

**ДЕРЖАВНА УСТАНОВА  
«ІНСТИТУТ ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я ІМ. О.М. МАРЗЄВА  
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ»**

**ДАВИДЕНКО ГАННА МИКОЛАЇВНА**

**УДК614.71:351.777:504.06**

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

14.02.01 – гігієна та професійна патологія

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата біологічних наук

Київ – 2017

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Державній установі «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва Національної академії медичних наук України»

**Науковий керівник:** доктор медичних наук, професор **Турос Олена Ігорівна**, ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України», завідувач лабораторії якості повітря

**Офіційні опоненти:** доктор біологічних наук, професор **Горова Алла Іванівна**, професор кафедри хімії ДВНЗ «Національний гірничий університет» МОН України

доктор медичних наук **Бичков В'ячеслав Володимирович**, старший науковий співробітник Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН та МОН України

Захист відбудеться «08» червня 2017 року о 10-тій годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.604.01 ДУ «Інститут громадського здоров'я імені О.М. Марзєєва НАМНУ» за адресою: 02094, м. Київ, вул. Попудренка, 50.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О. М. Марзєєва НАМНУ» за адресою: 02094, м.Київ, вул. Попудренка, 50.

Автореферат розісланий «05» травня 2017 р.

**Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради,  
доктор біологічних наук**

**О.М. Литвиченко**

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), забруднення атмосферного повітря є одним з основних факторів ризику для громадського здоров'я, з яким пов'язано майже 3,7 млн. смертей в рік, при цьому на долю ішемічних хвороб серця та інсульту припадає 80% випадків передчасних смертей, хронічних обструктивних хвороб легенів та гострих інфекцій нижніх дихальних шляхів – 14%, раку легенів - 6% [ВНО, 2014; 2015].

Моніторингові та епідеміологічні дослідження, проведені в багатьох країнах світу, свідчать про те, що численні негативні ефекти для здоров'я людини, 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 [UNECSE, 2016 p.]. Їх вплив на здоров'я людини має повне документальне підтвердження і знайшов своє відображення у програмі Європейської комісії „Чисте повітря для Європи” і наукових проектах ВООЗ „Обґрунтування даних щодо впливу забруднення повітря на здоров'я для перегляду європейських нормативів [проект REVIHAAP, 2013] та „Ризики для здоров'я від забруднення повітря в Європі” [проект HRAPIE, 2014]. На підставі досліджень здійснені проекти: в Угорщині - APHEKOM [Paldy et al., NIEH, 2007]; в Італії - [Cesaroni et al., EHP 2013], в Німеччині - [HNRS, Bauer et al., 2010]; в США - [Harvard University, CPRED in California, Malig et al., 2000-2013].

Відсутність характеристик забруднення атмосферного повітря  $ЗЧ_{10}$ , критеріїв нормування в атмосферному повітрі та, відповідно, їх гігієнічних нормативів не дозволили провести подібні дослідження в Україні. При цьому, моніторинг за його вмістом не проводиться жодним з суб'єктів державної системи моніторингу довкілля (зокрема, атмосферного повітря) [Турос О.І., 2008, 2015; Петросян А.А., 2010].

Зважаючи на вищевикладене, постає нагальна потреба щодо оцінок небезпеки та наслідків, до яких може призвести забруднення атмосферного повітря  $ЗЧ_{10}$  для здоров'я населення України, яке проживає в умовах підвищеного аерогенного ризику. При цьому, за допомогою використання основних принципів методології оцінки ризику при розробці управлінських рішень щодо регулювання якості повітря необхідно передбачити використання наукового підходу «користь-шкода» шляхом розрахунків збитків/втрат здоров'я населення.

Хотілося б зазначити, що питання економічної оцінки збитків здоров'ю населення розглядалося багатьма іноземними науковцями, якими були досягнуті суттєві здобутки в цьому напрямку [Голуб А.А., 2002; Бобылев С.Н.,

2002; Тишкова А.А., 2002; Струкова Е.Б., 2003; Markandya A., 2003; Биков А.О., 2012; Сафонов Ю.А., 2013; Фоменко Г.А, 2013, 2014; Droste-Franke B., 2014; Кенесари Д.У., 2014]. 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, ускладнює широке використання економічного підходу «користь-шкода» для відбору пріоритетних медико-екологічних та профілактичних заходів на етапі управління ризиком.

Відповідно до вимог, висунутих Україні на шляху євроінтеграції та здійсненні заходів, спрямованих на забезпечення якості атмосферного повітря на безпечному для здоров'я населення рівні шляхом імплементації Угоди «Україна-ЄС» та Цілей сталого розвитку, назріла необхідність розробки нових науково обґрунтованих методичних підходів до оцінки небезпеки, викликані забрудненням атмосферного повітря ЗЧ<sub>10</sub>. Цим обумовлено вибір теми, мети і завдань наукового дослідження.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертація 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 ЗЧ<sub>10</sub> пилу та соціальних втрат/збитків здоров'я серед експонованого населення.

2. Оцінити забруднення атмосферного повітря ЗЧ<sub>10</sub> пилу, що містять викиди різних груп промислових підприємств України.

3. Визначити рівні індивідуального ризику смерті для населення, обумовлені забрудненням атмосферного повітря викидами ЗЧ<sub>10</sub> 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 ЗЧ<sub>10</sub> 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  $Z_{Ч_{10}}$  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 промпідприємств 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  $Z_{Ч_{10}}$  пилу.

**Методи досліджень:** 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 виникнення небезпеки для здоров'я населення, обумовленої забрудненням атмосферного повітря викидами  $Z_{Ч_{10}}$  пилу; обґрунтовано необхідність вивчення вмісту  $Z_{Ч_{10}}$ , 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  $Z_{Ч_{10}}$  пилу, які формують зони аерогенного ризику для здоров'я населення.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає у: виявленні особливостей розповсюдження  $Z_{Ч_{10}}$  в загальній структурі забруднення атмосферного повітря пилом НДЗС; виявленні особливостей формування збитків здоров'ю населення від впливу забруднення атмосферного повітря  $Z_{Ч_{10}}$  на експоноване населення відповідно до вимог європейського законодавства; розробці та оцінках ефективності профілактичних та природоохоронних заходів на етапі управління ризиком від вмісту  $Z_{Ч_{10}}$  в атмосферному повітрі промислових міст; кількісних оцінках впливу забруднення повітря на здоров'я населення при розгляді інвестиційних проектів з позиції «користь-шкода» та складанні місцевих 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

методології оцінки ризику для здоров'я населення при оцінках соціально-економічних збитків здоров'я населення».

Розроблено методичні рекомендації «Організація спостереження за забрудненням атмосферного повітря зваженими частками пилу діаметром до 10 мкм (PM<sub>10</sub>)», протокол засідання № 5 від 27.04.2017 р. Вченої ради ДУ «ІГЗ ім. О.М. Марзеєва НАМНУ».

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», Національного плану дій з охорони навколишнього природного середовища України на період 2011-2015 роки; результати оцінки соціальних втрат та оцінок 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» (MISSETCCODE 995; лист №21-2/513 від 16.12.14 р. ДУ «Інститут проблем ринку та економіко-екологічних досліджень» НАНУ).

Матеріали дисертації впроваджені у навчальний процес Християнського гуманітарно-економічного відкритого університету; Центру превентивної медицини Державного управління справами; 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 ЗЧ<sub>10</sub> 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 ЗЧ<sub>10</sub> пилу, 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 щире подяку всім колегам за підтримку, консультативну та практичну допомогу при виконанні окремих фрагментів роботи, особливо пров.н.с. Петросян А.А., с.н.с. Брезіцькій Н.В., с.н.с. Ковтуненко І.М., м.н.с. Моргульовій В.В.

**Апробація результатів дисертації.** 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 (марзеєвські 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 обсяг роботи.** Дисертація складається зі вступу, 6 розділів: (2 розділи (огляд літератури, обґрунтування об'єму та методів досліджень), 4 розділи (результатів власних досліджень їх аналіз та узагальнення), висновків, списку використаних джерел та додатків. 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.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертації, визначається її зв'язок із науковою діяльністю ДУ «Інститут громадського здоров'я імені О.М. Марзеєва НАМНУ», сформульовані мета і задачі досліджень, викладені наукова новизна та практична значимість отриманих результатів, наведені дані про особистий внесок, публікації та апробацію наукових розробок.

**Перший розділ** (аналітичний огляд літератури) присвячено: вивченню питання забруднення атмосферного повітря зваженими частками пилу різного аеродинамічного діаметру (зокрема, ЗЧ<sub>10</sub>); підходам до визначення їх впливу на здоров'я населення та методам оцінки соціальних втрат/збитків виражених у

вартісному еквіваленті. Визначено, що проведення наукових досліджень, відносно оцінок соціальних втрат/збитків здоров'ю населення, обумовлених викидами  $Z\text{C}_{10}$  від різних груп промислових підприємств, є актуальним та своєчасним для промислових регіонів України. Це дозволить не тільки впровадити та розширити моніторингові програми вимірювання пилу ( $Z\text{C}$  діаметром часток менше 10 мкм) в повітрі населених пунктів, але й переглянути та узгодити гігієнічні нормативи для  $Z\text{C}$  шляхом дотримання директив та нормативних документів ЄС, відповідно до рекомендацій та вимог ВООЗ.

У другому розділі наведено матеріали та методи досліджень. Для вирішення поставлених у роботі завдань було проведено та використано комплекс теоретичних, аналітичних, математичних та картографічних досліджень.

До дослідження було включено 4145 стаціонарних джерел 16-ти основних промислових підприємств, до складу викидів яких входить до 90% загального пилу НДЗС (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 таблиці 1.

Таблиця 1

## Обсяги та об'єкти досліджень

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

Для характеристики параметрів та складу стаціонарних джерел викидів було використано та проаналізовано за період 2008-2016 рр. наступні документи: документи, в яких обґрунтовуються обсяги викидів для отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря; типові форми XML схем – XML-файли, 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.

Картографічні методи були використані для аналізу просторового розподілу населення та визначення розташування стаціонарних джерел викидів (СДВ) промислових підприємств із використанням редактора карт ArcMap геоінформаційних систем (ArcGis10.0) та даних високої роздільної здатності (космічні знімки). В результаті населення та СДВ досліджуваних промислових підприємств були уточнені, геокодовані та прив'язані до територій досліджень.

Для аналізу існуючих підходів та методик до оцінок втрат/збитків здоров'я населення та розрахунків «вартості середньостатистичного життя людини» було використано комплекс загально наукових методів, які ґрунтуються на концепції соціально-економічного збитку від втрат здоров'я і життя населення, яке зазнає негативного впливу довкілля (зокрема, атмосферного повітря). В основу цих підходів покладено поняття ціни ризику та популяційний ризик, які засновані на розмірі прожиткового мінімуму та доходів населення.

На етапі оцінки експозиції для розрахунку усереднених концентрацій пилу НДЗС в приземному шарі атмосфери був застосований метод комп'ютерного (математичного) моделювання, реалізований за допомогою програмного комплексу ISC-AERMODView. До модулів програми були введені наступні параметри: рельєф територій дослідження, метеоумови за певний часовий період, характеристики землекористування, щільність забудови, наявність відкритих водойм, джерел та характеристики викидів. У результаті агрегації перерахованих вище параметрів були визначені усереднені 1-годинні, 24-годинні та річні концентрації в кожній рецепторній точці від заданої групи джерел досліджуваних підприємств. В результаті було досліджено наступні розмірні фракції пилу: TSP – пил НДЗС, який враховує всі частки, що знаходяться в повітрі, та ЗЧ<sub>10</sub> – зважені частки із аеродинамічним діаметром менше 10 мкм.

При розрахунках рівнів індивідуальних ризиків смерті для здоров'я експонованого населення, обумовлених викидами ЗЧ<sub>10</sub> від різних суб'єктів економічної системи була використана загальна процедура методології оцінки ризику для здоров'я населення [USEPA, 2010; 2016; МОЗ України, 2007]. Разом з тим, проведено розрахунки величин ризику для популяції (AM), що відображають додаткові до фонового числа випадки смертей, які можуть виникати протягом життя внаслідок дії досліджуваного чинника. Класифікація рівнів ризиків була проведена на основі міжнародної класифікації ВООЗ, яка базується на системі критеріїв прийнятності для канцерогенних речовин.

**Розділ третій** присвячений аналізу законодавства в галузі охорони та гігієни атмосферного повітря стосовно регулювання забруднення ЗЧ<sub>10</sub> пилу.

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), де основними завданнями є попередження впливу забруднення на громадське здоров'я та боротьба з ним, а саме: 4 конвенції, 4 директиви ЄС, 5 протоколів, в яких особливу увагу приділяють контролю та оцінкам викидів зважених часток пилу до 10 мкм, що обумовлено багатьма науковими дослідженнями міжнародної наукової спільноти щодо їх впливу на стан здоров'я населення. Встановлено, що гострий вплив  $ЗЧ_{10}$  за 24 години призводить до підвищення добової смертності від 0,5 до 1,6% на кожні 10  $мкг/м^3$ , а при збільшенні середньодобової концентрації  $ЗЧ_{10}$  на 10  $мкг/м^3$ , частота патологічних симптомів з боку органів дихання підвищується на 2,4%. 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 [WHO, 2006; 2013]. 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  $ЗЧ_{10}$  та смертністю. Таким чином, встановлено, що концентрації нижчі від 100  $мкг/м^3$ , що виражені у вигляді щоденної середньої концентрації  $ЗЧ_{10}$ , мають вплив на показники смертності, статистику потрапляння хворих в стаціонар з приводу респіраторних та серцево-судинних захворювань. В зв'язку з тим, що  $ЗЧ_{10}$  як атмосферний полутант є характерною складовою забруднення повітря в усіх країнах, був створений Рамковий план організації їх моніторингу в атмосфері країн СЕКЦА.

Україна повинна взяти участь в реалізації цього плану, однак основною перешкодою, незважаючи на наявність великої кількості промислових підприємств та щоденне збільшення автотранспорту, є відсутність моніторингу зважених часток з аеродинамічним діаметром до 10 мкм в атмосферному повітрі. Однак, проведений аналіз законодавства свідчить, що, відповідно до Директиви 2008/50/ЄС, це можливо реалізувати шляхом розробки та затвердження програмних комплексів щодо розрахунків (моделювання) приземних концентрацій за різний період усереднення (година, доба, рік).

Ще одним гострим питанням є відсутність національних гігієнічних нормативів щодо оцінки вмісту  $ЗЧ_{10}$  в атмосферному повітрі населених місць, відповідно до вимог Директив 2004/107/ЄС та 2008/50/ЄС. Функції охорони здоров'я населення від негативного впливу забруднення атмосферного повітря належать Міністерству охорони здоров'я України, нормативно-правовими актами якого встановлюються нормативи якості атмосферного повітря. 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 при гострих інгаляційних впливах (максимально разова (20-хвилинний період усереднення) та середньодобова). В країнах ЄС передбачено оцінку й при хронічних впливах. Для цього використовуються дані моніторингу усереднених річних та добових концентрацій. Тому, це питання необхідно гармонізувати і по відношенню до ЗЧ<sub>10</sub>.

В результаті проведеного дослідження показано, що рекомендації Європейського бюро ВООЗ, Європейської економічної комісії щодо необхідності встановлення пріоритету «здоров'я» для забезпечення населення від негативного впливу забруднення повітря в Україні не виконуються, а це, в свою чергу, порушує право громадян на безпечне довкілля (ст. 50 Конституції України).

Аналізуючи вищевикладене, національна політика з охорони та управління якістю атмосферного повітря в Україні вимагає кардинальних змін щодо виконання Україною міжнародних зобов'язань відносно ЗЧ<sub>10</sub>. Перш за все істотних змін та уніфікації повинні зазнати законодавчі документи України, які стосуються:

- проведення моніторингу за станом атмосферного повітря (відповідальні гідрометеорологічна служба МВС України та лабораторні центри МОЗ);
- дозвільної системи у сфері господарської діяльності при отриманні промисловими підприємствами дозволу на викиди в атмосферне повітря (регулюється та відповідальним є Міністерство екології та природних ресурсів України);
- мінімізації ризику для здоров'я населення України від негативного впливу ЗЧ<sub>10</sub> (регулюється та відповідальним за дане питання є МОЗ).

**У розділі четвертому** проведено аналіз та розрахунки рівнів інгаляційного ризику для здоров'я населення, обумовлених викидами ЗЧ<sub>10</sub> пилу від окремих суб'єктів економічної системи. З метою характеристики просторового поширення забруднення та кількісної оцінки інгаляційного впливу викидів зважених часток пилу стаціонарними джерелами 16 досліджуваних підприємств було проведено еколого-гігієнічну оцінку територій, що базувалася на використанні алгоритму, розробленого лабораторією якості повітря ДУ «ІГЗ ім. О.М. Марзєєва НАМНУ».

Як вже було зазначено вище, за відсутності в Україні моніторингових даних щодо визначення вмісту ЗЧ<sub>10</sub> 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-AERMODView. Це надало можливість оцінити усереднені концентрації ЗЧ<sub>10</sub> (для різних періодів експозиції) у вузлах рецепторної сітки для територій дослідження, на яких розташовані промпідприємства. При цьому, у м. 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 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  $45^\circ$  починаючи з Пн ( $0^\circ$ ). 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.

В результаті моделювання викидів зважених часток у приземному шарі атмосфери (зоні дихання людини) рівні усереднених добових концентрацій становили у: м. Маріуполь (рис. 1) від металургійних підприємств

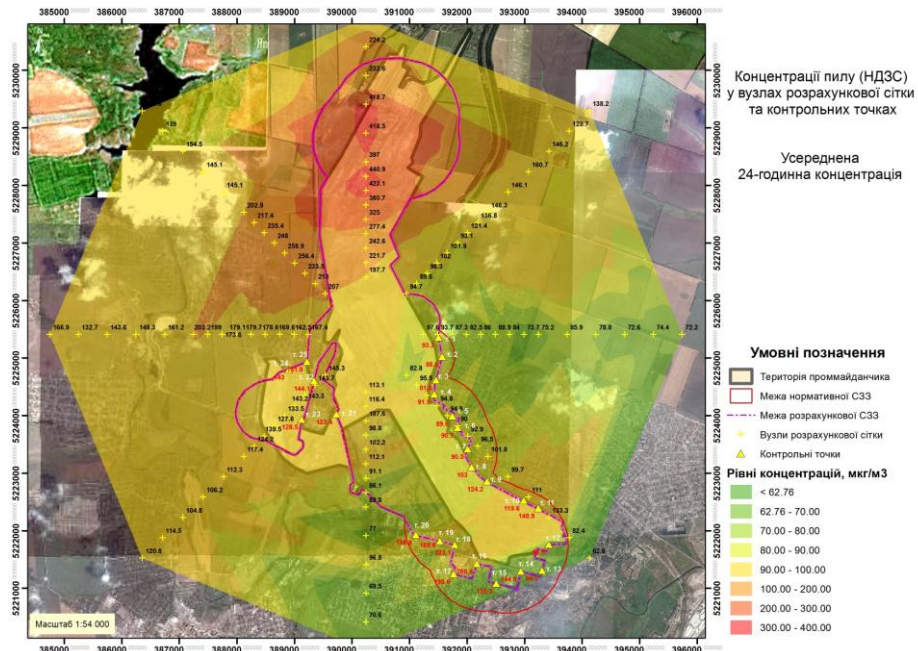


Рисунок 1. Розсіювання усереднених 24-годинних концентрацій  $Zn_{10}$  в приземному шарі атмосфери на прикладі м. Маріуполь, мкг/м<sup>3</sup>

$C_{mean}=104,6$  мкг/м<sup>3</sup> ( $C_{min}=13,5$  мкг/м<sup>3</sup>,  $C_{max}=440,9$  мкг/м<sup>3</sup>), для  $Zn_{10}$  –  $C_{mean}=39,4$  мкг/м<sup>3</sup> ( $C_{min}=7,4$  мкг/м<sup>3</sup>,  $C_{max}=242,5$  мкг/м<sup>3</sup>); мм. Запоріжжя (металургійні підприємства) та Дружківка (машинобудівні), відповідно сягали:  $C_{mean}=193,6$  мкг/м<sup>3</sup> ( $C_{min}=9,4$  мкг/м<sup>3</sup>,  $C_{max}=585,4$  мкг/м<sup>3</sup>), для  $Zn_{10}$  –  $C_{mean}=106,5$  мкг/м<sup>3</sup> ( $C_{min}=5,2$  мкг/м<sup>3</sup>,  $C_{max}=322$  мкг/м<sup>3</sup>) та  $C_{mean}=374,5$  мкг/м<sup>3</sup> ( $C_{min}=2,7$  мкг/м<sup>3</sup>,  $C_{max}=746,2$  мкг/м<sup>3</sup>), для  $Zn_{10}$  –  $C_{mean}=205,9$  мкг/м<sup>3</sup> ( $C_{min}=1,5$  мкг/м<sup>3</sup>,  $C_{max}=410,4$  мкг/м<sup>3</sup>):

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  $\text{ЗЧ}_{10}$  –  $C_{\text{mean}}=20,7 \text{ мкг/м}^3$  ( $C_{\text{min}}=6,5 \text{ мкг/м}^3, C_{\text{max}}=58,1 \text{ мкг/м}^3$ ) (рис. 2).

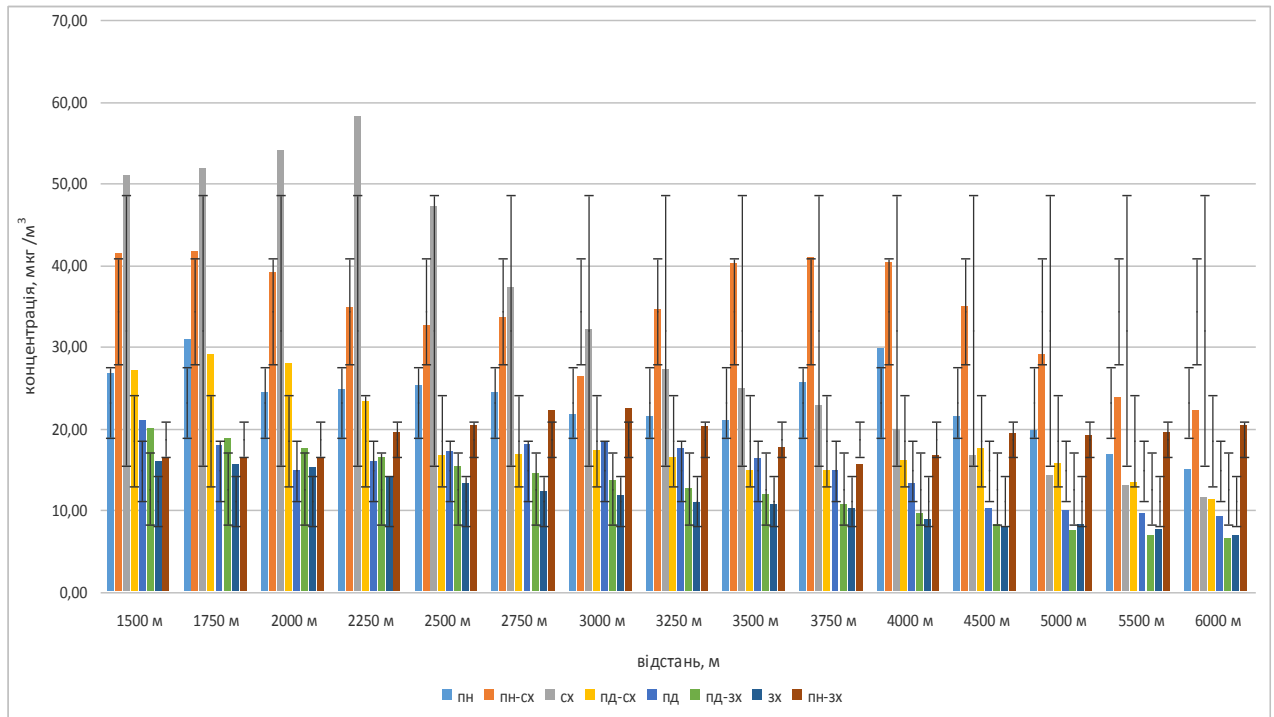


Рисунок 2. Розподіл усереднених 24-годинних концентрацій  $\text{ЗЧ}_{10}$  у приземному шарі атмосфери від гірничорудного підприємства м. Кривий Ріг,  $\text{мкг/м}^3$

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

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

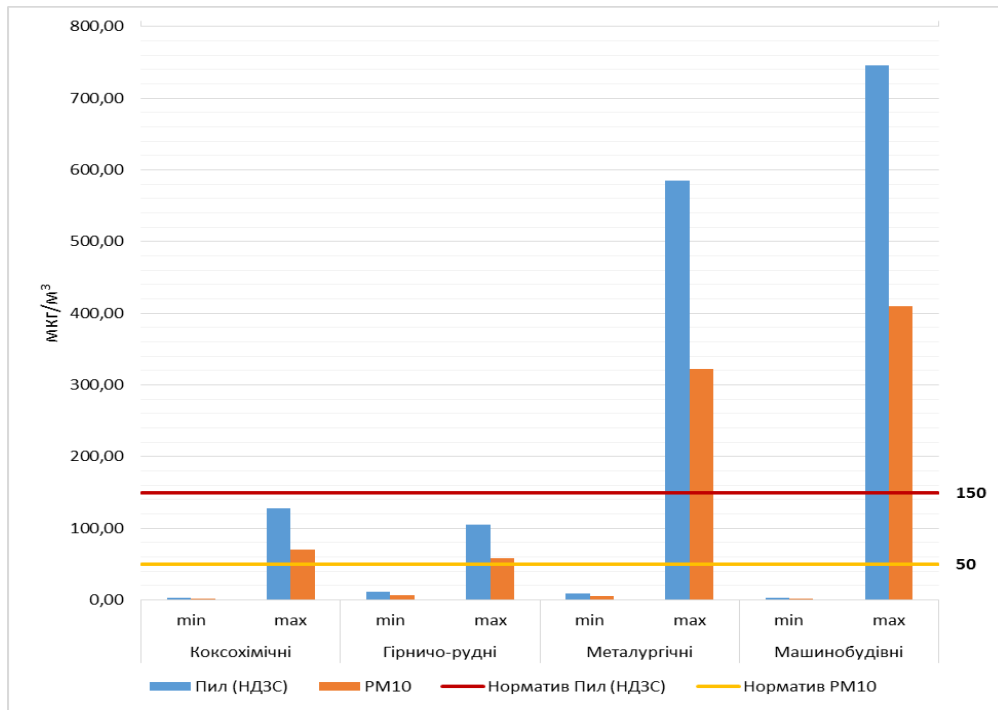


Рисунок 3. Усереднені 24-годинні концентрації пилу НДЗС та  $ЗЧ_{10}$  у приземному шарі атмосфери від різних груп промислових підприємств,  $\text{мкг}/\text{м}^3$

Як вже зазначалося вище, в Україні відсутні гігієнічні нормативи  $ЗЧ_{10}$ . При цьому, відповідно до рекомендацій ВООЗ, не допускається перевищення добового рівня  $ЗЧ_{10}$  в атмосферному повітрі більш ніж  $50 \text{ мкг}/\text{м}^3$ , хоча в США державний добовий норматив регламентування  $ЗЧ_{10}$  становить  $150 \text{ мкг}/\text{м}^3$ . Отримані дані ілюструють перевищення допустимих рівнів вмісту  $ЗЧ_{10}$  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.

На підставі отриманих даних були проведені розрахунки рівнів індивідуального ризику смерті від викидів пилу  $ЗЧ_{10}$  (табл. 2), які показали, що у м. Дніпро від коксохімічного підприємства рівні ризику коливаються в межах  $ICR_{total}=1,5 \times 10^{-6}-5,7 \times 10^{-5}$  та характеризуються допустимими рівнями для проживання населення. Це пов'язано з впровадженням 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 спостерігалися значні перевищення викидів  $ЗЧ_{10}$  від підприємств металургійного комплексу, де індивідуальний ризик смерті знаходиться відповідно на рівнях -  $IRM=1,8 \times 10^{-5}-1,1 \times 10^{-3}$  і  $2,1 \times 10^{-4}-8,7 \times 10^{-4}$  та характеризується як недопустимий для експонованого населення, що ймовірно призведе від 9 додаткових випадків смертей на 10000 осіб до 1 додаткової смерті на 1000 осіб (табл.2)

**Рівні індивідуального ризику смерті від викидів ЗЧ<sub>10</sub>, обумовлені функціонуванням різних груп промислових підприємств**

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

Рівні ризику від ЗЧ<sub>10</sub> - IRM= $5,1 \times 10^{-6} - 1,4 \times 10^{-3}$  встановлені й 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= $9,7 \times 10^{-6} - 2,3 \times 10^{-4}$ , IRM= $1,1 \times 10^{-5} - 2,4 \times 10^{-4}$ , IRM= $2,2 \times 10^{-5} - 2,3 \times 10^{-4}$ ; гірничорудного у м. Кривий Ріг - IRM= $2,2 \times 10^{-5} - 1,9 \times 10^{-4}$ .

Аналізуючи вищевикладене, проведені дослідження показали, що рівні ризику для здоров'я населення від викидів ЗЧ<sub>10</sub>, обумовлених викидами різних груп промислових підприємств, коливаються в основному в межах  $10^{-3} - 10^{-4}$ , що підкреслює неможливість досягнення в Україні величини мінімального ризику рівного  $n \times 10^{-6}$ .

**П'ятий розділ** дисертації містить оцінки соціальних втрат здоров'я населення, обумовлених підвищеними ризиками від дії забрудненого атмосферного повітря викидами ЗЧ<sub>10</sub> пилу. 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 груп промислових підприємств.

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, розрахувати ризики та оцінити соціальні втрати населення (додаткові випадки захворювань та смертей), яке проживає у зонах підвищеного інгалаційного ризику.

Що стосується інших міст, для яких характерне перевищення рівнів допустимого ризику та які були включені до дослідження, а саме: м. 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. Додатково, з метою валідації 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).

На підставі співставлення з отриманими на попередніх етапах дослідження даними, можна сказати, що майже 80% експонованого населення досліджуваних міст проживає у зонах підвищеного ризику, обумовленого викидами різних груп промислових підприємств. Отримані дані кореспондуються з науковими дослідженнями, проведеними в Європі [ВНО, 2013; 2014].

Таким чином, враховуючи результати оцінки індивідуального ризику смерті, було розраховано ймовірні соціальні втрати для здоров'я населення у вигляді додаткових випадків смертей (АМ), пов'язаних з викидами ЗЧ<sub>10</sub> (рис. 4).

Так, від викидів ЗЧ<sub>10</sub> коксохімічними підприємствами м. Запоріжжя, Кам'янське, Макіївка та Дніпро соціальні втрати становитимуть відповідно: від 0,13 до 3,1 (на підставі результатів геокодування населення від 1,5 до 36); від машинобудівних 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 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.



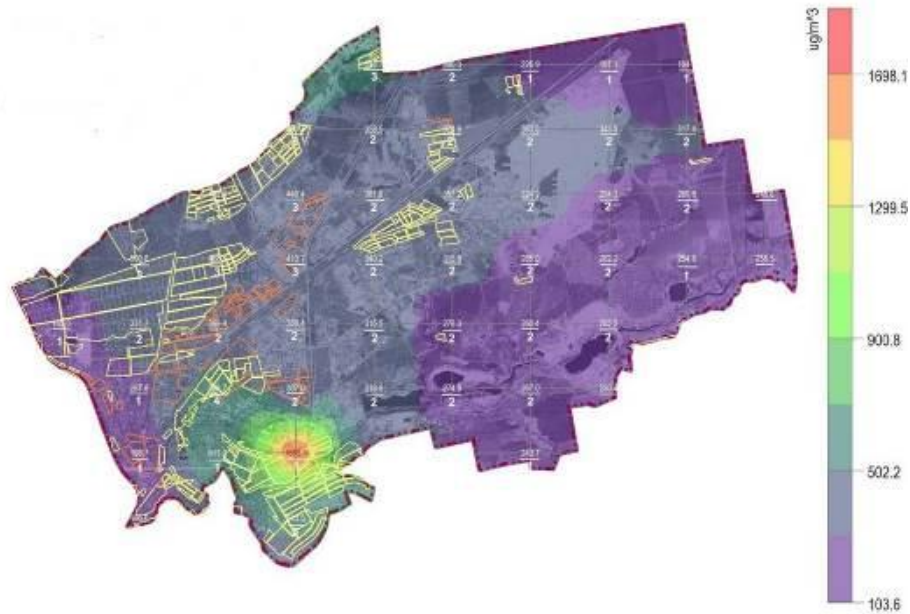


Рисунок 4. Ймовірнісна оцінка додаткової смертності від викидів  $\text{ЗЧ}_{10}$  в Шевченківському р-ні м. Запоріжжя

Це, у свою чергу, дозволило встановити, що при збільшенні середньодобової концентрації  $\text{ЗЧ}_{10}$ , приріст смертності складає 0,6% на кожні  $10 \text{ мкг/м}^3$ . 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].

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  $\text{ЗЧ}_{10}$  на 1,1%. Вони встановили, що на кожні  $10 \text{ мкг/м}^3$   $\text{ЗЧ}_{10}$  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  $10 \text{ мкг/м}^3$  викидів  $\text{ЗЧ}_{10}$  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. Також, слід зазначити, що більш аргументовані та валідні дослідження були отримані у містах, де населення було картографовано, а саме у м. Запоріжжя та Дружківка, в інших була зроблена гіпотетична оцінка щодо проживання людей в зонах підвищеного ризику (рецепторних точках).

До переліку завдань 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.

Для розрахунку можливих соціально-економічних збитків (виражених у вартісних показниках) від викидів  $ZЧ_{10}$  був обчислений показник вартості середньостатистичного життя людини (ВСЖ). В результаті проведених розрахунків були отримані наступні значення ВСЖ згідно:

- підходу на основі прожиткового мінімуму - 1 038 760,00 грн.;
- дохідного підходу – 2 505 951,14 грн.

В порівнянні з офіційними даними, 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.

Таким чином, в подальших оцінках було використано значення ВСЖ на рівні 2,5 млн. грн., як таке, що більше відповідає потребам суспільства. Це дозволило оцінити можливі соціально-економічні збитки (виражені у вартісних показниках) від викидів  $ZЧ_{10}$ , які 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.

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. ін. З метою зниження рівнів ризику до прийняттого 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.

На підставі вищевикладеного було проаналізовано ефективність запропонованих медико-екологічних заходів, які були розроблені для окремих підприємств на етапі управління ризику фахівцями лабораторії якості повітря ДУ «ІГЗ НАМНУ» (протягом 2012-2016 рр.).

Оцінюючи загалом ефективність запропонованих медико-екологічних заходів щодо зниження рівнів ризику в містах, де проводилися дослідження, можна констатувати, що впровадження запропонованих заходів щодо зменшення викидів  $ZЧ$  (в т.ч.  $ZЧ_{10}$ ), дозволить досягти рівнів прийняттого ризику (за рахунок зниження) для металургійних, машинобудівних, гірничорудних підприємств до рівня  $n \times 10^{-5}$ .

Аналізуючи вищевикладене, можна сказати: якщо в Україні на державному рівні буде прийнято та законодавчо закріплено величину вартості середньостатистичного життя, обґрунтоване з точки зору соціальної справедливості та рівня економічного розвитку держави, то це стане вагомим стимулом для розвитку не тільки економіки держави, а й природоохоронної діяльності, яка відповідатиме критеріям та вимогам угоди про асоціацію з ЄС та розвитку „зеленої економіки”.

**У шостому розділі** проаналізовані та узагальнені отримані результати.

## 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 пилу, у т.ч. зваженими частками різного аеродинамічного діаметру (пил НДЗС –  $C_{\min}=2,7$  мкг/м<sup>3</sup>,  $C_{\max}=746,2$  мкг/м<sup>3</sup>;  $ЗЧ_{10} - C_{\min}=1,5$  мкг/м<sup>3</sup>,  $C_{\max}=410,4$  мкг/м<sup>3</sup>). 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  $Z\text{Ч}_{10}$  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  $\text{PM}_{10}$  приріст смертності складає 0,6 % на кожні  $10 \text{ мкг/м}^3$ .

6. Встановлено, що можливі соціально-економічні збитки від викидів  $Z\text{Ч}_{10}$  пилу (виражені у вартісних показниках) знаходяться у наступних діапазонах 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 (в т.ч.  $Z\text{Ч}_{10}$ ), дозволить досягти рівнів умовно прийняттого ризику для металургійних, машинобудівних, гірничорудних підприємств до рівня  $n \times 10^{-5}$ .

## **СПИСОК ОСНОВНИХ ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### **– у наукових фахових виданнях України**

1. 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. *(збір і обробка матеріалу, виконання експериментальних досліджень щодо забруднення атмосферного повітря стаціонарними джерелами забруднення, обробка результатів, участь у написанні статті).*

2. Аналіз оцінки соціальних втрат здоров'я населення, обумовлених забрудненням атмосферного повітря (на прикладі викидів  $Z\text{Ч}_{10}$ ) / 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. *(аналіз наукової літератури, збір і обробка матеріалу, узагальнення результатів, участь у написанні та оформленні статті).*

3. Давиденко Г.М. Дослідження забруднення атмосферного повітря зваженими частками пилю: оцінка наслідків / Г.М. Давиденко, А.А. Петросян // Вісник Вінницького національного медичного університету. – 2017. – Т.21, ч.1, №1. – С. 165 -168.*(ідея роботи, аналіз результатів, висновки, підготовка до друку).*

– у наукометричних виданнях України та зарубіжних виданнях

4. Турос О.І. Оцінка соціальних втрат здоров'я населення, обумовлених промисловим забрудненням атмосферного повітря викидами зважених часток (ЗЧ<sub>10</sub>) / О.І. Турос, Г.М. Давиденко, А.А. Петросян // Медичні перспективи. 2017. – Том XXII, №1. – С. 97-102.*(ідея роботи, аналіз результатів, висновки, оформлення статті).*

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. *(збір і обробка первинних матеріалів, статистична обробка результатів, участь у написанні і оформленні статті).*

6. 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. *(участь у написанні і оформленні статті).*

7. 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. – P.25.*(аналіз результатів, висновки, підготовка до друку).*

8. Social Costs of Air Pollution in Population Highly Exposed to PM<sub>10</sub> Industrial Emissions/ O. Turos, A. Petrosian, O. Ananyeva, G. Davydenko // ISEE – 2014– Annual Conference (Aug. 24-28, 2014). – Seattle WA, USA, 2014. – P.98. *(збір і обробка первинних матеріалів, статистична обробка результатів).*

– в інших виданнях

9. Соціальні втрати здоров'я населення, обумовлені промисловим забрудненням атмосферного повітря / О.І. Турос, Г.М. Давиденко, А.А. Петросян, В.В. Близнюк, Н.В. Брезіцька, Л.І. Михіна, І.В. Кобзаренко, О.В. Ананьєва., Т.П. Маремуха, Д.С. Сухачов, О.О. Сидоренко, В.В. Моргульова, Є.Г. Слаутенко, Л.М. Черненко, О.М. Картавцев, О.В. Звінчук // Актуальні питання захисту довкілля та здоров'я населення України: результати наукових розробок 2014 р. – Київ, 2015. – С. 8-34.

10. 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.

11. 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.

Міжнарод. наук.-практ. Конф. (26 – 27 вер. 2009 р.). – Вінниця, 2009. - С. 409 – 412.

12. 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 марзеєвські читання): збірка тез доп. наук.-практ. конф. (23 – 24 трав. 2012 р.). – К., 2012. – С. 159 – 160.

13. Оцінка соціальних втрат здоров'я населення, яке проживає в умовах високих експозицій забруднення атмосферного повітря викидами зважених часток від промислових підприємств / О.І.Турос, А.А.Петросян, Г.М. Давиденко, В.В.Близнюк, О.В.Ананьєва // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (десяті марзеєвські читання): збірка тез доп. наук.-практ. конф. – К., 2014. – С. 142 – 143.

14. Турос О.І. Забруднення атмосферного повітря як фактор ризику для здоров'я населення / О.І.Турос, А.А.Петросян, Г.М.Давиденко // Запровадження національного плану дій щодо неінфекційних захворювань відповідно до Європейської стратегії «Здоров'я-2020: основи Європейської політики в підтримку дій держави і суспільства в інтересах здоров'я і благополуччя»: збірка наукових праць наукової конференції з міжнародною участю, Київ, 30-31 березня 2015 р. – К., 2015. - С. 59.

## АНОТАЦІЯ

*Давиденко Г.М. Гігієнічна оцінка небезпеки здоров'ю населення від забруднення атмосферного повітря зваженими частками пилу. - Рукопис.*

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 14.02.01 – «гігієна та професійна патологія» – ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М.Марзеєва НАМН України», Київ, 2017.

Дисертація присвячена науковому обґрунтуванню методичних підходів до оцінки небезпеки здоров'ю населення, обумовленої забрудненням атмосферного повітря зваженими частками пилу.

В результаті проведених досліджень підкреслюється необхідність вивчення вмісту ЗЧ<sub>10</sub>, які входять до складу пилу 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 з використанням економічного еквіваленту збитку здоров'ю – «вартість середньостатистичного життя людини». Визначено соціально-економічні збитки здоров'ю населення за ризикових умов забруднення атмосферного повітря викидами зважених часток аеродинамічного діаметру до 10 мкм (ЗЧ<sub>10</sub>), які формують зони аерогенного ризику для здоров'я населення. Використання системного підходу дозволило удосконалити наукові підходи до встановлення санітарно-гігієнічних вимог щодо функціонування підприємств-забруднювачів.

**Ключові слова:** забруднення атмосферного повітря, зважені частки пилу, експозиція, оцінка ризику, здоров'я населення.

## АННОТАЦИЯ

*Давиденко А.Н. Гигиеническая оценка опасности здоровью населения от загрязнения атмосферного воздуха взвешенными частицами пыли. - Рукопись.*

Диссертация на соискание научной степени кандидата биологических наук по специальности 14.02.01 - гигиена и профессиональная патология (биологические науки) - Государственное учреждение «Институт общественного здоровья им. А.Н. Марзеева НАМН Украины», г. Киев, 2017.

Диссертация посвящена усовершенствованию гигиенической оценки опасности для здоровья населения, обусловленной загрязнением атмосферного воздуха взвешенными частицами пыли.

В исследование было включено 4145 стационарных источника 16 основных промышленных предприятий, в составе выбросов которых содержится до 90% пыли. Это предприятия металлургической, машиностроительной, коксохимической, горнорудной промышленности. На основании полученных данных были проведены расчёты уровней индивидуального риска смерти от выбросов ВЧ<sub>10</sub>, которые показали, что уровни индивидуального риска в г. Днепр от коксохимического предприятия колеблются в границах  $ICR_{total}=1,5 \times 10^{-6}-5,7 \times 10^{-5}$ . В гг. Запорожье и Мариуполь наблюдались значительные превышения выбросов ВЧ<sub>10</sub> от предприятий металлургического комплекса, где индивидуальный риск смерти находился соответственно на уровне -  $IRM=1,8 \times 10^{-5}-1,1 \times 10^{-3}$  та  $2,1 \times 10^{-4}-8,7 \times 10^{-4}$ . Уровни риска от ВЧ<sub>10</sub> -  $IRM=5,1 \times 10^{-6}-1,4 \times 10^{-3}$  установлены и от выбросов машиностроительного комплекса в г. Дружковка; коксохимические предприятия в гг. Запорожье, Макеевка и Каменское, показали уровни соответственно:  $IRM=9,7 \times 10^{-6}-2,3 \times 10^{-4}$ ,  $IRM=1,1 \times 10^{-5}-2,4 \times 10^{-4}$ ,  $IRM=2,2 \times 10^{-5}-2,3 \times 10^{-4}$ ; горнорудное предприятие в г. Кривой Рог -  $IRM=2,2 \times 10^{-5}-1,9 \times 10^{-4}$ . Методом геокодирования населения было установлено, что 80% жителей исследуемых городов проживают в зоне повышенного риска. Таким образом, учитывая результаты оценки индивидуального риска смерти, были рассчитаны возможные социальные ущербы в виде дополнительного количества смертей. Так в г. Запорожье выбросы металлургического комплекса могут стать причиной от 0,2 до 14,7 дополнительных случаев смертей, в г. Мариуполь – от 1,2 до 5 случаев смертей. Суммирование полученных результатов по всем исследуемым территориям позволило установить, что при увеличении среднесуточной концентрации ВЧ<sub>10</sub>, прирост смертности составляет 0,6% на каждые 10 мкг/м<sup>3</sup>.

При переводе натуральных социальных ущербов в денежный эквивалент были получены следующие результаты по оценке ущербов для здоровья населения: для коксохимических предприятий от 0,1 млн. грн. до 7,75 млн. грн.; машиностроительных предприятий от 0,01 млн. грн. до 2,75 млн. грн.; горнорудного предприятия от 0,3 млн. грн. до 2,5 млн. грн.; металлургических предприятий от 0,5 млн. грн. до 36 млн. грн.

В результате проведенных исследований подчеркивается необходимость изучения содержания ВЧ<sub>10</sub>, которые входят в состав пыли в выбросах промышленных предприятий, как ведущего фактора риска для здоровья населения. Доказана целесообразность симбиоза методологии оценки риска и экономических подходов при количественных оценках влияния загрязнённого атмосферного воздуха. Использование системного подхода позволило усовершенствовать научные подходы к установлению санитарно-гигиенических требований, касающихся функционирования предприятий – загрязнителей.

**Ключевые слова:** загрязнение атмосферного воздуха, взвешенные частицы пыли, экспозиция, оценка риска, здоровье населения.

### ABSTRACT

*Davydenko H.M. Hygienic assessment of health hazards formed by particulate matter air pollution.- Manuscript.*

Dissertation for the candidate of biological sciences degree in specialty 14.02.01 – hygiene and occupational pathology. – SI «O.M. Marzeyev Institute for Public Health» National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv, 2017.

Dissertation is devoted to the scientific substantiation of methodical approaches to the assessment of risks for public health due to air pollution by particulate matter with an aerodynamic diameter of less than 10 µm (PM<sub>10</sub>).

As a result of the studies emphasize the need to study PM<sub>10</sub>, which are included in the composition of dust in industrial emissions as the leading risk factor for the health of the population. Proved the feasibility of symbiosis of the methodology of risk assessment and economic approaches in the quantitative assessments of the impact of polluted atmospheric air on health of the population using the economic equivalent of the injury – the "value of statistical life". Identified socio-economic impacts the health of the population at-risk conditions of air pollution by suspended particles of aerodynamic diameter of less than 10 µm (PM<sub>10</sub>), which generate zones of inhalation risk to the health of the population.

The systematic approach allowed to improve scientific approaches to sanitary-hygienic requirements concerning the operation of polluting enterprises.

**Key words:** air pollution, particulate matter with an aerodynamic diameter of less than 10 µm, exposure, human health risk assessment.