичного життя людини	53
РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ЗАКОНОДАВСТВА В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ТА ГІГІЄНИ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ СТОСОВНО РЕГУЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ЗВАЖЕНИМИ ЧАСТКАМИ ПИЛУ (ЗЧ ₁₀)	56
РОЗДІЛ 4 АНАЛІЗ ТА РОЗРАХУНКИ РІВНІВ ІНГАЛЯЦІЙНОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ, ОБУМОВЛЕНИХ ВИКИДАМИ ЗЧ ₁₀ ВІД ОКРЕМИХ СУБ'ЄКТІВ ЕКОНОМІЧНОЇ СИСТЕМИ	64

РОЗДІЛ 5 СОЦІАЛЬНІ ВТРАТИ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ, ОБУМОВЛЕНІ ПІДВИЩЕНИМИ РИЗИКАМИ ВІД ДІЇ ЗАБРУДНЕНОГО АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ВИКИДАМИ ЗЧ ₁₀ ВІД РІЗНИХ ГРУП ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МЕДИКО-ЕКОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ НА ЕТАПІ УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ	84
РОЗДІЛ 6 АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	100
ВИСНОВКИ	110
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	112
ДОДАТОК А	129

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
ТА ТЕРМІНІВ

PCR	популяційний канцерогенний ризик
IRM	Індивідуальний ризик смерті
ЗУ	Закон України
ЗЧ	зважені частки
ЗЧ ₁₀	зважені частки з діаметром часток менше 10 мкм
ЗЧ _{2,5}	зважені частки з діаметром часток менше 2,5 мкм
ЗР	забруднююча речовина
ВООЗ	Всесвітня організація охорони здоров'я
ВВП	внутрішній валовий продукт
ГДК	гранично допустима концентрація
ГДК _{м.р.}	гранично допустима максимально разова концентрація
ГДК _{с.д.}	гранично допустима середньо добова концентрація
ГІС	геоінформаційна система
ДСП	Державні санітарні правила
ДУ „ІГЗ НАМНУ”	Державна установа «Інститут громадського здоров'я ім. М.О. Марзєєва Національної Академії медичних наук України”
ЕЕВЖЛ	економічний еквівалент вартості життя людини
ЄС	Європейський Союз
КМУ	кабінет Міністрів України
МОЗ	Міністерство охорони здоров'я України
МОНПС	Міністерство охорони навколишнього природного середовища
НДЗС	недиференційовані за складом
НС	навколишнє середовище
ОБРВ	орієнтовно безпечний рівень впливу
ОВНС	оцінка впливу на навколишнє середовище
МАВР	міжнародне агенство з вивчення раку
МОРЗН	методологія оцінки ризику для здоров'я населення
ПКС	паритет купівельної спроможності
РТ	рецепторна точка
СЕС	санітарно-епідеміологічна служба
ВСЖ	вартість середньостатистичного життя
СЗЗ	санітарно-захисна зона
СДВ	стаціонарні джерела викидів

ВСТУП

Актуальність теми. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), забруднення атмосферного повітря є одним з основних факторів ризику, з яким, пов'язано 3,7 млн. смертей в рік, при цьому на долю ішемічних хвороб серця та інсульту припадає 80 % випадків передчасних смертей, хронічних абструктивних хвороб легенів та гострих інфекцій нижніх дихальних шляхів – 14 %, раку легенів - 6 % [1-4]. Проведені американськими науковцями епідеміологічні дослідження також, доводять, що вплив забруднення повітря підвищує показники загальної смертності на 17-26 % [5].

Моніторингові та епідеміологічні дослідження, проведені в багатьох країнах світу, свідчать про те, що численні негативні ефекти для здоров'я, в тому числі захворювання та додаткові випадки смерті від серцево-судинної та легеневої патології, спричиняються саме забрудненням атмосферного повітря зваженими частками пилу з аеродинамічним діаметром часток до 10 мкм ($ЗЧ_{10}$). Відповідно до наявних оцінок в глобальному масштабі, на рахунок впливу $ЗЧ_{10}$ відносять близько 3% смертей від серцево-судинної і легеневої патології та 5% випадків смертей від раку легенів. В Європейському регіоні ВООЗ ця доля в різних субрегіонах складає, відповідно від 1 до 5%. Згідно прогнозу Організації економічного співробітництва та розвитку, до 2050 року кількість передчасних смертей в результаті впливу $ЗЧ_{10}$ подвоїться [UNECE, 2016 р.]. Їх вплив на здоров'я людини має повне документальне підтвердження і знайшов своє відображення у програмі Європейської комісії „Чисте повітря для Європи” та наукових проектах ВООЗ „Обґрунтування даних щодо впливу забруднення повітря на здоров'я для перегляду європейських нормативів [проект REVINAAP, 2013] та „Ризики для здоров'я від забруднення повітря в Європі” [проект HRAPIE, 2014]. На підставі досліджень проведених в: Угорщині здійснено проект APNEKOM [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].

На жаль, в Україні не проводяться подібні дослідження, що в першу чергу, пов'язано з відсутністю гігієнічних нормативів та критеріїв щодо нормування ЗЧ у вигляді мілкодисперсного пилу в атмосферному повітрі. При цьому, моніторинг за його вмістом не проводиться жодним із суб'єктів державного моніторингу атмосферного повітря [6-8].

Загальновідомо, що реальні соціальні втрати, які несе суспільство внаслідок забруднення довкілля (зокрема, атмосферного повітря зваженими частками), може бути виражено в економічних (вартісних) одиницях, а саме у соціально-економічних збитках, пов'язаних з ризиком смертності, захворюваності населення та іншими непрямими втратами [9-10].

Наприклад, за даними Агентства США з охорони довкілля (US EPA) у країні щорічно в результаті впливу атмосферних забруднень помирає майже 230 тис. населення, що чинить збитків близько на 40-50 млрд. доларів на рік та складає 1 % від ВВП країни [11, 12]. Згідно даних експертів Всесвітнього банку, в Росії збитки від забруднення атмосферного повітря є причиною 90 тис. додаткових випадків смертей, що складає 5 % ВВП держави; в Україні – 22 тис. випадків, що становить 4 % ВВП; у Китаї аналогічні цифри сягають 1 млн., що в свою чергу складає 1 % ВВП даної країни; в Казахстані подібні оцінки за даними Казахського Національного медичного університету та Американського університету (The American University, Washington DC) оцінюються в 11 тис. додаткових смертей в рік або 8.6 млрд. дол. США, що становить 4,3 % ВВП держави [13-16].

Слід зазначити, що на сьогодні європейська політика (Конвенція про транскордонне забруднення повітря на великі відстані, Стокгольмська конвенція щодо стійких органічних забруднювачів, Орхуська конвенція та інш.) відносно підтримки якості повітря на безпечному для здоров'я населення рівні, направлена на значне його покращення за рахунок загального скорочення об'ємів викидів та встановлення відповідних цілей щодо якості повітря з урахуванням існуючих критеріїв, рекомендацій та програм Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ). Очікується, що сумісні заходи

об'єднують зусилля всіх національних регуляторів якості атмосферного повітря та дозволять спрямувати діяльність країн на зниження його негативного впливу на здоров'я населення. Це дозволить „екологізувати” народно-господарську діяльність, оцінити збитки для здоров'я населення заподіяні забрудненням повітря та обґрунтувати вигідне співвідношення „витрати-вигоди” в цілому по Європі [17-20].

Україна, яка є стороною ряду міжнародних угод та знаходиться на шляху вступу до ЄС, також прийняла на себе зобов'язання щодо здійснення заходів, які спрямовані на запобігання негативного для здоров'я населення та довкілля забруднення атмосферного повітря на підставі ризикової оцінки. Забезпечення якості атмосферного повітря на безпечному рівні є однією з головних задач державної політики, що підтверджується та знаходить своє відображення в останніх державних стратегічних та планових документах, зокрема у: Законі України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» (Ст. №10); Законі України „Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності”; Постанові КМУ № 212 від 19.03.2008 року “Про затвердження критеріїв розподілу суб'єктів господарювання за ступенем ризику від провадження господарської діяльності для безпеки життя і здоров'я населення, навколишнього природного середовища та періодичності здійснення заходів державного нагляду (контролю)”; Методичних рекомендаціях 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». При цьому методологія оцінки ризику для здоров'я населення (МОРЗН) у представлених документах розглядається в якості найбільш ефективного управлінського інструменту, який дає можливість охарактеризувати ймовірність виникнення несприятливих ефектів (ризиків) з боку здоров'я населення, оцінити збитки заподіяні здоров'ю населення та здійснити аналіз співвідношень

„витрати–вигоди”, „витрати–соціально-гігієнічна ефективність”, обумовлені забрудненням довкілля, зокрема атмосферного повітря [21-23].

На жаль, цей процес дуже уповільнений, а фінансування природоохоронних заходів відбувається по «залишковому» принципу. Це є наслідком недоврахування реальних соціально-економічних втрат, які можуть бути виражені у збитках, пов'язаних з ризиком смертності, захворюваності населення та пов'язані з відсутністю об'єктивної оцінки вартості середньостатистичного життя.

Зважаючи на вищевикладене, постає нагальна потреба за допомогою використання основних принципів методології оцінки ризику визначити, до яких наслідків для здоров'я населення, що проживає в умовах підвищеного аерогенного ризику, може призвести забруднення повітря викидами ЗЧ₁₀. При цьому, для розробки управлінських рішень щодо регулювання якості повітря обґрунтувати науковий підхід «користь-шкода», шляхом розрахунків соціально економічних втрат. Це не представляється можливим без встановлення такого економічного індикатору як „вартість середньостатистичного життя людини”.

В публікаціях останніх років багатьма науковцями [Голубом А.А., Струковою Е.Б., Markandya A., Сафоновим Ю.А., Droste-Franke B., 2002, 2003, 2013, 2014; Фоменко Г.А, 2008, 2013, 2014; Бобильовим С.Н, 2002; Реймерсом Н.Ф., Тишковою А.А., 2002; Кенесари Д.У, 2014] піднімалось зазначене питання та були досягнуті суттєві здобутки в цьому напрямку. Дослідження. В Україні також, проводилися розрахунки «вартості середньостатистичного життя людини» [Мартякова Е.В., 2008; Шкарупа Е.В., 2009; Русакова Л.Т., 2010; Гаркущенко О.М., 2010; Карташова С.С., 2014; Близнюк В.В., 2016], але затвердженого на державному рівні економічного підходу та єдиної рекомендованої методики щодо оцінок соціальних втрат/збитків здоров'я населення, обумовлених забрудненням довкілля (зокрема, атмосферного повітря), досі немає. Це, у свою чергу, унеможлиблює визначення грошової одиниці збитків від забруднення довкілля (зокрема, атмосферного повітря), необхідних для розрахунку економічної ефективності медико-екологічних

заходів, обґрунтованої оцінки страхових і компенсаційних виплат на етапі управління ризиком, відповідно до вимог висунутих Україні на шляху євроінтеграції та здійснення заходів, спрямованих на забезпечення якості атмосферного повітря на безпечному для здоров'я населення рівні. Таким чином, назріла необхідність розробки науково обґрунтованих методичних підходів до оцінки соціально-економічних втрат, викликаних забрудненням повітря (зокрема зваженими частками). Отримані результати мають використовуватися при розробці ефективних медико-профілактичних та природоохоронних заходів. Цим обумовлено вибір теми, мети і завдань наукового дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана в рамках наступних НДР: «Наукове обґрунтування критеріїв оцінки ризику для здоров'я населення негативного впливу чинників довкілля» (2005-2007 рр., № державної реєстрації 0105U002738), „Вдосконалення методології оцінки якості повітря” (2009-2011 рр., № держреєстрації 0109U001250), „Оцінка соціальних втрат, обумовлених підвищеними ризиками від дії забрудненого атмосферного повітря для здоров'я населення” (2012-2014 рр., № держреєстрації 0112U001054).

Мета роботи – удосконалення гігієнічної оцінки небезпеки для здоров'я населення, обумовленої забрудненням атмосферного повітря зваженими частками пилу.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні **завдання:**

1. Проаналізувати міжнародні та вітчизняні законодавчі та нормативні документи щодо оцінок забруднення атмосферного повітря ЗЧ₁₀ пилу та соціальних втрат/збитків здоров'я серед експонованого населення.

2. Оцінити забруднення атмосферного повітря ЗЧ₁₀ пилу, що містять викиди різних груп промислових підприємств України.

3. Визначити рівні індивідуального ризику смерті для населення, обумовлені забрудненням атмосферного повітря викидами ЗЧ₁₀ пилу.

4. Провести просторовий аналіз розподілу населення досліджуваних промислових міст за допомогою геоінформаційних технологій.

5. Розрахувати соціальні втрати/збитки здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря ЗЧ₁₀ пилу, обумовлені викидами різних груп промислових підприємств.

6. Оцінити ефективність медико-екологічних заходів на етапі управління ризиком.

Об'єкт дослідження: особливості формування соціальних втрат/збитків здоров'я населення, викликаних забрудненням атмосферного повітря викидами ЗЧ₁₀ пилу в залежності від функціонування різних груп промислових підприємств.

Предмет дослідження:

- конвенції, директиви та регламенти ЄС,
- нормативно-правові акти України; форми державної статистичної звітності щодо соціально-демографічних показників;
- документи, в яких обґрунтовуються обсяги викидів стаціонарних джерел промислових підприємств для отримання дозволу на викид;
- ризики для здоров'я населення;
- кількісна характеристика населення, яке проживає в зонах підвищеного аерогенного ризику;
- соціальні втрати/збитки здоров'я населення, обумовлені забрудненням атмосферного повітря ЗЧ₁₀ пилу.

Методи дослідження:

- бібліографічний метод аналізу наукової інформації;
- бібліосемантичний аналіз інформації щодо забруднення атмосферного повітря;
- статистичні методи обробки даних (одномірної статистики в програмах Excel, STATISTICA);

- теорія ймовірності та математичне моделювання (оцінка статистичних показників та варіацій ознак, визначення ексцесу ризиків для індикаторів здоров'я);
- картографічні методи з використанням геоінформаційних систем (ArcGis 10.0) та даних високої роздільної здатності (космічні знімки);
- методи економічної статистики.

Наукова новизна отриманих результатів. Полягає у тому, що: вперше в Україні оцінено ймовірність рівнів небезпеки для здоров'я населення, обумовлених забрудненням атмосферного повітря викидами $Z\text{Ч}_{10}$ пилу; обґрунтовано необхідність вивчення вмісту $Z\text{Ч}_{10}$, які входять до складу пилу недиференційованого за складом (пил НДЗС) у викидах промислових підприємств, як провідного фактору ризику для здоров'я населення; доведено доцільність поєднання методології оцінки ризику та економічних підходів при кількісних оцінках впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення; визначено втрати/збитки здоров'я населення за ризикових умов забруднення атмосферного повітря викидами $Z\text{Ч}_{10}$ пилу, які формують зони аерогенного ризику для здоров'я населення.

Теоретичне значення роботи полягає в отриманні подальшого розвитку теоретичної основи ймовірнісних оцінок впливу забруднення атмосферного повітря $Z\text{Ч}$ на здоров'я населення. Використання мультидисциплінарного підходу дозволило удосконалити наукові підходи до встановлення санітарно-гігієнічних вимог щодо функціонування підприємств-забруднювачів, здійснити аналіз співвідношень „витрати – вигоди”, „витрати – гігієнічна ефективність” та оцінити збитки для здоров'я населення.

Практичне значення отриманих результатів полягає у:

- виявленні особливостей розповсюдження $Z\text{Ч}_{10}$ в загальній структурі забруднення атмосферного повітря пилом НДЗС;
- виявленні особливостей формування збитків здоров'ю населення впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення, відповідно до вимог європейського законодавства;

- розробці та оцінках ефективності профілактичних та природоохоронних заходів на етапі управління ризиком від ЗЧ₁₀, яке зазнає експоноване населення промислових міст;
- кількісних оцінках впливу забруднення повітря на здоров'я населення при розгляді інвестиційних проектів з позиції «користь-шкода» та складанні міських планів дій соціально-економічного розвитку з метою удосконалення систем стратегічної екологічної оцінки.

За участю автора опубліковано інформаційний лист – № 149-2015 „Обґрунтування доцільності поєднання різних економічних підходів та оцінки ризику при оцінках соціально-економічних збитків здоров'ю населення”; розроблено методичні рекомендації «Організація спостереження за забрудненням атмосферного повітря зваженими частками пилу діаметром до 10 мкм (PM₁₀)», протокол засідання Вченої ради ДУ «ІГЗ НАМНУ» №5 від 27.04.2017 р.

Матеріали, отримані в дисертації, знайшли своє практичне відображення: при внесенні змін та доповнень до проектів ЗУ «Про перелік видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку», «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності», «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», Національний план дій з охорони навколишнього природного середовища України на період 2011-2015 роки; результати соціальних втрат та оцінки ризику використані комітетом Верховної ради з питань екологічної політики, природокористування та ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи при прогнозах оцінках; при створенні обласної комплексної програми охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки (затв. Рішенням Запорізької обласної ради від 28.03.2013 р. №29); в рамках проекту ЄС „Інвентаризація, оцінка та зменшення впливу антропогенних джерел забруднення в Нижньодунайському регіоні України, Румунії та Республіки Молдова” (MIS ETC CODE 995; лист №21-2/513 від 16.12.14 р. ДУ «Інститут проблем ринку та економіко-екологічних досліджень»

НАНУ); у впровадженні матеріалів дисертації у навчальний процес Християнського гуманітарно-економічного відкритого університету (акт впровадження № 1728 від 18.02.2014 р.); кафедри комунальної гігієни та екології людини з секцією гігієни дітей та підлітків Національного медичного університету імені О.О. Богомольця МОЗ України, кафедри загальної гігієни ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України», Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління при Міністерстві екології та природних ресурсів України, що підтверджено відповідними актами впровадження.

Особистий внесок здобувача. Автором спільно з науковим керівником визначено мету і завдання, сформульовано висновки за результатами досліджень. Особисто складено програму досліджень, виконано комплекс теоретичних досліджень, а саме: проведено патентно-інформаційний пошук; складено аналітичний огляд літератури за проблемою дослідження, обґрунтовано вибір адекватних методик; проаналізовано та порівняно законодавчі і керівні національні та міжнародні документи; визначено вплив забруднення атмосферного повітря $Z\text{C}_{10}$ на здоров'я населення; проведено просторовий аналіз розподілу населення досліджуваних промислових міст за допомогою геоінформаційних технологій; розраховано соціальні втрати здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря $Z\text{C}_{10}$ пилю, обумовленого викидами різних груп промислових підприємств; оцінено ефективність медико-екологічних заходів на етапі управління ризиком. Також, проведено аналіз та узагальнення результатів, сформульовано висновки та науково обґрунтовано практичні рекомендації. Особистий внесок здобувача становить понад 75% від загального обсягу роботи.

Автор висловлює щирі подяку всім колегам за підтримку, консультативну та практичну допомогу при виконанні окремих фрагментів роботи, особливо пров.н.с. Петросян А.А., с.н.с. Ковтуненко І.М., с.н.с. Брезіцькій Н.В., м.н.с. Моргульовій В.В.

Апробація результатів дослідження. Основні положення дисертації доповідались і обговорювались на: міжнародній науковій конференції студентів та молодих вчених „Молодь – медицині майбутнього” (Одеса, 2009); міжнародній науково-практичній конференції з міжнародною участю „ІІ Всеукраїнський з’їзд екологів” (Вінниця, 2009); міжнародній конференції „International Society of Exposure Science (ISES) (США, 2009, 2014); міжнародній науково-практичній конференції присвяченій Всесвітньому дню здоров’я (Київ, 2014); XV З’їзді гігієністів „Гігієнічна наука та практика: сучасні реалії” (Львів, 2012); міжнародній конференції „ISEE, ISES, ISIAQ – 2013” (Швейцарія, 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); науково-практичній конференції „Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (марзєєвські читання) (Київ, 2009, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 14 наукових робіт, серед яких 3 статті у наукових фахових виданнях, затверджених ДАК України, 2 – у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз, 2 – в інших виданнях; 3 публікації у зарубіжних виданнях; 4 тез доповідей на конференціях різного рівня.

Структура та об’єм дисертації. Дисертація складається зі вступу, 6 розділів: (2 розділів (огляд літератури, обґрунтування об’єму та методів досліджень), 4 розділів (результатів власних досліджень їх аналіз та узагальнення), висновків, списку використаних джерел та додатку. Робота викладена на 147 сторінках машинописного тексту, містить 12 таблиць, 27 рисунків та додаток (А). Бібліографія містить 152 літературних джерела, у тому числі 50 англомовних.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Медико-екологічна оцінка впливу зважених часток різного аеродинамічного діаметру (зокрем, ЗЧ₁₀) на стан атмосферного повітря та здоров'я населення

У багатьох країнах європейського регіону, в яких здійснює свою діяльність Європейська комісія Організації Об'єднаних націй (ЄЕК ООН), якість атмосферного повітря в останні десятиліття, трохи покращилася. Це було досягнуто завдяки впровадженню цілого ряду заходів щодо зниження шкідливих викидів в атмосферне повітря, в тому числі заходів, передбачених різними протоколами до Конвенції про транскордонне забруднення повітря на великі відстані [19, 24, 25]. Проте, є переконливі докази того, що існуючі рівні забруднення повітря, як і раніше представляють значну загрозу для навколишнього середовища та здоров'я людини. Особливо, це стосується викидів речовин у вигляді твердих суспендованих часток (мікрочастинки та волокна) / зважених часток (ЗЧ, ЗЧ₁₀, ЗЧ_{2.5}), про що свідчать моніторингові та епідеміологічні дослідження проведені в багатьох країнах світу (ЄС, США, Росія, Білорусь, Казахстан), які доводять негативні ефекти для здоров'я, в тому числі захворювання та смерть від респіраторної та серцево-судинної патології [24]. Встановлено, що близько 83 % населення Європейського союзу, проживає у містах, де рівні зважених часток в атмосферному повітрі, перевищують гігієнічні критерії та рекомендації, скорочуючи при цьому тривалість життя в середньому по Європі майже на 9 місяців [19]. Аналіз, проведений в рамках програми Європейської комісії „Чисте повітря для Європи” показав, що вплив на здоров'я населення викидів речовин у вигляді твердих суспендованих часток (мікрочастинки та волокна), особливо зважених часток з діаметром до 10 мкм є причиною понад 290 000 передчасних смертей на рік та призводить до найбільших соціальних втрат серед працездатного населення та збитків в

Європі [17]. Що підкреслює актуальність проведення подібних досліджень в Україні.

Аналізуючи вищевказане, речовини у вигляді твердих суспендованих часток (мікрочастинки та волокна) / пил або зважені частки в повітрі – це різнорідна суміш органічних та неорганічних сполук, яка знаходиться в повітрі у зваженому стані. Частки різняться між собою за розміром, складом та походженням. Основними властивостями речовин у вигляді твердих суспендованих часток (мікрочастинки та волокна) є:

1. Густина пилу, яку поділяють на істинну, насипну та ту, що вважається. Насипна густина враховує повітряний шар між частками пилу (на відміну від істинної). При злежуванні насипна щільність зростає у 1,2-1,5 рази. Густина, що вважається – це співвідношення маси часток до об'єму, що вона займає, включаючи пори, пустоти та нерівності. Гладенькі монолітні частки мають густину, що практично співпадає із істинною. Пилові частки, що здатні до коагулювання, спікання, знижують густину у відношенні до істинної густини.
2. Дисперсність часток. Визначається розміром часток. Частки промислового пилу мають різну форму (кульки, палички, пластинки, голки, волокна та ін.). Частки пилу можуть коагулюватися та об'єднуватися в агломерати. Характеристикою розміру частинки пилу вважають швидкість її осідання. Застосовується поняття „седиментаційного діаметру” – діаметр кулі, швидкість осідання та густина якого дорівнює швидкості осідання та густині частки. При цьому сама частка може мати довільну форму. Пилові частки при одній і тій самій формі можуть осідати з різною швидкістю. Чим ближче їхня форма до сферичної, тим швидше частки осідають. Найбільший та найменший розміри часток пилу характеризують діапазон дисперсності даного пилу.
3. Адгезійна здатність – це здатність до злипання часток. Чим менший розмір часток, тим більша здатність до злипання. Пил, який складається

на 60-70 % з часток, розміром до 10 мкм, злипається досить гарно. Пил, із розміром часток більше за 10 мкм, здатний до сипучості.

4. Абразивність часток. Характеризує знос металу при однакових швидкостях газів та концентрації пилу. Залежить від твердості, форми, розміру, густини часток.
5. Змочуваність. Гладеньки частки змочуються ліпше, ніж частки із нерівною поверхнею. Частки поділяють на:
 - гідрофільні (кальцій, кварц, силікати, галогеніди лужних металів);
 - гідрофобні (графіт, вугілля, сірка);
 - абсолютно гідрофобні (парафін, тефлон, бітуми).
6. Гігроскопічність. Здатність пилу всмоктувати вологу. Залежить від хімічного складу, розміру, форми, ступеня нерівності поверхні часток.
7. Електрична провідність шару пилу. Оцінюється за питомим електричним опором шару пилу, яке залежить від властивостей окремих частинок (від поверхневої та внутрішньої електропровідності, форми та розміру часток), а також від структури шару та параметрів газового потоку. Частки поділяють на:
 - низькоомні (при осіданні на електроді частки миттєво розряджаються);
 - середньоомні (розрядження часток відбувається протягом певного часу);
 - високоомні (частки утворюють на електроді пористий ізолюючий шар).
8. Електрична зарядженість часток. Знак заряду часток залежить від способу їхнього утворення, хімічного складу, властивостей речовин, з якими частки контактують. Цей показник впливає на вибухонебезпечність та адгезійні властивості часток.
9. Здатність до samozapalennya та утворення вибухонебезпечних сумішей. Горючий пил внаслідок великої поверхні контакту часток з киснем повітря (порядку $1 \text{ м}^2/\text{г}$) здатний до samozapalovannya та утворення

вибухонебезпечних сумішей з повітрям (пил, що утворюються при переробці фарб, пластмас, волокон, таких металів як магній, алюміній, цинк) [26].

Нерідко пил класифікують й за його аеродинамічними властивостями, оскільки ці властивості визначають можливість перенесення (достатньо висока швидкість переміщення від 5 см/с до 30 см/с та низька швидкість осідання 0,01 см/с) та видалення часток з повітря. Аеродинамічні властивості зручно виражати, застосовуючи аеродинамічний діаметр часток, тобто розмір сферичної частки одиничної густини, що має такі самі аеродинамічні властивості. В дослідженнях використовують наступні розмірні фракції пилу [27]:

- TSP – сума речовин у вигляді твердих суспендованих часток (мікрочастинки та волокна) або зважених часток, враховуються всі частки, що знаходяться в повітрі;
- ЗЧ₁₀ – речовини у вигляді твердих суспендованих часток (мікрочастинки та волокна) із аеродинамічним діаметром менше 10 мкм;
- ЗЧ_{2,5} - речовини у вигляді твердих суспендованих часток (мікрочастинки та волокна) із аеродинамічним діаметром менше 2,5 мкм;
- Груба фракція - речовини у вигляді твердих суспендованих часток (мікрочастинки та волокна) із аеродинамічним діаметром менше 10 мкм та більшим за 2,5 мкм;
- Найдрібніша частка - речовини у вигляді твердих суспендованих часток (мікрочастинки та волокна) із аеродинамічним діаметром менше 0,1 мкм;

У той же час дискутується питання щодо вибору індикаторів визначення ЗЧ. На сучасному етапі в системі моніторингу атмосферного повітря накопичені дані щодо встановлених концентрацій ЗЧ₁₀. Внаслідок цього в основу епідеміологічних досліджень полягають саме ці дані. Але необхідно зважати на те, що ЗЧ₁₀ – це сукупність часток із різним діаметром, і співвідношенням різних фракцій, які в цій сукупності залежить від багатьох

факторів: географічного розташування міста, метеорологічних умов, джерел надходження часток у повітря. Відповідно до рекомендацій ВООЗ використовується наступне співвідношення між TSP та $ЗЧ_{10}$: $ЗЧ_{10} = 0,55 \times TSP$ де, $ЗЧ_{10}$ – речовини у вигляді твердих суспендованих часток (мікрочастинки та волокна) з аеродинамічним діаметром 10 мкм та менше. Іншими словами, це частинки, які проходять крізь селективний імпактор, що забезпечує 50 % відсіювання часток з аеродинамічним діаметром 10 мкм при верхній межі повного відсіювання часток з діаметром 30 мкм. PM_{10} складають основну респірабельну фракцію всіх зважених часток, тобто, це той пил, що потрапляє до організму людини, минаючи гортань [28]. Осідання ж часток у дихальній системі людини, в більшості випадків пов'язано із хімічним складом та джерелами надходження часток в атмосферу. Що стосується процесів надходження та утворення пилу, то частки можуть безпосередньо викидатися в атмосферне повітря (первинні РМ) або утворюватися в атмосфері з таких газоподібних прекурсорів, як сірки діоксид, оксиди азоту, аміак та неметанові леткі органічні сполуки (вторинні частки). До основних найпоширеніших компонентів зважених часток відносяться сульфати, нітрати, аміак, інші неорганічні іони, такі як іони натрію, калію, магнію та хлорид іони, органічний та елементарний вуглець, мінерали земної кори, зв'язана частинками вода, метали (ванадій, кадмій, мідь, нікель і цинк) та поліциклічні ароматичні вуглеводні (табл. 1.1) [27].

Основними джерелами сумарних антропогенних викидів первинних речовин у вигляді твердих суспендованих часток (мікрочастинки та волокна) є:

- горіння палива на стаціонарних установках (40-55 %);
- технологічні процеси в промисловості (15-30 %);
- автотранспорт (10-25 %).

Джерелом зважених часток великого та середнього діаметру є деструкція твердих часток ще більшого діаметру. Ці частки можуть включати в себе пил, який утворюється в результаті згоряння твердих видів палива, діяльності гірничодобувних, будівельних та металургійних підприємств, процесів

експлуатації дорожньо-транспортного комплексу, агротехнічної обробки ґрунту та ін..

Таблиця 1.1 - Компоненти в складі ЗЧ та їх джерела

Компоненти	Джерела/утворення
Аніони: сульфат, нітрат, аміак	Всі основні джерела сірки діоксидів та оксидів азоту: опалення в домах, вироблення енергії, металургійне виробництво, транспорт, сільськогосподарська діяльність (вторинні частки виникають під час хімічних реакцій при переносі повітрям)
Елементарний вуглець	Так званий чорний дим (сажа) утворюється при спалюванні вугілля, нафти, природного газу, біомаси
Органічний вуглець	Міститься у вихлопах автотранспорту та джерел згоряння палива, а також продукт окислення летких органічних сполук
Важкі метали: свинець, кадмій, ртуть, нікель, хром, цинк, марганець	Виникають під час металургійних процесів (виробництво сталі), в результаті процесів механічного стирання
Мінерали: алюміній, кремній, залізо, кальцій	Мінерали земної кори (тверда порода, ґрунт), виникають при роботі кар'єрів, будівництві, з пилом, що переноситься вітром
Органічні сполуки	Утворюються в процесі згоряння палива, русі автотранспорту. Джерелом можуть бути рослини: хвойні породи дерев, тощо.
Вода	Деякі водорозчинні компоненти (сульфати та нітрати амонію, хлорид натрію) поглинають воду з повітря.
Хлорид натрію	Морська сіль

Вторинні частки утворюються в повітрі у результаті хімічних реакцій газоподібних забруднюючих речовин. Наприклад, сірки діоксид у повітрі перетворюється на сірчану кислоту; азоту діоксид – на азотну кислоту, яка може вступати в реакцію з аміаком та утворювати нітрати амонію [29]. Саме вторинні сульфати та нітрати складають основу ультрамалих часток в повітрі. Спалювання вугілля, нафти, бензину, може призводити до утворення великих зважених часток (летюча зола) та дрібних часток внаслідок конденсації матеріалів, що випаровуються під час згоряння, а також вторинних часток під час реакцій оксидів сірки та азоту.

Негативний вплив на здоров'я населення пов'язують із ультрамалими частками, а саме з сильно кислими аерозолями (визначається в залежності від концентрації іонів H^+) або сульфатами. Аерогенний шлях надходження шкідливих речовин до організму людини є досить важливим, оскільки поверхня легень становить 90-100 м², і за невеликий проміжок часу в кров може потрапити значна доза токсиканту [28]. В легеневій тканині відбуваються складні біохімічні процеси синтезу та перетворення речовин, що надійшли з повітрям. Токсиканти порівняно легко проходять альвеолярно-капілярний бар'єр (швидкість їх проходження залежить від фізико-хімічних властивостей) та надходять в кров і лімфу [25]. Надзвичайно важливою особливістю даного шляху надходження речовин є те, що вони не проходять попереднього дезінтоксикаційного бар'єру, яким є людська печінка та шлунок.

В дихальних шляхах, бронхах та бронхіолах швидкість повітря різко знижується внаслідок того, що збільшується сумарний перетин повітряносних шляхів [30]. Середні за розміром частки осаджуються на поверхню бронхів та альвеол. Якщо речовина частки розчинна у воді, то вона розчиняється у слизу, всмоктується крізь епітелій слизової оболонки та потрапляє в кров, міжклітинну рідину та лімфу. Нерозчинні частки від 1,0 до 0,1 мкм потрапляють в альвеоли, осідають на стінках дихальних шляхів, поглинаються макрофагами і знешкоджуються, або проникають крізь біологічну оболонку та із током крові та лімфи разносяться у різні органи та тканини, утворюючи

пилові скупчення в печінці, нирках та ін. органах. Процеси поглинання часток макрофагами легень уповільнені у людей похилого віку, у курців та людей із хронічними захворюваннями легень.

Окрім діаметра часток велике значення має їхня форма. Так, частки голчатої форми (пил від скловолокна, скловати) можуть травмувати та подразнювати слизову оболонку дихальних шляхів та шкіру. Волокнисті частки мають здатність накопичуватися на слизовій оболонці бронхів, що ускладнює очищення слизової оболонки та може викликати хронічний запальний процес.

Велике значення має й хімічна природа частки, що потрапляє до легень людини. Легенева тканина достатньо активна в метаболічному відношенні та багата за хімічним складом. В легенях відбувається синтез основних білків та поліцукрів, які необхідні для подальшого синтезу та транспортування речовин [8, 31]. Якщо з пиловими частками в легені потрапляють важкі метали, що розчинні у воді, то відбувається утворення комплексних сполук із катіонами, які можуть приймати подальшу участь в обмінних процесах. Для деяких металів проникнення здійснюється легко, для інших – ускладнено. Добре розчинні у воді сполуки, такі як V, Cr, Mo, Pb, Mn, Fe, Ca, Ta, досить легко потрапляють в кров, а погано розчинні сполуки, такі як Pb, As, Ni, Co, Au, Zn, всмоктуються повільно. Вважається, що в легенях важкі метали можуть утворювати комплекси навіть із неорганічними лігандами. Вони можуть вступати в обмінні процеси з хлоридами за допомогою атомів кисню, сірки, азоту; утворювати комплекси різної складності шляхом процесів метилювання, ацетилювання, тобто процесам метаболізму. Важкі метали в легенях можуть порушувати цілісність плазматичних мембран макрофагів, пригнічуючи, таким чином, їхню фагоцитарну активність, що свідчить про зниження захисної функції легень. Потраплення важких металів в легені знижує імунні бар'єри тканини, порушує хімічний склад мікросередовища та нормальний синтез речовин в легенях [32].

Для часток, які утворені з діоксиду сірки або озону, характерний прямий негативний вплив на здоров'я людини при їх надходженні до організму.

Частки, що містять поліциклічні ароматичні вуглеводні, наприклад, мають включитися у певні реакції, результати яких призводять до негативних наслідків для здоров'я людини [25].

Вплив респірабельних зважених часток на здоров'я людини має повне документальне підтвердження і знаходить своє відображення у програмі Європейської комісії „Чисте повітря для Європи” (2004-2007 рр.) та проектах ВООЗ „Обґрунтування даних щодо впливу забруднення повітря на здоров'я для перегляду європейських нормативів (проект REVIHAAP) та „Оцінка ризиків для здоров'я від забруднення повітря в Європі” (проект HRAPIE) на підставі досліджень проведених в: Угорщині проект APNEKOM (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 рр.) та ін. [17, 19, 20]. Перші спроби подібних досліджень в Україні були проведені авторами НДР в рамках проектів Агентства США з охорони довкілля (grant registration № Х4-83199301) і Представництва Світового банку в Україні та на підставі досліджень проведених на замовлення Запорізької міської ради з метою коригування Програми охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки м.Запоріжжя (НДР “Оцінка екологічних ризиків для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря м.Запоріжжя речовинами у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки та волокна)” [33, 34].

Проведені дослідження демонструють, що інгаляційні впливи зважених часток обумовлені, як короткочасною (протягом годин, днів), так и довготривалою (протягом місяця, років) експозицією, підтверджують виникнення: респіраторних та серцево-судинних захворювань (наприклад, загострення астми, респіраторних симптомів та росту випадків госпіталізації); смертності від серцево-судинних, респіраторних захворювань та раку легенів [19]. Встановлено, що гострий вплив $ЗЧ_{10}$ за 24 години призводить до підвищення добової смертності від 0,5 до 1,6 % на кожні 10 мкг/м³, а при збільшенні середньодобової концентрації $ЗЧ_{10}$ на 10 мкг/м³, частота

патологічних симптомів з боку органів дихання підвищується на 2,4 % [28]. При підвищенні концентрацій ЗЧ_{10} на 10 мкг/м^3 протягом двох місяців частота приступів бронхіальної астми серед дітей підвищується на 4,2 %. При хронічному впливі ЗЧ збільшується кількість хворих на бронхіт дітей та осіб до 25 років. Відповідно до досліджень, проведених Американським Протираковим товариством (ACS) (Pope et al., 2002) та Гарвардським університетом в рамках дослідження «Шість міст» (Dockery et al., 1993; Pope et al., 1995; HEI, 2000; Pope et al., 2002, Jerrett, 2005) повідомляється про взаємозв'язок між довготривалою експозицією $\text{ЗЧ}_{2,5}$ та смертністю. Зростання ризику для здоров'я населення у досліджуваних містах спостерігалось на рівнях усереднених річних концентрацій $\text{ЗЧ}_{2,5}$ в межах 11-15 мкг/м^3 [26].

На підставі проведених досліджень, у 2005 році ВООЗ був проведений останній перегляд рекомендацій щодо якості атмосферного повітря, відносно критеріїв гігієнічного нормування зважених часток в атмосферному повітрі, було представлено наступні величини, а саме для [26]:

- TSP – середньорічна концентрація 100 мкг/м^3 , середньодобова концентрація 300 мкг/м^3 ;
- PM_{10} – середньорічна концентрація 20 мкг/м^3 , середньодобова концентрація 50 мкг/м^3 ;
- $\text{PM}_{2,5}$ – середньорічна концентрація 10 мкг/м^3 , середньодобова концентрація 25 мкг/м^3 (перевищення не повинно спостерігатися більше ніж 3 дні на рік);

Представлені вище нормативи за останні 7 років були науково обґрунтовані та ще раз підтверджені, але слід підкреслити про відсутність запасу безпеки, так як дані величини відображали рівні, близькі до нижніх порогів функції „концентрація-ефект“, які мали місце на той момент. На сьогодні ВООЗ висунуто пропозиції щодо перегляду величини середньодобової концентрації, лише для $\text{PM}_{2,5}$ та рекомендовано знизити її рівень в атмосферному повітрі до 20 мкг/м^3 (внесено до розділу додатку D Директиви

2008/50/EC). Інші гігієнічні нормативи для зважених часток – залишити без змін.

Що стосується України, яка є стороною ряду міжнародних угод та конвенцій, то наукові дослідження щодо оцінок інгаляційного впливу зважених часток (особливо з діаметром менше 10 мкм) майже не проводяться та носять несистематичний, спорадичний характер. Це пояснюється відсутністю гігієнічних критеріїв щодо нормування в атмосферному повітрі $ЗЧ_{10}$ та $ЗЧ_{2,5}$ (існують нормативи лише для TSP) та єдиної стратегії моніторингових досліджень атмосферного повітря [32, 35, 36, 37].

Аналізуючи вищевикладене, проведення в Україні досліджень щодо оцінок соціальних втрат здоров'я населення (смертей), обумовлених викидами зважених часток менше 10 мкм від різних груп промислових підприємств є актуальним та своєчасним. Це дозволить не тільки, впровадити та розширити моніторингові програми вимірювання пилу ($ЗЧ$ з діаметром часток менше 10 мкм) в повітрі населених пунктів, але й переглянути та узгодити гігієнічні нормативи для $ЗЧ$, відповідно до рекомендацій та вимог ВООЗ, шляхом дотримання директив та нормативних документів ЄС, учасником яких є Україна.

1.2. Основні підходи до оцінки впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення

В теперішній час для оцінки впливу на стан здоров'я негативних факторів забруднення довкілля (у тому числі атмосферного повітря) все частіше використовують епідеміологічні дослідження та оцінку ризику для здоров'я населення, які можуть бути послідовними етапами при управлінні якістю оточуючого середовища та виявленні небезпеки впливу антропогенного забруднення на стан здоров'я населення [38, 39, 40].

Методологія оцінки ризику є одним з ефективних інструментів встановлення етіологічного зв'язку між забрудненням довкілля та здоров'ям населення у будь-якому регіоні за умов обмежених коштів, яка широко

застосовується у світі при обґрунтуванні природоохоронних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів [41, 42, 43].

На сьогодні оцінка ризику для здоров'я населення, яка полягає у виявленні потенційно небезпечних факторів довкілля, встановленні рівнів їх впливу, багатосторонньому аналізі порівняльної медико-соціальної та економічної значимості наслідків цих впливів, аналізі витрат та вигод при різних варіантах управлінських дій, здатна забезпечити рішення складних задач в області гігієни та медичної екології. При прийнятті зважених управлінських рішень, наряду з традиційними критеріальними підходами, МОР дозволяє здійснити аналіз співвідношень „витрати-вигоди”, „витрати-соціально-гігієнічна ефективність”, оцінити збитки здоров'ю населення, а також провести порівняльний аналіз ризиків та збитків від впливу великого комплексу факторів середовища існування людини [44, 45].

Єдиним критерієм для прийняття рішень в області управління якістю атмосферного повітря в нашій країні є невідповідність фактичного забруднення гігієнічним нормативам – гранично-допустимим концентраціям (ГДК), орієнтовно безпечним рівням впливу (ОБРВ), які орієнтовані на технологічні процеси та в основному відповідають концепції «нульового» ризику, не враховуючи характеристики населення, що підпадає під експозицію. При цьому вважається, що рівні хімічних сполук, які надходять в атмосферне повітря та не перевищують ГДК, є недіючими і протягом життя не можуть чинити шкідливого впливу на людину та умови її проживання. [46, 47]

Згідно з вимогами сьогодення, в останні роки багато уваги приділяється перегляду ГДК з позицій ризику, оцінці безпеки тих ГДК, які були встановлені раніше з врахуванням загальноприйнятого підходу щодо виявлення підпорогових та порогових доз. При цьому слід зазначити, що більшість ГДК за 50 річний період існування гігієнічного нормування майже не переглядалися та встановлювалися за органолептичними, рефлекторними та загальносанітарними критеріями, тобто за показниками, не пов'язаними з прямим впливом хімічної речовини на здоров'я людини [41,48]. Окрім того, реальна надійність більшості

вітчизняних нормативів встановлювалась на тваринах (щурах, мишах), для людини ж вона практично не оцінювалась у клініко-гігієнічних чи епідеміологічних дослідженнях. Відомі лише поодинокі спостереження такого напрямку, які стосувалися канцерогенних сполук, ГДК яких було обґрунтовано за специфічною біологічною дією [49,50,51]. При цьому, останні дослідження в багатьох країнах світу доводять про необхідність використання біомаркерних моделей щодо оцінки впливу хімічної сполуки та її похідних на організм людини.

Однак, використання гігієнічних нормативів, як критеріїв ризику, не завжди є доцільним та виправданим при оцінці щоденного впливу токсичних речовин на населення протягом життя, тобто при хронічній дії малих доз хімічних поллютантів [32,52]. Це обумовлено рядом причин, насамперед різною чутливістю населення (діти, вагітні, люди похилого віку) до впливу хімічних забрудників, оскільки одні й ті ж поллютанти та одні рівні забруднення завжди можуть викликати далеко неоднозначну реакцію як у населення в цілому, так і у окремої людини.

Базовою інформацією для проведення досліджень є токсикологічна характеристика речовини, ризик від впливу якої передбачається оцінити. Важливим елементом є дослідження характеристик та закономірностей формування токсичного процесу (рис. 1.1). [53]

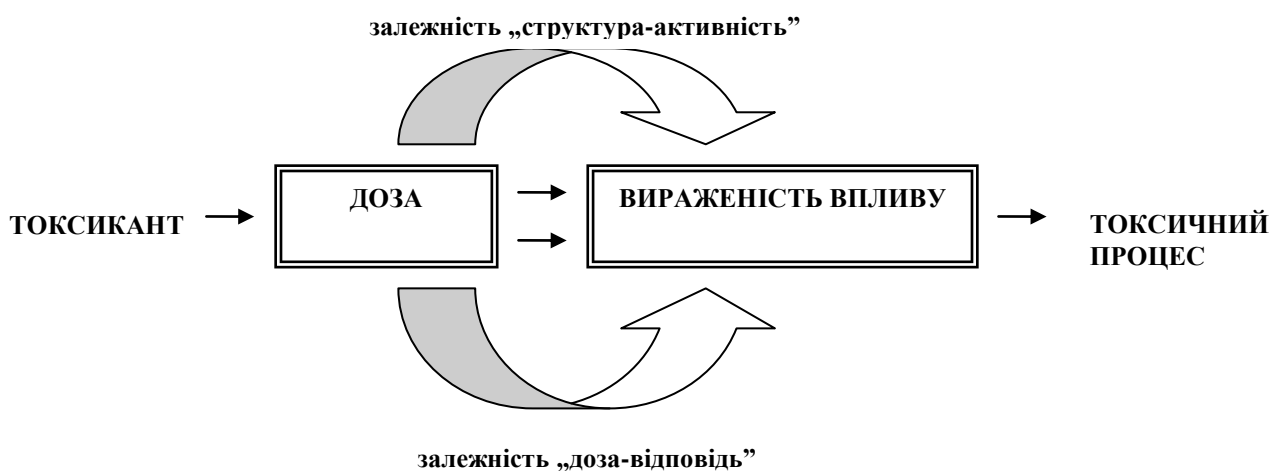


Рис. 1.1 - Основні характеристики токсичного впливу

Токсиканти, які розвиваються тільки за пороговим принципом, можуть бути охарактеризовані за допомогою критерію „фактор небезпеки”. Оцінити ризик контакту з такою речовиною означає по суті визначення порогу його токсичності (або безпечного) впливу, виразивши його через величини гранично допустимої дози або ГДК. За кордоном для цієї мети використовують такі показники, як рівень максимального забруднення, допустимий добовий прийом, референтна доза (відповідно: Acceptable Daily Intake, Reference dose). Ці характеристики визначаються за спеціальними методиками, в основі яких лежить встановлення залежності „доза-ефект” на підставі біомаркерних моделей, рекомендовані міжнародними організаціями та співтовариствами Всесвітньої організації охорони довкілля, Агенства США з охорони довкілля [8,54,55]. У будь-якому випадку вказані величини характеризують кількість токсиканту (в мг на кг маси тіла або мкг на одиницю об’єму об’єкту, середовища), контакт з яким не призведе до появи негативних наслідків при хронічному впливі в популяції, включаючи чутливі групи [44,54,56].

Ризик виникнення ефектів, які розвиваються за безпороговим принципом, охарактеризований іншими підходами. Зокрема, слід встановити діючу дозу токсиканту, при якій частота виникнення викликаного ефекту (канцерогенез, мутагенез) в експонованій популяції знаходиться на допустимому рівні [53]. Вагомість доказів канцерогенності досліджуваної хімічної речовини для людини оцінюється на основі існуючих класифікацій – Міжнародне агентство з вивчення раку, Агентство США з охорони довкілля (МАВР, US EPA) та ін.

Віднесення хімічної речовини до тієї чи іншої групи канцерогенів здійснюється з врахуванням ступеня доведеності канцерогенного ефекту у людини чи/або тварини. В якості потенційних хімічних канцерогенів при оцінці ризику приймають речовини, які відносяться до груп 1,2А,2В, за класифікацією МАВР та до груп А, В1, В2 за класифікацією US EPA. Речовини групи С за класифікацією US EPA включаються в аналіз, виходячи з завдань досліджень, при наявності даних щодо факторів канцерогенного потенціалу та інших

підтримуючих даних. Канцерогенні ризики речовин групи С доцільно розглядати окремо від інших канцерогенів [57].

Проведені наукові дослідження щодо розрахунків канцерогенних ризиків показали наявність високих рівнів ризику для цілого ряду потенційних канцерогенів, навіть при додержанні затверджених на сьогодні гігієнічних нормативів у повітрі населених місць. Наукові досягнення в області епідеміологічних досліджень та методології оцінки ризику обумовили необхідність перегляду нормативів основних забруднюючих речовин атмосферного повітря (азоту діоксиду, сірки діоксиду, озону, 3C_{10} , $3\text{C}_{2.5}$) в багатьох країнах Європи та США [35, 58, 59]. Аналогічні вимоги представлені в останніх документах, рекомендованих та розроблених ВООЗ [60].

Таким чином, оцінка забруднення атмосферного повітря за показниками ризику для здоров'я населення інтегрально враховує вплив усіх, в тому числі неідентифікованих поллютантів, їх комплексну та комбіновану дію на організм людини та є більш об'єктивною ніж порівняння концентрацій окремих забрудників з гігієнічними нормативами [8,32, 59].

Слід додати, що використання методології оцінки ризику здоров'ю, як правило має проспективний характер, тобто направлено на прогноз можливих змін в майбутньому, створюючи тим самим основу для профілактики несприятливих впливів на здоров'я населення.

Основними параметрами, що використовуються для оцінки ризику канцерогенних сполук є фактори канцерогенного потенціалу, а для загальноушкоджуючих речовин — індекси небезпеки, а також так звані референтні дози та концентрації, які визначаються лише на основі вивчення ефектів дії на здоров'я людини [57, 61].

Аналізуючи вищевикладене, застосування міжнародного досвіду використання методології оцінки ризику для здоров'я населення може бути корисним для покращення медико-екологічної ситуації в нашій країні шляхом розробки та проведення поєднаних профілактичних і природоохоронних управлінських заходів та створення передумов для оцінок соціальних втрат,

заподіяних здоров'ю населення забрудненням атмосферного повітря викидами промислових підприємств з метою запобігання його подальшого погіршення.

1.3. Аналіз методичних підходів до оцінки соціально-економічних збитків, заподіяних забрудненням довкілля (зокрема, атмосферного повітря)

Не дивлячись на постійне удосконалення, методичні засади кількісного визначення збитків, що існують в теперішній час, мають багато недоліків. Оскільки поняття економічного збитку є єдиною мірою оцінки техногенного впливу на різні сфери життя суспільства його розрахунок потребує великої кількості вихідних даних, багато з яких або практично не фіксуються, або просто не піддаються формалізації [62].

Найбільш широко відомий метод – аналіз економічної ефективності (аналіз витрат та вигоди).

Якщо у кожного фактора впливу на здоров'я та навколишнє природне середовище є ціна, вигоди і витрати в рамках даного методу можна виміряти в однакових грошових одиницях. В такому випадку треба просто скласти всі вигоди і порівняти їх із сукупними витратами. Таким чином перше припущення цього методу – кожний фактор впливу має свою ціну [63, 64].

Але вплив на здоров'я людини складно оцінити в грошовому еквіваленті. У міжнародних порівняннях в якості основних показників, що характеризують збиток для здоров'я населення від забруднення навколишнього середовища, зазвичай використовується додаткова смертність, захворюваність, інвалідність, викликані даними забрудненням навколишнього середовища. Ці показники застосовуються в багатьох національних та міжнародних дослідженнях. Спочатку широкий спектр впливу на здоров'я відображається в єдиному показнику, котрий називається індекс тривалості життя з поправкою на інвалідність (DALYs - Disability-Adjusted Life Years), що характеризує втрати років здорового життя, внаслідок тимчасової непрацездатності, інвалідності чи передчасної смерті або індекс тривалості життя з поправкою на якість (QALYs - Quality-Adjusted Life Years), що характеризує число років життя, зважених за їх якість. Потім розраховується їх вартість [65].

Вони є агрегованими показниками, які відносяться до інтегральних методів оцінки суспільних втрат здоров'я при яких визначаються ймовірна тривалість трудового життя, показник втрачених років потенційного життя населення, показники якості життя та інші. При цьому отримують інтегральні оцінки, виражені в усереднених натуральних показниках (наприклад, втрачені роки життя).

У показнику DALY враховуються втрати в результаті передчасної смерті або інвалідності, яка визначається як різниця між фактичним віком на момент смерті, очікуваною тривалістю майбутнього життя в цьому віці і втратою здорових років життя в результаті настання тимчасової непрацездатності та інвалідності [66].

Головна ідея концепції DALY - кількісна узагальнена оцінка стану здоров'я в різних вікових групах населення. Для оцінки DALY використовують показник стандартних очікуваних втрачених років життя. При оцінці збитку у випадку смерті людини ключовим параметром є значення втрат, яке відноситься до одного втраченого року життя. Збиток від втрати всього життя розраховується як сума за всіма втраченими роками життя з урахуванням дисконтування [67].

Показник QALY - quality adjusted life years визначається через число років життя, зважених за їх якістю. Якість життя, за визначенням деяких авторів, - це інтегральна характеристика фізичного, психологічного, емоційного і соціального функціонування людини, заснована на його суб'єктивному сприйнятті [68].

Необхідність використання такого показника пов'язана з тим, що тривалість життя сама по собі не відображає рівень здоров'я людини. Для вимірювання різних станів здоров'я використовується шкала, де "хороше здоров'я" прийнято за "1" і "смерть" - за "0". Такі оцінки носять досить суб'єктивний характер, але широко використовуються на практиці [68, 69]:

Як і всі методи, де використовуються суб'єктивні оцінки, зазначені підходи мають ряд обмежень. У них мова йде про гіпотетичні ситуації, тому

вибір може бути відмінний від того, який буде зроблений в реальному житті. Крім того, такого роду дослідження дуже чутливі до соціальних і інших відмінностей опитуваних груп населення, а також до використаних методів аналізу.

Таким чином, перевагою інтегрального методу є те, що агреговані оцінки не вимагають збору великої кількості статистичних даних. До недоліків цього підходу слід віднести приблизність одержуваних результатів.

Інший метод - компонентний представляється як "метод шляхів впливу" (Impact Pathway Method) часто використовуються під назвами: "доза-відповідь" або "доза-реакція" [70]. У ньому грошова оцінка впливів заснована на загальних сумарних витратах за одиницю ризику, що включають в себе всі відомі часткові витрати: на надання медичної допомоги людям; реабілітаційні заходи, санаторно-курортне лікування; витрати на компенсацію непрацездатності людей; упущена вигода для суспільства через постійну та / або тимчасової непрацездатності внаслідок захворювання (смерті). Даний метод з різними його фазами вже застосовується для оцінки екологічних витрат для здоров'я населення Росії, пов'язаних із забрудненням води та атмосферного повітря [71].

В Україні, основні втрати населення припадають на працездатний вік. Чим молодшим є людина, що втратила працездатність або померла, тим більшою є кількість втрачених років, що недожиті до пенсійного віку, і відповідно, вищими є економічні збитки, зумовлені відсутністю внеску цих громадян у процес суспільного виробництва. Передчасна смертність є головним чинником, який зумовлює відмінність у величині середньої очікуваної тривалості життя громадян України та розвинених європейських країн [57]. Зрозуміло, що найвищими є економічні втрати внаслідок передчасної смертності економічно активного населення.

За підрахунками, зробленими Н.А. Рингачем в Україні абсолютна кількість втрачених років потенційного життя склала в 2013 р. – 3,031 млн. людино-років, що за економічними підрахунками оцінюється мінімум у 90,4 млрд. гривень недовиробленого національного продукту, що становить у

доларовому еквіваленті більше 12 млрд.\$. З них втрати з причин смертності в інтервалі 15-59 років склали більше 10 млрд. \$, що представляє 6,7% номінального ВВП [72].

Також в світовій практиці оцінки збитків, що завдаються життю та здоров'ю людини незадовільним станом довкілля застосовується підхід, заснований на використанні показника вартості середньостатистичного життя (ВСЖ) або економічного еквіваленту вартості життя людини.

Питання оцінки життя людини завжди було дискусійним. Як можна оцінити те, що вважається безцінним? Але якщо розмежити такі поняття як життя конкретної людини та життя середньостатистичної людини і пов'язати останнє з певним ризиком для життя, цінність статистичного життя можна оцінити в грошовому вираженні. Це можливо тому, що ризик має свою ціну. [73]

Вартість одиниці ризику є основною концепцією соціально-економічного збитку від втрат здоров'я або життя внаслідок систематичного забруднення довкілля. При цьому вартість одиниці ризику для здоров'я та життя і вартість статистичного життя вважаються синонімами. [74]

Такий підхід застосовується в роботах фахівців Європейського Союзу та Агентства з охорони навколишнього середовища США (EPA, US). Результати цих робіт узагальнені в доповіді Агентства з захисту навколишнього середовища Конгресу США [75] та загальноєвропейському проекті ExternE [76]. Ця оцінка являє собою витрати на незначну зміну ступеня ризику, пов'язаного зі смертю безіменного члена великої групи людей. Визначення вартісного вираження для додаткової зміни ступеня ризику захворювання, травми або смерті у відношенні великої групи людей є тим завданням, яке структури влади, все суспільство зобов'язані постійно вирішувати в процесі прийняття соціальних та економічних рішень в області розвитку промисловості, житлово-комунального сектора, охорони навколишнього середовища і т.д.

В роботах таких фахівців як І.Л.Трунов, Л.К. Айвар, Г.К.Харісов, А.А.Биков головними методами оцінки ВСЖ визнаються методи оцінки

готовності платити та підходи, що витікають із загальної теорії споживчої вартості [74,77].

В основі даного методу лежать дослідження різноманітних споживчих переваг. Для таких досліджень, що сфокусовані на гіпотетичному покращанні здоров'я, економічна міра задається сумою індивідуальних готовностей платити за конкретне специфічне покращання.

Пояснення суті методу готовності платити схематично зображено на рис. 1.2 [74].

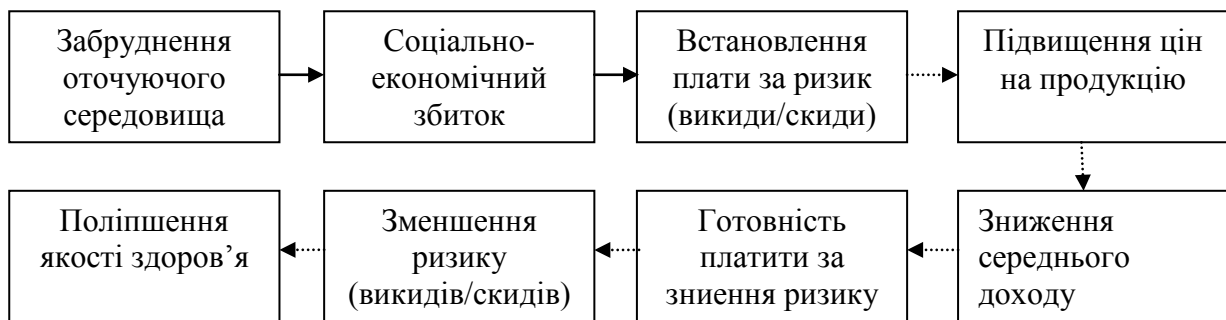


Рис. 1.2 Схематичне пояснення готовності товариства пожертвувати частину свого доходу за поліпшення якості здоров'я та оточуючого середовища

В загальноприйнятій світовій практиці існують декілька офіційно прийнятих підходів до оцінки вартості середньостатистичного життя.

Так у США розрахунки проводилися на основі рекомендацій Агентства з охорони навколишнього середовища США (ЕРА).

За оцінками станом на 2012 р. вартість життя середньостатистичного американця становила 6,9 млн.дол.США. [78]

Ряд дослідників вважають, що отримане значення можна скоригувати для країн, де подібні розрахунки не проводилися і рівень ВСЖ не встановлений за допомогою поправочного множника, рівним відношенню значень ВВП на душу населення різних країн, узятих з урахуванням паритету купівельної спроможності (ВВП за ПКС) та обчислити за формулою 1.1.

$$ВСЖ = ВСЖ (США) \times (ВВП (України) / ВВП (США)) \quad (1.1.)$$

Якщо для США показник ВВП за ПКС становив 35,052 тис.дол. США, для України – 6,655 тис.дол.США, то для України отримаємо такий результат:

6,9 млн.дол.США x (6,655/35,052) = 1,31 млн.дол. США (за підрахунком, проведеним Мужилівським В.В.).

Зазначений метод був заснований на оцінці раніше реалізованих проектів і оцінка ВСЖ розраховувалася як відношення вартості природоохоронного проекту до кількості смертей, яких вдалося уникнути. При цьому до уваги не береться вік, дохід, освіта, стан здоров'я [79].

Демографічний метод. Вартість людини визначається на основі балансу накопичених і спожитих людиною (представником умовного або реального покоління) матеріальних благ і послуг. Визначається рентабельність покоління, його здатність накопичити кошти і створити матеріальну основу для відтворення майбутніх поколінь. [80].

Відповідно до концепції людського капіталу показник ЕЕВЖ людини відображає не тільки інвестиції домашніх господарств, підприємства і держави в людини, але і їх ефективність, відображену через показник норми віддачі, в якості якого може виступати внутрішній продукт (ВВП) на душу населення.[81]

Згідно з ще одним методом в основу якого покладено теорію людського капіталу економічний еквівалент вартості життя у шість разів перевищує дисконтований дохід, який загиблий міг би заробити за роки життя, що залишилися. Він розраховується за формулою 1.2.

$$\text{ЕЕВЖ} = 6 \times P \times F(\delta, N), \quad (1.2.)$$

Де P – річна заробітна плата середньостатистичної людини;

$F(\delta, N)$ – функція, що враховує процедуру дисконтування впродовж N років за ставки дисконтування δ .

В статті «Економічний еквівалент вартості життя як стимул розвитку страхового ринку та модернізації економіки» О.О. Шевчук провела розрахунок за вищезазначеним методом станом на березень 2014 р. прийнявши діючу ставку дисконтування 14,6% і середню заробітну плату в Україні – 3 398 грн. згідно даних державної статистики. Отримане значення ЕЕВЖ становило 1 798 054 грн. [82].

Дохідний підхід. В його основу покладено сукупний дохід людини, який він міг би отримати за все своє життя, тобто базується на визначенні очікуваних доходів. В рамках цього підходу в США і Великобританії розроблена методика оцінки вартості життя людини, заснована на тому, що економічний еквівалент життя середньостатистичної людини дорівнює співвідношенню середньодушового наявного грошового річного доходу до середньої ймовірності смерті протягом року.

ЕЕВЖ= Середньодушовий грошовий річний дохід/ Середня ймовірність смерті впродовж року. (1.3)

При цьому середня ймовірність смерті впродовж року це індекс смертності, який обчислюється по формулі 1.5

Індекс смертності = Кількість померлих упродовж року з усіх причин/ Загальна кількість населення. (1.4)

За підрахунками, що були проведені О.О. Шевчук за статистичними даними на кінець 2013 року показник ЕЕВЖ дорівнював 1 650 552 грн. [82].

В Європі рекомендоване значення ВСЖ знаходиться в діапазоні від 0,9 млн до 16,3 млн дол. США з середнім значенням \$5,4 млн. Така оцінка спонукає будь – якого роботодавця або державного чиновника дбати про безпеку людей, за яких вони відповідають [83].

Практикою розвинених країн доведено, що чим вище оцінено життя людини, тим вища відповідальність уряду, відомств та бізнесу і тим більше вкладається коштів у заходи, що забезпечують зменшення негативних наслідків.

Аналіз сучасних методичних підходів при оцінці вартості життя свідчить про багатофакторність та множинність критеріїв оцінки людського життя. Дана обставина ускладнює розробку універсальної методики, але спроби дослідників максимально наблизити їх до таких, що відповідатимуть принципам соціальної справедливості при оцінці вартості життя людини не припиняються.

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 систематизувати методичні підходи до розрахунків економічного еквіваленту збитку („вартість життя”) в Україні та оцінок соціальних і економічних індикаторів втрат здоров'я населення (у вигляді додаткових смертей), обумовлених забрудненням атмосферного повітря викидами зважних часток різних видів промислових підприємств.

Програма дослідження включала наступні завдання:

1. Проаналізувати та систематизувати літературні дані, міжнародні і вітчизняні нормативно-методичні документи та інформаційні джерела, які стосуються гармонізації з європейськими вимогами державного законодавства стосовно впливу забруднення повітря $ZЧ_{10}$ та кількісних оцінок збитків здоров'ю населення для подальшої імплементації;
2. Оцінити рівні індивідуального ризику смерті для здоров'я населення, обумовлені забрудненням атмосферного повітря викидами $ZЧ_{10}$ пилу від різних видів промислових підприємств;
3. Провести просторовий аналіз розподілу населення досліджуваних промислових міст за допомогою геоінформаційних технологій;
4. Розрахувати соціальні втрати здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря $ZЧ_{10}$ пилу, обумовлені викидами різних видів промислових підприємств;
5. Оцінити ефективність медико-екологічних заходів на етапі управління ризиком.

Для розв'язання поставлених завдань був використаний комплекс методів:

- бібліографічний метод аналізу наукової інформації;
- бібліосемантичний аналіз інформації щодо забруднення атмосферного повітря;

- статистичні методи обробки даних (одномірної статистики в програмах Excel, STATISTICA);
- теорія ймовірності та математичне моделювання (оцінка статистичних показників та варіацій ознак, визначення ексцесу ризиків для індикаторів здоров'я);
- картографічні методи з використанням геоінформаційних систем (ArcGis 10.0) та даних високої роздільної здатності (космічні знімки);
- методи економічної статистики.

До дослідження було включено 16 основних промислових підприємств до складу викидів яких входить до 90 % загального пилю (TSP), а саме: Запоріжжя і Маріуполь (металургійні - 9 та коксохімічні - 1), Дружківка (машинобудівні - 2), Кам'янське, Макіївка, Дніпро (коксохімічні - 3), Кривий Ріг (гірничорудні - 1).

Характеристика об'єму досліджень узагальнена та представлена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

№ п/п	Перелік промислових підприємств за видами господарської діяльності	Місто	Кількість	
			Промислових підприємств	Стаціонарних джерел викидів
1	Металургійні	Запоріжжя	7	1833
		Маріуполь	2	680
3	Гірничорудні	Кривий Ріг	1	550
4	Машинобудівні	Дружківка	2	409
6	Коксохімічні	Запоріжжя	1	163
		Кам'янське	1	252
		Макіївка	1	87
		Дніпро	1	171
	ВСЬОГО		16	4145

Основною детермінантою, на яку було сфокусоване дослідження, було «здоров'я», а потім похідні від цього «вплив на здоров'я населення, оцінка ризику для здоров'я населення та збитки для здоров'я населення».

При розрахунках рівнів ризику для здоров'я експонованого населення, обумовлених викидами пилу НДЗС від різних суб'єктів економічної системи 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, яка базувалася на використанні алгоритму розробленого лабораторією гігієни повітря та оцінок ризику ДУ „ІГЗ ім. О.М.Марзєєва НАМНУ”.

Картографічні методи були використані для аналізу просторового поширення населення та визначення розташування стаціонарних джерел викидів промислових підприємств із використанням геоінформаційних систем систем (ArcGis 10.0) та даних високої роздільної здатності (космічні знімки).

Для аналізу існуючих підходів та методик щодо розрахунків соціально-економічних втрат/збитків здоров'я населення та оцінок «вартості середньостатистичного життя людини», як основного інструменту обрахування натуральних збитків здоров'ю було використано комплекс загальнонаукових методів, таких як бібліосемантичний, теоретичний та аналітичний.

Методи економічної статистики були використані при оцінках «вартості середньостатистичного життя людини».

2.2. Методологія оцінки ризику для здоров'я населення

На сьогодні методологія аналізу ризику розглядається в якості головного інструменту для підтримки прийняття управлінських рішень на локальному, регіональному, національному, міжнародному рівнях. Вона допомагає досягти найкращих результатів - максимально зменшити ризик для здоров'я населення від промислового забруднення при найменших витратах. Слід зазначити про переваги МОР й для соціально-економічної оцінки збитків для здоров'я населення, що проживає в зонах ризику, тому що надає можливість прогнозувати розвиток подій та попереджати можливі негативні сценарії.

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, що складається з наступних елементів [84- 87]:

- оцінки ризику,
- управління ризиком та
- інформування щодо ризику.

Повна схема оцінки ризику передбачає проведення чотирьох взаємопов'язаних етапів: ідентифікації небезпеки, оцінки залежності «доза-відповідь», оцінки експозиції та характеристика ризику [88, 89].

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 [90].

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 [91, 92].

2.2.1 Етап ідентифікації небезпеки. Передбачає процес встановлення причинного зв'язку між впливом хімічної речовини та розвитком несприятливих ефектів у здоров'ї людини [93]. 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:

- встановлення наявності можливої загрози для здоров'я в досліджуваному регіоні від виявлення пріоритетних хімічних речовин (в нашому випадку зважених часток різного аеродинамічного діаметру) з врахуванням їх

здатності наносити шкоду населенню, яке підпадає під вплив, та умов цього впливу на основі наявних даних щодо поведінки та поширення полютанту в довкіллі;

- оцінка токсичності хімічної 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 досліджуваною речовиною при оцінюваних маршрутах дії, тривалості експозиції (гострі, підгострі, хронічні, віддалені) і шляхах їх надходження в організм людини (інгаляційне, пероральне, перкутанне).

У даній роботі місцем дослідження було обрано Запоріжжя, Маріуполь, Дружківка, Кам'янське, Макіївка, Дніпро, Кривий Ріг.

Для характеристики параметрів та складу стаціонарних джерел викидів було використано та проаналізовано наступні документи (2008-2016 рр.):

- 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), що подаються в регіональне управління для отримання дозволу;
- звіти інвентаризації викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел;
- матеріали обґрунтувань до скорочення та встановлення розмірів санітарно-захисних зон;
- проекти розділу оцінки впливу на навколишнє природне середовище;
- карти-схеми положення стаціонарних джерел викидів на територіях промайданчиків;
- центроїди досліджуваних підприємств;

- інформація щодо фактичного часу технологічних режимів роботи обладнання.

Наявна інформація щодо параметрів та складу СДВ була надана у паперовому та електронному вигляді (XML-файли), та опрацьована за допомогою програми XML-Converter та інструментів Microsoft Office Excel з метою приведення до зазначених, сумісних з модулями розрахункової програми файлів формату Space/Tab Delimited Text Format та CSV. Файлам кожного підприємства присвоювалося ім'я. Після цього була проведена процедура автоматизованої перевірки даних на повноту, узгодженість та цілісність шляхом формування спеціально виконаних SQL запитів.

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 по оцінці експозиції. [94]

2.2.2. Етап оцінки залежності «доза – відповідь», передбачає процес кількісної характеристики токсикологічної інформації та встановлення зв'язку між ймовірно діючою дозою забруднюючої речовини та ймовірністю виникнення шкідливих випадків погіршення стану здоров'я у експонованого населення.

Токсичні процеси, які можна виявити на рівні організму були віднесені до однієї з наступних груп: перші - ті, що формуються за пороговим принципом (неканцерогенний ефект) та другі - за безпороговим принципом (канцерогенний ефект).

На даному етапі було проведено узагальнення всіх наявних даних щодо гігієнічних нормативів, безпечних рівнів дії (референтні дози та концентрації), критичних органів/систем та шкідливих ефектів, а також оцінка застосування цих даних для вирішення задач, необхідних для проведення оцінки ризику.

Шляхом проведення аналітичних досліджень був здійснений сумісний аналіз якісних даних стосовно показників небезпеки, отриманих в процесі ідентифікації небезпеки та відомостей відповідно кількісних параметрів залежності „концентрація (доза)-відповідь” [87].

В результаті аналізу та оцінки токсичності викидів використовувалися міжнародні банки даних та публікації міжнародних організацій: інтегрованої інформаційної системи про ризики Агентства США з охорони довкілля (IRIS), реєстрів токсичних ефектів хімічних сполук (RTECS), американські національні стандарти якості атмосферного повітря (NAAQS), публікації каліфорнійського Агентства з охорони навколишнього середовища (CalEPA), публікації Агентства США з охорони довкілля (U.S. EPA), публікації Всесвітньої організація охорони здоров'я (WHO), рекомендації національного центру оцінки навколишнього середовища Агентства США з охорони довкілля (NCEA), зведені таблиці оцінок ефектів на здоров'я людини (HEAST) (U.S.EPA), база даних NATICH Агентства США з охорони довкілля (U.S.EPA), публікації Агентства з реєстрації токсичних сполук і захворювань (ATSDR) та дані вітчизняних гігієнічних нормативів [95-99].

2.2.3.Етап оцінки експозиції. Оцінка експозиції є одним з найважливіх і, як правило, найбільш трудомістких, але точних етапів з оцінки ризику, яка передбачала: кількісну характеристику експозиції (моніторингові дослідження; математичні розрахунки концентрацій та доз); оцінку часу, частоти та тривалості впливу; ідентифікацію населення, яке підпадає під вплив [100].

При цьому, слід зазначити, що в якості альтернативи моніторингової діяльності, як зазначено в рамках програми ЄС 2013 року „Рік повітря” Європейське регіональне бюро ВООЗ (при здійсненні проектів: обґрунтування даних щодо впливу забруднення повітря на здоров'я для перегляду європейських нормативів (проект REVIHAAP); та оцінка ризиків для здоров'я від забруднення повітря в Європі (проект HRAPIEE)) та Директиві ЄС 2008/50/ЄС, оцінку забруднення атмосферного повітря, рекомендовано проводити на основі даних моделювання забруднюючих речовин в приземному

шарі атмосфери [19, 20, 101, 102]. Такий підхід дає можливість вирішення наступних питань та отримання більш достовірних та валідних даних, а саме:

- визначати усереднені концентрації забруднюючих речовин, які входять до складу викидів промислових підприємств в атмосферному повітрі у буферних зонах дослідження та за певний проміжок часу (1 годину, 24 години, місяць, рік);
- розраховувати експозицію для дорослих та дітей від негативної дії всіх пріоритетних забруднюючих речовин, що дозволяє оцінити повний спектр токсичності викидів;
- розраховувати ризик для здоров'я населення, як при гострому, так і хронічному інгаляційному впливі;
- аналізувати внески окремих джерел викидів у формуванні зон ризику для здоров'я населення з метою управління ризиком.

Це дійсно є „шансом” для України у реалізації можливостей оцінки забруднення атмосферного повітря та виконання вимог міжнародної спільноти, зокрема Директиви ЄС 2008/50/ЄС, особливо в частині оцінки на здоров'я населення впливу зважених часток різного аеродинамічного діаметру (ЗЧ10, ЗЧ2.5), моніторинг за якими в Україні – відсутній.

Таким чином, на етапі оцінки експозиції для розрахунку усереднених концентрацій пріоритетних забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери був використаний метод комп'ютерного моделювання, реалізований за допомогою програмного комплексу ISC-AERMOD View, який рекомендований до використання Всесвітньою організацією охорони здоров'я та Агентством США з охорони довкілля. Для кожного з підприємств були закладені рецепторні сітки та визначені розрахункові вузли для територій дослідження розміром від 2 до 6 км (враховуючи зони впливу). Загальна кількість розрахункових вузлів у містах становила – 80-120. Крок сітки – від 100 до 500 м. Отримані вибірки усереднених концентрацій було класифіковано за квантилями в результаті чого, виділено від 5 до 10 рівнів концентрацій.

Програма комп'ютерного моделювання розсіювання забруднюючих речовин ISC-AERMOD View вимагала введення до модулів програми наступних параметрів: рельєфів території дослідження, метеоумов за певний часовий період, характеристик землекористування, щільності забудови, наявності відкритих водойм, параметрів джерел та характеристики викидів. Передпроцесінг та обробка вищевказаних даних була виконана та представлена, відповідно до алгоритму розробленого фахівцями лабораторії гігієни повітря та оцінок ризику ДУ „ІГЗ ім. О.М. Марзєєва НАМНУ” [102, 103].

У результаті агрегації вище перерахованих параметрів було визначено погодинні значення концентрацій (формула 2.1, 2.2), які просумували з метою отримання усередненої 1-годинної, 24-годинної, місячної та річної (залежно від поставленого користувачем завдання) концентрації в кожній рецепторній точці від заданої групи джерел досліджуваних підприємств.

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

Так, годинна усереднена концентрація обраховується за формулою:

$$x = \frac{QKVD}{2\pi U_s \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-0,5\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \quad (2.2)$$

де:

Q – величина викиду забруднюючої речовини (маса на одиницю часу);

K – коефіцієнт шкали для переведення обрахованих концентрацій в бажані одиниці (по замовчуванню встановлені г/с для Q та мкг/м³ для концентрації);

V – вертикальний коефіцієнт;

D – коефіцієнт осідання;

σ_y , σ_z - стандартне відхилення поперечного та вертикального розподілу концентрацій (м);

U_s – середня швидкість вітру (м/с) на висоті викиду.

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 забруднюючої речовини (з діаметром більше 0.1 мкм).

В результаті проведених розрахунків для пилу НДЗС були отримані величини усереднених концентрацій для годинного, добового, місячного та річного періодів усереднення у заданих розрахункових вузлах. Відповідно до рекомендацій ВООЗ та Агентства США з охорони довкілля, для розрахунків $ЗЧ_{10}$ було враховано та виконувалася умова, що $ЗЧ_{10} = 0,55 \text{ TSP}$. Для розрахунків ризику для здоров'я населення при гострому та хронічному інгаляційному впливах були використані усереднені годинні, добові та річні концентрації.

2.2.4.Етап характеристики ризику для здоров'я населення.

Характеристика ризику є зв'язуючим етапом між оцінкою ризику для здоров'я та управлінням ризиком. На даному етапі інтегрувалися дані щодо: небезпеки аналізованої хімічної речовини, величин експозицій, параметрів залежності „доза-відповідь” з метою кількісної та якісної оцінки ризику, виявлення та оцінки порівняльної значущості існуючих проблем для здоров'я населення [6, 68, 69].

Характеристика ризику для здоров'я населення, обумовленого впливом викидів зважених часток різного аеродинамічного діаметру від стаціонарних джерел промислових підприємств, передбачала:

- узагальнення та аналіз інформації щодо характеристики викидів стаціонарних джерел промислових підприємств, особливостей їх впливу на організм людини, рівнів експозиції;
- розрахунок індивідуального ризику смерті;
- розрахунок соціальних втрат здоров'я населення (у вигляді додаткових випадків смертей);
- оцінку та представлення результатів характеристики ризику.

Розрахунки індивідуального ризику смерті від пилу з діаметром часток менше 10 мкм [9, 20, 59], було здійснено на підставі даних щодо величини експозиції та значення індивідуального коефіцієнту ризику (SF), який відображає число додаткових випадків смерті протягом життя (2.3):

$$IRM = LADD \times SF, \quad (2.3)$$

де: LADD – середньодобова доза протягом життя, мг/(кг×день);

SF – індивідуальний коефіцієнт ризику для зважених часток менше 10 мкм.

Разом з розрахунками індивідуальних ризиків смерті були проведені розрахунки величин ризику для популяції (AM), які відображають додаткові до фонового числа випадки смертей, які можуть виникати протягом життя внаслідок дії досліджуваного чинника (2.4):

$$AM = C \times MR \times N \times 365 \times 70, \quad (2.4)$$

де: AM – число додаткових випадків смертей;

C – концентрація, мг/м³ (для PM₁₀ виконувалася умова, що PM₁₀ = 0,55 TSP);

MR – прогнозований рівень добової смертності.

2.2.5. Класифікація рівнів ризиків. При виборі величини прийнятного ризику в умовах населених місць необхідно орієнтуватися на: ступінь доведеності токсичності досліджуваного фактору для людини, чисельності населення, що підпадає під вплив, можливого технічного досягнення профілактичних та природоохоронних заходів.

Для оцінки рівнів прийнятного ризику для здоров'я населення, обумовленого забрудненням атмосферного повітря була використана міжнародна класифікація ВООЗ, яка базується на системі критеріїв прийнятності для канцерогенних речовин.

У відповідності з цими критеріями перший діапазон ризику (індивідуальний ризик протягом життя рівний або менший 1×10^{-6} , що відповідає 1 додатковому випадку серйозного захворювання або смерті на 1 млн. експонованих осіб), характеризує такі рівні ризику, які сприймаються

усіма верствами населення, як досить малі, що не відрізняються від звичайних повсякденних ризиків (рівень *De minimis*). Подібні ризики не потребують додаткових заходів щодо їх зниження та їх рівні належать лише періодичному контролю.

Другий діапазон (індивідуальний ризик протягом життя більший за 1×10^{-6} та менший, ніж 1×10^{-4}) відповідає зоні умовно прийняттого (допустимого) ризику. Саме на цьому рівні встановлена більшість зарубіжних та рекомендованих міжнародними організаціями гігієнічних нормативів для населення в цілому. Рівні придатного ризику належать постійному контролю. В деяких випадках при таких рівнях ризику можуть проводитися додаткові заходи щодо їх зниження.

Третій діапазон (індивідуальний ризик протягом життя більший за 1×10^{-4} та менший, ніж 1×10^{-3}) характеризувався 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 в даному випадку 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.

Четвертий діапазон (індивідуальний ризик протягом життя рівний або більший, ніж 1×10^{-3}) недопустимий ні для безпечного проживання населення, ні для виробничих умов. Даний діапазон позначається як *De manifestis Risk* та при його досягненні необхідне проведення екстрених оздоровчих заходів щодо зниження ризику з боку органів влади міста.

При плануванні довгострокових програм, встановленні 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 в рекомендаціях експертів ВООЗ, величина

прийняттого ризику приймається рівною 10^{-6} [104, 105]. В Україні відсутнє визначення величини прийняттого ризику на державному рівні, а тому відсутнє і 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.

2.2.6. Аналіз факторів невизначеності при проведенні оцінки ризику.

Об'єм різнохарактерної інформації, яка використовувалася в процесі проведення ОР є джерелом багатьох факторів невизначеностей, деякі з яких обумовлені існуючими в даній методології допущеннями та пропозиціями.

Можливі невизначеності були розділені на три категорії: - обумовлені відсутністю або неповнотою інформації, необхідної для конкретного визначення ризику; - пов'язані з деякими параметрами, які використовуються для оцінки експозиції і розрахунку ризиків (невизначеність параметрів); - обумовлені пропусками в науковій теорії, необхідній для прогнозування на основі причинних зв'язків (невизначеності моделей).

2.2.7. 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, попереджені випадки 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 регулюючих рішень органами практичної медицини та екологічних служб [106].

На першому етапі управління ризиком проводиться порівняльна характеристика ризиків з метою встановлення пріоритетів, тобто виділення кола питань, які потребують першочергової уваги, визначення ймовірності дії

експозиції та встановлення наслідків. Цей етап управління ризиком включає в 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.

Що стосується встановлення величин прийняттого ризику, то при цьому досить широко використовують метод економічного аналізу „витрати-вигоди”. Однак слід зазначити, що поняття прийнятності визначається не тільки результатами економічного аналізу, але й великою кількістю політичних і соціальних факторів, включаючи сприйняття ризику різними групами населення та оцінкою соціальних втрат, заподіяних його здоров'ю.

Етап вибору стратегії контролю рівнів ризику передбачає заходи, які сприяють мінімізації та усуненню ризиків. Такі типові заходи можуть включати:

- обмеження числа експонованих осіб;
- обмеження галузі використання джерел ризику або територій з такими джерелами;
- обмеження або повну заборона прямого контакту людини з небезпечними хімічними речовинами;
- повна заборона виробництва, застосування та ввозу певної хімічної речовини або використання даного технологічного процесу або устаткування.

З метою зниження рівнів ризику можуть використовуватися наступні підходи: зниження кількості та потужності джерел небезпеки; мінімізація ймовірності розвитку та прояву шкідливих ефектів; зменшення числа експонованих осіб; зниження ймовірності впливу; зниження вираженості шкідливих ефектів.

В задачі управління ризиком наряду з розробкою управлінських рішень (природоохоронних та профілактичних) щодо вилучення та мінімізації експозиції і ризиків для здоров'я населення входить вибір стратегії динамічного

(періодичного або постійного) моніторингу, що базується на оцінках соціально-економічних збитків, заподіяних здоров'ю експонованого населення забрудненням довкілля, зокрема атмосферним повітрям.

2.3. Просторовий аналіз населення за допомогою геоінформаційних систем

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, наприклад, адреси чи кількість мешканців в будинку. У ГІС використовується інформація двох типів: позиційні або географічні дані – місцезоташування об'єктів та непозиційні або атрибутивні дані, що описують географічні дані [37, 107, 108].

Для роботи з ГІС використовується низка програмних продуктів. В проведених дослідженнях для проведення геокодування населення було використано програмне забезпечення ArcGIS (версія 9.3.1), виробником якого є американська компанія ESRI. ArcGIS побудована на основі технологій COM, NET, Java, XML, SOAP. ArcGIS дозволила візуалізувати великі об'єми статистичної інформації, що має географічну прив'язку та таким чином, провести просторовий аналіз. В середовищі було створено і редактовано цифрову карту мм. Запоріжжя, Дружківка та Черкаси за допомогою вбудованого інструментарію аналізу просторової інформації.

Для проведення просторового аналізу було використано електронні картографічні матеріали мм. Запоріжжя та Дружківка з геокодованим шаром поштових адрес та табличні дані щодо кількості осіб, які проживають за цими поштовими адресами (загальна кількість осіб, кількість дорослих, дітей, хлопчиків та дівчаток). Що стосується інших міст, які були включені до дослідження, а саме: мм. Київ, Маріуполь, Кам'янське, Кривий Ріг, Макіївка,

Дніпро, то дані щодо характеристики населення були узагальнені та гіпотетично представлені на підставі розподілу у рецепторних точках (РТ).

За основу електронної карти, так звану «підкладку», було взято цифровий знімок досліджуваних територій (а саме, дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) високої роздільної здатності), яким була присвоєна система координат WGS-84. За допомогою інструментів ArcGIS на них було накладено велику кількість різних шарів з використанням єдиної системи координат. Шаром називається група об'єктів з однаковими атрибутами та типом (способом представлення на карті): шари точок, дуг, полігонів, ліній.

Таким чином, на космічний знімок досліджуваних міст було накладено шари водойм, автодоріг, поштових адрес, проммайданчиків, а інтеграція даних була забезпечена їхньою прив'язкою до єдиної карти. Шари 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. Приміром, до даних шару «Поштові адреси» було прив'язані дані щодо кількісної, вікової та статевої структури населення, що проживає за даними поштовими адресами. Для цього табличні дані було конвертовані у формат dbf, а поле «Адреса» форматовано відповідно до стандарту шару «Поштові адреси». А далі прив'язані дані було виділено у окремі самостійні шари електронної карти за допомогою опції створення шейп-файлів. Програмне забезпечення ArcGIS також містить модулі для вибору, обробки та представлення даних. Вибір даних можливий за їхніми просторовими та/чи атрибутивними характеристиками. Обробка була здійснена методами статистичного аналізу. Різноманітне представлення даних – картографічне, табличне чи графічне дозволило візуально відобразити результати роботи.

Аналізуючи вищевикладене, проведені дослідження дозволили визначити кількість експонованого населення, яке проживає у зонах підвищеного ризику, обумовленого впливом викидів забруднюючих речовин

атмосферного повітря різними групами промислових підприємств. Отримані дані можуть слугувати підставою для розрахунків соціальних втрат здоров'я населення (захворювань та смертей) з подальшою розробкою та обґрунтуванням профілактичних та природоохоронних заходів на етапі управління ризиком.

2.4. Методичні підходи до оцінки соціальних втрат та економічного еквіваленту збитку – вартості середньостатистичного життя людини

Ціна ризику є основою концепції соціально-економічного збитку від втрат здоров'я і життя населення, яке зазнає негативного впливу в результаті техногенних аварій або внаслідок систематичного забруднення навколишнього середовища, зокрема атмосферного повітря.

Вона дозволяє перейти від натуральних показників збитку до грошових оцінок соціального збитку.

В даній концепції використовується показник популяційного ризику, який представляє собою очікувану частоту небажаних ефектів серед усього населення, що підпадає під експозицію.

У відповідності з цією концепцією встановлюється прямий зв'язок між натуральними показниками, якими є популяційний ризик смерті R і натуральний збиток - загальне скорочення тривалості життя G населення, яке проживає в умовах ризику та соціально-економічним збитком Y , що визначає економічні втрати, обумовлені впливом негативних чинників на здоров'я населення, а саме (2.5, 2.6):

$$Y = \alpha \times R, \quad (2.5)$$

де, коефіцієнт пропорційності α -ціна ризику для життя, вимірювана в грошових одиницях (грн., доларів США, євро) на одну додаткову смерть, або

$$Y = \beta \times G, \quad (2.6)$$

де коефіцієнт пропорційності β - ціна натуральної шкоди для життя (втрачених років життя), яка вимірюється в грошових одиницях (грн., доларів США, євро) на людину-рік скорочення тривалості життя.

Як вже зазначалося, ціна ризику для життя в данній концепції ототожнюється з вартістю середньо-статистичного життя. Але це не є вартістю життя конкретної людини, а є суто статистичним показником, який визначає вартість життя будь-якого індивідуума, що підпадає в зону ризику. [74]

Таким чином для визначення соціально-економічних збитків нам необхідно обчислити вартість середньо-статистичного життя людини (ВСЖ).

Розглянувши і проаналізувавши існуючі методи обрахунку зазначеного показника нами обрано для очислення і порівняння два методи.

Перший метод заснований на розмірі прожиткового мінімуму.

Цей метод може використовувється при визначенні мінімальних соціальних гарантій.

В ньому використовуються рівні прожиткового мінімуму для неповнолітніх, працездатних осіб та осіб, що втратили працездатність (2.7).

$$ВСЖ = (d \times 12 \times 6) + (t \times 12 \times 12) + (w \times 12 \times 42) + (z \times 12 \times 11), \quad (2.7)$$

де d - діти віком до 6 років

t - діти віком від 6 до 18 років

w - працездатні особи

z - особи, які втратили працездатність

Другий метод до економічної оцінки вартості життя людини (дохідний підхід) заснований на тому, що економічний еквівалент життя середньостатистичної людини дорівнює відношенню середньодушового грошового річного доходу до середньої ймовірності смерті протягом року (2.8).

$$ЕЕВЖ = \frac{\text{Середньодушовий грошовий річний дохід}}{\text{Середня ймовірність смерті протягом року}} \quad (2.8)$$

При цьому середня ймовірність смерті впродовж року це індекс смертності (2.9):

$$\text{Індекс смертності} = \frac{\text{Кількість померлих упродовж року з усіх причин}}{\text{Загальна кількість населення}} \quad (2.9)$$

Наявність даних та експертних можливостей більшої кількості і кращої якості дає більш якісний результат в рамках будь-якого методу, а самі дані певною мірою визначають відповідний метод аналізу.

ВИСНОВКИ ДО ДРУГОГО РОЗДІЛУ:

1. Системність дослідження забезпечена чіткою структуризацією завдань. Результати досліджень попередніх етапів стали логічною основою для наступних досліджень та узагальнення отриманих результатів при досягненні поставленої мети.
2. Наявність даних та експертних можливостей більшої кількості і кращої якості дає більш якісний результат в рамках будь-якого методу, а самі дані певною мірою визначають відповідний метод аналізу.
3. Використання сучасних методологічних підходів та застосування принципу міждисциплінарності робить отримані результати обґрунтованими та репрезентативними.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ ЗАКОНОДАВСТВА В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ТА ГІГІЄНИ
АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ СТОСОВНО РЕГУЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ
ЗВАЖЕНИМИ ЧАСТКАМИ ПИЛУ ($ЗЧ_{10}$)

За останні 10 років значно підвищився інтерес міжнародної наукової спільноти до впливу PM_{10} на стан здоров'я населення. Відповідно збільшився і об'єм накопичених досліджень, що стосуються висвітлення зв'язку між певними концентраціями в атмосфері мілкодисперсного пилу з діаметром часток не більше ніж 10 мкм та негативними наслідками до яких вони призводять. [109 - 114] Було визнано, що на стані здоров'я населення відбивається, як короткостроковий, так і довгостроковий (середнє значення за рік) вплив мілкодисперсного пилу. Короткостроковий або гострий вплив формується 24 годинними концентраціями, а довгостроковий або хронічний – річними концентраціями. Дослідження концентрацій зважених часток, що змінюються щоденно, дозволяють отримати кількісні оцінки впливу зважених часток на здоров'я. Було відмічено, що концентрації нижчі від 100 мкг/м^3 , що виражені у вигляді щоденної середньої концентрації PM_{10} , мають вплив на показники смертності, статистику потрапляння хворих в стаціонар з приводу респіраторних та серцево-судинних захворювань. Саме з цієї причини в переглянutoму варіанті критеріїв якості атмосферного повітря, рекомендованих ВООЗ для країн Європи, не подається рекомендований критерій за короткотерміновими середніми концентраціями. В зв'язку з тим, що мілкодисперсний пил, як атмосферний поллютант, є характерною складовою забруднення повітря в усіх країнах, був створений Рамковий план організації моніторингу зважених часток в атмосфері в країнах СЄКЦА.[31]

Україна повинна була взяти участь в реалізації цього плану, однак, незважаючи на наявність великої кількості промислових підприємств та щоденне збільшення автотранспорту, моніторинг мілкодисперсного пилу в країні не здійснюється. Відповідно, виникла потреба в розрахункових методах

визначення середньорічних концентрацій зважених часток, які б могли замінити відсутність моніторингових даних.

В міжнародній практиці, за умови відсутності таких даних прийнято використовувати ймовірнісні підходи і методи моделювання.

В нашій країні це питання регламентується Законом України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» в якому міститься посилання на необхідність впровадження методології оцінок ризику для здоров'я населення для кількісного виміру впливу забруднення довкілля і атмосферного повітря у тому числі.

Але слід наголосити, що Питання оцінок впливу забруднення атмосферного повітря на громадське здоров'я при отриманні підприємством дозволу на викиди в атмосферне повітря розглядається, лише у випадку недотримання підприємством санітарного законодавства у частині обґрунтування та встановлення (зменшення) розміру санітарно-захисної зони. У випадках її дотримання, дозвіл на викиди погоджується органами практичної медицини без проведення оцінок впливу промпідприємства на здоров'я населення, яке проживає в зоні його інгаляційного впливу. Перелік речовин для кожного виду суб'єктів економічної діяльності зазначений у відповідних збірниках і не враховує ЗЧ₁₀. 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: зміни технологічних процесів та складу викидів промпідприємств; специфіку розташування територій підприємств по відношенню до експонованого населення (виключаючи вплив метеорологічних та топографічних характеристик на розсіювання забруднюючих речовин в зоні дихання експонованого населення). [115]

Функції охорони здоров'я населення від негативного впливу забруднення атмосферного повітря належить Міністерству охорони здоров'я України та Державній службі України з питань безпечності харчових продуктів та захисту

споживачів, яка є правонаступником Державної санітарно-епідеміологічної служби України. Нормативно-правовими актами Державної санітарно-епідеміологічної служби України встановлено нормативи якості атмосферного повітря у вигляді гранично допустимих концентрацій. Ці нормативи є важливими і з огляду на те, що саме вони формують критеріальну основу для гранично допустимих викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря та розробки технологічних нормативів допустимих викидів промислових підприємств. В Україні, чинні гігієнічні нормативи передбачають оцінку якості атмосферного повітря лише для гострих інгаляційних впливів, на підставі визначення перевищень максимально разової (20-хв період усереднення) та середньо добової концентрацій гранично допустимої концентрації за вказаною речовиною. Вимірювання ж забруднюючих речовин в країнах ЄС продовжуються 40 хвилин та 1 годину. Тому, це питання також необхідно гармонізувати і по відношенню до РМ.

Основне законодавче поле України стосовно забруднення атмосферного повітря базується на наступних законах:

- Про охорону атмосферного повітря; [116]
- Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення; [117]
- Про ратифікацію Протоколу про стратегічну екологічну оцінку до Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті; [118]
- Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року (ЗУ №2818-VI від 21.12.2010 р.); [22]
- 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). [119]

Всі ці законодавчі акти в певній мірі регулюють питання безпеки атмосферного повітря.

Так метою Закону України «Про оцінку впливу на оточуюче середовище» є запобігання значному шкідливому транскордонному впливу в т.ч. забруднення атмосферного повітря, його зменшення та контроль за ним як результат запланованої діяльності. Згідно до цього документу, Україна має приділяти особливу увагу розробці або більш активному виконанню конкретних дослідницьких програм, спрямованих на: удосконалення існуючих методів якісної та кількісної оцінки наслідків запланованих видів діяльності; більш глибоке з'ясування причинно-наслідкових зв'язків та їхньої ролі у комплексному раціональному природокористуванні; проведення аналізу та моніторингу ефективності виконання рішень щодо запланованих видів діяльності з метою зведення до мінімуму або запобігання впливу; розробку методів заохочення новітніх підходів до пошуку екологічно обгрунтованих альтернатив запланованим видам діяльності, структурам виробництва та споживання; розробку методології застосування принципів оцінки впливу на навколишнє середовище на макроекономічному рівні.

Закон України "Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року", в якому реалізований один з основних принципів екологічної політики «забруднювач платить» та Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25 травня 2011 року № 577-р "Про затвердження Національного плану дій з охорони навколишнього природного середовища на 2011-2015 роки" передбачає виконання 7 стратегічних цілей , 104 стратегічних завдань

Серед зазначених стратегічних цілей ціль 2 та 3 конкретно стосуються зниження рівня забруднення атмосферного повітря та досягнення безпечного для здоров'я стану оточуючого природного середовища.

Національний план дій включає 278 заходів, серед яких фігурує використання ймовірнісного підходу до кількісної оцінки впливу забруднення на здоров'я населення, відбір та наукове обгрунтування індикаторів відстеження ефективності заходів та використання економічних підходів до визначення збитків.

Зважаючи на вищезазначене можна сказати, що є певні позитивні зрушення щодо наближення вітчизняного законодавства до вимог міжнародної спільноти.

Важливим здобутком законодавчого процесу є те, що останнім часом в Україні впроваджено та ратифіковано ряд міжнародних нормативно-правових актів і механізмів регулювання в галузі охорони атмосферного повітря (згідно Угоди про асоціацію між Україною та ЄС ; Цілей сталого розвитку на період до 2030 року)[128,147], де основними завданнями є попередження впливу забруднення на громадське здоров'я та боротьба з ним, а саме:

- 4 конвенції: Конвенція про транскордонне забруднення повітря на великі відстані ратифікована 5.06.1980 р. декларує обов'язок сторін охороняти довкілля і людину від забруднення повітря шляхом контролю якості повітря, встановлення дозо-ефектних залежностей впливу, розробки нових технологій щодо зменшення викидів, використання наукової компоненти та інформаційних систем для зваженості рішень [120]; Конвенція про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті (конвенція Еспо) (ратифікована 19.03.1999 р.); Рамкова конвенція ООН про зміну клімату (ратифікована 29.10.1996р.); Орхуська конвенція ратифікована 06.07.1999 р. має за мету реалізацію права кожної людини нинішнього і прийдешніх поколінь жити в навколишньому середовищі, сприятливому для її здоров'я та добробуту. Сторони, що її ратифікували гарантують право доступу до інформації, участь громадськості в прийнятті рішень і доступ до правосуддя з питань, що стосуються навколишнього середовища. [121]

В зазначених конвенціях основним об'єктом домовленостей є людина та її здоров'я.

- 4 директиви ЄС: 2008/50/ЄС «Про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи» [122]; 2010/75/ЄС «Про промислові викиди (інтегроване запобігання та контроль забруднення)» [123]; 2001/80/ЄС

«Про обмеження викидів деяких забруднюючих речовин в атмосферу з великих спалювальних установок» [124]; 2004 /107/ЄС «Щодо миш'як, кадмій, ртуть, нікель та поліциклічні ароматичні вуглеводні у навколишньому повітрі» [125]

Серед наведених директив дві стосуються безпосередньо забруднення в т.ч. зваженими частками. Так Директива: 2008/50/ЄС визначає загальні вимоги щодо поліпшення якості повітря та скорочення викидів зважених часток пилу, а Директива 2010/75/ЄС визначає інтегрований підхід до оцінки екологічно шкідливої діяльності та регламентує отримання інтегрованого дозволу на конкретний вид діяльності.

- 5 протоколів: про стратегічну екологічну оцінку (ЗУ, прийнятий 1 липня 2015 р.) [126]; про боротьбу з підкисленням, евтрофікацією та приземним озоном (розпорядження КМУ від 15.10.2003 р.) [127]; по важким металам (ЗУ № 2707- XII від 16.10.1992 р.) [128]; щодо подальшого скорочення викидів сірки (ЗУ № 2707- XII від 16.10.1992 р.) [129]; про обмеження викидів летких органічних сполук (ЗУ № 2707- XII від 16.10.1992 р.) [130].

У відповідності до планових документів Європейської комісії та ВООЗ зменшення обсягу викидів загальнопоширених забруднюючих речовин: стаціонарними, пересувними джерелами, визначення цільових показників вмісту небезпечних речовин в атмосферному повітрі, зокрема для важких металів, неметанових летких органічних сполук, зважених часток пилу (діаметром менше 10 мкм) та стійких органічних забруднюючих речовин з метою їх врахування при встановленні технологічних нормативів викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення визначено в якості стратегічних заходів, що відображено в Законах України: «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» та «Про ратифікацію Протоколу про стратегічну екологічну оцінку до Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті». [22, 118, 131, 132]

Таким чином, зважаючи на позитивні приклади використання ймовірнісних підходів до оцінок впливу забрудненого повітря на здоров'я населення, при імplementації міжнародного законодавства, слід розгорнути роботи по створенню нормативно-законодавчої та методичної підтримки прийняття управлінських рішень в галузі громадського здоров'я.

Національна політика з охорони та управління якістю атмосферного повітря в Україні, вимагає кардинальних змін щодо виконання Україною міжнародних зобов'язань. Перш за все, істотних змін та уніфікації повинні зазнати законодавчі документи України, які стосуються:

- дозвільної системи у сфері господарської діяльності при отриманні промисловими підприємствами дозволу на викиди в атмосферне повітря (регулятором та відповідальним є Міністерство екології та природних ресурсів України);
- мінімізації ризику для збереження здоров'я населення України (регулятором та відповідальним за дане питання є МОЗ);
- проведення моніторингу за станом атмосферного повітря (Відповідальні - Гідрометеорологічна служба МВС України та лабораторні центри МОЗ).

Слід також наголосити, що політика є цілеспрямованою дією. Вона має вирішувати проблеми. Будь-яке рішення повинно мати за мету змінити ситуацію у наявному стані справ на краще. В контексті забруднення атмосферного повітря, за припущенням цілі публічної політики, згідно міжнародних вимог це повинно бути пом'якшенн його впливу на виникнення додаткових випадків смертей та захворюваності.

ВИСНОВКИ ДО 3 РОЗДІЛУ:

1. На підставі аналізу міжнародних документів показано, що з 5 проаналізованих конвенцій, 2 містять прямі посилання на необхідність оцінки впливу $ЗЧ_{10}$ на здоров'я населення, 4 директиви мають

відношення до моніторингу, спостереження та інвентаризації джерел забруднення та 5 протоколів за текстом посилаються на необхідність використання «принципу перестороги» при проектуванні, будівництві підприємств та регулюванні викидів ЗЧ₁₀ від викидів промислових підприємств.

2. Доведено, що в першу чергу необхідно прийняти міжнародні критерії ЗЧ₁₀, рекомендовані ВООЗ та затвердити їх на національному рівні.
3. Необхідно забезпечити виконання Директиви 2008/50/ЄС за допомогою використання оцінки ризику для здоров'я населення, шляхом визначення зон та агломерацій по всій території України за ступенем забруднення атмосферного повітря, а також порядок перегляду класифікації зон та агломерацій залежно від порогів оцінювання;
4. Встановлено, що для врегулювання питання оцінки збитків здоров'ю населення необхідно гармонізуватися з вимогами 50 та 107 директив ЄС щодо включення в перелік забруднюючих речовин ЗЧ₁₀ та встановити верхні та нижні значення вмісту ЗЧ₁₀ в атмосферному повітрі і цільові показники відносно соціальних індикаторів.

За матеріалами розділу надруковано:

1. Недосконалість системи моніторингу атмосферного повітря та шляхи її поліпшення / О. І. Турос, А. А. Петросян, Л. М. Черненко, Г. М. Давиденко, Т. П. Маремуха // Матеріали міжнародної наук.-практ. конференції, присвяченої Всесвітньому дню здоров'я // Східноєвропейський журнал громадського здоров'я. - 2012. – № 1 (17). – С. 267 – 268.
2. . Вдосконалення територіального самоуправління за допомогою аналізу ризику (на прикладі Солом'янського району м. Києва) / О. І. Турос, О. М. Картавцев, А. А. Петросян, О. В. Вознюк, Я. П. Маркевич, Г. М. Давиденко // Гігієна населених місць: зб. наук. праць. – К., 2008. – Вип. 52.- С. 38 – 45.

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ ТА РОЗРАХУНКИ РІВНІВ ІНГАЛЯЦІЙНОГО РИЗИКУ ДЛЯ
ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ, ОБУМОВЛЕНИХ ВИКИДАМИ ЗЧ₁₀ ВІД
ОКРЕМИХ СУБ'ЄКТІВ ЕКОНОМІЧНОЇ СИСТЕМИ

До дослідження було включено 16 основних промислових підприємств до складу викидів яких входить до 90 % загального пилу (TSP), а саме: Запоріжжя і Маріуполь (металургійні - 9 та коксохімічні - 1), Дружківка (машинобудівні - 2), Кам'янське, Макіївка, Дніпро (коксхімічні - 3), Кривий Ріг (гірничорудні - 1). В результаті було досліджено наступні розмірні фракції пилу: TSP – пил недиференційований за складом (НДЗС), який враховує всі частки, що знаходяться в повітрі; ЗЧ₁₀ – зважені частки із аеродинамічним діаметром менше 10 мкм. Відповідно до рекомендацій ВООЗ та Агентства США з охорони довкілля, для розрахунків ЗЧ₁₀ було враховано та виконувалася умова, що $ZЧ_{10} = 0,55 TSP$.

В якості альтернативи моніторингової діяльності, як зазначено Економічною комісією ЄС (Директива 50 ЄС), рекомендаціями проекту REVINAAP „Обґрунтування даних щодо впливу забруднення повітря на здоров'я для перегляду європейських нормативів”, Світовим Банком (звіти 2008-2009 рр.), оцінку забруднення атмосферного повітря було проведено на основі даних моделювання ЗЧ в приземному шарі атмосфери. При цьому, слід зазначити, що існуючі в Україні розрахункові програмні комплекси (ЕОЛ), що реалізують методику ОНД-86 та затверджені Міністерством екології та природних ресурсів України, дозволяють розраховувати лише концентрації за 20-хв період усереднення. Це дає можливість оцінити лише гострий інгаляційний вплив на здоров'я населення, уникаючи хронічні оцінки на відміну від аналогових моделей, рекомендованих ВООЗ та Агентством США з охорони довкілля (наприклад, AUSTAL View, ISC-AERMOD View) [133].

Відповідно до цього в даному дослідженні, за відсутності в Україні моніторингових даних щодо вмісту мілкодисперсного пилу (ЗЧ₁₀), для визначення та розрахунку усереднених концентрацій зважених часток різного

аеродинамічного діаметру в приземному шарі атмосфери був використаний метод комп'ютерного моделювання, реалізований за допомогою програмного комплексу ISC-AERMOD View. Це надало можливість оцінити усереднені концентрації ЗЧ (для різних періодів експозиції) для територій дослідження на яких розташовані промпідприємства.

З метою характеристики просторового поширення забруднення та кількісної оцінки інгаляційного впливу викидів зважених часток пилу стаціонарними джерелами досліджуваних підприємств було проведено еколого-гігієнічну оцінку територій, що базувалася на використанні алгоритму розробленого лабораторією якості повітря ДУ „ІГЗ ім. О.М. Марзєєва НАМНУ”. На підставі цього, для отримання валідних даних щодо рівнів усереднених концентрацій пилу НДЗС в атмосферному повітрі, до модулів ISC-AERMOD View було введено наступні параметри: рельєф територій досліджень, метеоумови за певний часовий період, характеристики землекористування, щільності забудови, наявності відкритих водойм (рис. 4.1 – 4.3). Уточнено розташування і геокодовано джерела викидів, використовуюючи геоінформаційні технології (ArcGIS 10.0) та дані дистанційного зондування Землі високої роздільної здатності (космічні знімки) (рис. 4.4.).

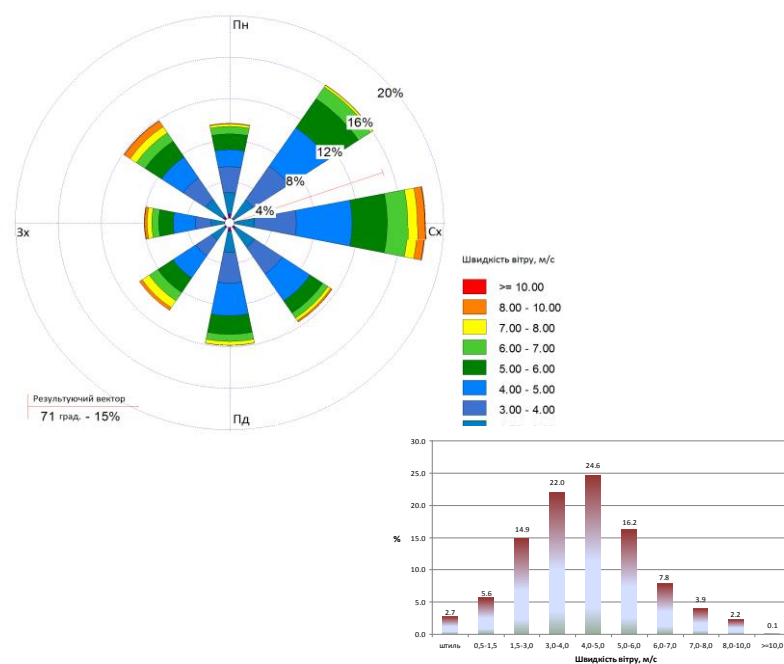


Рис. 4.1 – Приклад загальнорічної рози вітрів для м. Маріуполь, 2013 рік

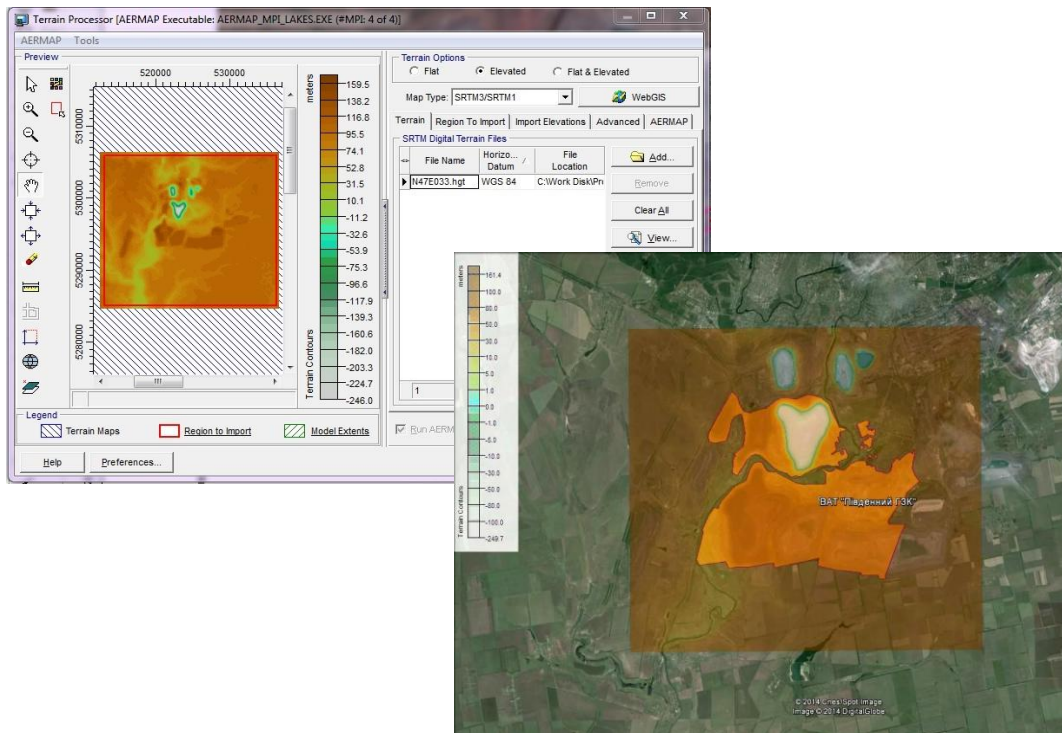


Рис. 4.2 – Приклад цифрової моделі рельєфу території, м. Кривий Ріг



Рис. 4.3 – Приклад характеристики землекористування території, м. Макіївка

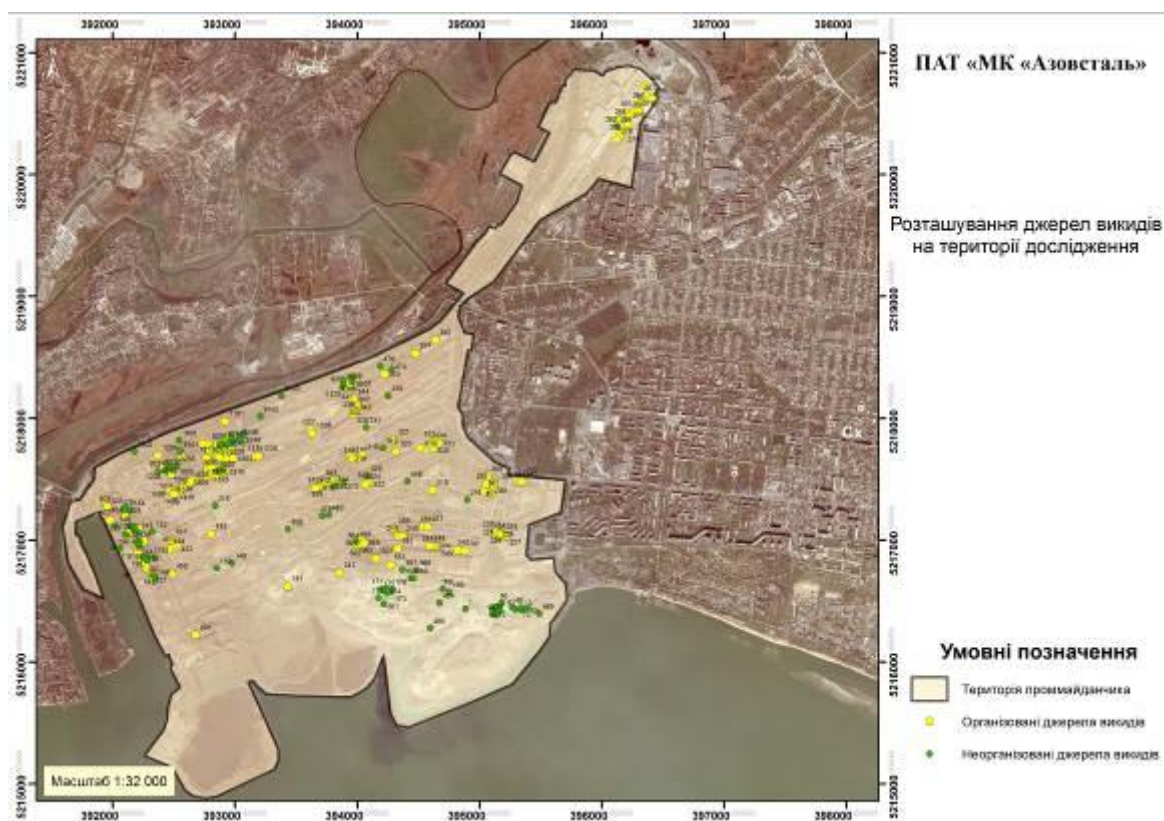


Рис. 4.4 – Приклад геокодування джерел викидів, м. Маріуполь

У мм. Запоріжжя та Дружківка було закладено рецепторні сітки на території міст з кількістю розрахункових вузлів – 441. Крок сітки – 450 м. Отримані вибірки усереднених концентрацій було класифіковано за квантилями в результаті чого, виділено 5 рівнів концентрацій. Для інших промислових об'єктів в дослідження було закладено рецепторні сітки та визначено розрахункові вузли для територій досліджень розміром від 2 до 6 км. Загальна кількість розрахункових вузлів становила від 80 до 120. Розрахункові вузли було задано у вигляді сіток радіального типу з розподілом на сегменти, що відповідають 8-м румбам напрямку вітру в 45° починаючи з Пн (0°). Кожний сегмент було рівномірно поділено від центроїдів промайданчиків підприємств на сектори на відстанях від 500 до 4000 м з кроком сітки від 100 до 500 м (рис. 4.5).

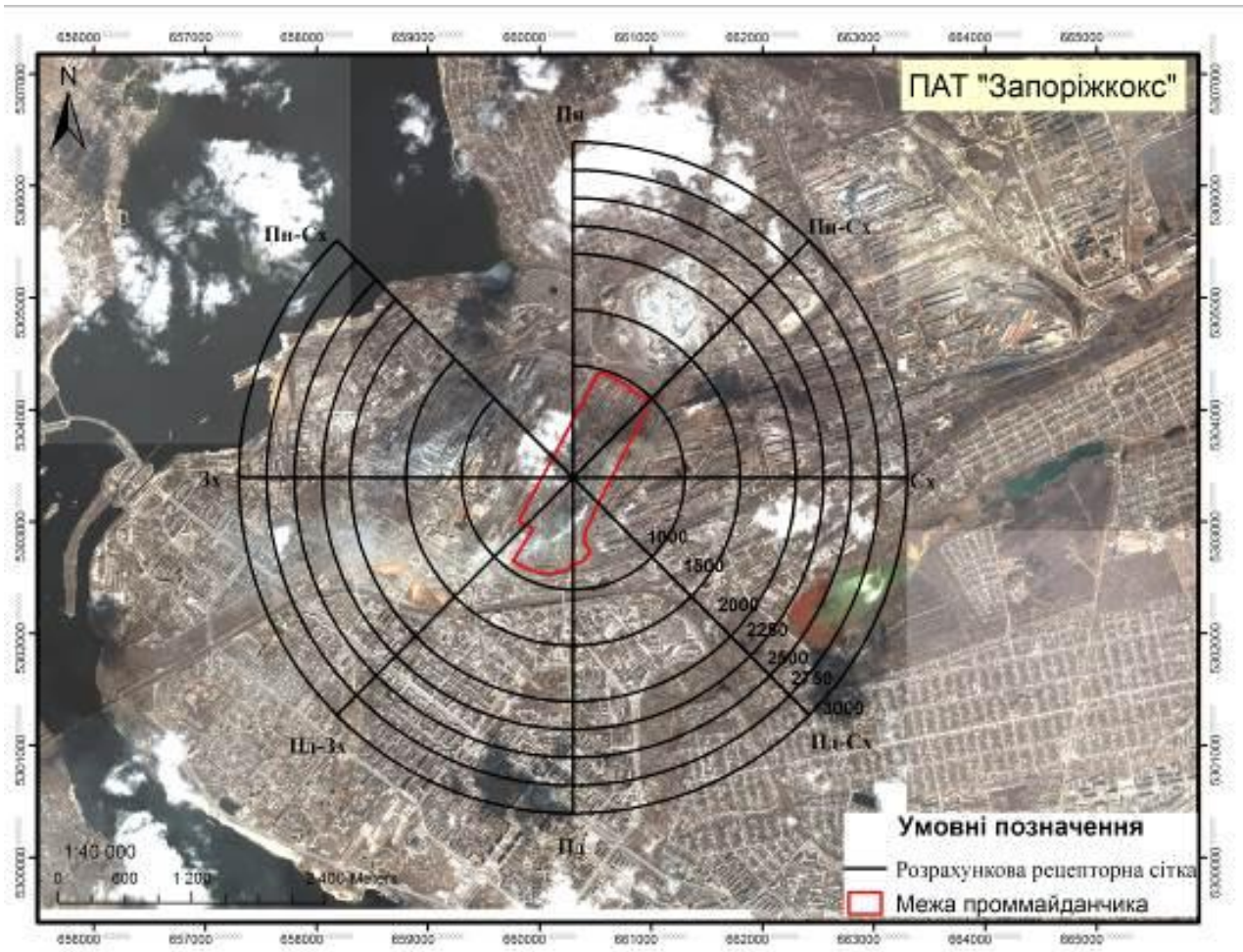


Рисунок 4.5 – Приклад розташування розрахункових вузлів радіальної рецепторної сітки, м. Запоріжжя

В результаті моделювання викидів зважених часток у приземному шарі атмосфери (зоні дихання людини), рівні усереднених добових концентрацій становили у м. Маріуполь від металургійних підприємств $C_{\text{mean}}=104,6 \text{ мкг/м}^3$ ($C_{\text{min}}=13,5 \text{ мкг/м}^3$, $C_{\text{max}}=440,9 \text{ мкг/м}^3$), для ЗЧ_{10} – $C_{\text{mean}}=39,4 \text{ мкг/м}^3$ ($C_{\text{min}}=7,4 \text{ мкг/м}^3$, $C_{\text{max}}=242,5 \text{ мкг/м}^3$) (рис. 4.6, рис. 4.7, рис.4.8, табл. 4.1, табл.4.2).

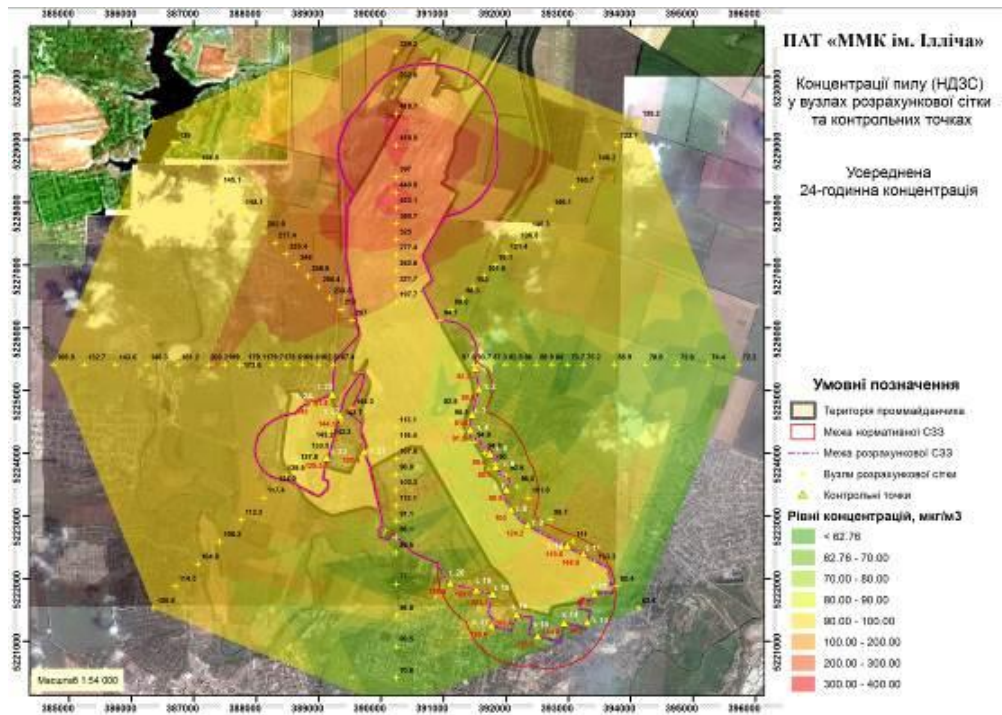


Рис. 4.6 - Розсіювання усереднених 24-годинних концентрацій ЗЧ в атмосферному повітрі на прикладі м. Маріуполь, мкг/м³

Як видно на рисунку, рівні перевищення концентрації ЗЧ спостерігаються далеко за межами санітарно-захисної зони.

Таблиця 4.1

Рівні усереднених 24-годинних концентрацій пилу НДЗС та ЗЧ₁₀ від металургійних підприємств у м. Маріуполь (підприємство І)

Назва ЗР	Румб	Усереднена 24-годинна концентрація, мкг/м ³ (підприємство І)									
		1000 м	1250 м	1500 м	1750 м	2000 м	2500 м	3000 м	3500 м	4000 м	4500 м
Пил (НДЗС)	пн	67,06	45,02	38,31	30,82	25,41	22,33	21,36	17,91	15,57	13,46
	пн-сх	84,02	76,01	73,23	71,28	68,70	63,05	57,73	52,36	52,65	44,87
	сх	79,85	69,05	59,32	55,42	50,60	43,11	37,47	31,60	26,65	23,43
	пд-сх	72,85	72,02	60,08	57,96	65,21	37,27	24,70	20,28	17,81	16,31
	пд	71,78	71,50	59,87	43,76	34,57	27,98	25,59	24,74	24,18	21,77
	пд-зх	97,65	90,60	87,94	95,15	73,60	78,03	79,33	85,63	77,63	67,69
	зх	182,19	232,54	179,99	141,49	106,47	98,14	86,85	74,94	65,74	58,81
	пн-зх	71,18	53,51	46,35	41,21	41,56	38,34	32,72	26,67	23,78	22,63
PM10	пн	36,88	24,76	21,07	16,95	13,97	12,28	11,75	9,85	8,56	7,40
	пн-сх	46,21	41,81	40,28	39,20	37,78	34,67	31,75	28,80	28,96	24,68
	сх	43,92	37,98	32,63	30,48	27,83	23,71	20,61	17,38	14,66	12,89
	пд-сх	40,07	39,61	33,05	31,88	35,87	20,50	13,59	11,16	9,79	8,97
	пд	39,48	39,32	32,93	24,07	19,01	15,39	14,08	13,61	13,30	11,97
	пд-зх	53,71	49,83	48,37	52,33	40,48	42,92	43,63	47,10	42,69	37,23
	зх	100,20	127,90	99,00	77,82	58,56	53,98	47,77	41,22	36,16	32,35
	пн-зх	39,15	29,43	25,49	22,66	22,86	21,09	18,00	14,67	13,08	12,45

Таблиця 4.2

Рівні усереднених 24-годинних концентрацій пилу НДЗС та ЗЧ₁₀ від металургійних підприємств у м. Маріуполь
(підприємство II)

Назва ЗР	Румб	Усереднена 24-годинна концентрація, мкг/м ³ (підприємство II)													
		1000 м	1250 м	1500 м	1750 м	2000 м	2250 м	2500 м	2750 м	3000 м	3500 м	4000 м	4500 м	5000 м	5500 м
Пил (НДЗС)	пн	197,72	221,69	242,64	277,42	325,01	380,69	423,06	440,93	397,00	418,51	418,70	232,64	224,18	190,23
	пн-сх	94,69	89,58	98,34	101,96	101,87	93,14	121,35	136,83	146,34	146,12	160,65	146,24	123,74	138,24
	сх	97,56	93,73	87,30	82,48	86,00	88,91	83,97	73,68	75,20	85,89	78,80	72,61	74,38	72,16
	пд-сх	82,77	95,48	103,11	94,80	94,83	90,00	92,92	96,52	101,78	99,72	111,02	133,30	82,36	62,76
	пд	113,14	116,44	107,64	98,82	102,23	112,06	91,13	86,08	89,78	77,03	96,78	69,52	70,64	74,50
	пд-зх	145,25	143,66	143,26	143,19	133,47	127,76	139,52	124,24	117,40	112,27	106,21	104,83	114,45	120,80
	зх	167,43	162,53	169,57	178,60	179,70	179,14	173,59	198,99	203,20	161,23	148,32	143,65	132,68	166,90
	пн-зх	206,98	212,99	233,49	256,38	258,85	248,01	235,45	217,43	202,89	145,10	145,13	154,47	138,98	133,78
PM10	пн	108,75	121,93	133,45	152,58	178,76	209,38	232,68	242,51	218,35	230,18	230,29	127,95	123,30	104,63
	пн-сх	52,08	49,27	54,09	56,08	56,03	51,22	66,74	75,26	80,49	80,37	88,36	80,43	68,06	76,03
	сх	53,66	51,55	48,02	45,37	47,30	48,90	46,18	40,53	41,36	47,24	43,34	39,94	40,91	39,69
	пд-сх	45,52	52,51	56,71	52,14	52,16	49,50	51,10	53,09	55,98	54,85	61,06	73,31	45,30	34,52
	пд	62,23	64,04	59,20	54,35	56,22	61,63	50,12	47,34	49,38	42,36	53,23	38,23	38,85	40,98
	пд-зх	79,89	79,01	78,79	78,76	73,41	70,27	76,74	68,33	64,57	61,75	58,42	57,65	62,95	66,44
	зх	92,09	89,39	93,26	98,23	98,83	98,53	95,47	109,44	111,76	88,67	81,58	79,01	72,97	91,79
	пн-зх	113,84	117,15	128,42	141,01	142,37	136,40	129,50	119,59	111,59	79,81	79,82	84,96	76,44	73,58

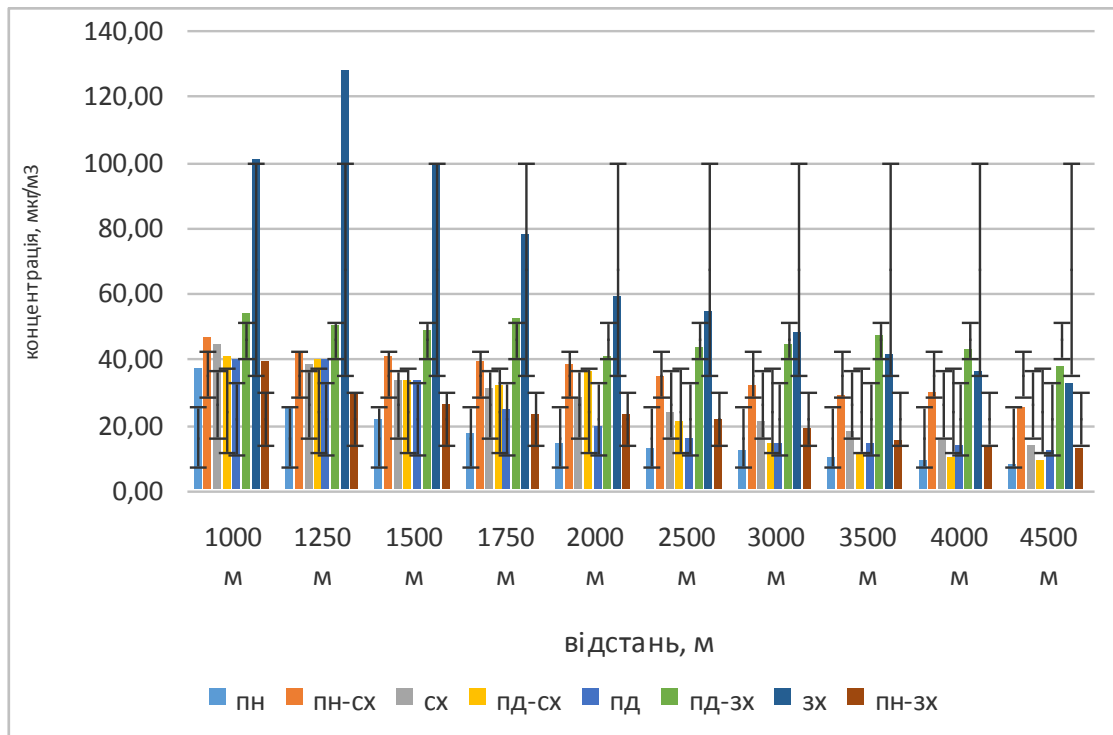


Рис. 4.7 - Розподіл усереднених 24-годинних концентрацій ZCh_{10} у приземному шарі атмосфери від металургійних підприємств м. Маріуполя (підприємство I)

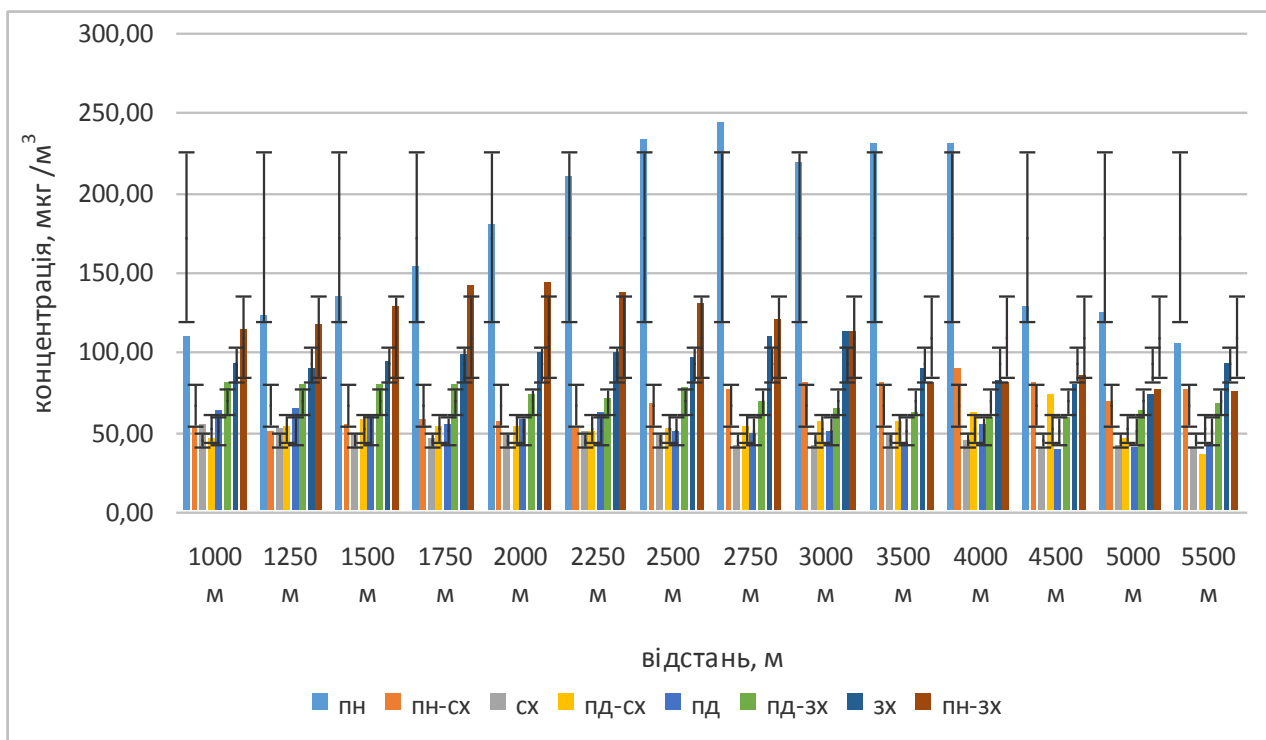


Рис. 4.8 - Розподіл усереднених 24-годинних концентрацій ZCh_{10} у приземному шарі атмосфери від металургійних підприємств м. Маріуполя (підприємство II)

Рівні усереднених добових концентрацій становили у м. Запоріжжя (металургійні підприємства) (рис. 4.9) та Дружківка (машинобудівні), відповідно сягали: $C_{\text{mean}}=193,6 \text{ мкг/м}^3$ ($C_{\text{min}}=9,4 \text{ мкг/м}^3$, $C_{\text{max}}=585,4 \text{ мкг/м}^3$), для ЗЧ₁₀ – $C_{\text{mean}}=106,5 \text{ мкг/м}^3$ ($C_{\text{min}}=5,2 \text{ мкг/м}^3$, $C_{\text{max}}=322 \text{ мкг/м}^3$) та $C_{\text{mean}}=374,5 \text{ мкг/м}^3$ ($C_{\text{min}}=2,7 \text{ мкг/м}^3$, $C_{\text{max}}=746,2 \text{ мкг/м}^3$), для ЗЧ₁₀ – $C_{\text{mean}}=205,9 \text{ мкг/м}^3$ ($C_{\text{min}}=1,5 \text{ мкг/м}^3$, $C_{\text{max}}=410,4 \text{ мкг/м}^3$).

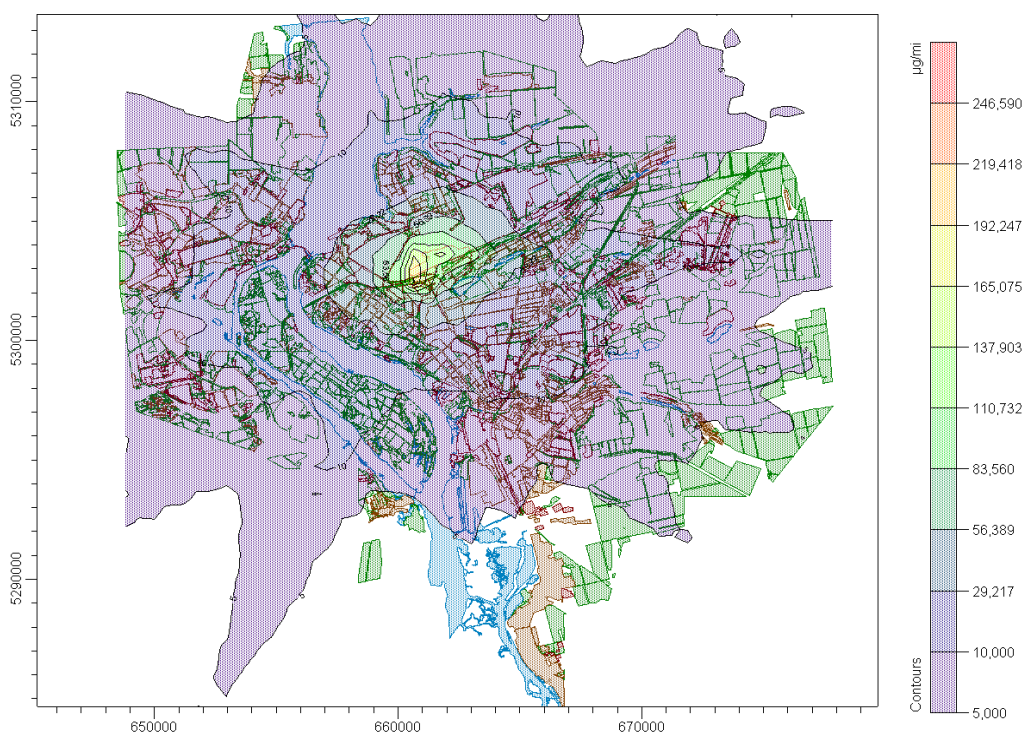


Рис. 4.9 - Розсіювання усереднених 24-годинних концентрацій ЗЧ₁₀ в атмосферному повітрі на прикладі м. Запоріжжя, мкг/м³

У м. Кривий Ріг (гірничорудна промисловість): $C_{\text{mean}}=37,6 \text{ мкг/м}^3$ ($C_{\text{min}}=11,7 \text{ мкг/м}^3$, $C_{\text{max}}=105,6 \text{ мкг/м}^3$), для ЗЧ₁₀ – $C_{\text{mean}}=20,7 \text{ мкг/м}^3$ ($C_{\text{min}}=6,5 \text{ мкг/м}^3$, $C_{\text{max}}=58,1 \text{ мкг/м}^3$) (табл. 4.3, рис. 4.10, 4.11).

Таблиця 4.3

Рівні усереднених 24-годинних концентрацій пилу НДЗС та ЗЧ₁₀ від гірничорудного підприємства
у м. Кривий Ріг

Назва ЗР	Румб	Усереднена 24-годинна концентрація, мкг/м ³														
		1500 м	1750 м	2000 м	2250 м	2500 м	2750 м	3000 м	3250 м	3500 м	3750 м	4000 м	4500 м	5000 м	5500 м	6000 м
Пил (НДЗС)	пн	48,31	56,00	44,20	44,66	45,87	44,08	39,37	38,92	38,00	46,37	53,91	38,93	35,75	30,55	27,17
	пн-сх	75,26	75,68	71,16	63,17	59,17	60,77	47,63	62,85	72,93	74,29	73,32	63,53	52,80	43,23	40,40
	сх	92,53	94,14	98,03	105,57	85,65	67,62	58,30	49,28	45,31	41,16	36,03	29,96	25,89	23,48	20,95
	пд-сх	49,23	52,67	50,86	42,09	30,14	30,37	31,25	29,78	26,73	26,70	29,10	31,72	28,61	24,21	20,33
	пд	37,98	32,47	26,74	28,90	31,16	32,71	33,10	31,69	29,60	26,77	23,93	18,43	17,88	17,42	16,77
	пд-зх	36,29	34,06	31,88	29,79	27,84	26,19	24,49	22,92	21,44	19,29	17,26	14,84	13,42	12,51	11,75
	зх	28,74	28,01	27,35	25,34	23,82	22,35	21,15	19,73	19,31	18,37	15,97	14,15	14,85	13,67	12,32
	пн-зх	29,48	29,43	29,90	35,20	37,04	40,22	40,62	36,71	32,18	28,30	30,17	34,94	34,65	35,40	36,84
PM10	пн	26,57	30,80	24,31	24,56	25,23	24,24	21,65	21,41	20,90	25,50	29,65	21,41	19,66	16,80	14,94
	пн-сх	41,39	41,62	39,14	34,74	32,54	33,42	26,20	34,57	40,11	40,86	40,33	34,94	29,04	23,78	22,22
	сх	50,89	51,78	53,92	58,06	47,11	37,19	32,07	27,10	24,92	22,64	19,82	16,48	14,24	12,91	11,52
	пд-сх	27,08	28,97	27,97	23,15	16,58	16,70	17,19	16,38	14,70	14,69	16,01	17,45	15,74	13,32	11,18
	пд	20,89	17,86	14,71	15,90	17,14	17,99	18,21	17,43	16,28	14,72	13,16	10,14	9,83	9,58	9,22
	пд-зх	19,96	18,73	17,53	16,38	15,31	14,40	13,47	12,61	11,79	10,61	9,49	8,16	7,38	6,88	6,46
	зх	15,81	15,41	15,04	13,94	13,10	12,29	11,63	10,85	10,62	10,10	8,78	7,78	8,17	7,52	6,78
	пн-зх	16,21	16,19	16,45	19,36	20,37	22,12	22,34	20,19	17,70	15,57	16,59	19,22	19,06	19,47	20,26

ПАТ "Південний ГЗК"

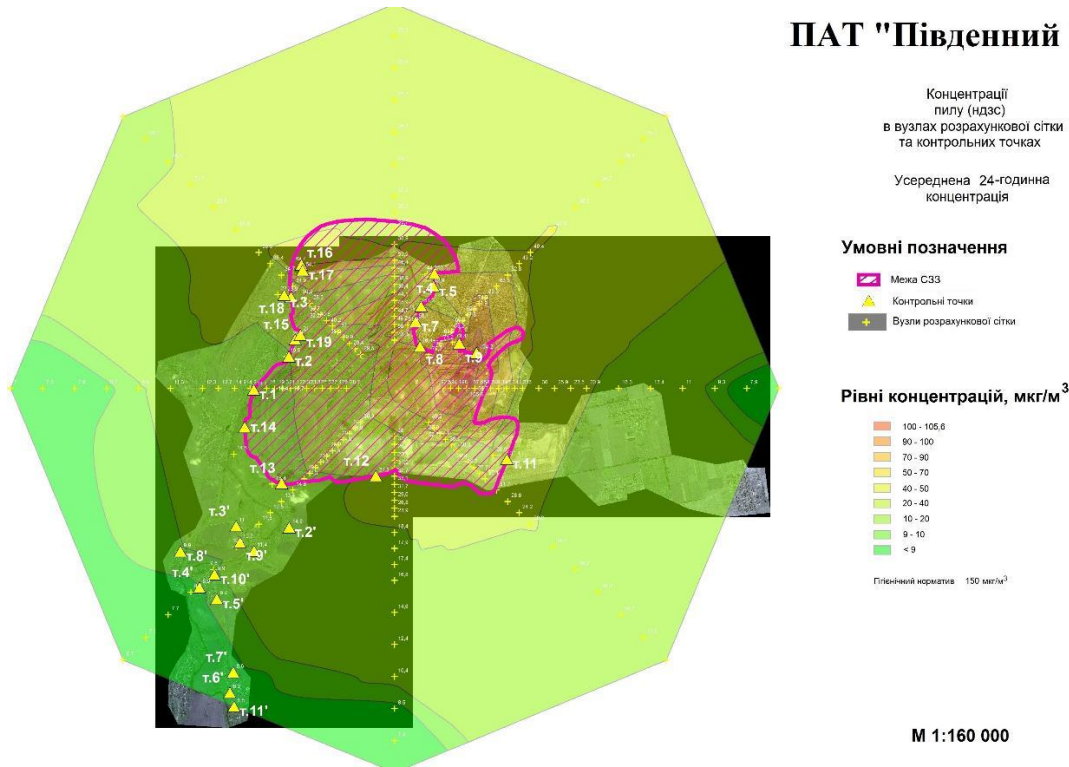


Рис. 4.10 - Розсіювання усереднених 24-годинних концентрацій ЗЧ ватмосферному повітрі на прикладі м. Кривий Ріг, мкг/м³

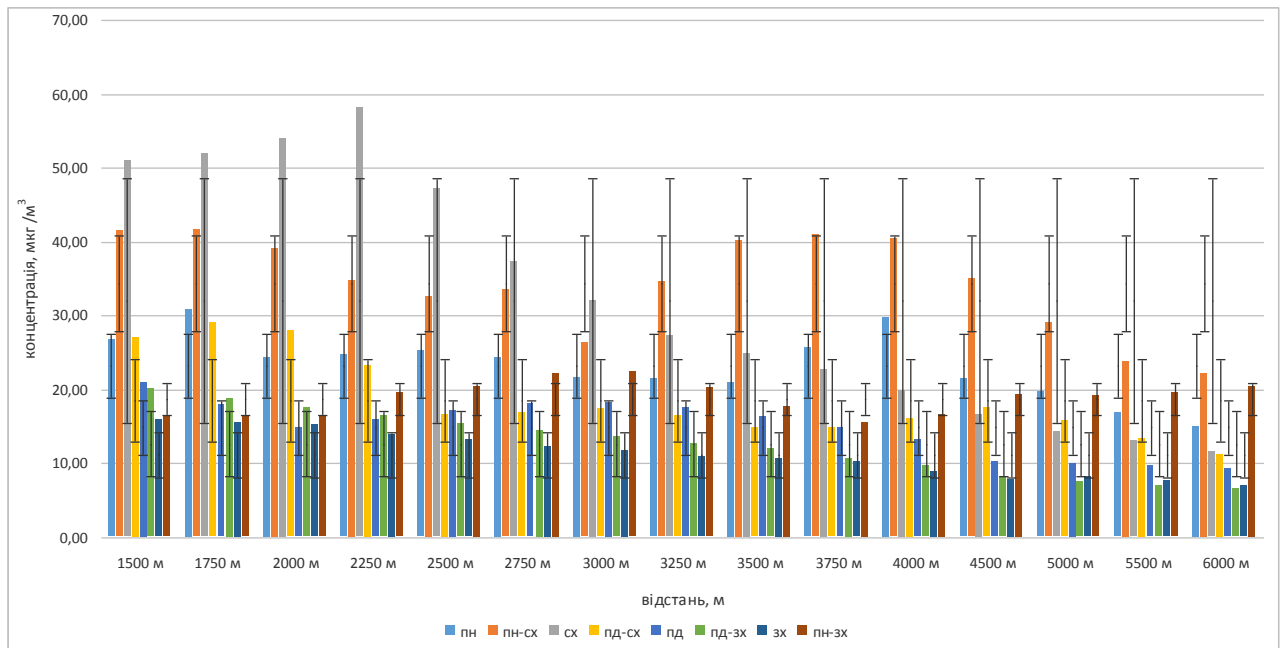


Рис. 4.11 - Розподіл усереднених 24-годинних концентрацій ЗЧ₁₀ у приземному шарі атмосфери від гірничорудного підприємства м. Кривий Ріг

Як бачимо найвищі рівні концентрацій спостерігалися на сході та північному сході.

У м.м. Запоріжжя, Кам'янське, Макіївка, Дніпро від викидів коксохімічних підприємств, відповідно: $C_{\text{mean}}=17$ мкг/м³ ($C_{\text{min}}=2,92$ мкг/м³, $C_{\text{max}}=69,4$ мкг/м³), для ЗЧ₁₀ - $C_{\text{mean}}=9,3$ мкг/м³ ($C_{\text{min}}=1,6$ мкг/м³, $C_{\text{max}}=38,2$ мкг/м³); $C_{\text{mean}}=18,7$ мкг/м³ ($C_{\text{min}}=6,7$ мкг/м³, $C_{\text{max}}=69$ мкг/м³), для ЗЧ₁₀ - $C_{\text{mean}}=10,3$ мкг/м³ ($C_{\text{min}}=7,7$ мкг/м³, $C_{\text{max}}=38$ мкг/м³); $C_{\text{mean}}=30,9$ мкг/м³ ($C_{\text{min}}=6,2$ мкг/м³, $C_{\text{max}}=128,0$ мкг/м³), для ЗЧ₁₀ - $C_{\text{mean}}=17,0$ мкг/м³ ($C_{\text{min}}=3,4$ мкг/м³, $C_{\text{max}}=70,4$ мкг/м³); $C_{\text{mean}}=10,4$ мкг/м³ ($C_{\text{min}}=3,8$ мкг/м³, $C_{\text{max}}=37,9$ мкг/м³), для ЗЧ₁₀ - $C_{\text{mean}}=5,7$ мкг/м³ ($C_{\text{min}}=2,1$ мкг/м³, $C_{\text{max}}=20,9$ мкг/м³) (табл. 4.4-4.7, рис. 4.12-4.15).

Таблиця 4.4

Рівні усереднених 24-годинних концентрацій пилу НДЗС та ЗЧ₁₀ від коксохімічного підприємства у м. Запоріжжя

Назва ЗР	Румб	Усереднена 24-годинна концентрація, мкг/м ³						
		1000 м	1500 м	2000 м	2250 м	2500 м	2750 м	3000 м
Пил (НДЗС)	пн	43,22	31,15	24,45	23,52	22,69	21,57	20,13
	пн-сх	38,51	18,22	11,16	9,73	8,43	7,42	6,77
	сх	39,98	26,75	20,33	18,46	16,46	15,30	14,58
	пд-сх	38,72	28,79	15,18	12,86	11,50	11,34	10,60
	пд	69,39	40,12	27,94	25,33	21,91	20,17	17,70
	пд-зх	23,36	14,18	10,37	9,13	8,09	7,13	6,77
	зх	12,18	7,94	5,98	5,30	4,73	4,29	3,92
PM ₁₀	пн-зх	10,90	5,89	4,15	3,68	3,31	3,10	2,92
	пн	23,77	17,13	13,45	12,94	12,48	11,86	11,07
	пн-сх	21,18	10,02	6,14	5,35	4,63	4,08	3,72
	сх	21,99	14,71	11,18	10,15	9,05	8,42	8,02
	пд-сх	21,29	15,83	8,35	7,07	6,33	6,24	5,83
	пд	38,16	22,07	15,37	13,93	12,05	11,09	9,73
	пд-зх	12,85	7,80	5,70	5,02	4,45	3,92	3,72
	зх	6,70	4,37	3,29	2,92	2,60	2,36	2,16
пн-зх	5,99	3,24	2,28	2,02	1,82	1,71	1,61	

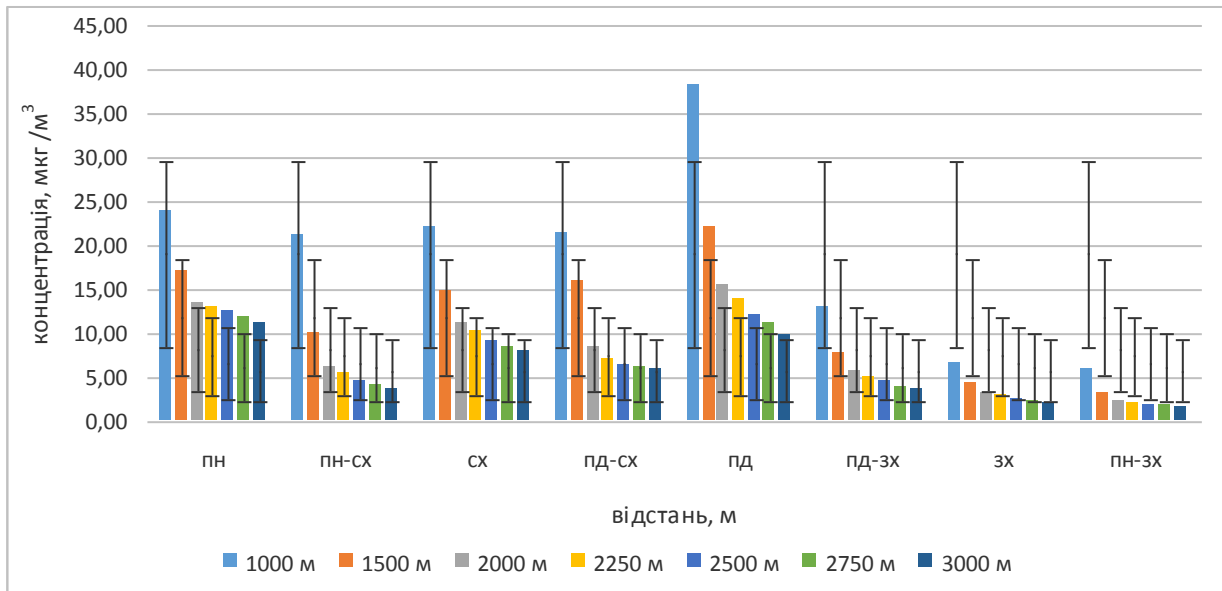


Рис. 4.12 - Розподіл усереднених 24-годинних концентрацій ЗЧ₁₀ у приземному шарі атмосфери від коксохімічного підприємства м. Запоріжжя

Таблиця 4.5

Рівні усереднених 24-годинних концентрацій пилу НДЗС та ЗЧ₁₀ від коксохімічного підприємства у м. Кам'янське

Назва ЗР	Румб	Усереднена 24-годинна концентрація, мкг/м ³							
		600 м	800 м	1000 м	1200 м	1400 м	1600 м	1800 м	2000 м
Пил (НДЗС)	ПН	41,06	34,02	26,76	23,10	17,96	17,01	15,57	15,09
	ПН-СХ	69,05	42,61	41,27	27,82	19,51	14,81	12,40	10,94
	СХ	27,48	21,14	16,51	12,11	13,77	15,18	15,94	15,02
	ПД-СХ	19,60	19,16	16,45	13,26	10,78	9,91	9,03	8,37
	ПД	26,88	19,81	16,55	14,10	11,85	9,90	8,31	6,99
	ПД-ЗХ	22,31	24,00	23,19	20,27	18,24	16,48	14,39	12,26
	ЗХ	36,08	25,62	17,01	12,94	10,70	8,98	7,46	6,73
	ПН-ЗХ	27,48	20,00	18,75	16,23	14,67	12,86	11,35	10,12
PM ₁₀	ПН	22,58	18,71	14,72	12,70	9,88	9,35	8,56	8,30
	ПН-СХ	37,98	23,43	22,70	15,30	10,73	8,15	6,82	6,02
	СХ	15,11	11,63	9,08	6,66	7,57	8,35	8,77	8,26
	ПД-СХ	10,78	10,54	9,05	7,29	5,93	5,45	4,97	4,60
	ПД	14,78	10,89	9,10	7,75	6,52	5,45	4,57	3,84
	ПД-ЗХ	12,27	13,20	12,75	11,15	10,03	9,07	7,91	6,74
	ЗХ	19,85	14,09	9,35	7,12	5,89	4,94	4,10	3,70
	ПН-ЗХ	15,12	11,00	10,31	8,93	8,07	7,07	6,24	5,56

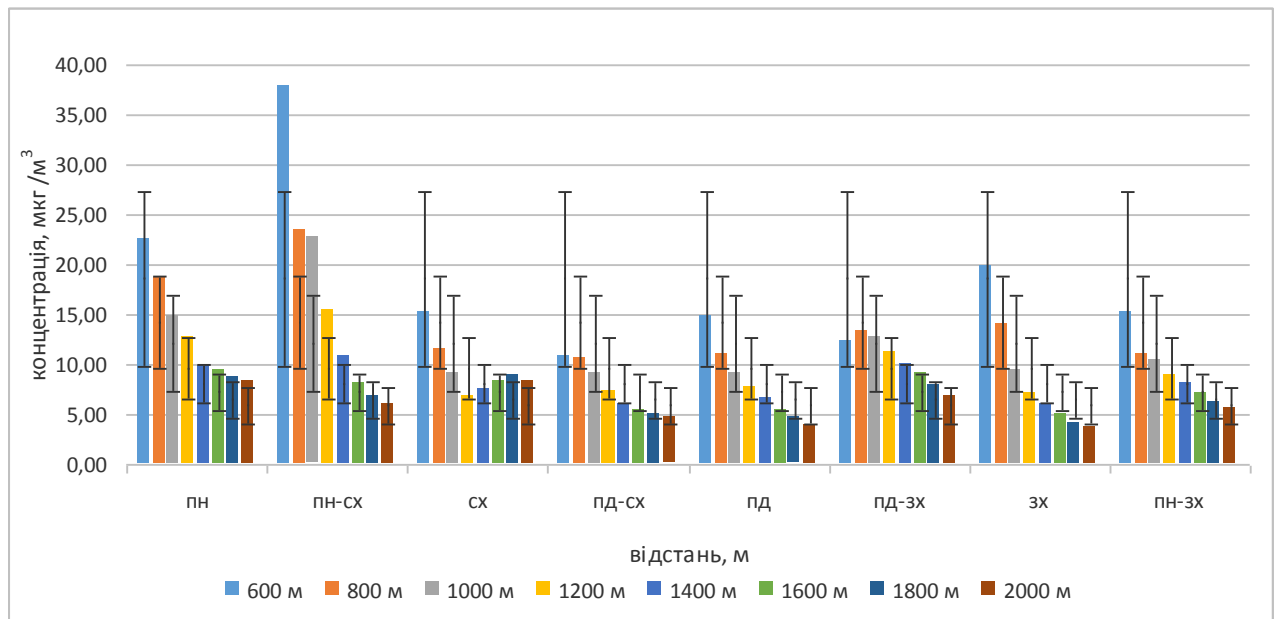


Рис. 4.13 - Розподіл усереднених 24-годинних концентрацій ZCh_{10} у приземному шарі атмосфери від коксохімічного підприємства м. Кам'янське

Таблиця 4.6

Рівні усереднених 24-годинних концентрацій пилу PM_{10} та ZCh_{10} від коксохімічного підприємства у м. Макіївка

Назва ЗР	Румб	Усереднена 24-годинна концентрація, $\mu\text{кг}/\text{м}^3$											
		300 м	400 м	500 м	600 м	700 м	800 м	900 м	1000 м	1250 м	1500 м	1750 м	2000 м
Пил (ZCh_{10})	пн	32,50	28,01	24,42	21,27	18,58	16,45	14,77	13,41	10,76	8,81	7,45	6,56
	пн-сх	22,83	17,60	14,49	12,70	11,82	12,51	13,23	13,87	15,10	13,66	12,12	12,87
	сх	58,28	37,66	40,22	45,34	37,47	26,64	24,09	21,17	18,49	18,11	12,97	11,81
	пд-сх	67,48	47,07	49,23	28,96	18,21	16,87	16,30	15,55	13,05	9,17	7,36	6,21
	пд	92,31	88,03	125,91	93,59	48,91	48,46	47,81	42,47	29,87	20,07	14,49	10,76
	пд-зх	81,55	128,00	65,00	46,08	40,58	36,07	35,95	34,64	27,05	20,13	15,46	12,91
	зх	61,80	57,21	67,44	51,62	35,33	29,76	28,08	29,26	25,41	18,15	12,09	7,94
	пн-зх	32,90	39,65	40,34	38,09	34,27	29,67	25,95	22,18	14,92	12,72	10,55	9,83
PM_{10}	пн	17,88	15,41	13,43	11,70	10,22	9,05	8,12	7,38	5,92	4,85	4,10	3,61
	пн-сх	12,56	9,68	7,97	6,98	6,50	6,88	7,27	7,63	8,30	7,51	6,66	7,08
	сх	32,06	20,71	22,12	24,94	20,61	14,65	13,25	11,64	10,17	9,96	7,14	6,50
	пд-сх	37,12	25,89	27,08	15,93	10,01	9,28	8,97	8,55	7,18	5,05	4,05	3,41
	пд	50,77	48,41	69,25	51,47	26,90	26,65	26,29	23,36	16,43	11,04	7,97	5,92
	пд-зх	44,85	70,40	35,75	25,34	22,32	19,84	19,77	19,05	14,88	11,07	8,50	7,10
	зх	33,99	31,47	37,09	28,39	19,43	16,37	15,45	16,09	13,97	9,98	6,65	4,36
	пн-зх	18,10	21,81	22,18	20,95	18,85	16,32	14,27	12,20	8,21	7,00	5,80	5,41

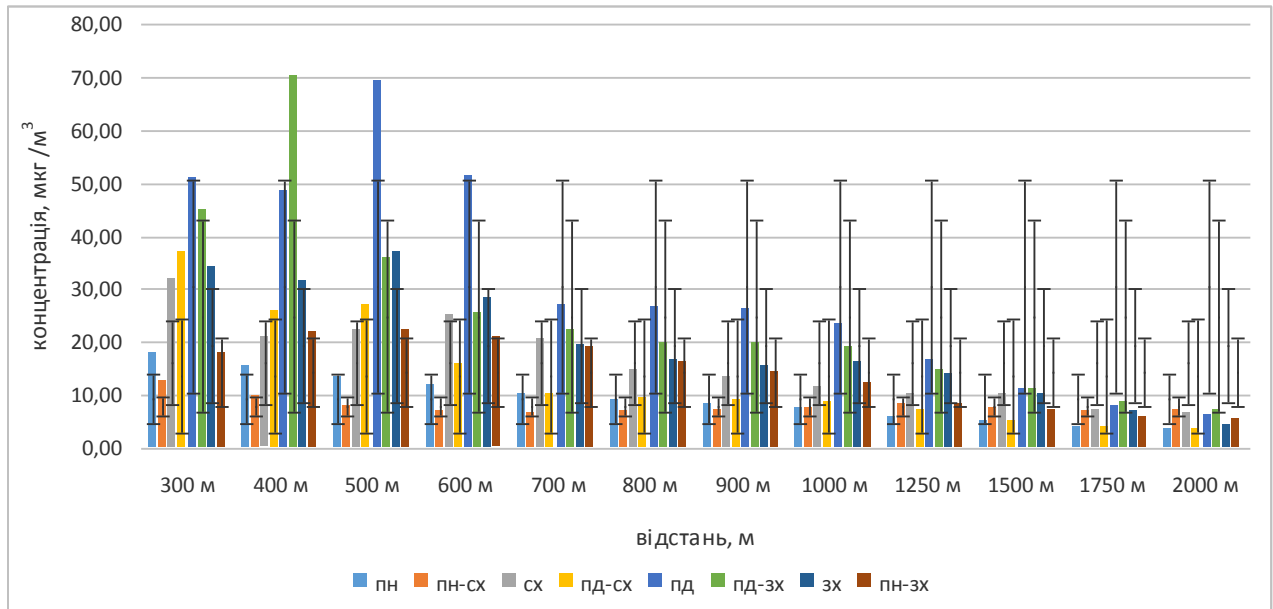


Рис. 4.14 - Розподіл усереднених 24-годинних концентрацій ЗЧ₁₀ у приземному шарі атмосфери від коксохімічного підприємства м. Макіївка

Таблиця 4.7

Рівні усереднених 24-годинних концентрацій пилу НДЗС та ЗЧ₁₀ від коксохімічного підприємства у м. Дніпро

Код ЗР	Назва ЗР	Румб	Усереднена 24-годинна концентрація, мкг/м ³				
			500 м	750 м	1000 м	1250 м	1500 м
2902	Пил (НДЗС)	ПН	13,58	10,25	8,58	7,65	6,34
		ПН-СХ	17,07	9,43	6,78	5,33	4,33
		СХ	12,57	9,19	6,91	5,39	4,34
		ПД-СХ	13,47	10,42	8,05	6,65	5,74
		ПД	14,02	9,80	6,93	4,93	3,82
		ПД-ЗХ	17,22	12,96	10,68	9,06	7,69
		ЗХ	37,96	18,48	11,76	8,53	6,54
		ПН-ЗХ	17,18	16,86	13,01	10,00	8,13
2902	PM10	ПН	7,47	5,64	4,72	4,21	3,49
		ПН-СХ	9,39	5,19	3,73	2,93	2,38
		СХ	6,91	5,05	3,80	2,97	2,39
		ПД-СХ	7,41	5,73	4,43	3,66	3,16
		ПД	7,71	5,39	3,81	2,71	2,10
		ПД-ЗХ	9,47	7,13	5,87	4,98	4,23
		ЗХ	20,88	10,17	6,47	4,69	3,60
		ПН-ЗХ	9,45	9,27	7,15	5,50	4,47

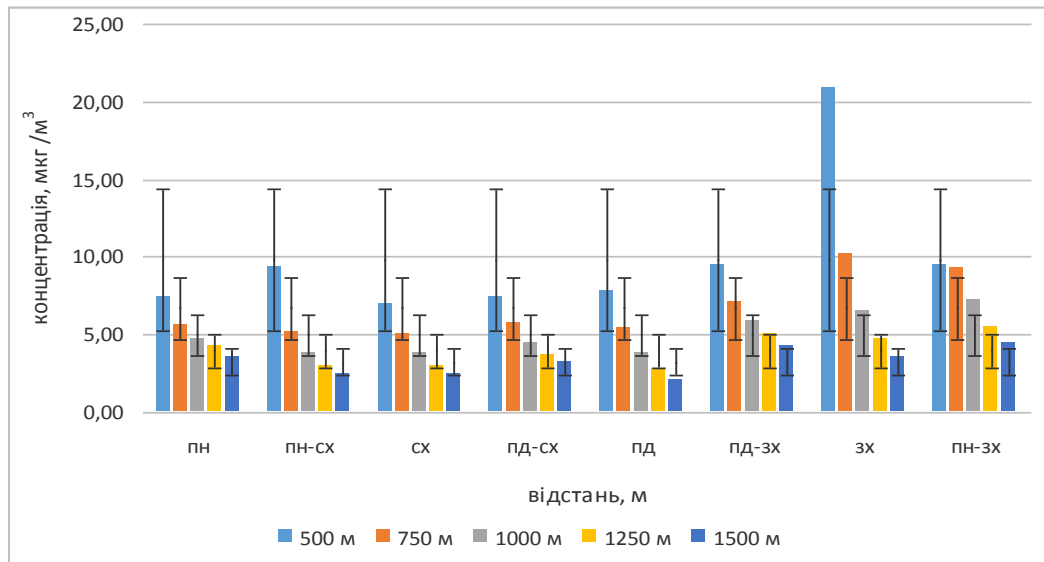


Рис. 4.15 - Розподіл усереднених 24-годинних концентрацій Zn_{10} у приземному шарі атмосфери від коксохімічного підприємства м. Дніпро

Представлені результати щодо концентрацій ЗЧ в атмосферному повітрі, ілюструють перевищення нормативу гранично допустимої середньодобової концентрації (пил НДЗС; $\text{ГДК}_{\text{с.д.}}=150 \text{ мкг}/\text{м}^3$) майже у 3 рази у мм. Маріуполь, Запоріжжя та Дружківка від викидів металургійних та машинобудівних підприємств (рис. 4.16).

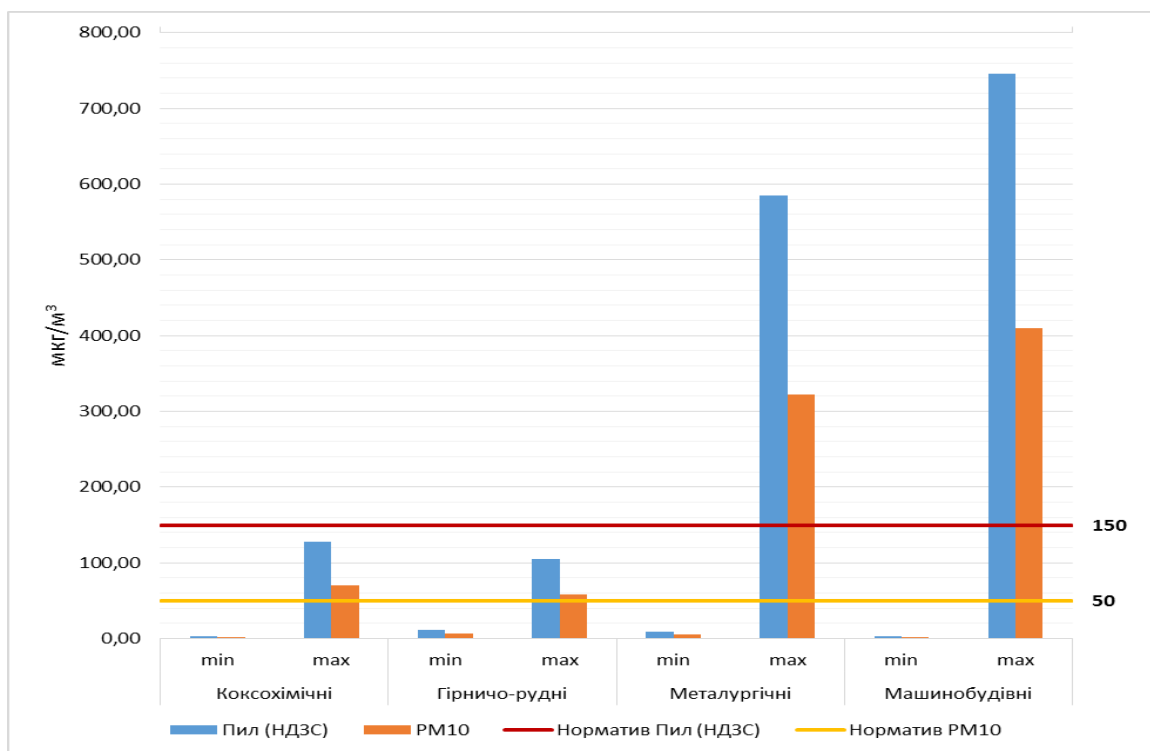


Рис. 4.16 – Порівняння усереднених 24-годинних концентрацій пилу НДЗС та Zn_{10} у приземному шарі атмосфери від різних видів промислових підприємств.

Щодо $ZЧ_{10}$, то отримані дані ілюструють перевищення допустимих рівнів їх вмісту в атмосферному повітрі на деяких територіях зон впливу усіх досліджуваних промпідприємств в середньому від 1,4 до 6 раз, що вимагає їх контролю та розробки гігієнічного нормативу.

Стосовно нормування $ZЧ_{10}$, зазначимо, що в Україні відсутні гігієнічні нормативи. При цьому, відповідно до рекомендацій ВООЗ, не допускається перевищення добового рівня $ZЧ_{10}$ в атмосферному повітрі більш ніж 50 мкг/м^3 , хоча в США державний добовий норматив регламентування $ZЧ_{10}$ становить – 150 мкг/м^3 [26, 95, 96, 97,].

На підставі отриманих даних були проведені розрахунки рівнів індивідуального ризику смерті від викидів пилу $ZЧ_{10}$, які показали, що у мм. Дніпро від коксохімічного підприємства, рівні ризику коливаються в межах $ICR_{total}=1,5 \times 10^{-6} \div 5,7 \times 10^{-5}$ та характеризуються допустимими рівнями для проживання населення. Це пов'язано за рахунок впровадження природоохоронних заходів, отриманих за результатами оцінки ризику при обґрунтуванні встановлення розміру санітарно-захисної зони та отримання дозволу на викиди на етапі управління.

У мм. Запоріжжя та Маріуполь спостерігаються значні перевищення викидів $ZЧ_{10}$ від підприємств металургійного комплексу, де індивідуальний ризик смерті знаходиться, відповідно на рівнях - $IRM=1,8 \times 10^{-5} \div 1,1 \times 10^{-3}$ і $2,1 \times 10^{-4} \div 8,7 \times 10^{-4}$ та характеризується як недопустимий для експонованого населення [1, 2, 8], що ймовірно призводить від 9 додаткових випадків смертей на 10000 осіб до 1 додаткової смерті на 1000 осіб. Подібні рівні ризику від $ZЧ_{10}$ - $IRM=5,1 \times 10^{-6} \div 1,4 \times 10^{-3}$, встановлені від впливу викидів машинобудівного комплексу, що характерні для умов проживання експонованого населення у м. Дружківка; коксохімічних підприємств у мм. Запоріжжя, Макіївка та Кам'янське, відповідно: $IRM=9,7 \times 10^{-6} \div 2,3 \times 10^{-4}$, $IRM=1,1 \times 10^{-5} \div 2,4 \times 10^{-4}$, $IRM=2,2 \times 10^{-5} \div 2,3 \times 10^{-4}$; гірничорудного у м. Кривий Ріг - $IRM=2,2 \times 10^{-5} \div 1,9 \times 10^{-4}$ (табл. 4.8).

Рівні індивідуального ризику смерті від викидів ЗЧ₁₀ різними видами промислових підприємств

№ п/п	Перелік промислових підприємств за видами господарської діяльності	Місто	Індивідуальний ризик смерті від викидів ЗЧ ₁₀ (IRM)	Рівні ризику (за шкалою ВООЗ)
1.	Металургійні	Запоріжжя	$1,8 \times 10^{-5} \div 1,1 \times 10^{-3}$	високий (недопустимий) $\geq 10^{-3}$
		Маріуполь	$2,1 \times 10^{-4} \div 8,7 \times 10^{-4}$	середній (недопустимий) $10^{-4} \div 10^{-3}$
2.	Машинобудівні	Дружківка	$5,1 \times 10^{-6} \div 1,4 \times 10^{-3}$	високий (недопустимий) $\geq 10^{-3}$
3.	Гірничорудні	Кривий Ріг	$2,2 \times 10^{-5} \div 1,9 \times 10^{-4}$	середній (недопустимий) $10^{-4} \div 10^{-3}$
4.	Коксохімічні	Запоріжжя	$9,7 \times 10^{-6} \div 2,3 \times 10^{-4}$	
		Кам'янське	$2,2 \times 10^{-5} \div 2,3 \times 10^{-4}$	
		Макіївка	$1,1 \times 10^{-5} \div 2,4 \times 10^{-4}$	
		Дніпро	$1,5 \times 10^{-6} \div 5,7 \times 10^{-5}$	низький (допустимий) $10^{-6} \div 10^{-4}$

Аналізуючи вищевикладене, проведені дослідження показали, що рівні ризику для здоров'я населення від викидів ЗЧ₁₀, обумовлених викидами різних

суб'єктів економічної системи, коливаються в основному в межах $10^{-3} \div 10^{-4}$, що підкреслює неможливість досягнення в Україні величини мінімального ризику рівного $n \times 10^{-6}$.

ВИСНОВКИ ДО ЧЕТВЕРТОГО РОЗДІЛУ:

Проведені дослідження підтвердили високу ймовірність впливу забруднення атмосферного повітря викидами зважених часток з аеродинамічним діаметром менше 10 мкм на організм експонованої людини. Перш, за все, це обумовлено тим, що в Україні, яка підписала та ратифікувала міжнародні угоди та конвенції стосовно охорони атмосферного повітря, наукові дослідження щодо оцінок інгаляційного впливу зважених часток (особливо з діаметром менше 10 мкм) носять несистематичний, спорадичний характер. Це пояснюється відсутністю єдиної стратегії моніторингових досліджень атмосферного повітря гігієнічних критеріїв щодо нормування в атмосферному повітрі $Z_{Ч_{10}}$ (існують нормативи лише для різних видів пилу) та застарілим обладнанням для проведення моніторингу. Таким чином:

1. Показано, що населення, яке проживає у містах зосередження досліджуваних промислових підприємств, знаходиться під рівнями високої експозиції зваженими частками різного аеродинамічного діаметру, а саме - пил НДЗС – $C_{\min}=2,7$ мкг/м³, $C_{\max}=746,2$ мкг/м³; $Z_{Ч_{10}}$ – $C_{\min}=1,5$ мкг/м³, $C_{\max}=410,4$ мкг/м³. Встановлено: - перевищення міжнародних критеріїв щодо вмісту $Z_{Ч_{10}}$ в атмосферному повітрі населених місць, в середньому від 1,4 до 6 разів.
2. Розраховано рівні індивідуального ризику смерті (IRM) для фракції зважених часток з аеродинамічним діаметром менше 10 мкм ($Z_{Ч_{10}}$). Визначено, що у м. Дніпро (від коксохімічного підприємства) рівні ризику коливаються в межах відповідно: $ICR_{\text{total}}=1,5 \times 10^{-6} \div 5,7 \times 10^{-5}$ та характеризуються допустимими рівнями для проживання населення; у мм. Запоріжжя, Макіївка та Кам'янське від коксохімічних підприємств, становили, відповідно: $IRM=9,7 \times 10^{-6} \div 2,3 \times 10^{-4}$, $IRM=1,1 \times 10^{-5} \div 2,4 \times 10^{-4}$, $IRM=2,2 \times 10^{-5} \div 2,3 \times 10^{-4}$; у мм. Запоріжжя та Маріуполь від підприємств металургійного комплексу, відповідно $IRM=1,8 \times 10^{-5} \div 1,1 \times 10^{-3}$ і

$2,1 \times 10^{-4} \div 8,7 \times 10^{-4}$, що характеризуються, як недопустимі для експонованого населення. Подібні рівні ризику - $IRM=5,1 \times 10^{-6} \div 1,4 \times 10^{-3}$ та $IRM=2,2 \times 10^{-5} \div 1,9 \times 10^{-4}$, відповідно встановлені й від впливу викидів машинобудівного та гірничорудного комплексу, що характерні для умов проживання експонованого населення мм. Дружківка та Кривий Ріг.

Таким чином, вищесказане свідчить про необхідність:

- створення та впровадження моніторингових програм вимірювання пилу ($ZЧ_{10}$) в повітрі населених місць;
- перегляду та узгодження гігієнічних нормативів для пилу НДЗС та розробки нормативу для $ZЧ_{10}$, відповідно до рекомендацій та вимог ВООЗ, шляхом дотримання директив та нормативних документів ЄС, учасником яких є Україна;
- створення єдиних інформаційних систем соціально-гігієнічного моніторингу із імпортом даних статистичної звітності щодо смертності населення в розрізі щоденної реєстрації випадків смерті за причинами;
- затвердження ймовірнісних підходів до оцінки негативного впливу забруднення повітря на здоров'я населення на державному рівні;
- проведення подальших досліджень впливу зважених часток ($ZЧ_{10}, ZЧ_{2.5}$) від різних видів виробництв та технологічних процесів на організм людини з метою удосконалення системи управління якістю повітря (встановлення та розробки технологічних нормативів викидів на підставі оцінок ризику та обґрунтуванні розподілу по зонам ризику та агломераціям).

За матеріалами розділу надруковано:

1. Давиденко Г.М. Дослідження забруднення атмосферного повітря зваженими частками пилу: оцінка наслідків / Г.М. Давиденко, А.А. Петросян // Вісник Вінницького національного медичного університету. – 2017. – Т.21, ч.1, №1. – С. 165 -168.
2. Турос О.І. Оцінка соціальних втрат здоров'я населення, обумовлених промисловим забрудненням атмосферного повітря викидами зважених часток ($ZЧ_{10}$) / О.І. Турос, Г.М. Давиденко, А.А. Петросян // Медичні перспективи. 2017. – Том XXII, №1. – С. 97-102.

РОЗДІЛ 5

СОЦІАЛЬНІ ВТРАТИ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ, ОБУМОВЛЕНІ
ПІДВИЩЕНИМИ РИЗИКАМИ ВІД ДІЇ ЗАБРУДНЕНОГО АТМОСФЕРНОГО
ПОВІТРЯ ВИКИДАМИ ЗЧ₁₀ ВІД РІЗНИХ ГРУП ПРОМИСЛОВИХ
ПІДПРИЄМСТВ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МЕДИКО-ЕКОЛОГІЧНИХ
ЗАХОДІВ НА ЕТАПІ УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ

Загальновідомо, що реальні соціальні втрати, пов'язані з ризиком смертності, захворюваності населення та іншими непрямими втратами, які несе суспільство внаслідок забруднення довкілля (зокрема, атмосферного повітря), може бути виражено в економічних (вартісних) одиницях. Це є необхідною умовою для оцінки ефективності (або неефективності) вкладів в ті чи інші заходи з метою подальшого вибору економічно оптимальної системи управлінських заходів та обґрунтувань відповідних інвестицій.

Одним із важливих та складних питань при визначенні кількісного впливу (в т.ч. соціальних втрат) забрудненого атмосферного повітря на здоров'я населення є виявлення кількості населення, яке проживає в рецепторних точках підвищеного ризику за окремими забруднюючими речовинами, які входять до складу викидів різних видів промислових підприємств.

На підставі вищесказаного, демографічні дані щодо характеристики експонованого населення за щільністю проживання, віком та статтю у досліджуваних містах були опрацьовані за допомогою геоінформаційної системи ArcGIS 10.0 та прив'язані до місць проживання (кожного будинку), що дозволило визначити зони найвищої щільності проживання населення, яке підпадає під експозицію, і в свою чергу, отримати точні дані щодо ризику та імовірних соціальних втрат населення (додаткові випадки захворювань та смертей), яке проживає у зонах підвищеного інгаляційного ризику (рис.5.1).

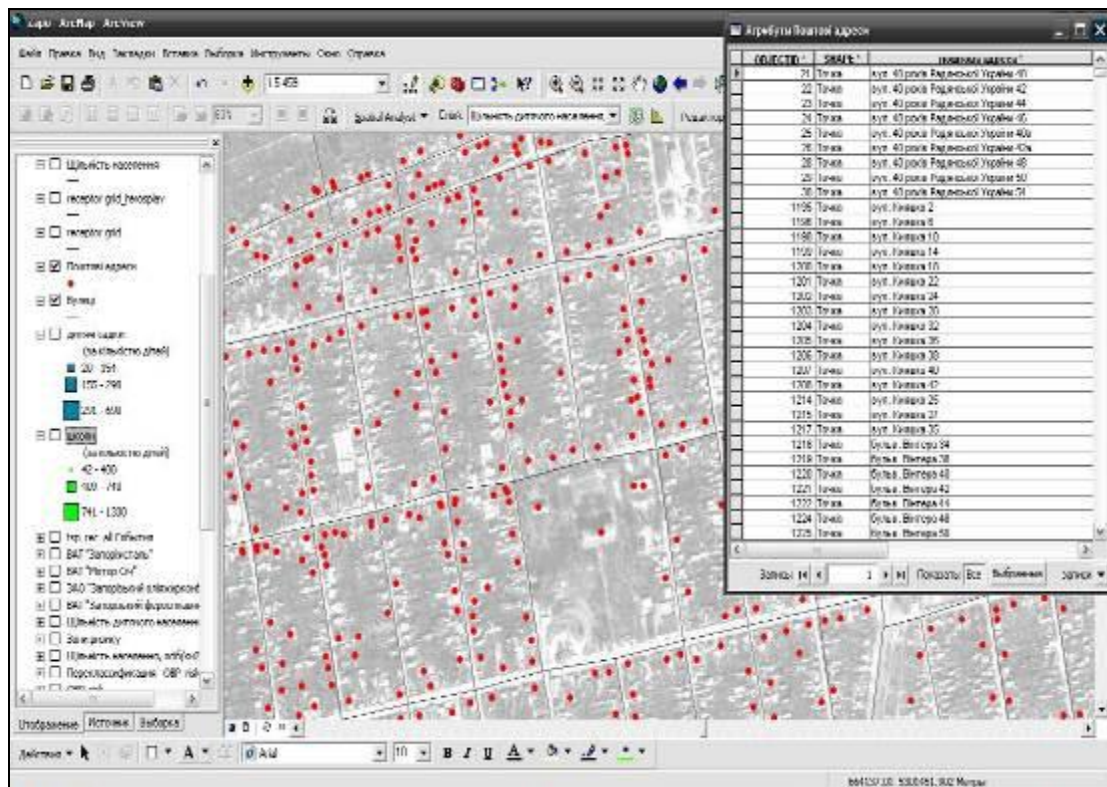


Рис. 5.1 - Приклад геокодування населення, використовуючи ГІС та ДЗЗ (м.Запоріжжя)

Таким чином, до геоінформаційної системи у м. Запоріжжя було введено та геокодовано 14417 поштових адрес (геокодовано 680 тис. населення), у м. Дружківка – 6476 (геокодовано 64 тис. населення), у м. Черкаси - 13 198 поштових адрес (геокодовано 195 тис. населення) з метою подальших розрахунків соціальних втрат здоров'я населення, що проживає у зонах підвищеного ризику (рис. 5.2-5.3).

Було встановлено, що щільність населення у м. Запоріжжя коливається в межах від 8 до 44 тис. осіб на 1 км² та у м. Дружківка – від 700 осіб до 44 тис. осіб на 1 км².

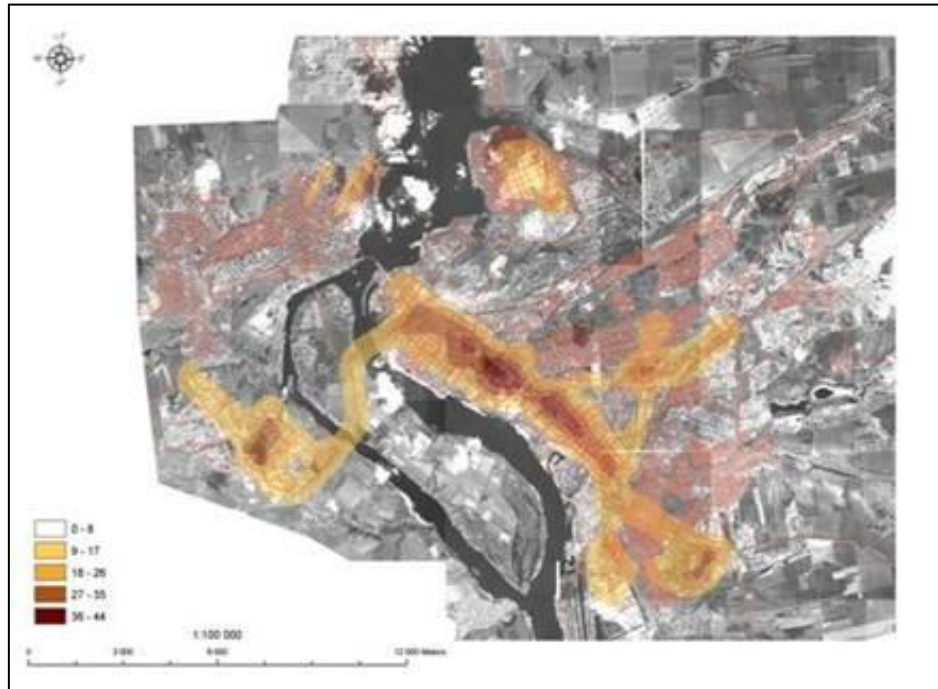


Рис. 5.2 - Геокодуння населення м. Запоріжжя

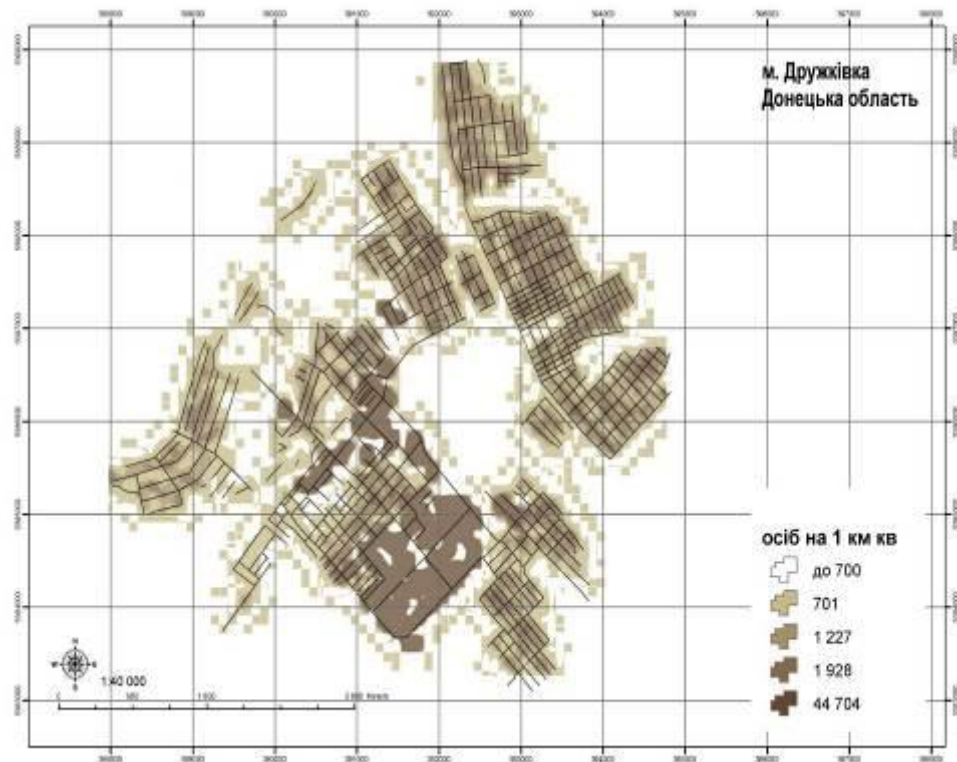


Рис. 5.3 - Геокодуння населення м. Дружівки (Донецька область)

Що стосується інших міст, для яких характерне перевищення рівнів допустимого ризику та які були включені до дослідження, а саме: м. Київ, Кам'янське, Маріуполь, Дніпро, Макіївка та Кривий Ріг, то дані щодо характеристики населення були узагальнені та гіпотетично представлені на підставі розподілу у рецепторних точках (РТ). Так, у м. Кам'янське, з чисельністю населення 242646 мешканців, у кожній рецепторній точці (визначено 64 РТ) проживає близько 3791 особи; у м. Маріуполь з чисельністю населення 458 533 мешканців, у кожній рецепторній точці (визначено 80 РТ) проживає близько 5732 особи; у м. Дніпро з чисельністю населення 1 000,16 тис. мешканців, у кожній рецепторній точці (визначено 40 РТ) проживає близько 25004 осіб; у м. Макіївка з чисельністю населення 356118 мешканців, у кожній рецепторній точці (визначено 96 РТ) проживає близько 3709 осіб; у м. Кривий Ріг з чисельністю населення 642333 мешканців, у кожній рецепторній точці (визначено 120 РТ) проживає близько 5353 осіб [134]. Додатково, з метою валідності представлених результатів, населення м. Запоріжжя та Дружківка також, гіпотетично було розподілено у рецепторних точках та становило, відповідно: 13400 та 750 осіб (в 1 рецепторній точці).

Таким чином, проведені у цих містах дослідження надали можливість спостерігати за здоров'ям населення у кожній рецепторній точці, оцінити соціальні втрати здоров'я населення та в подальшому розробити адекватні лікувально-профілактичні заходи на етапі управління ризиком (включаючи ретельну диспансерізацію та епідеміологічні дослідження), особливо для дитячого населення.

Роблячи співставлення з отриманими на попередніх етапах дослідженнях, можна сказати, що майже 80 % експонованого населення досліджуваних міст проживає у зонах підвищеного ризику, обумовленого викидами різних груп промислових підприємств.

На підставі вищевикладеного та результатів оцінки індивідуального ризику смерті, було розраховано ймовірні соціальні втрати для здоров'я населення у вигляді додаткових випадків смертей (АМ), пов'язаних викидами $ZЧ_{10}$ (рис. 5.4).

Так, від викидів пилу з діаметром часток менше 10 мкм коксохімічними підприємствами мм. Запоріжжя, Кам'янське, Макіївка та Дніпро, соціальні втрати будуть становити, відповідно: від 0,13 до 3,1 (на підставі результатів геокодування населення від 1,5 до 36); від 0,08 до 0,87; від 0,04 до 0,9; від 0,04 до 1,4 додаткових випадків смертей; у м. Дружківка від машинобудівних – від 0,004 до 1,1 (на підставі результатів геокодування населення від 0,06 до 21); у м. Кривий Ріг від гірничорудного підприємства – від 0,12 до 1 випадку смертей протягом життя (АМ). У м. Запоріжжя викиди металургійного комплексу можуть бути причиною від 0,2 до 14,7 додаткових випадків смертей (на підставі результатів геокодування вони сягають 2193 випадків - при песимістичному сценарії щодо одночасної реалізації всіх випадків), в м. Маріуполь – від 1,2 до 5 випадків смертей.

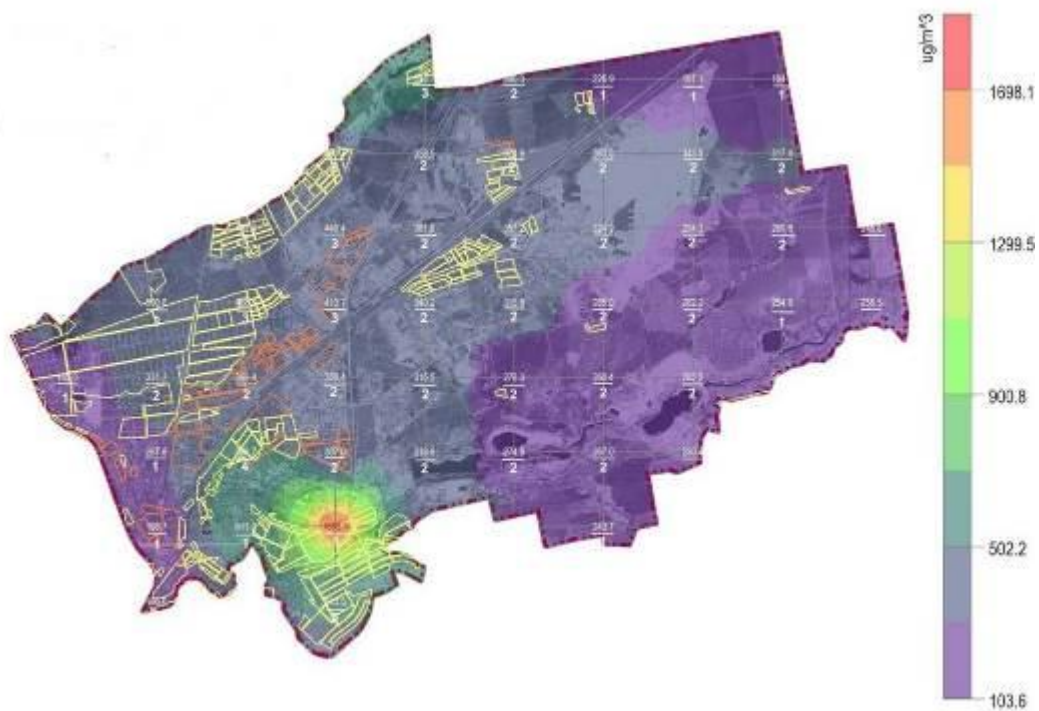


Рис. 5.4 - Ймовірна оцінка додаткової смертності від викидів ЗЧ₁₀ в Шевченківському р-ні м. Запоріжжя

Також, слід зазначити, що більш аргументовані та валідні дослідження були отримані у містах, де населення було картографовано, а саме у мм.

Запоріжжя та Дружківка, в інших була зроблена гіпотетична оцінка щодо проживання людей в зонах підвищеного ризику (рецепторних точках).

Для розрахунку можливих соціально-економічних збитків (виражених у вартісних показниках) від викидів ЗЧ₁₀ згідно підходу, який попонується обчислюється показник вартості середньостатистичного життя людини за методиками, що були викладені раніше.

В підході до оцінки ВСЖ на основі прожиткового мінімуму, цей показник розглядається як мінімальні соціальні гарантії. При цьому використовуються розміри прожиткового мінімуму для основних соціальних і демографічних груп населення (неповнолітніх, людей працездатного віку та людей, що втратили працездатність), встановлені Законом України «Про державний бюджет на 2015 р.» (стаття 7) [135].

Зазначені дані наведені в табл.5.1

Таблиця 5.1

Прожитковий мінімум затверджений на 2015 р.

Соціальні і демографічних груп	з 1 січня 2015 року (грн.)	з 1 вересня 2015 р. (грн.)
Діти віком до 6 років	1032,00	1167,00
Діти віком від 6 до 18 років	1286,00	1455,00
Працездатні особи	1218,00	1378,00
Особі, які втратили працездатність	949,00	1074,00

Згідно даних державної статистики середня тривалість життя – 70 років [136].

Вік виходу на пенсію визначений Законом України «Про пенсійне забезпечення» – 60 років [137].

За вищезазначеними даними, використовуючи формулу 2.7, наведену в розділі 2 отримаємо значення - 1 038 760,00 грн. ~ 1,04 млн. грн.

Згідно дохідного підходу розрахунок проведено таким чином.

Наведемо дані державної статистики, які використовуються для розрахунку в табл.5.2 [136],

Статистичні дані по Україні станом на кінець 2015 р.

Середньодушовий наявний грошовий річний дохід	2793,4 грн.
Кількість померлих	594 800 чол.
Чисельність наявного населення	42 929 300 чол.

За вищезазначеними даними, використовуючи формули 2.8 та 2.9, наведені в розділі 2 отримаємо значення:

Індекс смертності – 0,013855338;

ВСЖ – 2505 951,14 грн. ~ 2,5 млн. грн.

Як бачимо, навіть за мінімальними підрахунками, вартість середньостатистичного життя людини є більшою за суми, що наразі виплачуються державою або страховими компаніями в якості компенсацій збитків, що завдані людині з тих чи інших причин.

Багаторічний міжнародний досвід доводить, що чим більша сума відшкодувань, які пов'язані з компенсацією збитку пов'язаного із загибеллю людини, тим більше вкладається коштів в модернізацію виробництва, системи безпеки і т.і.

Якщо в Україні на державному рівні буде прийнято та законодавчо закріплено значення вартості середньостатистичного життя, обґрунтоване з точки зору соціальної справедливості та рівня економічного розвитку держави це стане вагомим стимулом для розвитку не тільки економіки держави, а й природоохоронної діяльності, яка відповідатиме критеріям та вимогам угоди про асоціацію з ЄС.

Для подальшого розрахунку буде використовуватися значення ВСЖ на рівні 2,5 млн. грн., як таке, що більше відповідає потребам суспільства.

Проведені розрахунки дозволили оцінити межі можливих соціально-економічних збитків (виражені у вартісних показниках) від викидів ЗЧ₁₀, які сягають та становлять для: коксохімічних підприємств від 0,1 млн. грн. до 7,75 млн. грн.; машинобудівного підприємства від 0,01 млн. грн. до 2,75 млн. грн.;

гірничорудного підприємства від 0,3 млн. грн. до 2,5 млн. грн.; металургійних підприємств від 0,5 млн. грн. до 36 млн. грн.

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, попереджені випадки захворювань та ін.).

В задачі управління ризиком наряду з розробкою управлінських рішень (природоохоронних та профілактичних) щодо вилучення та мінімізації експозиції і ризиків для здоров'я населення входить вибір стратегії динамічного (періодичного або постійного) моніторингу, що базується на оцінках соціально-економічних збитків, заподіяних здоров'ю експонованого населення забрудненням довкілля, зокрема атмосферним повітрям, що було здійснено на попередніх етапах роботи.

На даному етапі з метою зниження рівнів ризику до прийнятного рівня, можуть використовуватися різні підходи, а саме: зниження кількості та потужності джерел небезпеки; мінімізація ймовірності розвитку та прояву шкідливих ефектів; зменшення числа експонованих осіб; зниження ймовірності впливу; зниження вираженості шкідливих ефектів [138].

На підставі вищевикладеного, автором роботи було проаналізовано результати досліджень з оцінки ризику для здоров'я населення, отримані фахівцями лабораторії якості повітря ДУ «ІГЗ НАМНУ» протягом 2012-2016 рр. з позиції оцінки ефективності запропонованих медико-екологічних заходів, які були розроблені для окремих підприємств на етапі управління ризику.

Наприклад, за останні 8 років у м. Запоріжжя були впроваджені і відпрацьовані медико-екологічні заходи, які показали високий природоохоронний результат. Відповідно до рішення Запорізької міської ради №8 від 25.06.08 р. «Про впровадження методології оцінки ризику здоров'ю населення м. Запоріжжя при регулюванні викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря» та рішення Запорізького виконавчого комітету № 431 від

01.10.08 р. «Про затвердження Положення щодо впровадження методології оцінки ризику здоров'ю населення від забруднення атмосферного повітря в м. Запоріжжя» було рекомендовано видавати “Дозвіл на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами” з урахуванням оцінки ризику для здоров'я населення. Це передбачало визначення на металургійних підприємствах найбільш небезпечних речовин, джерел їх викидів та заходів, які найбільш ефективно знижують ризик здоров'ю населення до прийняттого рівня [139-141].

Наприклад (за даними проведених досліджень з оцінки ризику у 2012-2016 рр., проведених фахівцями лабораторії якості повітря ДУ «ІГЗ НАМНУ»), при обґрунтуванні встановлення санітарно-захисних зон та отриманні нового дозволу на викиди (після проведення запропонованих природоохоронних заходів та реконструкцій щодо зниження рівнів ризику до прийняттого рівня) на: ПАТ „Український графіт” було виключено одночасність роботи джерел викидів №№326, 347 та скорочено обсяги викидів бенз(а)пірену на 21,1 %; ПрАТ „ІСКОЖ-2000” знижено рівні ризику по диметилформаміду, етилацетату, циклогексанону при оцінках гострих інгаляційних впливів, відповідно: у 400 разів, 12 разів, 16 разів; при оцінках хронічних впливів по: диметилформаміду у 10 разів, пилу у 4 рази; ПАТ „Запорізький завод феросплавів” [142], завдяки рекомендованого заходу щодо реконструкції та будівництва газоочистки печей №№31-38 цеху №4, знижено рівні ризику для марганцю та його сполук у 30 раз та скорочено обсяги викидів майже в 3 рази (дж. №№ 10432, 10433, 10431); ПАТ "Електрометалургійний завод "Дніпрспецсталь" ім. А.М. Кузьміна" скорочено обсяги викидів міді оксиду в 1,6 раз (дж. №512), пилу в 1,2-4 рази (дж. №№316, 336, 366), марганцю в 1,6 рази (дж. №336), нікелю в 1,8-4,8 рази (дж. №№316, 336, 667) та знижено ризик майже в 18 раз. Відповідно, рівні ризиків знижено до допустимих меж на рівні $n \times 10^{-5}$.

Подібні заходи були обґрунтовані та рекомендовані майже на всіх основних промислових підприємствах міста, що дозволило скоротити загальну потужність викидів у порівнянні з 2008 р. на 38,1 тис. т/рік (майже 71 %). Це,

безумовно, пов'язано не лише з впровадженням адміністративних рішень медико-екологічного характеру на підставі результатів оцінки ризику, але й зі зниженням виробничої потужності підприємств у зв'язку з економічною та енергетичною кризою в країні (спад виробництва складає близько 40 %). На долю заходів медико-екологічного спрямування на підставі ризикових оцінок на етапі управління, припадає близько 23 %.

У м. Макіївка від викидів коксохімічного підприємства на підставі результатів оцінки ризику було проведено дослідження щодо пріоритезації та ефективності впровадження підприємством управлінських заходів з метою мінімізації фінансових витрат та планування економічно-ефективної екологічної стратегії. В результаті цього було оцінено основний внесок джерел викидів (у відсотках, %) пилу НДЗС, окрім цього - нафталіну, сірководню, азоту діоксиду, фенолу, бенз(а)пірену та бензолу у загальне забруднення атмосферного повітря та пріоритезовано основні джерела (рис. 6.1), що потребують постійного контролю з боку підприємства та контролюючих органів. Подібні управлінські заходи були рекомендовані й для коксохімічного підприємства, розташованого у м. Дніпро, які передбачали не тільки, впровадження природоохоронних заходів та контроль за джерелами викидів азоту діоксиду, сірководню, сірчаної кислоти, сірки діоксиду, нафталіну, бензолу та пилу, але й відселення жителів, яке проживає в межах нормативної санітарно-захисної зони. Рекомендовано проведення реконструкції коксових батарей з впровадженням двохступеневої системи підводу повітря.

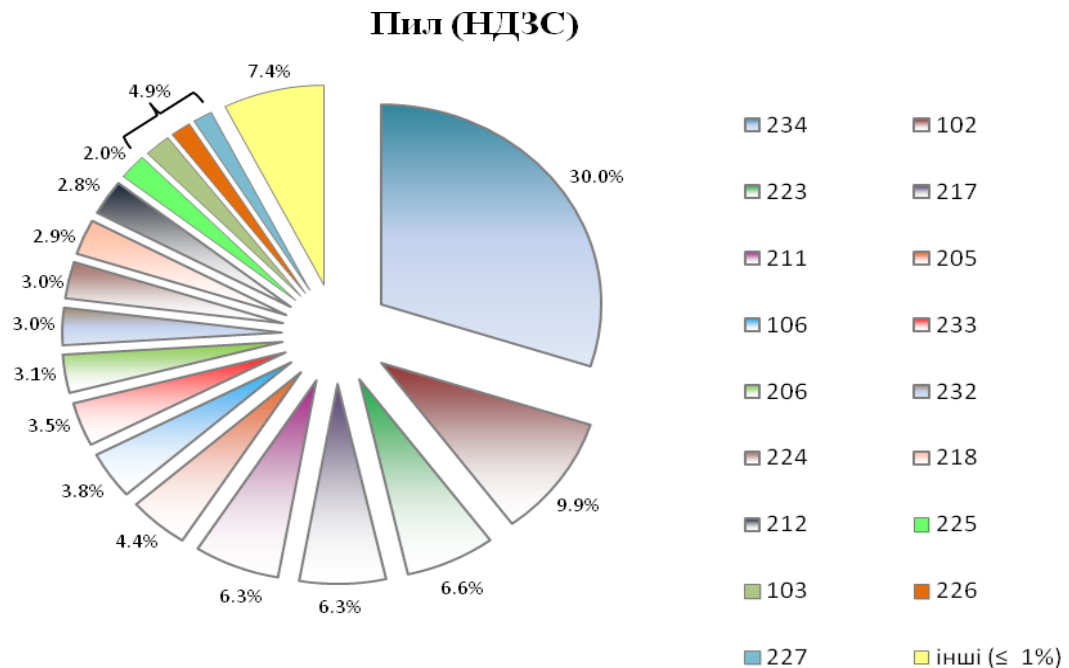


Рисунок 6.1 – Приклад оцінки внеску джерел викидів (%) в усереднену концентрацію пилу НДЗС, м. Макіївка

Досить вагомі та обгрунтовані медико-екологічні заходи було розроблено для металургійних підприємств м. Маріуполь при обгрунтуванні та встановленні розмірів санітарно-захисної зони (СЗЗ). На підставі цього було оцінено, не тільки внески окремих джерел викидів забруднюючих речовин в загальне забруднення повітря (пилу НДЗС, окрім цього - азоту діоксид, бенз(а)пірен, марганець, мідь, нікель, свинець, сірки діоксид, вуглецю оксид, кадмій, хром (VI), сірководень, миш'як, що створюють недопустимі рівні ризику), але й рекомендовано наступні заходи, а саме:

- розробити програму перенесення навчальних закладів, які знаходяться в межах нормативної СЗЗ (рис. 6.2);
- провести озеленення, відповідно до п. 5.3 “Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів. ДСП № 173-96” по межі території землекористування підприємств із 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 напрямками найближчої житлової забудови, а саме: виконати додаткову посадку дерев основної породи (айлант високий, акація біла, тополя туркестанська) з відстанню 3,0 м в ряду при відстані 3 м між рядами для організації ізолюючих смуг насаджень; висадити додатково чагарники на відстані 1-1,5 м один від одного для досягнення фронтальної зімкнутості насаджень в ізолюючій смузі;

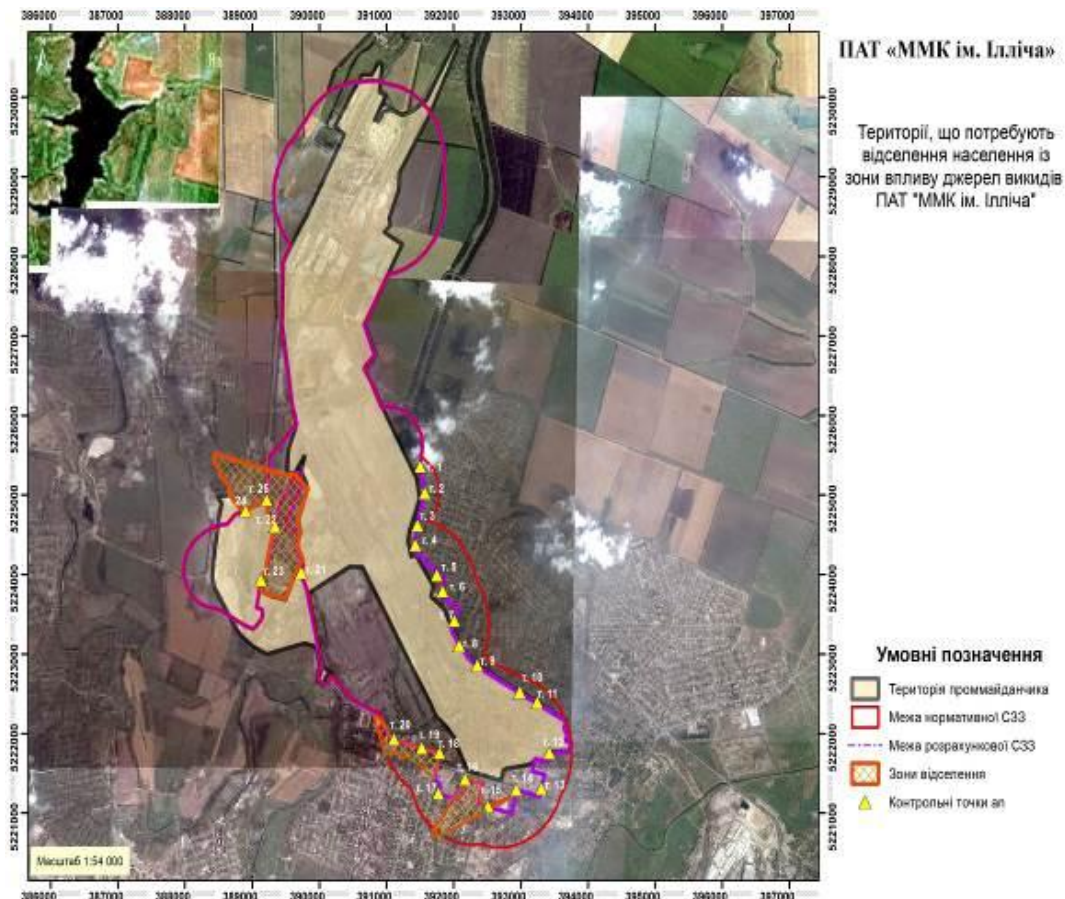


Рис. 6.2 – Відселення населення за межі нормативної санітарно-захисної зони, м. Маріуполь

- здійснювати постійно спостереження та роботи, відносно: усунення сухостою з підсадкою нових насаджень; очищення територій озеленення від сміття; полив зеленої зони в літній час;
- встановити додаткову перешкоду (відбиваючий екран) для запобігання переміщення пило-газоповітряних сумішей з території підприємства та збільшити висоту існуючої огорожі території підприємства;

- проводити додаткове зрошення ділянки (розливні машини, дільниця по приготуванню та вдуванню пиловугільного палива), огорожі та відбиваючого екрану під час сильного вітру та високої температури;
- обмежити вантажно-розвантажувальні роботи, очищення та обдув обладнання, пов'язані зі значними виділеннями в атмосферу забруднюючих речовин при несприятливих метеорологічних умовах на ділянках розливних машин та дільниці по приготуванню та вдуванню пиловугільного палива (ПВП).

Подібні дослідження були проведені у м. Кривий Ріг при оцінках впливу гірничорудного підприємства. Також, було визначено джерела викидів та забруднюючі речовини впливу (азоту діоксиду, хрому (VI), ЗЧ та вуглецю оксиду), які потребують проведення природоохоронних заходів. Відповідно до п. 5.3 “Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів. ДСП № 173-96” провести озеленення по межі території землекористування підприємства із 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 напрямками найближчої житлової забудови.

ВИСНОВКИ ДО П'ЯТОГО РОЗДІЛУ:

Аналізуючи вищевикладене, проведені дослідження дозволили вирішити важливу наукову проблему щодо доцільності застосування симбіозу різних економічних підходів та методології оцінки ризику при: розрахунках ймовірності виникнення неприйнятних ефектів (ризик) з боку здоров'я населення, оцінках соціально-економічних збитків заподіяних здоров'ю населення та здійсненні аналізу співвідношень „витрати–вигоди”, „витрати–соціально-гігієнічна ефективність”, обумовлених забрудненням атмосферного повітря.

1. Охарактеризовано населення за щільністю проживання, віком та статтю з метою визначення рецепторних точок та подальших розрахунків соціальних втрат здоров'я населення (захворювань та смертей), що проживає у зонах підвищеного ризику. До геоінформаційної системи введено у: м. Запоріжжя - 14417, м. та Дружківка – 6476 поштових адрес. В інших містах (Київ, Дружківка, Дніпро, Маріуполь, Кам'янське, Макіївка, Кривий Ріг), дані щодо характеристики населення були узагальнені та гіпотетично представлені на підставі розподілу у рецепторних точках.
2. Оцінено та показано, що майже 80 % експонованого населення досліджуваних міст проживає у зонах підвищеного ризику, обумовленого викидами $Z_{CH_{10}}$ від різних груп промислових підприємств. Оцінено ймовірні соціальні втрати для здоров'я населення від викидів $Z_{CH_{10}}$ у вигляді додаткових випадків смертей. Встановлено, що від коксохімічних підприємств м. Запоріжжя, Кам'янське, Макіївка та Дніпро соціальні втрати будуть становити, відповідно: від 0,13 до 3,1 (на підставі результатів геокодування населення від 1,5 до 36); від 0,08 до 0,87; від 0,04 до 0,9; від 0,04 до 1,4 додаткових випадків смертей; у м. Дружківка від машинобудівних підприємств від 0,004 до 1,1 (на підставі результатів геокодування населення від 0,06 до 21); у м. Кривий Ріг від гірничорудного комбінату від 0,12 до 1 випадку; від металургійного комплексу у м. Запоріжжя від 0,2 до 14,7 додаткових випадків смертей (на підставі результатів геокодування вони сягають 2193 випадків - при песимістичному сценарії щодо одночасної реалізації всіх випадків), в м. Маріуполь – від 1,2 до 5 випадків додаткових смертей. Це дозволило встановити, що при збільшенні середньодобової концентрації PM_{10} , приріст смертності складає 0,6 % на кожні 10 $\mu\text{кг}/\text{м}^3$.

3. Встановлено, що максимально можливі соціально-економічні збитки (виражені у вартісних показниках) від викидів ЗЧ₁₀, сягають для: коксохімічних підприємств від 0,1 млн. грн. до 7,75 млн. грн.; машинобудівного підприємства від 0,01 млн. грн. до 2,75 млн. грн.; гірничорудного підприємства від 0,3 млн. грн. до 2,5 млн. грн.; металургійних підприємств від 0,5 млн. грн. до 36 млн. грн.

При цьому, хотілося б зазначити, що наявність щоденних демографічних даних та даних медичної статистики, відносно смертності та захворюваності на серцево-судинні, легеневі хвороби, інфаркт міокарда дуже утруднена в Україні. Всі розрахунки побудовані на узагальнених числах негативних ефектів з боку здоров'я, що виключає можливість епідеміологічних досліджень та кількісних оцінок впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення. Це вимагає створення єдиних інформаційних систем соціально-гігієнічного моніторингу із імпортом даних статистичної звітності щодо смертності населення в розрізі щоденної реєстрації випадків смерті за причинами

4. Доведено, що розробка та впровадження медико-екологічних заходів сприятимуть досягненню рівнів прийняттого ризику (за рахунок зниження) для металургійних, машинобудівних, гірничорудних підприємств до рівня – 1 додатковий випадок смерті на 100 тисяч населення $n \times 10^{-5}$.

За матеріалами розділу надруковано:

1. Аналіз оцінки соціальних втрат здоров'я населення, обумовлених забрудненням атмосферного повітря (на прикладі викидів ЗЧ₁₀) / О. І. Турос, А. А. Петросян, Г. М. Давиденко, В. В. Близнюк, О. В. Ананьєва, А. І. Севальнев // Гігієна населених місць: зб. наук. пр. – Вип. 59. – К., 2012. – С. 52 – 57.
2. Additional mortality cases attributed to PM metallurgical industry emissions / O. Turos, A. Petrosian, O. Ananyeva, G. Davydenko // ISEE, ISES, ISIAQ – 2013 – Annual Conference (Aug. 19-23, 2013).. – Basel, Switzerland, 2013. – P. 491.

3. Social Costs of Air Pollution in Population Highly Exposed to Industrial Emissions/ O. Turos, A. Petrosian, G. Davydenko, O. Ananyeva // ISES – 2014 – Annual Conference (Oct. 12-16, 2014).. – Cincinnati, Ohio, USA, 2014.
4. Social Costs of Air Pollution in Population Highly Exposed to PM₁₀ Industrial Emissions/ O. Turos, A. Petrosian, O. Ananyeva, G. Davydenko // ISEE – 2014– Annual Conference (Aug. 24-28, 2014). – Seattle WA, USA , 2014. – P.98.
5. Давиденко Г.М. Економічні оцінки збитків від передчасної смертності внаслідок захворювань дихальних шляхів / Г.М. Давиденко, А.А. Петросян, В.В. Близнюк //Довкілля та здоров'я. - 2017. - №2 (82). - С. 39-44.

РОЗДІЛ 6

АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

В багатьох країнах світу (США, ЄС та країнах СНД, зокрема у Росії, Білорусі, Казахстані) для прийняття зважених управлінських рішень в гігієні та медичній екології, наряду з традиційними нормативними підходами, досить широко використовується ймовірнісна методологія оцінки ризику (МОР) для здоров'я населення, яка дозволяє здійснити аналіз співвідношень „витрати-вигоди”, „витрати-соціально-гігієнічна ефективність” та оцінити збитки, заподіяні здоров'ю населення забрудненням атмосферного повітря [13].

Комплексне навантаження забруднювачів на населення обумовлена їх одночасним потраплянням до організму різними шляхами і з різних джерел. При цьому їх біологічна дія може змінюватися при впливі різних фізичних, кліматичних, біологічних та соціальних факторів. Тому науковий розвиток і впровадження оцінки ризику є необхідною умовою для комплексного вивчення впливу оточуючого середовища на людину. [143]

Важливою складовою методології оцінки ризику є проведення моніторингових досліджень щодо стану забруднення та його впливу на здоров'я. [144, 145]

Наявність точних даних мають вкрай важливе значення. Адже від них залежить правильне визначення тенденцій щодо кількості випадків смерті та інвалідності за рахунок неінфекційних захворювань. Наразі багато країн світу не мають придатних для використання даних щодо цих показників. До того ж вони не інтегровані в національні системи медико-санітарної інформації. [146] Це актуально і для України.

Інформаційна система ВООЗ по навколишньому середовищу та здоров'ю (ENHIS) оперує даними, представленими країнами-членами Європейського союзу в базу щодо якості повітря AirBase Європейського агентства з охорони навколишнього середовища. Рисунок 6.1. ілюструє результати, отримані на основі даних з постів моніторингу в 403 містах 34 країн. Встановлено, що лише в 9 з 34 країн-членів, рівні концентрацій $ЗЧ_{10}$ були нижче нормативного значення річного рівня у 20 мкг/м^3 , рекомендованого ВООЗ. [30]

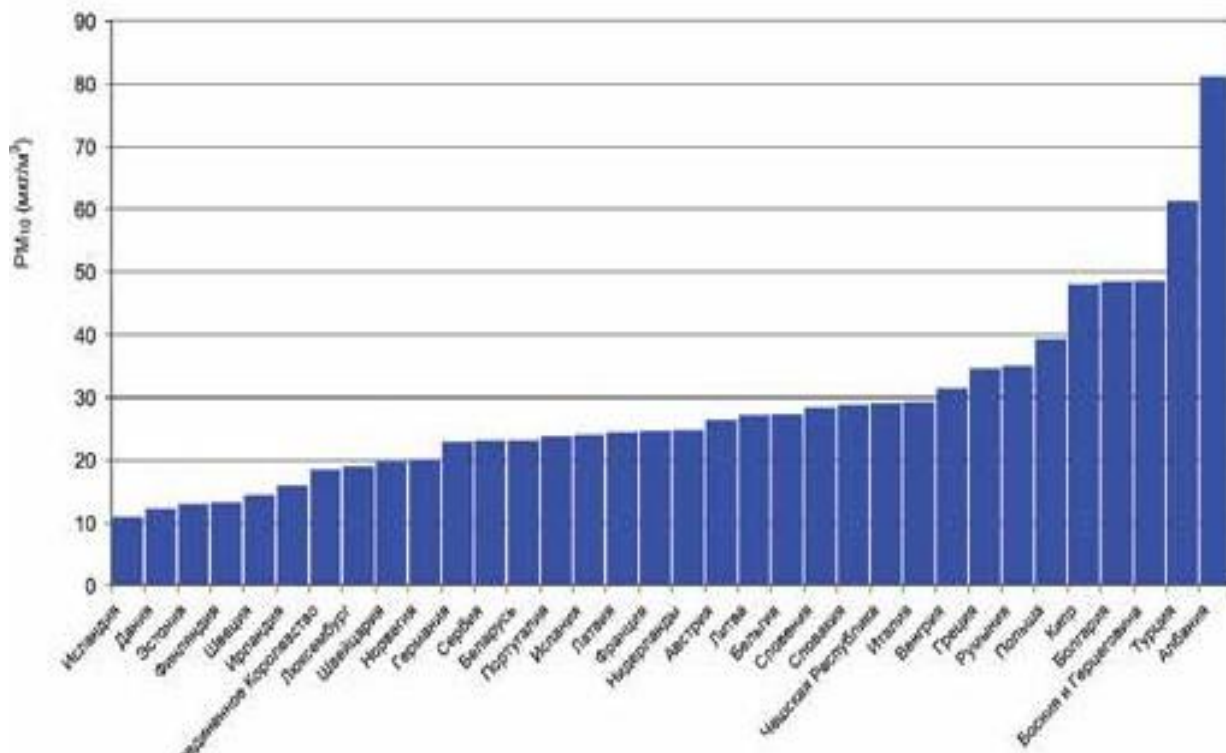


Рис. 6.1 - Рівні усереднених річних концентрацій PM_{10} у країнах-членах Європейського регіону ВООЗ, 2010 р.

З іншої сторони, в країнах Східної Європи, Кавказу та Центральної Азії моніторинг зважених часток з діаметром менше 10 мкм дуже обмежений: лише невелика кількість станцій моніторингу наявна у Білорусі, Росії (Москва) та Узбекистані (Ташкент, Нукус), а в Україні, взагалі – не існують.

Відсутність належного моніторингу робить неможливим визначення впливу забруднення атмосферного повітря зваженими частками та пов'язаного з ним ризиків захворюваності та смерті, а також розробку відповідного нормативу. Тому створення такої системи в Україні має стати пріоритетним медико-екологічним заходом в системі санепіднагляду, що підтверджується дослідженнями цієї роботи.

Так, основним здобутком цієї роботи є оцінка усереднених концентрацій ЗЧ (для різних періодів експозиції) для територій дослідження на яких розташовані промпідприємства. Отримані дані ілюструють перевищення допустимих рівнів вмісту $ZЧ_{10}$ в атмосферному повітрі на деяких територіях зон впливу усіх досліджуваних промпідприємств в середньому від 1,4 до 6 раз.

Авторами, встановлено, що при збільшенні середньодобової концентрації PM_{10} , приріст смертності складає 0,6 % на кожні 10 мкг/м^3 . Аналогічні дослідження в Європі (Samet et al., 2000) вказують на зростання смертності на 0,62 %, в США на 0,46 % та Азії на 0,49 % (Cohen A. et. al., HEI 2004)(рис. 6.2.). [147]

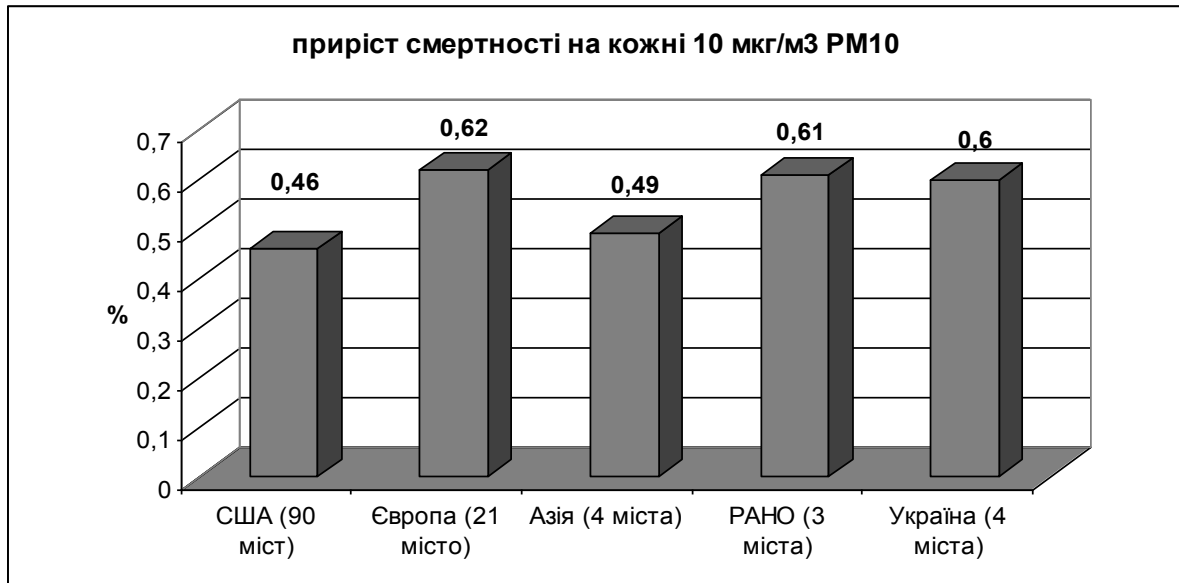


Рис. 6.2 - Короткочасні впливи PM_{10} та смертність: глобальний огляд результатів часових рядів

Що стосується країн СНД, то перші дослідження такого роду були присвячені оцінці ризику зростання захворюваності та смертності, обумовлених забрудненням повітря в Волгограді (Larson et al., 1998). Ларсон та співавтори, використали екстраполяцію даних американських досліджень (з робіт Pope et al., 1992, Dockery et al., 1992, Kinney et al., 1995, які, в свою чергу, вказували на зростання смертності від 3Ч_{10} на 1,1 % (для оцінки коефіцієнту доза-відповідь, який пов'язує концентрації 3Ч_{10} в повітрі з підвищенням частоти шкідливих ефектів для здоров'я [148]. Вони встановили, що на кожні 10 мкг/м^3 3Ч_{10} ризик смерті зростає на 1 % (HRAPIE, WHO, 2014) . Інші дослідження (Onishenko et al., 2003) передбачають, що ризик смерті зростає лише на 0,5 %. Зважаючи на вищевикладене, можна констатувати, що 0,6 % прогнозного зростання смертності на кожні 10 мкг/м^3 викидів 3Ч_{10} у м. Запоріжжя є достатньо високим показником. Слід мати на увазі, що розраховані випадки додаткової смерті на території міста ніколи не реалізуються одночасно і тому, деталізація за

допомогою когортних досліджень випадків смертей у зонах ризику потребує проведення подальших епідеміологічних досліджень.

Широко дискутується питання вибору індикаторів щодо ЗЧ. На сучасному етапі в системі моніторингу атмосферного повітря накопичені дані щодо встановлених концентрацій ЗЧ_{10} . Внаслідок цього в основу епідеміологічних досліджень полягають саме ці дані. Але необхідно зважати на те, що ЗЧ_{10} – це сукупність часток із різним діаметром, і співвідношення різних фракцій в цій сукупності залежить від багатьох факторів: географічного положення міста, метеорологічних умов, джерел надходження часток у повітря. Саме тому пропонується використовувати в якості індикатора відношення $\text{ЗЧ}_{2,5}/\text{ЗЧ}_{10}$, що становить 0,5. Таке значення характерне для міських територій країн, що розвиваються, та для розвинутих країн (0,5-0,8).

Контролювати вміст зважених часток в повітрі можна як за допомогою ручних методів (застосування імпакторів) так і за допомогою сучасніших методів на основі електронних станцій детекції ЗЧ, які можуть бути застосовані для визначення концентрацій ультрамалих часток різного походження та хімічного складу.

Як вже зазначалося розрахунок соціальних втрат є логічним продовженням алгоритму визначення впливу довкілля на стан здоров'я населення, надто коли розрахунок проводиться в масштабах держави.

Для точних розрахунків щодо соціальних втрат, обумовлених впливом забруднення в роботі запропоновано проводити дослідження по визначенню експонованого населення. Отриманий результат засвідчив що 80% населення, проживає в зоні підвищеного ризику негативного впливу забрудненого атмосферного повітря зваженими частками з діаметром до 10 мкм (PM_{10}). Отримані дані кореспондуються з аналогічними даними по країнах Європейського регіону [149].

Хоча цей процент і залишається високим, але спостерігаються незначні покращення у порівнянні з іншими роками у зв'язку з використанням нових технологій і відповідно, поступовим зниженням середніх показників концентрацій РМ у більшості країн.

На підставі даних щодо експонованого населення та результатів оцінки індивідуального ризику смерті в роботі були проведені розрахунки соціальних втрат у вигляді додаткових випадків смерті, спричинених впливом забруднення зваженими частками. Причому співставлення оцінок, отриманих у розрахунку на загальну кількість населення та оцінок отриманих на основі геокодування показало, що оцінки на підставі даних геокодування більш точні, адже враховують кількість та щільність населення, що підпадає під експозицію конкретного підприємства. При цьому варто зауважити, що до просторового розподілу можна додати дані по статтєво-віковій структурі експонованого населення, що дозволить отримати дані, які в більшій мірі врахують медико-біологічну компоненту впливу.

Але основною проблемою, що ускладнює використання даних щодо експонованого населення, а в масштабах країни робить це майже неможливим, є відсутність єдиної уніфікованої інформаційної бази даних, яка б відповідала критеріям репрезентативності, об'єктивності та доступності. Її створення є необхідною умовою для своєчасного та оперативного визначення основних напрямків медико-екологічних заходів задля збереження життя та здоров'я людини, які в загальносвітовій практиці розглядаються як вагомі фактори економічного розвитку.

Їх втрата, носить як соціальний так і економічний характер. Тому для представлення соціальних втрат в економічному вираженні проводять оцінку в грошовому еквіваленті.

Так за даними Агентства США з охорони довкілля (US EPA) у країні щорічно в результаті впливу ЗЧ_{10} помирає майже 50 тис. населення, що чинить збитків близько на 40-50 млрд. доларів на рік. У Франції щорічно від впливу забруднення атмосферного повітря ЗЧ_{10} помирає 31,7 тис. осіб, а збитки від передчасних смертей оцінюються в 3,6 млрд. євро, в Австрії ці показники відповідно, становлять 5,6 тис. смертей та 3,2 млрд. євро, в Швеції – 3,3 тис. смертей та 3 млрд. євро. [19]. Наведені цифри досить переконливо свідчать про те, що забруднення зваженими частками є одним з основних факторів ризику для життя та здоров'я людини.

В представленій роботі така оцінка була зроблена з використанням економічного еквіваленту – вартості середньостатистичного життя людини. Зазначений показник широко використовується в економічно розвинених країнах, адже враховує як суб'єктивні так і об'єктивні аспекти суспільного життя і дає досить обґрунтовані оцінки з точки зору соціальної справедливості та економічної доцільності.

Запропонований в цій роботі комплексний підхід до визначення соціально-економічних збитків дає прогностні оцінки, що дозволяє прийняти відповідні заходи і попередити (зменшити) небажані ефекти. Ще однією його перевагою є універсальність. Адже його можна застосовувати при оцінках впливу будь якого фактора довкілля або галузі промисловості, на місцевому або державному рівні, а також при аналізі співвідношення «витрати-вигоди». Такий аналіз є основною складовою при розробці профілактичних програм, природозберігаючих заходів або плануванні нових промислових об'єктів та історично пов'язаний з процедурою оцінки впливу на оточуюче середовище. [150]

Наразі обговорюється закон України «Про стратегічну екологічну оцінку», який вніс суттєвий резонанс у вітчизняний політикум. Його прийняття стане ще одним кроком на шляху вконання Україною умов вступу до ЄС.

Законопроектом передбачено впровадження європейських стандартів екологічної оцінки: встановлення чітких та прозорих процедур екологічної оцінки при плануванні виробництва та ухваленні рішень органів влади стосовно сталого розвитку територій, із забезпеченням участі громадськості та врахуванням існуючих та потенційних екологічних проблем, у тому числі пов'язаних зі здоров'ям населення.

В цьому контексті пропонується наступна схема алгоритму прийняття рішення щодо реалізації нових проектів та природоохоронних заходів (рис. 6.3)

Продовжуючи обговорення, не можна не приділити увагу важливій складовій методології оцінки ризику - інформування населення про можливі ризики. Згідно Орхуської конвенції, яка була ратифікована Україною в 1999 році, кожен громадянин має право володіти інформацією щодо стану довкілля та його впливом на людину.

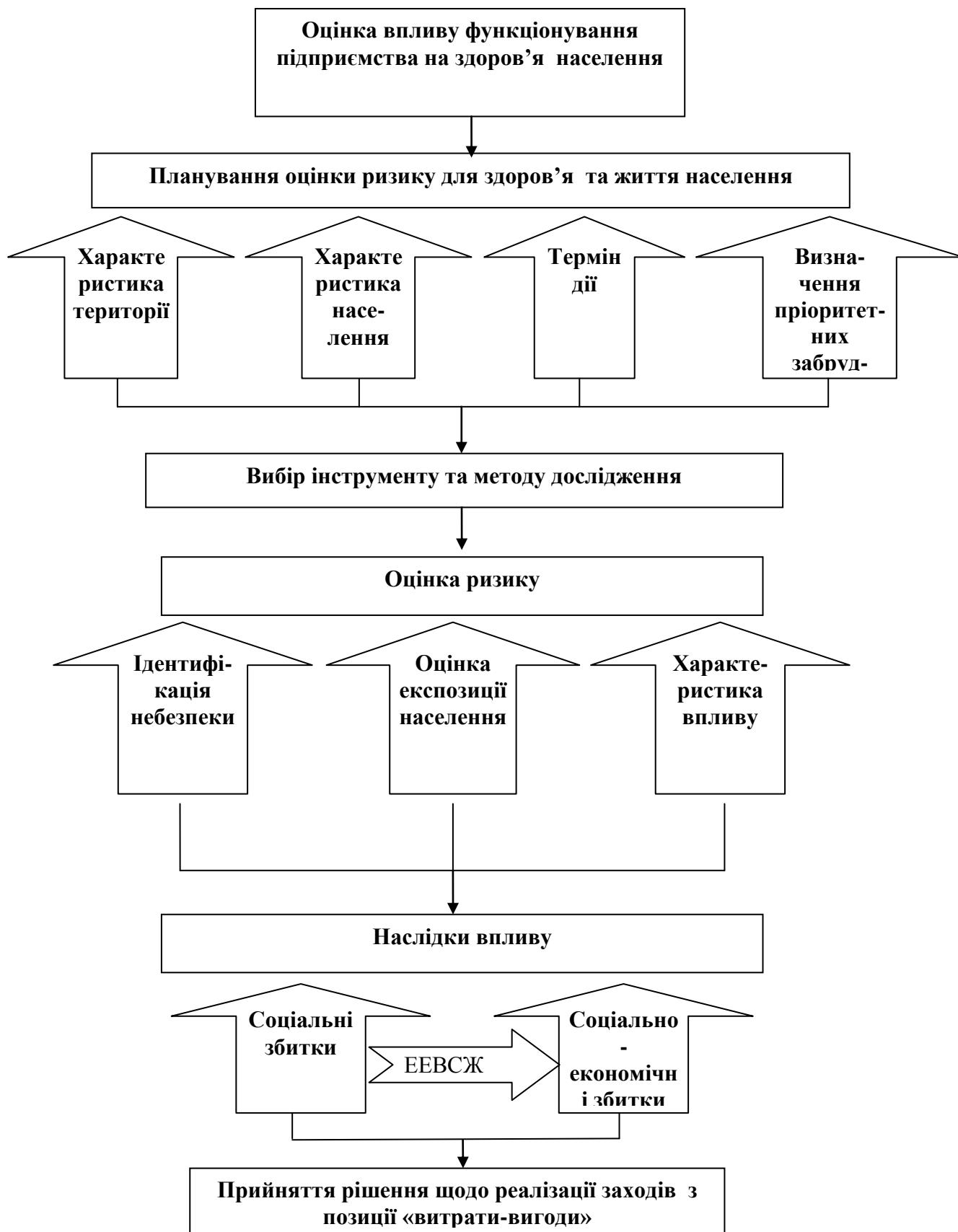


Рис. 6.3. Алгоритм обґрунтування заходів з мінімізації впливу підприємства на експоноване населення.

Виходячи з цього, отримання точних та валідних даних при оцінці проектів є стратегічно необхідною умовою для їх успішної реалізації.

Підводячи підсумки треба сказати, що на шляху інтеграції в Європейське співтовариство Україні потрібно вирішити вкрай важливі та складні питання, що пов'язані з державною політикою в галузі охорони довкілля та природокористування, регулювання господарчої діяльності, захисту людини в умовах наростаючого конфлікту між потребами виробництв та станом оточуючого середовища.

Їх вирішення ускладнюється відсутністю відповідного моніторингу та епідеміологічних досліджень, що призводить до неможливості отримання об'єктивних даних стосовно стану довкілля, зокрема атмосферного повітря, його впливу на здоров'я, демографічних даних та даних медичної статистики, відносно смертності та захворюваності на хвороби, які можна пов'язати з впливом довкілля (серцево-судинні, легеневі, онкологічні хвороби). Тому більшість розрахунків побудовані на узагальнених числах негативних ефектів з боку здоров'я.

Вищесказане свідчить про необхідність:

- створення та впровадження моніторингових програм вимірювання пилу ($ZЧ_{10}$) в повітрі населених місць;
- перегляду та узгодження гігієнічних нормативів для пилу НДЗС та розробки нормативу для $ZЧ_{10}$, відповідно до рекомендацій та вимог ВООЗ, шляхом дотримання директив та нормативних документів ЄС, учасником яких є Україна;
- створення єдиних інформаційних систем соціально-гігієнічного моніторингу із імпортом даних статистичної звітності щодо смертності населення в розрізі щоденної реєстрації випадків смерті за причинами;
- затвердження ймовірнісних підходів до оцінки негативного впливу забруднення повітря на здоров'я населення на державному рівні;
- проведення подальших досліджень впливу зважених часток ($ZЧ_{10}, ZЧ_{2,5}$) від різних видів виробництв та технологічних процесів на організм людини з метою удосконалення системи управління якістю повітря (встановлення та

розробки технологічних нормативів викидів на підставі оцінок ризику та обґрунтуванні розподілу по зонах ризику та агломераціям).

Зрозуміло, що ці заходи повинні реалізовуватися з врахуванням вимог та принципів міжнародної практики.

Значне місце в цьому процесі займатиме екологічне регулювання економіки. Його підґрунтям повинні стати принципи: обережності, гласності та демократизму, першочерговості екологічної безпеки. Для досягнення сталого розвитку держава повинна привести у відповідність до європейського законодавства вітчизняну нормативно-правову базу, відійти від залишкового принципу фінансування природозберігаючих заходів, запровадити обов'язкову оцінку впливу на навколишнє середовище нових виробничих проектів, а також проводити комплексний аналіз співвідношення «витрати – вигоди» при плануванні медико-екологічних заходів. [151]

Вищезазначене відповідає концепції «Зеленої економіки», яка набуває все більшої популярності в розвинених країнах. [152]

Здобуком цієї роботи є те, що в ній зроблена спроба втілити один із основних принципів екологічного регулювання – наукове обґрунтування узгодження соціальних, економічних та екологічних інтересів на основі міждисциплінарного підходу.

За матеріалами розділу надруковано:

1. Недосконалість системи моніторингу атмосферного повітря та шляхи її поліпшення / О. І. Турос, А. А. Петросян, Л. М. Черненко, Г. М. Давиденко, Т. П. Маремуха // Матеріали міжнародної наук.-практ. конференції, присвяченої Всесвітньому дню здоров'я // Східноєвропейський журнал громадського здоров'я. - 2012. – № 1 (17). – С. 267 – 268.
2. Новий підхід до регулювання якості атмосферного повітря / О.І. Турос, А.А.Петросян, О.М. Картавцев, О.В. Вознюк, Г.М. Давиденко, Я.П. Маркевич // Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю: тези доп. Між народ. наук.-практ. Конф. (26 – 27 вер. 2009 р.). – Вінниця, 2009. - С. 409 – 412.

3. Оцінка збитків для здоров'я населення, обумовлених забрудненням атмосферного повітря / О.І. Турос, А.А. Петросян, Г.М. Давиденко, В.В. Близнюк, О.В. Ананьєва //Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (восьмі марзєєвські читання): збірка тез доп. наук.-практ. конф. (23 – 24 трав. 2012 р.). – К., 2012. – С. 159 – 160.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі проведених аналітичних та прикладних досліджень наведено теоретичне узагальнення та нове практичне вирішення наукового завдання щодо гігієнічної оцінки небезпеки для здоров'я населення забруднення атмосферного повітря зваженими частками пилу з аеродинамічним діаметром менше 10 мкм ($ЗЧ_{10}$).

1. Проаналізовано законодавчі документи в галузі охорони та гігієни атмосферного повітря, стосовно регулювання забруднення $ЗЧ_{10}$. Обґрунтовано необхідність прийняття та затвердження на національному рівні критеріїв $ЗЧ_{10}$, відповідно до європейських вимог, шляхом встановлення верхніх та нижніх значень його вмісту в атмосферному повітрі та цільових соціальних індикаторів.

2. Показано, що населення, яке проживає у містах зосередження промислових підприємств, знаходиться під рівнями високої експозиції зваженими частками різного аеродинамічного діаметру (пил НДЗС – $C_{\min}=2,7$ мкг/м³, $C_{\max}=746,2$ мкг/м³; $ЗЧ_{10} - C_{\min}=1,5$ мкг/м³, $C_{\max}=410,4$ мкг/м³). Визначено перевищення міжнародних критеріїв щодо вмісту $ЗЧ_{10}$ в атмосферному повітрі населених місць, в середньому від 1,4 до 6 разів.

3. Розраховано рівні індивідуального ризику смерті (IRM) для фракції зважених часток з аеродинамічним діаметром менше 10 мкм ($ЗЧ_{10}$). Визначено, що у м. Дніпро (від коксохімічного підприємства) рівні ризику коливаються в межах $ICR_{\text{total}}=1,5 \times 10^{-6} \div 5,7 \times 10^{-5}$ та характеризуються допустимими рівнями для проживання населення. У мм. Запоріжжя, Макіївка та Кам'янське від коксохімічних підприємств ризик становив відповідно: $IRM=9,7 \times 10^{-6} - 2,3 \times 10^{-4}$, $IRM=1,1 \times 10^{-5} - 2,4 \times 10^{-4}$, $IRM=2,2 \times 10^{-5} - 2,3 \times 10^{-4}$. Від підприємств металургійного комплексу у мм. Запоріжжя та Маріуполь, відповідно: $IRM=1,8 \times 10^{-5} - 1,1 \times 10^{-3}$ та $2,1 \times 10^{-4} - 8,7 \times 10^{-4}$, що характеризуються, як недопустимі для експонованого населення. Подібні рівні ризику - $IRM=5,1 \times 10^{-6} - 1,4 \times 10^{-3}$ та $IRM=2,2 \times 10^{-5} - 1,9 \times 10^{-4}$ відповідно встановлені й від впливу викидів машинобудівного та гірничорудного комплексу, що характерні для умов проживання експонованого населення мм. Дружківка та Кривий Ріг.

4. Проведено просторовий аналіз розподілу населення в рецепторних точках мм.Запоріжжя, Дружківка, Маріуполь, Дніпро, Кам'янське Макіївка, Кривий Ріг за допомогою геоінформаційних технологій, що дозволило визначити кількість населення, яке проживає в зонах підвищеного ризику.

5. Оцінено ймовірні соціальні втрати для здоров'я населення від викидів ЗЧ₁₀ у вигляді додаткових випадків смертей протягом життя, які становитимуть: від коксохімічних підприємств у м. Запоріжжя від 0,13 до 3,1 (на підставі результатів геокодування населення від 1,5 до 36), у м. Кам'янське від 0,08 до 0,87, у м. Макіївка від 0,04 до 0,9; у м. Дніпро від 0,04 до 1,4 додаткових випадків смертей; від машинобудівного підприємства у м. Дружківка від 0,004 до 1,1 (на підставі результатів геокодування населення від 0,06 до 21); у м. Кривий Ріг від гірничорудного комбінату від 0,12 до 1 випадку; від металургійного комплексу у м. Запоріжжя від 0,2 до 14,7 додаткових випадків смертей, в м. Маріуполь – від 1,2 до 5 випадків додаткових смертей. Це дозволило встановити, що при збільшенні середньодобової концентрації РМ₁₀ приріст смертності складає 0,6 % на кожні 10 мкг/м³.

6. Встановлено, що можливі соціально-економічні збитки (виражені у вартісних показниках) від викидів ЗЧ₁₀ пилу знаходяться в межах для: коксохімічних підприємств від 0,1 млн. грн. до 7,75 млн. грн.; машинобудівного підприємства від 0,01 млн. грн. до 2,75 млн. грн.; гірничорудного підприємства від 0,3 млн. грн. до 2,5 млн. грн.; металургійних підприємств від 0,5 млн. грн. до 36 млн. грн..

7. Доведено доцільність поєднання методології оцінки ризику та економічних підходів при кількісних оцінках впливу забруднення атмосферного повітря на громадське здоров'я та розробці профілактичних програм з мінімізації ризику. Визначено, що впровадження запропонованих заходів щодо зменшення викидів ЗЧ (в т.ч. ЗЧ₁₀), дозволить досягти рівнів умовно прийняттого ризику (за рахунок зниження) для металургійних, машинобудівних, гірничорудних підприємств до рівня $n \times 10^{-5}$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Качество атмосферного воздуха и здоровье: информационный бюллетень [Электронный ресурс]. 2016. – Режим доступа : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/ru>.
2. Report on the European Environment and Health Process (2010 - 2013) / WHO Regional Office for Europe. – Geneva, 2013. – 29 p.
3. Air quality guidelines — global update 2005 / WHO Regional Office for Europe. – Copenhagen, 2006. – 484 p.
4. Report of the European Environment and Health Ministerial Board to the WHO Regional Committee for Europe and the United Nations Economic Commission for Europe Committee on Environmental Policy. – 2013. – P.7.
5. Macroeconomics and Health: Investing in Health for Economic Development [Electronic resource]. – Geneva, 2001. – 210 p. – Mode of access: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/42435/1/924154550X.pdf>
6. Турос О.І. Перспективи розвитку гігієни повітря в умовах євроінтеграції України / О.І. Турос // Гігієнічна наука та практика: сучасні реалії : матеріали XV з'їзду гігієністів України (20-21 вересня 2012 р.). – Львів, 2012. – С. 256-257.
7. Турос О.І. Гігієна повітря / О. І. Турос, А. А. Петросян, Л.І. Михіна // Досвід та перспективи наукового супроводу проблем гігієнічної науки та практики : зб. наук. пр. – К., 2011. – С. 133-149.
8. Турос О.І. Розробка наукових підходів до гігієнічної оцінки небезпеки від джерел забруднення атмосферного повітря на основі показників ризику : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра мед. наук : спец. 14.02.01 «Гігієна та професійна патологія» / О.І. Турос. – К., 2008. — 42 с.
9. The Benefits and Costs of the Clean Air Act 1990 to 2020 [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.epa.gov/oar/sect812/feb11/fullreport.pdf>.
10. Обоснование экономического ущерба, наносимого здоровью населения неблагоприятными факторами внешней среды/ Ф.В. Хузианов// Экономика здравоохранения. – 1999.- №5-6. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://medi.ru/info/7930>.

11. Оценка ущерба здоровью человека как одно из приоритетных направлений экологии человека и инструмент обоснования управленческих решений / Ю.А. Рахманин, С.М. Новиков, Г.И. Румянцев и др. // Гигиена и санитария. – 2006. – № 5. – С. 10-13.
12. Экономическая оценка и обоснование решений в области управления риском для здоровья населения при воздействии факторов среды обитания: методические рекомендации / Минздрав РФ. – М., 2011. – 59 с.
13. Golub A. Evaluation and Identification of Priority Air Pollutants for Environmental Management on the Basis of Risk Analysis in Russia / A. Golub, E. Strukova // Journal of Toxicology and Environmental Health. – 2008. - №71. - P. 86-91.
14. Air Pollution Costs in Ukraine / E. Strukova, A. Golub, A. Markandya et al. // Fondazione Enrico Mattei, Nota Di Lavoro. – Milano, 2006. - 120 p.
15. Cost of Air Pollution in Kazakhstan: Human Health Risk Assessment / U. Kenessariyev, M. Brody, A. Golub et al. // Journal of Environmental Protection. – 2013. - №4. – P. 869-876.
16. Risk Assessment Capacity Building Program in Zaporizhzhia, Ukraine: Emissions Inventory Construction, Ambient Modeling, and Hazard Results [Electronic resource] / J. C. Caldwell, A. Serdyuk, O. Turos, A. Petrosian et al. // Journal of Environmental Protection. – 2013. - №4. – P. 1476-1487. – Mode of access : <http://dx.doi.org/10.4236/jep.2013.412169>.
17. Health and the environment in the WHO European Region : Situation and policy at the beginning of the 21st century : Fourth Ministerial Conference on Environment and Health (23 - 25 June, 2004). – Budapest, 2004. – P. 23 - 128.
18. Environment and Human Health : Joint EEA-JRS Report / European Environment Agency. – Copenhagen, 2013. – 112 p.
19. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP : technical report / WHO Regional Office for Europe. – Copenhagen, 2013. – 302 p.
20. Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE : technical report / WHO Regional Office for Europe. – Copenhagen, 2014. – 65 p.

21. Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення : Закон України від 24 лютого 1994 року № 4004-ХІІ // Відомості Верховної Ради України. – 1994. – № 27. – С. 218.
22. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року : Закон України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2818-17>.
23. Національний план дій з охорони навколишнього природного середовища України на період 2011-2015 роки [Електронний ресурс] / Кабінет Міністрів України. – 2011. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/577-2011-%D1%80#n9>.
24. Доклад о ситуации в области неинфекционных заболеваний в мире, 2010 г. / ВОЗ. – Женева, 2013. – 172 с.
25. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment / WHO. – Geneva : WHO, 2006. – 20 p.
26. Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха, касающиеся твердых частиц, озона, двуокиси азота и двуокиси серы: глобальные обновленные данные / ВОЗ. – Женева, 2005. – 31 с.
27. Рекомендации по качеству воздуха в Европе. – 2-е изд. / ВОЗ. – М. : Весь мир, 2004. – С. 5-89.
28. Monitoring ambient air quality for health impact assessment/WHO. – Copenhagen, 2001. – p. 149-196. Mode of access: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2009/monitoring-ambient-air-quality-for-health-impact-assessment>
29. Kryzanowski M. Health effects of transport-related air pollution. – Copenhagen, 2005. – 190 p.
30. Health effects of particulate matter: policy implication for countries in Eastern Europe, Caucasus and Central Asia / World Health Organization.- Copehagen, Risk Assessment Capacity Building Program in Zaporizhzhia, Ukraine: Emissions Inventory Construction, Ambient Modeling, and Hazard Results. -15 p.

31. Рамочный план организации мониторинга взвешенных веществ в атмосфере в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии [Электронный ресурс] / WHO. - Режим доступа: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0020/130763/E88565R.pdf.
32. Петросян А.А. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря викидами різних видів промислових підприємств : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата біол. наук : спец. 14.02.01 „Гігієна та професійна патологія” / А.А.Петросян. – К., 2010. – 22 с.
33. Оцінка ризику для здоров'я населення як інструмент управління якістю повітря / О.І. Турос, А.А. Петросян, О.В. Ананьєва та інш. // Инновационные пути решения актуальных проблем базовых отраслей, экологии, энерго- и ресурсосбережения : XXI науч.-практ. конф. (3-7 июня 2013 г.). – Щелкино, АР Крым, 2013. – Том II. – С. 256-261
34. Аналіз оцінки соціальних втрат здоров'я населення, обумовлених забрудненням атмосферного повітря (на прикладі викидів ЗЧ10) / О.І. Турос, А.А. Петросян, Г.М. Давиденко та інш. // Гігієна населених місць : зб. наук. праць. – К., 2012. – Вип. 59. – С. 52-57.
35. Гигиеническое регламентирование и риск / И.А. Черниченко, А.М. Сердюк, О.Н. Литвиченко, Н.В. Баленко // Гигиена и санитария. – 2006. – № 1. – С. 30-32.
36. Петросян А. А. Аналіз дозового інгаляційного навантаження від забруднення атмосферного повітря хімічними речовинами / А. А. Петросян, О. І. Турос, О. М. Картавцев // Довкілля та здоров'я. – 2009. – № 2 (49). – С. 25-28.
37. Mapping the impacts of recent natural disasters and technological accidents in Europe : Environmental issue report № 35 / Office for Official Publications of the European Committees. – Luxemburg, 2004. – P.6-17.
38. Авалиани С. Л. Окружающая среда. Оценка риска для здоровья (мировой опыт) / С. Л. Авалиани, М. М. Андрианова, Е. В. Печенникова ; Консультационный центр по оценке риска. – М. , 1996. – С. 9 - 78.

39. Киселев А. В. Оценка риска здоровью / А. В. Киселев, К. Б. Фридман. - М. ; СПб, 1997. – С. 7 - 58.
40. Ревич Б.А. Основы оценки воздействия загрязненной окружающей среды на здоровье человека / Б.А. Ревич, С.Л. Авалиани, Г.И. Тихонова. - М. : Акрополь, 2004. – С. 80-114.
41. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М. : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004.– С. 58-72.
42. Онищенко Г.Г. Социально-гигиенический мониторинг в Российской Федерации: проблемы и задачи / Г.Г. Онищенко // Гигиена и санитария. – 2006. - № 6. – С. 3-7.
43. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г.Г. Онищенко, С. М. Новиков, Ю. А. Рахманин и др. ; НИИ ЭЧ и ГОС. – М., 2002. - С. 360-390.
44. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г.Г. Онищенко, С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин и др.; НИИ ЭЧ и ГОС. – М., 2002. – С. 12-58.
45. Об использовании методологии оценки риска для управления качеством окружающей среды и здоровья населения Российской Федерации: постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 10.11.1997 №25; Главного государственного инспектора РФ от 10.11.1997 №03-19/24-3483. – М., 1997. – 23 с.
46. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) [Електронний ресурс] / Міністерство охорони здоров'я України. – К., 1997. – Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=803>.
47. Гранично допустимі концентрації (ГДК) та орієнтовно безпечні рівні діяння (ОБРД) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць. - К., 2000. - 139 с.

48. Жолдакова З. И. Гигиеническая оценка и обоснование региональных нормативов / З. И. Жолдакова, Ю. А. Рахманин, О. О. Сеницына. – М., 2006. – 243 с.
49. Бабій В. Ф. Канцерогенний ризик забруднення навколишнього середовища пріоритетними хімічними сполуками та заходи первинної профілактики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора мед. наук : спец. 14.02.01 „Гігієна” / В. Ф. Бабій. – К., 2004. – 42 с.
50. Винарская Е. И. Научные основы гигиенической оценки воздействия химических и биологических факторов среды при их совместном поступлении в организм на основе иммунологического критерия вредности : дис. ... док. мед. наук : 14.02.01 / Е. И. Винарская. – К., 2000. – 390 с.
51. Григоренко Л. Є. Оцінка імунотоксичних ефектів за комбінованої пероральної дії пріоритетних забруднень водного середовища : дис. ... кандидата біологічних наук : 14.02.01 / Л. Є. Григоренко. – К., 2005. – 231 с.
52. Черниченко І.О. До питання гармонізації вітчизняних гігієнічних нормативів якості атмосферного повітря з зарубіжними / І.О. Черниченко, В.Є. Присяжнюк, І.С. Кіреєва // Гігієна населених місць : зб. наук. праць. – К., 2003. – Вип. 42. – С. 18-23.
53. Куценко С. А. Основы токсикологии / С. А. Куценко. – Санкт-Петербург : Фолиант, 2004. – С. 198 - 253.
54. Гжегоцький М.Р. Нариси профілактичної медицини / М.Р. Гжегоцький, В.І. Федоренко, Б.М. Штабський. – Львів, 2008. – 400 с.
55. Авалиани С. Л. Прогнозирование степени вероятности токсических эффектов по параметрам зависимости «концентрация-время» при гигиеническом регламентировании атмосферных загрязнителей : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. мед. наук : спец. 14.00.07 «Гигиена» / С. Л. Авалиани. – М., 1980. – 18 с.
56. Проблема единого эколого-гигиенического нормирования химических веществ в окружающей среде / З.И. Жолдакова, О.О. Сеницына, Н.В. Харчевникова, Н.А. Зайцева // Гигиена и санитария. – 1998. - № 4. – С. 57-62.

57. Новиков С.М. Применение факторов канцерогенного потенциала при оценке риска воздействия химических веществ: методические рекомендации / С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин, Т.А. Шашина – М. : Санэпидмедиа, 2003. - С. 5-42.
58. Пинигин М. А. Гигиеническое регламентирование вредных веществ в атмосферном воздухе / М. А. Пинигин // 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.
59. Оценка ущерба здоровью населения Москвы от воздействия взвешенных веществ в атмосферном воздухе / С.М. Новиков, А.В. Иваненко, И.Ф. Волкова и др. // Гигиена и санитария. – 2009. – № 6. – С. 41 - 43.
60. Health risk assessment of air pollution. General principles (2016) / World Health Organization, 2016. - Copenhagen. - 29 С.
61. Курляндский Б. А. Общая токсикология / Б. А. Курляндский, В. А. Филлов. – М. : Медицина, 2002. – С. 256 – 408.
62. Бобылев С. Н. Экономика природопользования / С. Н. Бобылев, А. Ш Ходжаев. – М. : ТЕИС, 1997. – 272 с.
63. Корчагин В.П. Экономическая оценка ущерба от людских потерь / В.П. Корчагин, В.Л. Нарожная // Проблемы прогнозирования. – 1998. –№ 5 . – С.32-56.
64. Фоменко Г.А. Методы оценки экологических ущербов / Фоменко М.А., Лошадкин К.А. – Ярославль, 2008. - 158 с.
65. Ермаков С.П. Методика определения ущерба от ухудшения здоровья населения / С.П. Ермаков. – М. : ЦПРП, 1999. – 50 с.
66. Глобальные факторы риска для здоровья: смертность и бремя болезней, обусловленные некоторыми факторами риска / WHO, 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44203/8/9789244563878_rus.pdf.

67. Homedes N. The Disability-Adjusted Life Year (DALY) Definition, Measurement and Potential [Электронный ресурс] / N. Homedes. – Режим доступа: <http://libdoc.who.int/publications/2001/924154550X.pdf>.
68. Новик А.А. Концепция исследования качества жизни в медицине / А.А. Новик, Т.И. Ионова, П. Н. Кайнд. - СПб. : ЭЛБИ, 1999. – 140 с.
69. Ревич Б.А. Экономические последствия воздействия загрязнённой окружающей среды на здоровье населения. Пособие по региональной экологической политике / Б.А. Ревич, В.Н. Сидоренко ; Центр экологической политики России. – М., 2007. – 24 с.
70. Макроэкономическая оценка издержек для здоровья населения России от загрязнения окружающей среды / С. Н. Бобылев, В. Н. Сидоренко, Ю. В. Сафонов и др. ; Институт Всемирного Банка, Фонд защиты природы. – М., 2002. – 32 с.
71. Управление риском для здоровья в регионе и финансирование природоохранных проектов (на примере Великого Новгорода) / Центр эколого-экономических исследований Высшей Школы Экономики. - М., 1999. – 65 с.
72. Рынгач Н.А. Экономический эквивалент потерь вследствие преждевременной смертности в Украине // Демографія та соціальна економіка. Київ, 2016. - №2 (27). - С. 39-49.
73. Быков А.А. Цена риска - экономический критерий управления безопасностью / А.А. Быков // Проблемы анализа риска. - 2005. – Т. 2. - №2. - С.100-103.
74. Быков А.А. К проблеме оценки социально-экономического ущерба с использованием показателя цены риска / А.А. Быков // Проблемы анализа риска. - 2005. – Т. 2. - №2. - С.115-131
75. EDF TFAN Report on CAA health care savings - FINAL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://healthyamericans.org/assets/files/EDF%20TFAN%20Report%20on%20CAA%20health%20care%20savings%20-%20FINAL.pdf>
76. Externalities of Fuel Cycles: "Extern Project" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.externe.info/externe_2006/reportex/vol2.pdf

77. Трунов И.Л. Эквивалент стоимости человеческой жизни / И.Л. Трунов, Л.К. Айвар, Г.Х. Харисов // Представительная Власть.- 2006.- № 3 (69). – С. 24-29
78. Мужилівський В.В. Застосування оцінки вартості життя людини в обов'язковому особистому страхуванні // Бізнес-Інформ. – 2012. - №9. - С.205-208.
79. Близнюк В.В. Вартість людського життя: Теорія та практика вимірювання // Український соціум. - 2014. - №3 (50). – С.101-111.
80. Урланис Б.Ц. Народонаселение: исследования, публицистика / Б.Ц. Урланис. — М. : Наука, 1976. – С. 116 - 220.
81. Миловидов А. С. Годы жизни и годы труда / А.С. Миловидов. — М.: Финансы и статистика, 1983. – С. 54 - 67.
82. Шевчук О.О. Економічний еквівалент вартості життя як стимул розвитку страхового ринку та модернізації економіки України // Вісник Університету банківської справи Національного банку України. – 2014.- №2 (20). - С. 13-18.
83. Гладун О. Безцінні люди. Навіщо знати вартість людського життя / О. Гладун, Ю. Лисенко, О. Щетиніна // Forbes. Україна. - 2016. – С. 159–160. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://forbes.net.ua/ua/opinions/1425083-bezcinni-lyudi-navishcho-znati-vartist-lyudskogo-zhittya>.
84. Перспективные направления развития методологии анализа риска в России / С.Л. Авалиани, Л.Е. Безпалько, Т.Е. Бобкова и др. // Гигиена и санитария. – 2013. – № 1.– С. 33-35.
85. Guidelines: Health risk assessment and valuation of human health / Environmental Protection Agency. – Washington, 2001. – 32 p.
86. 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. – Washington, 2005. – Chapter 1. - P. 2 - 32.

87. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря: методичні рекомендації / МОЗ, наказ № 184 від 13.04.2007 р. – К., 2007. – 28 с.
88. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М. : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004.– С. 58-72.
89. Policy for Risk Characterization / Environmental Protection Agency. – Washington, 1995. – 41 p.
90. Вербицька І. Принципи та приклади застосування ринкових інструментів у сучасній природоохоронній політиці: Огляд економічних засад природокористування / І. Вербицька, В. Дюканов, Т. Медун. – К., 2001. – 70 с.
91. Covello V.T. Risk Communication, Risk Statistics, and Risk Comparisons: a Manual for Plant Managers / V. T. Covello, P. M. Sandman, P. Slovic ; Chemical Manufacturers Assosiation. – Washington, D.C., 1988. – P. 122.
92. Політика Світового банку щодо оприлюднення інформації (червень 2002). – К., 2005. – 32 с.
93. Новиков С. М. Критерии оценки риска для здоровья населения приоритетных химических веществ, загрязняющих окружающую среду: методические рекомендации / С. М. Новиков, Ю. А. Рахманин, Н. Н. Филатов. – М. : Санэпидмедиа, 2003. - 56 с.
94. Убезпечення населення у критичних випадках хімічного забруднення атмосферного повітря / А. М. Сердюк, О. І. Турос, І. М. Ковтуненко та інш. // Наукові засади міжгалузевої комплексної програми «Здоров'я нації»: зб. наук. пр. – Вип. 2. – К. : Деркул, 2009. – С. 338 – 350.
95. Integrated Risk Information System [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.epa.gov/iris>.
96. Centers for Disease Control and Prevention [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cdc.gov/nioch/RTECS>.
97. National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.epa.gov/air/criteria.html>.

98. National Certificate of Educational Achievement [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nzqa.govt.nz/ncea/>.
99. National Research Council (NRC). Improving Risk Communication. – Washington : National Academy Press, 1989. - P. 245.
100. The L.J. ISC-AERMOD View : Interface for the U. S. EPA ISC and AERMOD Models : Tutorials / J.L. The, C.L. The, M.A. Johnson; Lakes Environmental Software. – Waterloo-Ontario (Canada), 2005. – Ch. 3-1.
101. Семутникова Е.Г. Стратегия получения информации о качестве атмосферного воздуха в Москве для оценки его воздействия на здоровье населения. Основные результаты мониторинга / Е.Г. Семутникова, П.В. Захарова, Е.А. Лезина // Климат, качество атмосферного воздуха и здоровье москвичей / под ред. Б. А. Ревич. – М., 2006. – С. 60-82.
102. Патент № 33659 UA, МПК А61В 10/00. Спосіб визначення осереднених концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі / О. І. Турос, А. А. Петросян, О. М. Картавцев, О. В. Вознюк, Л. І. Михіна, Є. А. Мельник ; заявник і власник ДУ «ІГМЕ ім. О. М. Марзєєва АМНУ». - №u 200800699 ; заявл. 21.01.2008 ; опубл. 10.07.2008, Бюл.№13.
103. Патент № 14739 UA, МПК А61В 10/00. Спосіб визначення мутагенної небезпеки забруднювачів атмосферного повітря для здоров'я населення / О. І. Турос, Н. Є. Кундеревич, О. О. Сидоренко, А. А. Петросян, Є. О. Тулушев, Д. Т. Карабаєв ; заявник і власник ДУ «ІГМЕ ім. О. М. Марзєєва АМНУ». - № u200512515 ; заявл. 26.12.2005 ; опубл. 15.05.2006. Бюл. №5.
104. Guidelines for Ecological Risk Assessment / U.S. Environmental Protection Agency. – Washington, D.C., 1998. – P. 5 – 110
105. Экспресс-оценка и прогнозирование риска влияния на здоровье населения шума, основных химических веществ при ингаляционном и пероральном поступлении : методические рекомендации / Утв. МЗ Республики Беларусь приказ №125-1106 от 05.01.2007 г. – Минск, 2007. - 31 с.
106. Струкова Е. Б. Риск для здоровья и экономическая оценка ущерба от загрязнения воздух в России / Е. Б. Струкова, Дж. Балбус, А. А. Голуб //

Климат, качество атмосферного воздуха и здоровье москвичей / под ред.

Б. А. Ревич. – М., 2006. – С. 141 – 175.

107. Хайтович А.Б. Итоги и перспективы использования географических информационных систем в медицине и эпидемиологии / А.Б. Хайтович, Л.С. Кирьякова, И.С. Коваленко // Учёные записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Сер. «География». – 2005. – Т.18 (57). – № 1. – С.136-140.
108. Nuckols J. Using Geographic Information Systems for Exposure Assessment in Environmental Epidemiology Studies / J. Nuckols, M. Ward, L. Iarup // Environmental Health Perspectives. – 2004. – Vol.112, № 9. – P. 1007-1015.
109. Burden of Disease from Ambient Air Pollution for 2012: Summary of Results [Электронный ресурс] / WHO. – Режим доступа: www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/AAP_BoD_results_March2014.pdf.
110. Improving environment and health in Europe: how far have we gotten? / WHO. - Copenhagen, 2016. - 143 p.
111. Trends in Ecosystem and Health Responses to Long-range Transported Atmospheric Pollutants / Norwegian Institute for Water Research. – Gothenburg, 2015. - 91 p.
112. Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide. Report on a WHO Working Group. – Bonn, 2013. – 94 p.
113. The precautionary principle: protecting public health, the environment and the future of our children / M. Martuzzi and J.A. Tickner (eds.) ; World Health Organization. – Copenhagen, 2004. - 220 p.
114. Несплачений рахунок. Як вугільні електростанції руйнують наше здоров'я./ Звіт Альянсу з охорони здоров'я та довкілля. // Національний екологічний центр України//К. - 44 с.
115. Турос О. І. Аналіз довгострокового спостереження за станом атмосферного повітря, який здійснюється органами санітарно-епідеміологічної служби України / О. І. Турос // Медичні перспективи. – 2008. – Т. XIII, № 3. – С. 52 - 53.

116. Про охорону атмосферного повітря : Закон України № 50. - 1992 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/2707-12>.
117. Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення : Закон України № 4005-XII, 24.02.1994 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/4004-12>.
118. Про ратифікацію Протоколу про стратегічну екологічну оцінку до Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті : Закон України №562-VIII від 01.07.2015 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/562-19>.
119. Про Основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки : Постанова Верховної ради України від 5.03.1998 №188/98 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/188/98-%D0%B2%D1%80/page>.
120. Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context// United Nations, 1991 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/eia/documents/legaltexts/Espoo_Convention_authentic_ENG.pdf.
121. Орхуська конвенція: керівництво по втіленню (Конвенція про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля). Конвенцію ратифіковано Законом N 832-XIV (832-14) від 06.07.99 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_015.
122. Директива 2008/50/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 21 травня 2008 року про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи [Електронний ресурс] // Офіційний вісник Європейського Союзу (UA). – 2008. – 44 с. – Режим доступу : zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_950
123. Директива 2010/75/ЄС «Про промислові викиди (інтегроване запобігання та контроль забруднення)» // Офіційний вісник Європейського Союзу (UA). – 2010. – L 334. – С. 17-119 с.

124. Директива 2001/80/ЄС «Про обмеження викидів деяких забруднюючих речовин в атмосферу з великих спалювальних установок» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/994_913
125. DIRECTIVE 2004/107/EC 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. – P. 3-16.
126. Протокол про стратегічну екологічну оцінку до Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті (ратифіковано Законом України № 562-VIII від 01.07.2015. – Режим доступу: http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/995_b99.
127. Протокол о борьбе с подкислением, эвтрофикацией и приземным озоном к Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния 1979 года (Гетеборг, 30 ноября 1999 года). - Режим доступа : http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/995_c51
128. Про затвердження Концепції зменшення обсягів викидів важких металів в атмосферне повітря : Постанова КМУ від 21 серпня 2000 р. N 1291 (із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 956 (956-2009-ц) від 09.09.2009). - Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1291-2000-%D0%BF>
129. Протокол к Конвенции 1979 года о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния относительно дальнейшего сокращения выбросов серы. - Режим доступа : http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995_802.
130. Директива Совета N 1999/13/EC об ограничении выбросов летучих органических соединений вследствие использования органических растворителей в определенной деятельности и установках. – Режим доступа : http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/994_923
131. Health 2020: the European policy for health and well-being [Електронний ресурс]. – Copenhagen : WHO Regional Office for Europe, 2015. – Режим доступу: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/health>.

132. Impact Assessment : Commission Staff Working Document. Brussels : European Commission (SWD, 2013) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ec.europa.eu/governance/smpact/ia_carried.
133. Human Exposure Assessment to Air Pollution from Industrial Sources in Ukraine / O. Tuross, O. Kartavtsev, A. Petrosian et al. // Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine: 2008 The 3rd Central and Eastern Europe Conference on Health and the Environment (19-22 Oct. 2008) : abstract book. – Cluj-Napoca (Romania), 2008. – P.110-111.
134. Статистичний щорічник України за 2013 рік / Державна служба статистики України. – К., 2014. – 567 с.
135. Про державний бюджет України на 2015 р. : Закон України [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/80-19>.
136. Документи Державної служби статистики [Електронний ресурс].//Державний комітет статистики: офіційний веб. портал. - Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2015/so_ek_r_u/soekru_u/soekru_12_15.zip.
137. Про пенсійне забезпечення: Закон України [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1788-12>.
138. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/984_011.
139. Розширення інформаційних можливостей санітарно-епідеміологічної служби при узгодженні документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів підприємств / О. І. Турос, Л. М. Черненко, О. М. Картавцев, та ін. // Гігієна населених місць: зб. наук. пр. – Вип. 54. – К., 2009. – С. 60 - 63.
140. Турос О. І. Аналіз ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря промисловими підприємствами м. Запоріжжя / О. І. Турос // Медичні перспективи. – 2008. – Т. XIII, №1. – С. 93 - 97.

141. Порівняльний аналіз ризику для здоров'я населення від викидів промислових підприємств різних галузей народно-господарської діяльності / О. І. Турос, А. А. Петросян, О.В. Ананьєва та інш. // Довкілля та здоров'я. – 2012. – № 4 (63). – С. 34-38.
142. Розширення можливостей санітарно-епідеміологічної експертизи при обґрунтуванні встановлення розміру санітарно-захисної зони для феросплавного підприємства на етапі управління ризиком / О. І. Турос, А. А. Петросян, О. В. Ананьєва та інш. // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. – К., 2013. – Вип. 61 – С. 62-70.
143. Научно-методологические основы оценки риска для здоровья населения при комплексном эколого-гигиеническом исследовании территорий / В.П. Иванов, О.В. Васильева, А.В. Полоников// Экология человека. – 2012. - №11. - Р. 11-19. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://cyberleninka.ru/article/n/nauchno-metodologicheskie-osnovy-otsenki-riska-dlya-zdorovya-naseleniya-pri-kompleksnom-ekologo-gigienicheskom-issledovanii>
144. Проект руководящих принципов разработки национальных стратегий использования мониторинга качества воздуха как средства экологической политики [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.unece.org/env/documents/2009/ECE/CEP/AC.10/ece.cep.ac.10.2009.1.r.pdf>.
145. Status report on quality assurance and quality control in air monitoring networks: Central and Eastern Countries of the WHO European Region / M. Kollar and H.-G. Mucke. - Berlin, 2000. - 74 p.
146. Global status report on noncommunicable diseases - 2010. Description of the global burden of NCDs, their risk factors and determinants [Електронний ресурс] / WHO. – Geneva, 2011. - Режим доступу: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44579/1/9789240686458_eng.pdf.
147. Турос Е.И. Внедрение оценки риска для здоровья населения при управлении качеством атмосферного воздуха в Украине / Е.И. Турос, А.А. Петросян // Формирование и реализация экологической политики на

- региональном уровне: матер. VI Всероссийской науч.-практ. конф. – Ярославль, 2013. – С. 99-103.
148. The economics of air pollution health risks in Russia: a case study of Volgograd / A. Larson, S. Avaliani, A. Golub et al. // World Development. – 1999. – Vol. 27. – № 10. – P. 1803-1819.
149. Air quality in Europe – 2015. Report № 5 / European Environment Agency. – Copenhagen, 2015. - 57 p.
150. Economic cost of the health impact of air pollution in Europe. Clean air, health and wealth / World Health Organization. – Copenhagen, 2016. - 54 p.
151. Цілі сталого розвитку 2016-2030 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.un.org.ua/ua/tsili-rozvytku-tysiacholittia/tsili-staloho-rozvytku>.
152. Green Economy and Sustainability: A Societal Transformation Process. - Bonn, 2012. – 17 p.

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З ПИТАНЬ БЕЗПЕЧНОСТІ
ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ТА ЗАХИСТУ СПОЖИВАЧІВ**

2. Комунальна гігієна.

2.12. Стан здоров'я населення у зв'язку зі станом довкілля.

**ОРГАНІЗАЦІЯ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ЗАБРУДНЕННЯМ
АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЗВАЖЕНИМИ ЧАСТКАМИ ПИЛУ
ДІАМЕТРОМ ДО 10 МКМ (PM₁₀)**

Методичні рекомендації МР

Видання офіційне

Київ – 2017

ПЕРЕДМОВА

Моніторинг та оцінка експозиції населення дрібнодисперсними частинками в атмосферному повітрі ($PM_{2,5}$ і PM_{10}) є необхідними умовами для ефективного управління хімічною безпекою повітря з метою охорони здоров'я. У даному технічному документі в загальному вигляді наводяться принципи моніторингу речовин у вигляді суспендованих твердих частинок (PM) та надаються практичні рекомендації щодо обов'язкових кроків, які повинні бути зроблені для того, щоб приступити до моніторингу PM в Україні. У методичних рекомендаціях розглядається широкий спектр умов, які необхідно приймати до уваги при організації моніторингу, і містяться загальні принципи програми моніторингу, які повинні адаптуватися до місцевих умов і потреб.

Документ запропоновано для забезпечення фахівців з управління хімічною безпекою повітря та закладів Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів (Держпродспоживслужби) необхідними відомостями. Головна увага приділяється оцінці, контролю та управлінню стану забруднення повітря.

© Видання офіційне
Міністерство
охорони здоров'я України
Державна служба України
України України
з питань безпеки харчових
продуктів та захисту споживачів

Ці методичні рекомендації не можуть
бути повністю або частково відтворені,
тиражовані і поширені без дозволу
Голови Держпродспоживслужби

ЗМІСТ

1. Загальні положення
 2. Вплив РМ на здоров'я
 3. Перелік використаних термінів та скорочень
 4. Визначення та терміни
 5. Сфера застосування та загальні положення
 6. Критерії вибору оптимального варіанту розміщення постів моніторингу
 7. Основні вимоги до організації та функціонування поста моніторингу РМ
 8. Методи моніторингу
 9. Оцінка вимірюваних концентрацій РМ
- Використані джерела

ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ МОЗ України
від « » 20 р.
№

Методичні рекомендації

«Організація спостереження за забрудненням атмосферного повітря зваженими частками пилу діаметром до 10 мкм (р_{m10})»

1. Загальні положення

Методичні рекомендації «Організація спостереження за забрудненням атмосферного повітря зваженими частками пилу діаметром до 10 мкм (РМ₁₀)» (далі - методичні рекомендації) призначені для спеціалістів установ та закладів Державної служби України з питань безпеки харчових продуктів та захисту споживачів, які займаються проблемами забруднення атмосферного повітря, для організації моніторингу речовин у вигляді суспендованих твердих частинок на території України з урахуванням місцевих умов і потреб.

2. Вплив РМ на здоров'я

Як результат проведеного ВООЗ аналізу впливу РМ на здоров'я населення у великих містах світу, було зроблено висновок про те, що вплив РМ є причиною приблизно 800 тисяч передчасних смертей на рік [6]. Аналогічний аналіз, проведений в рамках програми Європейської комісії «Чисте повітря для Європи», показав, що РМ з антропогенних джерел в усіх країнах Європейського Союзу є причиною майже 290 тисяч передчасних смертей на рік [7]. Вплив речовин у вигляді суспендованих твердих речовин знижує середню тривалість життя приблизно на один рік. Було доведено, що ризик різних захворювань (в тому числі дихальної та серцево-судинної систем) зростає пропорційно експозиції, і практично ніщо не вказує на існування певного порогу концентрації, нижче якого можна було б припустити відсутність негативного впливу на здоров'я.

З грубою фракцією РМ 10 (тобто частинками розміром від 2,5 до 10 мкм) пов'язана захворюваність дихальних органів. Проте, найбільш тісний зв'язок між смертністю від серцево-судинних захворювань та довготривалим впливом РМ спостерігався відносно концентрацій частинок РМ 2,5, а не частинок РМ 10. Тому в якості необхідного заходу щодо зниження небезпеки багатьох наслідків для здоров'я населення рекомендується скорочення експозиції по РМ₁₀ і РМ_{2,5}.

3. Перелік використаних термінів та скорочень

PM – речовини у вигляді суспендованих твердих частинок

BS – чорний дим, сажа

TSP – сума речовин у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом

PM₁₀ – речовини у вигляді суспендованих твердих частинок з діаметром менше 10 мкм

PM_{2,5} – речовини у вигляді суспендованих твердих частинок з діаметром 2,5 мкм.

U.S. EPA – Агентство США з охорони навколишнього середовища

WHO – Всесвітня організація охорони здоров'я

RR – відносний ризик

TC – сумарний вуглець

OC – органічний вуглець

МАВР – Міжнародне Агентство з вивчення раку

4. Визначення і терміни

TSP (total suspended particulate) – сума речовин у вигляді суспендованих твердих частинок, яка включає всі частки, які знаходяться в повітрі, або ж тільки частки так званих інгалябельних розмірів, тобто ті, які здатні потрапляти в дихальні шляхи людини при носовому диханні;

PM₁₀ – фракція речовин у вигляді суспендованих твердих частинок з аеродинамічним діаметром менше 10 мкм;

PM_{2,5} – фракція речовин у вигляді суспендованих твердих частинок з аеродинамічним діаметром менше 2,5 мкм;

PM_{10-2,5} (різниця концентрацій між PM₁₀ і PM_{2,5}) - так звана «груба фракція» (мається на увазі відносна грубість цієї частини фракції PM₁₀, а не відносно TSP);

ультратонкі частинки – фракція речовин у вигляді суспендованих твердих частинок з аеродинамічним діаметром менше 0,1 мкм (наночастинки, складові та 40% викидів дрібнодисперсних фракцій викидів автомобільного транспорту, особливо дизельного, що представляють високу канцерогенну небезпеку для здоров'я населення).

5. Сфера застосування та загальні положення

5.1. Методичні рекомендації (далі – МВ) призначені для організації моніторингу забруднення атмосферного повітря дрібнодисперсними частинками, що проводиться:

- з метою отримання інформації про якість атмосферного повітря, простежування його динаміки, виявлення джерел забруднення та оцінки ефективності заходів щодо зниження викидів з цих джерел;

- для якісної й кількісної оцінки шкідливих експозицій населення дрібнодисперсними частинками в рамках соціально-гігієнічного моніторингу з метою встановлення їх внеску в порушення популяційного здоров'я, оцінки ризиків для здоров'я, а також контролю відповідності або невідповідності фактичних рівнів забруднення міжнародним критеріям допустимого вмісту шкідливих речовин у повітрі.

5.2. Методичні рекомендації розроблені з метою забезпечення єдиної науково обґрунтованої системи оцінки дрібнодисперсних частинок і враховують нові методичні підходи, рекомендовані ВООЗ.

5.3. Важливим завданням управління якістю повітря є зниження експозиції населення РМ. Для цього необхідна, перш за все, оцінка концентрацій $PM_{2,5}$ і PM_{10} . Моніторинг концентрацій лише суми речовин у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом, або TSP (до якої входять і частки більшого розміру, ніж PM_{10}), меншою мірою підходить для ефективного регулювання якості повітря з метою охорони здоров'я населення. Проте, враховуючи накопичений досвід і досить розвинену систему моніторингу сумарної концентрації цих речовин, вона повинна бути збережена аж до достатнього розвитку системи моніторингу дрібнодисперсних фракцій і аналізу досить великого об'єму матеріалів щодо співставлення одержаних результатів.

Загальні принципи побудови системи моніторингу та методи спостережень TSP регламентовані нормативним документом РД 52.04.186-89 "Руководство по контролю загрязнения атмосферы", затвердженим Держкомгідрометом та Міністерством охорони здоров'я СРСР.

6. Критерії вибору оптимального варіанту розміщення постів моніторингу

6.1. Вибір точок для розміщення стаціонарних постів моніторингу РМ повинен бути орієнтований, перш за все, на ті сельбищні зони, в яких зосереджена основна частина населення даного регіону, міста, району (з розміщенням цих точок якомога ближче до центру зони), але з урахуванням умов промислового та транспортного забруднення атмосфери речовинами у вигляді суспендованих твердих частинок (потужність викидів в атмосферу, їх близькість, напрямок вітру; відстань до транспортних магістралей), таким чином, щоб мережа постів моніторингу в цілому охоплювала і зони з максимальною експозицією, навіть якщо в них проживає відносно мала частина населення.

Для реалізації цього принципу на конкретних територіях повинні враховуватися деякі важливі обставини, зокрема, очікуваний або вже вивчений просторовий розподіл концентрацій РМ у межах міста і навіть окремої області чи регіону. Він може бути досить рівномірним, тому за таких умов єдина станція моніторингу в деяких випадках може виявитися досить репрезентативною для спостереження на території окремих районів або і всього міста і навіть області, але, якщо ця станція не знаходиться під прямим впливом локального джерела забруднення атмосферного повітря або транспортної магістралі.

Складний рельєф місцевості, а також кількість і розташування основних промислових і транспортних джерел викиду РМ в атмосферу, відстань від них, метеорологічні умови і т.д. можуть істотно вплинути на розподіл концентрацій РМ у межах даної зони і зробити його виражено нерівномірним. Зокрема, точки моніторингу, розташовані поблизу автотранспортних потоків, які не мають потужних промислових викидів, зазвичай, характеризуються концентраціями, що істотно перевищують загальноміський фон. Значною мірою це залежить від переносу частинок (в тому числі, транскордонного).

6.2. Для оцінки необхідної кількості постів моніторингу та вибору схеми їх розміщення корисним є попередній аналіз просторової картини забруднення атмосферного повітря за даними діючої державної мережі станцій моніторингу TSP або математичного моделювання розсіювання викидів. Крім того, важливе значення має характеристика і розташування джерел викиду частинок в атмосферу. Необхідно мати на увазі, що просторовий розподіл частинок різного розміру у зв'язку з неоднаковими аеродинамічними характеристиками (зокрема, з різною швидкістю гравітаційного осадження) не співпадає. Тому відношення РМ/TSP може змінюватися з віддаленням від джерела забруднення. Отже, просторовий розподіл TSP дає лише приблизну попередню оцінку ймовірного розподілу фракцій РМ.

6.3. Для оцінки внеску основними промисловими і транспортними джерелами викидів РМ моніторинг речовин у вигляді суспендованих твердих частинок може здійснюватися:

- на вулицях із інтенсивним рухом транспорту або на проїжджих вулицях із суцільними рядами будинків по обидва боки (у т.зв. вуличних каньйонах);
- у міському районі з розосередженими великими промисловими джерелами викидів для оцінки їх внеску у забруднення атмосферного повітря пилом.

6.4. Точка, де можуть бути зареєстровані короткострокові високі пікові концентрації забруднюючих речовин, може не збігатися з точкою, де має місце висока довгострокова середня концентрація. Перша точка може бути доцільнішою, якщо моніторинг РМ використовується для оцінки заходів щодо зниження викидів, що очікуються на підприємстві, а також для контролю за дотриманням нормативів 24-годинних допустимих концентрацій. Друга точка може бути більш придатною для оцінки впливу на здоров'я населення та його динаміки, а також для контролю за дотриманням нормативів середньорічних допустимих концентрацій.

У разі проведення в аналізованій зоні протягом кількох попередніх років моніторингу сумарних концентрацій речовин у вигляді суспендованих твердих частинок, при виборі точок для розміщення постів моніторингу РМ, зорієнтованих на зони з найбільш високим забрудненням атмосферного повітря дрібнодисперсними частинками, можна керуватись наявними даними про просторовий розподіл TSP. Якщо натурних результатів недостатньо, вони можуть бути доповнені результатами математичного моделювання розсіювання викидів.

6.5. Питання про мінімальну та оптимальну кількість постів у різних регіонах України, яка регламентується з урахуванням їх індустріалізації, транспортного навантаження, щільності населення, числа і величини міст, їх відстані один від одного, рівня забруднення атмосферного повітря (чим він вищий, тим більше точок моніторингу необхідно) і його просторової нерівномірності, а також зосередження в тій чи іншій зоні особливо вразливих груп населення повинно бути узгоджено з відповідними службами. Як орієнтир враховуються чисельність населення і рівень забруднення атмосферного повітря.

Як мінімум пропонується 1 пост моніторингу на територію з населенням 0–250 тисяч осіб. Далі (залежно від трьох рівнів контрольованих максимальних концентрацій відносно встановленого порогу оцінки):

1 або 2 пости – при кількості населення 250–749 тисяч осіб;

1 або 3 пости – при населенні 750–999 тисяч осіб;

1, 2 або 4 пости – при 1000–1499 тисяч осіб;

1, 2 або 5 постів – при 1500–1999 тисяч осіб;

2, 3 або 6 постів – при 2000–2749 тисяч осіб.;

2, 3 або 7 постів – при 2750–3749 тисяч осіб.;

2, 4 або 8 постів - при 3750 – 4749 тисяч осіб;

2, 4 або 9 постів – при 4750 – 5999 тисяч осіб;

3, 5 або 10 постів - при населенні > 6 млн. осіб.

6.6. Для планування мережі моніторингу РМ на рівні території необхідна наступна інформація:

- план території;
- просторовий розподіл промислових підприємств (із зазначенням типу, технологій, які потенційно призводять до значних викидів забруднюючих речовин, та існуючих засобів контролю викидів);
- дані про параметри і викиди з усіх значних точкових джерел забруднення та основних розосереджених джерел;
- шляхи проходження й інтенсивність основних транспортних потоків;
- топографічні та метеорологічні дані, з якими можуть бути пов'язані розсіювання викидів і перенесення забруднення;
- просторовий розподіл щільності населення, що проживає на даній території;
- основні характеристики населення на різних територіях, включаючи стан здоров'я, розподіл за віком і т.д. (на останнє може вказувати розташування лікарень, шкіл, будинків для літніх людей і т.д.).

6.7. Моніторинг концентрацій РМ і засновані на його даних оцінки експозиції мають певні обмеження, зокрема, по просторовому вирішенню і

можливості прогностичних оцінок. Методи математичного моделювання забруднення атмосферного повітря РМ, особливо для тривалих проміжків часу (наприклад, рік), мають перевагу. При моделюванні необхідним є врахування утворення в повітрі вторинних твердих аерозолів (сульфатів, нітратів та ін.), які можуть істотно підвищувати ризик для здоров'я людини.

6.8. Організацію постів доцільніше здійснювати поетапно:

- на першому етапі ставиться завдання відповідного оснащення існуючих станцій моніторингу та лабораторій, що їх обслуговують, необхідним обладнанням для моніторингу РМ;

- на другому етапі – поступове, залежно від економічних (з урахуванням як капітальних, так і експлуатаційних витрат) і матеріально-технічних факторів, а також з урахуванням реального досвіду, отриманого на першому етапі, створення додаткових постів і, при необхідності, переміщення існуючих для оптимізації мережі моніторингу та забезпечення відбору як середньодобових, так і середньорічних проб.

Для цього необхідно:

а) критично оцінити розміщення існуючих постів з точки зору їх відповідності завданням моніторингу, а також з урахуванням захищеності від впливу вузьколокальних джерел забруднення і аеродинамічних збурень, зручності обслуговування, охорони обладнання і т.д. й обрати найбільш відповідні для використання в системі моніторингу РМ;

б) забезпечити як реконструкцію діючих, так і створення додаткових постів уніфікованої проектно-технічної документації.

Відповідно до умов розташування у більшому масштабі, по одному посту моніторингу РМ₁₀ має розташовуватись біля кожного з існуючих осередків забруднення і щонайменше один **пост** – у приміському житловому кварталі або на околиці. Крім того, за наявних ресурсів, ще один **пост** моніторингу має бути створений за межами міського району у сільській місцевості з фоновим рівнем концентрації.

Для початку оцінки тенденцій в зміні концентрації РМ необхідно як можна швидше забезпечити отримання даних у декількох вибраних місцях. Це

послужить основою для першочергових заходів, направлених на зниження викидів. Тому замість того, щоб декілька років чекати даних, поки створиться уся інфраструктура, необхідна для всеохоплюючого моніторингу РМ, рекомендується як можна скоріше розпочинати експлуатацію хоча б одного приладу для безперервного автоматичного контролю для спостереження за тенденціями у вмісті РМ₁₀.

Якщо у регіоні проводиться моніторинг TSP, необхідно швидко реорганізувати мережу так, щоб можна було здійснювати належний контроль РМ₁₀. Проте, в період планування і в процесі реорганізації мережі моніторинг TSP припиняти не можна і за можливості збір даних повинен здійснюватись паралельно. Це дасть змогу досягнути розуміння приблизної залежності між величинами TSP, які вимірюються за старою методикою, і зібраними новими даними про РМ₁₀.

6.9. На початковому етапі, коли локального коригуючого коефіцієнта ще немає, для оформлення результатів, отриманих від приладу автоматичного контролю, у гравіметричних еквівалентних даних буде використовуватись рекомендований для країн ЄС коригуючий коефіцієнт за замовчуванням (= 1,3) (лише протягом обмеженого періоду часу, наприклад, 3 роки). Ці результати будуть використовуватись при плануванні мережі та інформуванні населення.

7. Основні вимоги до організації та функціонування поста моніторингу РМ

7.1. При організації поста з метою оцінки впливу на стан здоров'я населення основним є завдання охарактеризувати досліджувану територію або сельбищну зону населеного пункту в середньому. Пост моніторингу, розташовуючись якомога ближче до геометричного центру зони, повинен бути віддалений від локальних джерел забруднення (в тому числі, від безпосередньої близькості до проїжджої частини вулиці) і розташовуватися в місцях, вільних від аеродинамічних збурень, що створюються стінами, деревами і т.п.

7.2. Відбір проби повітря повинен здійснюватися на висоті 1 м від горизонтальної поверхні даху існуючої станції моніторингу або спеціального

контейнера з установкою вертикального прямого повітрязбірника із захистом від атмосферних опадів. Оптимальною висотою відбору проб є 2-3 м від рівня землі.

7.3. У тих випадках, коли для проведення спеціальних епідеміологічних досліджень з виявлення зв'язку здоров'я населення певних зон або якихось вибраних груп населення цих зон із впливом РМ, необхідний досить тривалий моніторинг цього впливу там, де постійний пост відсутній і не планується до створення. У таких місцях слід обладнати тимчасовий пост або пости, що функціонують протягом заданого періоду спостереження. Оскільки і за місцем розташування, і за оснащенням ці пости повинні бути «прив'язані» до задач конкретного дослідження і не входять до системи постійного державного моніторингу, отримані результати не можна співставляти з даними останнього.

Однак, необхідною є відповідність цих постів основним вимогам, названим вище, а також однаковість їх влаштування, обладнання та правил експлуатації в рамках кожного такого дослідження.

7.4. Тривалість і періодичність відбору проб. У зв'язку із більшою просторовою нерівномірністю концентрацій РМ₁₀, ніж РМ_{2,5}, можна проводити моніторинг РМ_{2,5} не в усіх точках, в яких проводиться моніторинг РМ₁₀. Однак доведено, що визначення РМ_{2,5} є більш інформативним щодо оцінки можливих збитків здоров'ю населення. ВООЗ у своїх останніх глобальних рекомендаціях, які стосуються якості повітря, особливо підкреслює епідеміологічно обґрунтоване положення про найбільшу небезпеку для здоров'я населення тонкої фракції, що входить в діапазон РМ₁₀, але вимірюваної окремо як РМ_{2,5}. Тому вже на першому етапі доцільно створити систему, на кожному посту якої буде здійснюватись моніторинг обох фракцій.

За необхідності обмеження експлуатаційних витрат може бути розглянуто питання про обмеження в конкретних зонах моніторингу РМ в одній із фракцій з тією чи іншою періодичністю відбору проб (переважно з урахуванням реального ходу концентрацій протягом року, але таким чином, щоб весь рік був охоплений моніторингом рівномірно).

За умов браку коштів для обладнання всіх постів апаратурою для моніторингу обох зазначених фракцій рекомендується забезпечити на кожному з них можливість постійного моніторингу $PM_{2.5}$, а до обраних відрізків часу (наприклад, протягом 2-х тижнів кожного сезону року) – додатковий моніторинг PM_{10} шляхом переміщення апаратури від одного поста до іншого.

7.5. Для оцінки впливу добових коливань концентрацій РМ на стан здоров'я населення відбір проб повітря повинен забезпечити повний набір середньодобових даних, на підставі яких можна провести розрахунок середньорічної концентрації.

7.6. Для дослідження хімічного складу РМ, а іноді і для точного зважування, маса відібраної протягом 24 годин проби у деяких випадках може виявитися недостатньою, особливо при низьких концентраціях $PM_{2.5}$. Тому при веденні моніторингу РМ з метою як оцінки якості атмосферного повітря, так і шкідливої експозиції населення тривалість безперервного відбору проби на один і той же фільтр в зонах з низькими концентраціями може бути збільшена до 2-7 діб, якщо добовий відбір не забезпечує визначення маси накопичених на фільтрі частинок навіть з допомогою чутливих ваг (або достатньої для хімічного аналізу маси).

8. Методи моніторингу

Згідно рекомендацій ВООЗ, на підставі досвіду ЄС мають бути прийняті еталонний (ручний відбір проб та гравіметрія) та еквівалентний (автоматичний замінник фільтрів та гравіметрія) методи. Прилад автоматичного контролю випадає з «ієрархії» гравіметрії в гармонізації на рівні ЄС. Проте, його застосування необхідне для виконання деяких задач моніторингу. При цьому протягом деяких періодів часу необхідно використовувати прилад безперервного автоматичного контролю паралельно з методом гравіметрії для отримання «локального коригуючого коефіцієнта». Ця процедура порівняння має бути проведена на кожному посту моніторингу окремо.

8.1. Методи моніторингу РМ поділяються на гравіметричні (вимірювання маси зібраних на фільтрі РМ з допомогою точних ваг в приміщенні з

регульованою температурою і вологістю повітря) і безперервні, за допомогою яких маса РМ оцінюється опосередковано за тими чи іншими фізичними ефектами. Гравіметричні методи можна поділити на методи з використанням приладів, для яких потрібна заміна фільтрів вручну, і приладів з автоматичною заміною фільтрів. Для моніторингу концентрацій TSP, РМ₁₀ і РМ_{2,5} можна використовувати всі три методи.

8.2. Виявлення короткочасних коливань концентрацій РМ в атмосфері та отримання в поєднанні з метеорологічними даними (головним чином, напрямком вітру) пояснення пікових концентрацій протягом доби (епізоди сильного забруднення) можливі лише при використанні приладу безперервного автоматичного моніторингу з високим тимчасовим дозволом, який в деяких сучасних пристроях досягає 15 сек.

Таблиця порівняння методів моніторингу РМ₁₀ і РМ_{2,5}

Метод моніторингу	Якість	Коментарі
Ручна заміна фільтрів та гравіметрія	Еталонний метод	Необхідна щоденна ручна заміна фільтру. Передача даних в режимі on-line неможлива.
Автоматична заміна фільтрів та гравіметрія	Еквівалентний гравіметричний метод	Автоматична заміна фільтрів. Передача даних в режимі on-line неможлива
Автоматичне безперервне вимірювання	Прилад для безперервного вимірювання для калібрування якого в одиницях масової концентрації РМ, необхідне встановлення локального поправочного коефіцієнту	Можлива передача даних в режимі on-line.

8.3. Проведений у ряді країн порівняльний аналіз результатів вимірювань, отриманих на одних і тих же ділянках території, показав, що вимірювання, зроблені за допомогою автоматичних аналізаторів, не еквівалентні вимірюванням, виконаним за допомогою гравіметричного методу. Вирішенням цієї проблеми є відбір проб повітря на основі гравіметричного методу паралельно з безперервним автоматичним моніторингом в холодний і теплий періоди року. Таким способом одержують «локальний поправочний коефіцієнт», який залежить від місця моніторингу, пори року і типу приладу. Одного загального поправочного коефіцієнта не існує.

8.4. Поділ фракцій РМ не є абсолютним й істотно залежить від конструкції пробовідбірника і швидкості протягування повітря крізь нього, засобів поділу та реєстрації, що вимагає вибору апаратури, перевіреної на еквівалентність, і регламентації режиму її роботи, в тому числі регулярної перевірки з використанням спеціальних референтних зразків пилу і звірянням результатів аналізів з іншими акредитованими лабораторіями.

8.5. Проведення моніторингу РМ супроводжується заповненням протоколу відбору проб або робочого журналу техніком, що здійснює цей відбір. У протоколі відбору проб РМ вказується ідентифікаційний номер фільтра, дата, час і температура повітря на момент початку і закінчення відбору, покази ротаметрів (приладів, що показують швидкість протягування повітря) і приладів для вимірювання об'єму відібраного повітря за весь період відбору, а також коментарі щодо особливостей відбору та події, які можуть вплинути на достовірність результатів (наприклад, спалювання сміття, проведення землекопних робіт поблизу станції моніторингу і т.п.). Надалі кожен такий випадок має бути розглянуто окремо з метою визначення міри спотворення зональної оцінки інгаляційної експозиції населення цією подією.

9. Оцінка виміряних концентрацій РМ

9.1. Гігієнічна оцінка отриманих результатів моніторингу здійснюється відповідно до міжнародних критеріїв, зазначених в директивах:

- 2008/50/ЄС «Про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи»;

- 2004/107/ЄС «Щодо миш'яку, кадмію, ртуті, нікелю та поліциклічних ароматичних вуглеводнів у навколишньому повітрі».

9.2. Виходячи з визнання практичної безпороговості шкідливої дії тонкої фракції пилу із урахуванням реальності зниження її концентрації, рекомендуються мінімально досяжні рівні для $PM_{2.5}$, а критерії для PM_{10} розраховані за середнім співвідношенням $PM_{2.5}/PM_{10}$, яке приймається рівним 0,5.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Рекомендации по качеству воздуха для Европы, *Второе издание*, Копенгаген, Европейское региональное бюро ВОЗ, 2000 (региональные публикации ВОЗ, серия №91), http://www.euro.who.int/air/activities/20050223_4; с переводом на русский язык, Весь Мир, Москва 2004.
2. World Health Organization. "WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005" <http://www.who.int/phe/air/aqg2006execsum.pdf>
3. Привалова Л.И., Кацнельсон Б.А., Кузьмин С.В. и др. «Экологическая эпидемиология: принципы, методы, применение». – Екатеринбург, 2003. – 276 с.
4. Дж. Швайс, Т.Вейн, Э.Ю.Безуглая и др. // в сборнике Э.Ю. Безуглая (ред.) «Мониторинг загрязнения атмосферы в городах, выпуск 549» - Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1998. – С.32-45.
5. ВОЗ-Европа «Рамочный план организации мониторинга взвешенных веществ в атмосфере в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии» - Бонн: Европейский центр по окружающей среде и охране здоровья, 2006 – 52 С.
6. Cohen A. et al., "Mortality impacts of urban air pollution", in *Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors*, M. Ezzati et al., ВООЗ, Женева, 2004. – С.1353-1434.
7. Watkiss P. et al., CAFÉ CBA: Baseline analysis 2000 to 2020. Didcot. AEA Technology Environment, 2005.

http://europa.eu.int/comm/environment/air/cafe/activities/pdf/cba_baseline_results2000_2020.pdf.

8. «Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека». – Региональные публикации ВОЗ, Европейская серия, № 85. – 293 с.

9. Wilson R., Spengler J. “Particles in our air. Concentrations and health effects” – Harvard University Press: 1996. – 259 P.

10. Pope A., Burnett R.T., Thun M.J. e.a. // JAMA . – 2002. – V.287, №9. – P. 1132-1141.

11. World Health Organization, European Centre for Environment and Health, Bonn office. - “Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution” / Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2006, 99 P.

12. Council directive 1999/30/EC of 22 April 1999 // Official J. European Communities - 29.6. 1999 - L 163/55.

13. Proposals for a directive of the European Parliament and of the Council on ambient air quality and cleaner air for Europe (Brussels, 21.9.2005).
http://ec.europa.eu/environment/air/cafe/pdf/com_2005_447_en.pdf