РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломної роботи містить 113 сторінок разом з додатками, 38 таблиць, 24 рисунки. Використано 48 літературних джерел. Аркушів графічної частини - 6.

РИЗИК, МЕТОДОЛОГІЯ, КАНЦЕРОГЕН, ТОКСИКАНТ, ЗМІНА КЛІМАТУ, РОЗА ВІТРІВ, ПРІОРИТЕТНІ РЕЧОВИНИ, ЕКСПОНОВАНІ ГРУПИ, РЕАЛЬНИЙ РИЗИК, ПОТЕНЦІЙНИЙ РИЗИК

Метою дипломної роботи є оцінка реальних та потенційних ризиків загрози здоров'ю населення Сєвєродонецько-Лисичанської агломерації для покращення умов проживання на цій території через важелі управління ризиками.

Визначено, що канцерогенний ризик в агломерації перевищує допустиму межу і потребує негайного зниження. Найуразливішими до дії канцерогенних речовин є субпопуляція жінок, до складу якої входять особи фертильного віку, та дітей, що є загрозою для національної безпеки.

Сумарний індекс небезпеки від хронічного впливу полютантів на органи дихання та кровотворну систему становить у м.Рубіжне 70,768, у м.Лисичанськ 63,986, у м.Сєвєродонецьк 40,067.

Сумарний індекс небезпеки неканцерогенних ефектів при гострому впливі також перевищує 1.

Потенційний ризик рефлекторних ефектів є *надзвичайно небезпечним* від впливу діоксиду сірки та діоксиду азоту для всієї агломерації.

KRAVCHENKO

					ДР.00.01.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Кравченко І.В.			Оцінка ризику загрози здоров'ю населення Сєвєродонецько-Лисичанської агломерації	Літ.	Арк. / Аркушів
Перевір.		Суворін О.В.					113
Реценз.						СНУ ім. В. Даля ПЕО-19зм	
Н. Контр.							
Затверд.		Суворін О.В.					

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1 МЕТОДОЛОГІЇ ОЦІНКИ РИЗИКУ ЗДОРОВ'Ю НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ 10
1.1 Міжнародна практика розрахунку потенційного ризику здоров'ю, пов'язаного з хімічним забрудненням атмосферного повітря 20
1.2 Методичні основи розрахунку потенційного ризику здоров'ю, пов'язаного з хімічним забрудненням атмосферного повітря 22
1.3 Оцінка ризику прояву негайних токсичних ефектів при забрудненні атмосферного повітря 22
1.4 Оцінка потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери 24
1.5 Оцінка потенційного ризику здоров'ю населення при комбінованій дії забруднювачів атмосферного повітря 25
2 АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ 27
3 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА І КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКИ 30
3.1 Сєвєродонецьк 34
3.2 Рубіжне 35
3.3 Лисичанськ 37
4 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ РИЗИКІВ ЗАГРОЗИ ЗДОРОВ'Ю 39
5 РЕТРОСПЕКТИВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗИ ВІТРІВ м.СЄВЄРОДОНЕЦЬК 49
6 ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКІВ ЗДОРОВ'Ю НАСЕЛЕННЯ АГЛОМЕРАЦІЇ 64
6.1 Канцерогенні ризики 64
6.2 Оцінка потенційного ризику від хімічного забруднення атмосферного повітря домішками, що мають неканцерогенний механізм впливу 71
7 ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКІВ 83
7.1 Управління ризиком шляхом розробки сценарію скорочення ризику 91
ВИСНОВКИ 96
ABSTRACT 99
АНОТАЦІЯ 100
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 102
ДОДАТКИ 107

KRAVCHENKO

ВСТУП

На початку XXI століття світова спільнота визнала, що зміна клімату є однією з основних проблем світового розвитку з потенційно серйозними загрозами для глобальної економіки та міжнародної безпеки внаслідок підвищення прямих і непрямих ризиків, пов'язаних з енергетичною безпекою, забезпеченням продовольством і питною водою, стабільним існуванням екосистем, ризиків для здоров'я і життя людей. Низька здатність країн адаптуватися до таких проявів зміни клімату, як повені, посухи, руйнування берегів і тривалі періоди з аномальною спекою, може призвести до соціальної та економічної нестабільності. Здійснення термінових заходів щодо боротьби із зміною клімату та її наслідками є однією із цілей, сформульованих у новому порядку денному Сталого розвитку на період до 2030 року, ухваленому на саміті Сталого розвитку, що проходив 25 вересня 2015 р. в Нью-Йорку. Міжурядовою групою експертів із зміни клімату визначено, що антропогенний вплив на кліматичну систему є домінуючою причиною потепління, що спостерігається з середини XX століття. Для уникнення катастрофічних наслідків зміни клімату необхідно досягнути такого скорочення викидів парникових газів, щоб стримати зростання глобальної середньої температури значно нижче 2 °C понад доіндустріальні рівні. Як сторона Рамкової конвенції ООН про зміну клімату та Кіотського протоколу до неї Україна забезпечує виконання зобов'язань за цими міжнародними угодами, проте державна політика у сфері зміни клімату має фрагментарний характер і розглядається як складова виключно екологічної політики. Відсутність системного підходу до проблеми зміни клімату в цілому унеможливлює прийняття управлінських рішень щодо забезпечення запобігання зміні клімату та адаптації до неї в масштабах усієї економіки країни.

Водночас виконання нових завдань, спричинених ратифікацією Україною Паризької угоди та подальшою імплементацією її положень, потребує формування цілісної і послідовної державної політики у сфері зміни клімату відповідно до

KRAVCHENKO

політики міжнародних організацій з урахуванням провідних світових технологій і практики, а також особливостей національних умов, можливостей, потреб і пріоритетів.

Невідкладність розв'язання проблеми у сфері зміни клімату зумовлена:

- необхідністю удосконалення законодавчої бази у цій сфері;
- недостатньо чітким розподілом функцій, низьким рівнем координації дій та інституційної спроможності органів державної влади щодо планування і проведення дій у зазначеній сфері;
- неузгодженістю політики у сфері зміни клімату із законодавчими та іншими нормативно-правовими актами в інших соціально-економічних сферах;
- відсутністю системного підходу до створення наукового підґрунтя діяльності у сфері зміни клімату;
- недостатньою обізнаністю громадянського суспільства та органів державної влади з усіма аспектами проблеми зміни клімату та низьковуглецевого розвитку держави.

Формування і подальша реалізація цілісної державної політики у сфері зміни клімату, гармонізованої з міжнародним законодавством, є складним завданням через мультидисциплінарний характер проблеми. Політично, економічно і науково обґрунтовані рішення з питань зміни клімату повинні прийматися для всіх секторів економіки, включаючи енергетику, промисловість, агропромисловий комплекс, транспорт, водне, лісове і житлово-комунальне господарства, землекористування, а також охорону здоров'я, збереження і відтворення екосистем [1].

В усіх розвинутих державах світу та міжнародних організаціях 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, а також оцінити збитки здоров'ю населення і проводити порівняльну характеристику ризиків та збитків від впливу великого комплексу факторів середовища існування людини.

KRAVCHENKO

Атмосферне повітря є ведучим об'єктом навколишнього середовища, з яким пов'язана найбільша частина ризиків та збитків здоров'ю людини від впливу факторів довкілля. Збитки, пов'язані з ризиком смертності, захворюваності населення та іншими непрямими втратами, дозволяють оцінити ефективність (або неефективність) вкладів в ті, чи інші заходи, вибрати економічно оптимальну систему заходів, обґрунтувати відповідні інвестиції.

Це спонукає до необхідності радикальної зміни системи моніторингу повітряних полютантів, наближення її до міжнародних вимог, гармонізації нормативної бази, яка по структурі нормативів так і по їх значенням суттєво відрізняється від рекомендацій міжнародних організацій, Євросоюзу та ведучих країн світу.

KRAVCHENKO

1 МЕТОДОЛОГІЇ ОЦІНКИ РИЗИКУ ЗДОРОВ'Ю НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря здійснюється спеціалістами установ та закладів державної санітарно-епідеміологічної служби, які оцінюють рівень канцерогенного та неканцерогенного ризиків для здоров'я населення від існуючого забруднення атмосферного повітря на території населеного пункту, яке сформоване за рахунок промислових викидів, життєдіяльності населення та процесів трансформації [2].

Методологія оцінки ризику – це вибір оптимальних у даній конкретній ситуації шляхів усунення або зменшення ризику, він складається з трьох взаємопов'язаних блоків (таблиця 1.1):

1) оцінка ризику;
2) управління ризиком;
3) інформування про ризик.

Таблиця 1.1 - Характеристика основних блоків методології оцінки ризику

Назва блоку	Характеристика шляхів усунення або зменшення ризику
1	2
Оцінка ризику	Повна, або базова, схема оцінки ризику передбачає проведення чотирьох взаємопов'язаних етапів, а саме: 1) ідентифікацію небезпеки; 2)оцінку експозиції; 3)характеристику небезпеки (оцінку залежності "доза-відповідь"); 4)характеристику ризику.
Управління ризиком	Основні завдання управління ризиком – порівняльне вивчення факторів ризику, установлення вагомості ризиків, їхнє ранжування і виявлення пріоритетів, обґрунтування найкращих в даній ситуації рішень з усунення або мінімізації ризику, а також оцінка ефективності і корегування оздоровчих заходів. Управління ризиком базується на сукупності політичних, соціальних і економічних оцінок отриманих величин ризиків, порівняльній характеристиці можливої шкоди для здоров'я людини і суспільства в цілому, можливих витрат на реалізацію різних варіантів управлінських рішень зі зниження ризику і тих вигод, які будуть отримані в результаті реалізації заходів.

KRAVCHENKO

Продовження таблиці 1.1

1	2
Інформування про ризик	Інформування про ризик – це процес розповсюдження результатів визначення ступеня ризику для здоров'я людини і рішень щодо його контролю. На їх основі органи санепідслужби спільно з адміністративними органами, з огляду на пріоритетність як окремих джерел забруднення, так і провідних чинників, які формують найбільш високий і небезпечний рівень ризику для здоров'я населення та стану навколишнього природного середовища, розробляють комплекс профілактичних заходів і черговість їх впровадження. Цей аспект є принципово новим і відрізняє концепцію ризику від попередніх концепцій, що використовувались при оцінці небезпеки впливу шкідливих факторів оточуючого середовища на населення.

Головним завданням першого етапу *(ідентифікація небезпеки)* є відбір пріоритетних, індикаторних хімічних речовин, вивчення яких дозволить з достатньою точністю охарактеризувати рівні ризику порушення стану здоров'я населення та джерела його виникнення. Пріоритетність досліджуваних речовин визначають на основі даних щодо їх біологічної активності, у т.ч. канцерогенної, фізико-хімічних властивостей, які обумовлюють особливості поширеності і поведінки їх у навколишньому природному середовищі та впливу на організм людини, залежності розвитку негативних ефектів (специфічних і неспецифічних) від шляху надходження речовини в організм. При цьому, як правило, використовують вторинні джерела інформації (аналітичні огляди, звіти, довідники, бази даних), що вже містять висновки висококваліфікованих експертів про небезпечні властивості даної речовини.

Оцінка експозиції – другий етап оцінки ризику, у процесі якого встановлюється кількісний рівень надходження речовини до організму людини певним шляхом. Він передбачає визначення шляху розповсюдження у навколишньому середовищі і впливу на організм забруднюючої сполуки, вивчення її концентрацій, установлення терміну дії і загальної тривалості впливу, оцінки чисельності популяції, яка знаходиться або вірогідно може знаходитись під впливом шкідливого чинника.

Кількісна характеристика експозиції передбачає визначення концентрації хімічних сполук, що впливають на людину, орієнтуючись на дані:

KRAVCHENKO

– моніторингових досліджень;

– моделювання поширеності та поведінки хімічних сполук у повітряному (навколишньому природному) середовищі;

– комбінації результатів моніторингових спостережень із даними, отриманими на основі моделювання.

Моніторинг якості атмосферного повітря є найбільш важливим інструментом для аналітичного визначення вмісту хімічних чинників. За сучасних умов джерелом даних можуть бути результати спеціально спрямованих спостережень та матеріали щодо стану забруднення атмосферного повітря, отримані державною системою спостережень Державної гідрометеорологічної служби МНС України та Державної санітарно-епідеміологічної служби МОЗ України.

Концентрація речовини у зоні спостережень (місце перебування людини) визначається як середньоарифметична величина концентрацій, що мали місце протягом періоду експозиції, або як максимальна концентрація за обмежений час (у залежності від постановки завдання). Для оцінки ризиків, зумовлених *хронічним впливом хімічних речовин*, мають застосовуватись середньорічні концентрації та їхні верхні 95%-ві довірчі межі. При визначенні ризиків *гострих (екстремальних, аварійних) ситуацій* терміном до 24 год. використовуються максимальні концентрації. Для України важливо орієнтуватись на переліки загальнопоширених забруднюючих речовин атмосферного повітря [3].

Результатом даного етапу оцінки ризику є визначення середньої добової дози (*ADD/LADD*), формула розрахунку якої за інгаляційного впливу речовини з атмосферного повітря має вигляд:

$$ADD/LADD = \frac{[(Ca \cdot Tout \cdot Vout) + (Ch \cdot Tin \cdot Vin)] \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT \cdot 365} \quad (1.1)$$

де *ADD/LADD* – середня добова доза речовини, мг/(кг·доба)*;*

Ca – концентрація речовини в атмосферному повітрі, мг/м^3;

Ch – концентрація речовини у повітрі приміщення, мг/м^3;

Tout – час, що проводиться поза приміщенням, год/доба;

Tin – час, що проводиться у приміщенні, год/доба;

KRAVCHENKO

Vout – швидкість дихання поза приміщенням, м^3/год.;

Vin – швидкість дихання у приміщенні, м^3/год.;

EF – частота впливу, днів/рік;

ED – тривалість впливу, років;

BW – маса тіла, кг;

AT – період осереднення експозиції, років;

365 – число днів у році.

За відсутності специфічних для досліджуваної популяції дескрипторів експозиції використовують стандартні значення, що наведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Рекомендовані значення факторів експозиції

Фактор експозиції	Величина
1	2
Маса тіла, кг	
- середній дорослий	60
- дорослий чоловік	70
- доросла жінка	58
- середня величина	64
- рекомендована ВООЗ	60
Площа поверхні тіла, см^2	
- дорослий чоловік	18000
- доросла жінка	16000
Об’єм дихання, л/8 годин	
- дорослий чоловік	3600
- доросла жінка	2900
- дитина (10 років)	2300
легка/не виробнича діяльність	
- дорослий чоловік	9600
- доросла жінка	9100
- дитина (10 років)	6240
Інгаляція за добу, м^3 (8 годин відпочинку, 16 годин легкої або невиробничої діяльності)	
- дорослий чоловік	23
- доросла жінка	21
- дитина (10 років)	15
- середній дорослий	22
Швидкість інгаляції, м^3/доба	
- діти (вік 1 рік і менше)	4,5
- діти (вік 1-12 років)	8,7
- дорослі жінки	11,3
- дорослі чоловіки	15,2

КРАВЧЕНКО

Продовження таблиці 1.2

1	2
Час, що проводиться у приміщенні, год/доба	
- діти 3-11 років	19 (будні дні) 17 (вихідні)
- дорослі	21 (будні дні) 16,4 (вихідні)
Час, що проводиться поза приміщенням, год/доба	
- діти 3-11 років	5 (будні дні) 7 (вихідні)
- дорослі	1,5 (будні дні) 2 (вихідні)

Головним завданням третього етапу *(характеристика небезпеки)* є узагальнення та аналіз наявних даних щодо гігієнічних нормативів, безпечних рівнів впливу (референтних доз та концентрацій), критичних органів/систем та негативних ефектів, що можуть виникати за дії певної речовини або групи речовин. Дія хімічних сполук зумовлює широкий спектр шкідливих ефектів, які залежать від шляху та тривалості надходження в організм, рівнів доз або концентрацій. У методології оцінки ризику прийнято орієнтуватися на той шкідливий ефект, який виникає за впливу найменшої із ефективних доз (критичний ефект, критичні органи/системи). При цьому міжнародна методологія оцінки ризику передбачає, що:

– для *неканцерогенних речовин* та канцерогенів негенотоксичної дії передбачається наявність порогових рівнів, нижче від яких шкідливі ефекти не виникають;

– *канцерогенні ефекти*, обумовлені дією генотоксичних канцерогенних чинників, можливі за дії будь-яких доз, що викликають пошкодження генетичного матеріалу; для такого роду сполук відсутні порогові рівні.

Для характеристики ризику розвитку *неканцерогенних ефектів* найчастіше використовують два показники:

1) максимальна недіюча доза;
2) мінімальна доза, що викликає пороговий ефект.

Дані показники є основою для установлення рівнів мінімального ризику –

KRAVCHENKO

референтних доз (*RfD*) і концентрації (*RfC*). Перевищення референтної дози не обов'язково пов'язане із розвитком шкідливого ефекту, але чим вища доза впливу і чим більше вона перевищує референтну, тим більша імовірність його виникнення, однак оцінити цю імовірність за даного методичного підходу неможливо. У зв'язку з цим кінцевими характеристиками оцінки експозиції на основі референтних доз і концентрацій є коефіцієнти *(HQ)* та індекси *(HI)* небезпеки. Якщо референтна доза не перевищена, то ніяких регулюючих втручань не потрібно. У випадку, коли вплив речовини перевищує *RfD*, виникає небезпека, величину якої можна оцінити лише за допомогою вивчення залежності "доза-відповідь" та спектра шкідливих ефектів. Значення референтних доз/концентрацій деяких хімічних речовин, а також критичних органів та систем, на які вони впливають, наведено у [3].

Для оцінки ризику генотоксичних канцерогенів основним параметром є фактор канцерогенного потенціалу (*CPF*) або фактор нахилу (*SF*), що відображає ступінь наростання канцерогенного ризику на одну одиницю зі збільшенням дози впливу і має розмірність $(мг/(кг \cdot доба))^{-1}$.

Іншим параметром є величина так званого одиничного ризику (*UR*). За інгаляційного впливу *UR* являє собою верхню, консервативну оцінку канцерогенного ризику у людини, яка зазнає постійного впливу протягом життя певного канцерогену в концентрації 1 $мкг/м^3$. Значення фактора канцерогенного потенціалу деяких хімічних речовин за повітряного шляху надходження наведено у додатку [2].

Четвертий етап – *характеристика ризику* інтегрує дані про небезпеку досліджуваних речовин, величину експозиції, параметри залежності "доза-відповідь", які було отримано на попередніх етапах дослідження. На основі цих даних дається кількісна та якісна оцінка ризику окремих речовин та визначається порівняльний ряд небезпеки для здоров'я населення групи сполук.

KRAVCHENKO

Характеристику ризику розвитку неканцерогенних ефектів здійснюють шляхом порівняння фактичних рівнів експозиції з безпечними (референтними) рівнями впливу та визначенням коефіцієнта небезпеки:

$$HQ = \frac{AD}{RfD} \quad \text{або} \quad HQ = \frac{AC}{RfC} \tag{1.2}$$

де *HQ* – коефіцієнт небезпеки;

AD – середня доза, мг/кг;

AC – середня концентрація, мг/м^3;

RfD – референтна (безпечна) доза, мг/кг;

RfC – референтна концентрація, мг/м^3.

За висновком закордонних експертів, у разі відсутності референтних доз/концентрацій як еквівалент можна використовувати гранично допустимі концентрації (ГДК) або максимально недіючі рівні чи концентрації (МНР, МНК), установлені за критерієм прямого ефекту на здоров'я.

За інгаляційного надходження, якщо цього не потребують спеціальні задачі дослідження, немає необхідності розраховувати дозу впливу, а розрахунок коефіцієнта небезпеки можна здійснювати за формулою:

$$HQ = \frac{C_i}{RfC} \tag{1.3}$$

де HQ_i – коефіцієнт небезпеки впливу *i*-тої речовини;

C – рівень впливу *i*-тої речовини, мг/м^3;

RfC_i – безпечний рівень впливу, мг/м^3.

Коефіцієнт небезпеки розраховують окремо за умов короткотривалого (гострого), підгострого і тривалого впливу хімічної речовини. При цьому період осереднення експозиції і відповідних безпечних рівнів впливу має бути аналогічним. Критерії для характеристики коефіцієнта небезпеки наведено у таблиці 1.3.

KRAVCHENKO

Таблиця 1.3 - Критерії неканцерогенного ризику

Характеристика ризику	Коефіцієнт небезпеки (*HQ*)
Ризик виникнення шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий	<1
Гранична величина, що не потребує термінових заходів, однак не може розглядатися як досить прийнятна	1
Імовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню *HQ*	>1

Характеристику ризику розвитку неканцерогенних ефектів за комбінованого впливу хімічних речовин проводять на основі розрахунку індексу небезпеки за формулою:

$$HI = \sum HQ_i \qquad (1.4)$$

де HQ_i – коефіцієнти небезпеки для окремих забруднюючих речовин.

Розрахунок індексів небезпеки, як правило, проводять з урахуванням критичних органів та систем, які зазнають негативного впливу досліджуваних речовин. Як свідчать результати наукових досліджень, за впливу компонентів суміші на одні і ті ж органи або системи організму найбільш імовірним типом їх комбінованого впливу є сумація (адитивність). Це правило не є універсальним, оскільки не враховує можливої різниці у механізмах специфічної дії компонентів суміші, а також локальних шкідливих реакцій у місці первинного контакту речовини з організмом (наприклад, слизових оболонках дихальних шляхів або шлунку).

Разом з тим, на думку міжнародних та закордонних експертів, такий підхід хоча і може перебільшувати небезпеку для здоров'я, однак має більшу перевагу у порівнянні з роздільною, незалежною оцінкою кожного із компонентів.

Для характеристики канцерогенного ризику проводять розрахунок індивідуального та популяційного ризику впливу досліджуваних речовин.

Розрахунок індивідуального канцерогенного ризику (*ICR*) здійснюють за формулою:

KRAVCHENKO

$$ICR = SF \cdot LADD\ , \qquad (1.5)$$

де *ICR* – імовірність занедужати раком, безвимірна величина (зазвичай виражається в одиницях 1:1000000);

SF – фактор нахилу, тобто імовірність одержання ракового захворювання у випадку прийому одиничної дози *LADD*, 1/мг/(кг·доба), ((мг/(кг·доба)$^{-1}$); *LADD* – середня добова доза протягом життя, мг/(кг·доба).

При застосуванні величини одиничного ризику розрахункова формула набуває вигляду:

$$ICR = LADC \cdot UR\ , \qquad (1.6)$$

де *LADC* – середня концентрація речовини в атмосферному повітрі за весь період усереднення експозиції, мг/м^3; *UR* – одиничний ризик, (мг/м^3)$^{-1}$.

Одиничний ризик (*UR*) розраховують із використанням величини *SF*, стандартної величини маси тіла людини (70 кг) та добового споживання повітря (20 м^3):

$$UR_i\ (м^3/мг) = SF_i\ (мг/кг \cdot доба)^{-1} \times 1/70\ кг \times 20\ (м^3/доба). \qquad (1.7)$$

Поряд з розрахунками індивідуального канцерогенного ризику проводять визначення популяційного ризику (*PCR*), який відображає додаткову (до фонової) кількість випадків новоутворень, які можуть виникнути протягом життя внаслідок впливу досліджуваного фактору:

$$PCR = ICR \cdot POP\ , \qquad (1.8)$$

де *ICR* – індивідуальний канцерогенний ризик;

POP – чисельність популяції, що підпадає під вплив даного фактору, осіб.

При порівняльній характеристиці ризику іноді використовують величину популяційного річного ризику (*PCRa*), що являє собою розраховану кількість додаткових випадків раку протягом року:

$$PCRa = \Sigma(C_i \cdot UR_i) \cdot POP\ /\ 70\ , \qquad (1.9)$$

KRAVCHENKO

де C_i – середня річна концентрація *i*-тої речовини; *POP* – чисельність популяції, що зазнає впливу, осіб; UR_i – одиничний ризик протягом життя (70 років).

Канцерогенний ризик за комбінованої дії декількох хімічних сполук розглядають як адитивний. При аналізі доцільно групувати досліджувані канцерогени з урахуванням виду та/або локалізації пухлин. У цьому випадку розрахунок сумарних канцерогенних ризиків здійснюють окремо для кожної групи (наприклад, для раку легень, пухлин печінки тощо).

Таким чином, за впливу декількох канцерогенів сумарний канцерогенний ризик розраховують за формулою:

$$CR_T = \sum CR_J \qquad (1.10)$$

де CR_T – загальний канцерогенний ризик для шляху надходження *T*;
CR_j – канцерогенний ризик для *j*–тої канцерогенної речовини.

Наприклад, необхідно розрахувати середню добову дозу впливу бенз(а)пірену на населення міста, де концентрація бенз(а)пірену в атмосферному повітрі становить $0{,}95 \cdot 10^{-6}$ мг/м^3. Використовуючи стандартні дескриптори експозиції, проводимо розрахунок за формулою:

$$LADD = \frac{[(Ca \cdot Tout \cdot Vout) + (Ch \cdot Tin \cdot Vin)] \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT \cdot 365}, \qquad (1.11)$$

Параметр	Характеристика	Стандартне значення
LADD	Величина надходження, мг/(кг·доба)	-
Ca	Концентрація речовини в атмосферному повітрі, мг/м^3	$0{,}95 \cdot 10^{-6}$ мг/м^3.
Ch	Концентрація речовини в повітрі приміщення, мг/м^3	$1{,}0 \cdot 0{,}95 \cdot 10^{-6}$ мг/м^3.
Tout	Час, що проводиться поза приміщенням, год/доба	8 год/доба
Tin	Час, що проводиться всередині приміщення, год/доба	16 год/доба
Vout	Швидкість дихання поза приміщенням, м^3/год	1,4 м^3/рік
Vin	Швидкість дихання в середині приміщення, м^3/год	0,63 м^3/рік
EF	Частота впливу, днів/рік	350 днів/рік
ED	Тривалість впливу, років	30 років (дорослі)
BW	Маса тіла, кг	70 кг (дорослі)
AT	Період осереднення експозиції, років	Для канцерогенів 70 років

KRAVCHENKO

$$LADD = \frac{[(0{,}95\cdot10^{-6}\cdot8\cdot1{,}4)+(1{,}0\cdot0{,}95\cdot10^{-6}\cdot16\cdot0{,}63)]\cdot350\cdot30}{70\cdot70\cdot365} = 0{,}118\cdot10^{-6} мг/(кг\cdot доба)$$

При використанні лінійної моделі величина індивідуального ризику буде складати:

$$CR = SF \cdot LADD = 3{,}1\cdot0{,}12\cdot10^{-6} = 0{,}37\cdot10^{-6}$$

Враховуючи, що кількість населення в досліджуваному місті становить 300000 осіб, розраховуємо величину популяційного ризику:

$$PCR = CR \cdot POP = 0{,}37\cdot10^{-6}\cdot300000 = 0{,}11.$$

За класифікацією рівнів ризику ВООЗ, розрахований ризик буде низьким, тобто допустимим для здоров'я населення.

При оцінці ризиків для здоров'я, зумовлених впливом забруднювачів атмосферного повітря, доцільно орієнтуватися на систему критеріїв, рекомендовану у публікаціях ВООЗ (1996, 1999, 2000 рр.) (таблиця 1.4).

Таблиця 1.4 - Класифікація рівнів ризику

Рівень ризику	Ризик протягом життя
Високий (*De Manifestis*) – не прийнятний для виробничих умов і населення. Необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику	$>10^{-3}$
Середній – припустимий для виробничих умов; за впливу на все населення необхідний динамічний контроль і поглиблене вивчення джерел і можливих наслідків шкідливих впливів для вирішення питання про заходи з управління ризиком	$10^{-3} – 10^{-4}$
Низький – припустимий ризик (рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення)	$10^{-4} – 10^{-6}$
Мінімальний (*De Minimis*) – бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих і природоохоронних заходів	$<10^{-6}$

1.1 Міжнародна практика розрахунку потенційного ризику здоров'ю, пов'язаного з хімічним забрудненням атмосферного повітря

В міжнародній практиці застосовують три основні моделі оцінки залежностей "доза-відгук" [4-9]:

1. Лінійна або лінійно-експоненціальна моделі мають наступний вигляд:

KRAVCHENKO

$$Risk = UR \cdot C \cdot t, \quad (1.12)$$

$$Risk = 1 - \exp(-UR \cdot C \cdot t), \quad (1.13)$$

де *Risk* – ризик виникнення несприятливого ефекту, який визначається як ймовірність виникнення цього ефекту при заданих умовах;

C – реальна концентрація (або доза) речовини, що надає вплив за час *t*;

UR – одиниця ризику, що визначається як фактор пропорції зростання ризику в залежності від величини діючої концентрації (дози). Як правило визначається експертними методами при статистичному аналізі експериментального або медико-статистичного матеріалу, отриманого різними авторами у порівнянних ситуаціях.

2. Порогова модель передбачає наявність порогу, нижче якого досліджуваний фактор практично не діє. При

$$Risk = H(C - C_n), \quad (1.14)$$

де *H* – функція Хевісайда (*H(x)=0* при *x<0* і *H(x)=1* при *x>0*);

C – концентрація впливу;

C_n – порогова концентрація.

3. Модель індивідуальних порогів дії (нормально-імовірнісний розподіл частоти ефектів, пробіт(*Prob*)-аналіз) застосовується для визначення гострої токсичності хімічних речовин. Однак може бути використана і в ряді інших випадків [6].

Розрахункова формула ризику як нормально-імовірнісного розподілу частоти ефектів набуває вигляду:

$$Risk = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{(a+b\cdot\lg(C))} e^{-t/2} dt \quad (1.15)$$

де C – концентрація впливу; *a* і *b* – емпіричні коефіцієнти.

KRAVCHENKO

Фактично, вибір моделі залежить від тієї концептуальної системи, яка прийнята для оцінки ризику.

1.2 Методичні основи розрахунку потенційного ризику здоров'ю, пов'язаного з хімічним забрудненням атмосферного повітря

Потенційний ризик – ризик виникнення несприятливого для людини ефекту, що знаходиться як можливість виникнення цього ефекту при заданих умовах. Виявляється в процентах чи долях одиниці. Розрахунок потенційного ризику найбільш успішно може бути використаний для медико-екологічної оцінки якості навколишнього середовища, у тому числі і для перспективних цілей. Заведено відокремлювати три типи потенційного ризику:

1) ризик *негайних ефектів*, що проявляються безпосередньо в момент впливу (неприємні запахи, роздратовуючи ефекти, різноманітні фізіологічні реакції, загострення хронічних захворювань та ін., а при значних концентраціях – гострі отруєння);

2) ризик *тривалого (хронічного) впливу*, що проявляється при накопиченні достатньої для цього дози, у рості неспецифічної патології, зниженні імунного статусу і т.п.;

3) ризик *специфічної дії*, що проявляється у виникненні специфічних захворювань чи канцерогенних, імуно-, ембріотоксичних та інших подібних ефектів.

Реальний ризик – це кількісне вираження шкоди суспільному здоров'ю, пов'язаної із забрудненням навколишнього середовища, у величинах додаткових випадків захворювань, смерті та ін. Зазвичай використовується при оцінці існуючих ситуацій чи ретроспективних досліджень.

1.3 Оцінка ризику прояву негайних токсичних ефектів при забрудненні атмосферного повітря

Для більшості забруднюючих речовин встановлюється два значення ГДК – максимально разове і середньодобове, значення яких наведено в «Переліку гранично допустимих концентрацій (ГДК) та орієнтовних безпечних рівнів дії (ОБРД)

KRAVCHENKO

забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць» [10]. Ризик прояву негайних токсичних ефектів при забрудненні атмосферного повітря оцінюється для чотирьох класів небезпеки забруднюючих речовин у пробітах (*Prob*) за формулами:

$$1 \text{ клас } Prob = -9{,}15 + 11{,}66 \lg(C / ГДК_{м.р.}), \quad (1.16)$$

$$2 \text{ клас } Prob = -5{,}51 + 7{,}49 \cdot \lg(C / ГДК_{м.р.}), \quad (1.17)$$

$$3 \text{ клас } Prob = -2{,}35 + 3{,}73 \cdot \lg(C / ГДК_{м.р.}), \quad (1.18)$$

$$4 \text{ клас } Prob = -1{,}41 + 2{,}33 \cdot \lg(C / ГДК_{м.р.}), \quad (1.19)$$

де C – концентрація забруднюючої речовини; $ГДК_{м.р.}$ – максимальні разові ГДК, які призначені для регламентації максимальних рівнів приземних концентрацій забруднюючих речовин з метою попередження розвитку негайних токсичних ефектів; *Prob* – величина, що пов'язана з ризиком по закону нормального імовірнісного розподілу.

Пробіти та імовірність (*Risk*) пов'язані табличним інтегралом [8, 9]:

$$Risk = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Prob} e^{-t/2} dt \quad (1.20)$$

Для перерахунку *Prob* в *Risk* можна використовувати спеціальну таблицю 1.5 або вбудовані функції спеціалізованих пакетів програм.

Таблиця 1.5 - Нормально-вірогідний розподіл при взаємозв'язку пробітів і ризику

Prob	*Risk*	*Prob*	*Risk*	*Prob*	*Risk*	*Prob*	*Risk*
-3,0	0,001	-1,0	0,157	0,2	0,579	1,4	0,919
-2,5	0,006	-0,9	0,184	0,3	0,618	1,5	0,933
-2,0	0,023	-0,8	0,212	0,4	0,655	1,6	0,945
-1,9	0,029	-0,7	0,242	0,5	0,692	1,7	0,955
-1,8	0,036	-0,6	0,274	0,6	0,726	1,8	0,964
-1,7	0,045	-0,5	0,309	0,7	0,758	1,9	0,971
-1,6	0,055	-0,4	0,345	0,8	0,788	2,0	0,977
-1,5	0,067	-0,3	0,382	0,9	0,816	2,5	0,994
-1,4	0,081	-0,2	0,421	1,0	0,841	3,0	0,999
-1,3	0,097	-0,1	0,460	1,1	0,864		
-1,2	0,115	0,0	0,50	1,2	0,885		
-1,1	0,136	0,1	0,540	1,3	0,903		

КРАУСНЕНКО

Наприклад, табличний процесор Microsoft Excel пропонує вбудовану функцію нормального імовірнісного розподілу.

1.4 Оцінка потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери

Ймовірність розвитку неспецифічних токсичних ефектів при хронічній інтоксикації в заданих умовах визначається за формулою:

$$sk = 1 - \exp(\ln(0{,}84) \cdot (C / ГДК_{сд})^b / K_З), \quad (1.21)$$

де C – концентрація речовини, що робить вплив за заданий період часу;

$ГДК_{сд}$ – середньодобова граничнодопустима концентрація;

$K_З$ – коефіцієнт запасу (значення змінюються в залежності від класу небезпеки речовини) (таблиця 1.6);

b – коефіцієнт, що дозволяє оцінювати ізоефективні ефекти домішок різних класів небезпеки відповідно таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 - Значення коефіцієнтів $K_З$ і b для речовин різних класів небезпеки

Клас небезпеки забруднюючих речовин	Коефіцієнт запасу $K_З$	Коефіцієнт b
1	7,5	2,35
2	6,0	1,28
3	4,5	1,0
4	3,0	0,87

Наприклад, визначимо імовірнісний ризик розвитку хронічних неспецифічних ефектів за формулою (1.21) при середній концентрації сульфатної кислоти в повітрі 0,4 мг/м^3. Сульфатна кислота відноситься до другого класу небезпеки, $ГДК_{сд}$ = 0,1 мг/м^3.

$$Risk = 1 - \exp(\ln(0{,}84) \cdot (0{,}4 / 0{,}1)^{1{,}28} / 6) = 0{,}157.$$

Таким чином, при постійному впливі атмосферного повітря, забрудненого сульфатною кислотою в концентрації 0,4 мг/м^3 у 157 осіб з 1000, що постійно проживають на досліджуваній території протягом всього життя, можуть проявитися симптоми хронічної інтоксикації.

KRAVCHENKO

Потенційний ризик здоров'ю населення при хронічному впливі декількох домішок забруднення атмосфери визначається за формулою:

$$Risk = 1 - \exp(\ln(0{,}84) / (ГДК \cdot K_З) \cdot C \cdot t)^n , \quad (1.22)$$

де C – концентрація домішок;

$ГДК$ – норматив;

$K_З$ – коефіцієнт запасу (значення змінюються в залежності від класу небезпеки речовини) (таблиця 1.6)

n – коефіцієнт, що визначається в залежності від класу небезпеки домішки:

1-клас – 2,4; 2-й клас – 1,31; 3-й клас – 1,0; 4-й клас – 0,86;

t – відношення тривалості впливу забруднення в містах до середньої тривалості життя людини (70 років).

Даний підхід застосовується при рівні забруднення об'єкту довкілля до 10-15 ГДК [4].

1.5 Оцінка потенційного ризику здоров'ю населення при комбінованій дії забруднювачів атмосферного повітря

Під комбінованою дією розуміється вплив декількох домішок. Для оцінки комбінованої дії декількох домішок, що володіють ефектом сумації, використовують метод розрахунку приведеної концентрації ($C_{пр}$):

$$C_{пр} = C_1 + C_2 \cdot \frac{ГДК_1}{ГДК_2} + \cdots + C_n \cdot \frac{ГДК_1}{ГДК_n} \quad (1.23)$$

де C_1 , C_2 ,..., C_n – концентрації 1-ої, 2-ої, ..., n- ої домішок;

$ГДК_1$, $ГДК_2$,..., $ГДК_n$ – відповідно їх нормативи.

При цьому ризик комбінованої дії такої суміші може бути легко визначений з використанням підходів, викладених вище, де $C_{пр}$ приймається як біологічний еквівалент сумарного впливу домішок, що входять у суміш. Разом з тим, враховуючи, що ризик, за своєю сутністю, є величиною ймовірнісною, ми не виключаємо можливість визначення ризику комбінованої дії у відповідності до

КРАВЧЕНКО

правила добутку ймовірностей, де в якості множника виступає не величина ризику здоров'ю, а значення, що характеризує ймовірність його відсутності:

$$Risk_{сум} = 1 - (1-Risk_1) \cdot (1-Risk_2) \cdot (1-Risk_3) \cdot \ldots \cdot (1-Risk_n) \qquad (1.24)$$

де $Risk_{сум}$ - ризик комбінованої дії домішок;

$Risk_1$-$Risk_n$ - ризик дії кожної окремої домішки.

Наприклад, результати розрахунку величини потенційного ризику здоров'ю населення при комбінованій дії забруднювачів атмосферного повітря згідно формули (1.23) наведено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 - Результати розрахунку величини ризику при комбінованій дії трьох домішок

Домішки	Концентрація	ГДК	Ризик
Домішок 1	2,0	1,0	0,075
Домішок 2	4,0	1,5	0,098
Домішок 3	0,25	0,1	0,092
$C_{пр}$ (приведена до першої домішки)	7,17	1,0	***0,243***

При трактуванні отриманих величин потенційного ризику здоров'ю населення користуються ранговою шкалою, яку наведено в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 - Залежність ваги ефектів від величини ризику здоров'ю населення

Вага ефектів	Risk
Рівні мінімального ризику	<0,1
Граничні хронічні ефекти	0,1 – 0,19
Важкі хронічні ефекти	0,2 – 0,59
Важкі гострі ефекти	0,6 – 0,89
Смертельні ефекти	0,9 – 1,0

KRAVCHENKO

2 АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

В сучасних умовах здоров'я суспільства багато в чому визначається реальним забезпеченням прав на безпечне місце існування і профілактику захворювань. Згідно матеріалів Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), найбільший внесок в формування здоров'я населення вносить група факторів, об'єднаних поняттям «зовнішнє середовище», до якої відносяться численні елементи, що забруднюють повітря, воду, ґрунт, продукти харчування [11]. В останні десятиліття проблема високого поширення злоякісних новоутворень залишається актуальною для населення країни, особливо для промислових регіонів.

Проблема вивчення впливу факторів навколишнього середовища на стан здоров’я населення займає одне з центральних місць серед інших актуальних завдань екології та охорони навколишнього середовища. Медичне значення цієї проблеми визначається необхідністю своєчасної профілактики несприятливих змін в стані здоров'я, пов'язаних з дією факторів навколишнього середовища, їх своєчасної корекції, що становить основу первинної профілактики захворювань.

За даними ВООЗ, забруднення повітря є найбільш важливим окремо взятим фактором екологічного ризику для здоров'я в Європейському регіоні [11, 12]. Особлива увага має приділятися оцінці та профілактиці віддалених наслідків впливу полютантів на показники здоров'я населення. При оцінці ризику необхідно враховувати їх комплексне і комбіноване надходження. У профілактиці віддалених наслідків вельми актуальною залишається оцінка канцерогенного ризику здоров'ю, що, в свою чергу, завчасно дозволить виявити фактори ризику та розробити комплекс заходів по їх усуненню. При цьому повинен враховуватися диференційований підхід з виділенням пріоритетних чинників ризику для кожної території.

KRAVCHENKO

Проведення робіт з оцінки ризику відкриває нові можливості для оцінки багатосередовищних впливів і комплексного надходження хімічних речовин з максимальним урахуванням безлічі джерел, маршрутів і шляхів впливу, різних спектрів ефектів, що виникають.

Згідно щорічному довіднику OECDiLibrary, що публікує дані на NationMaster [13], Україна лідирує серед 163 країн за абсолютною кількістю померлих через забруднення атмосферного повітря з показником 1035 осіб на мільйон населення (рис.2.1), що більше на 2,1% у порівнянні з 2014 роком (рис.2.2).

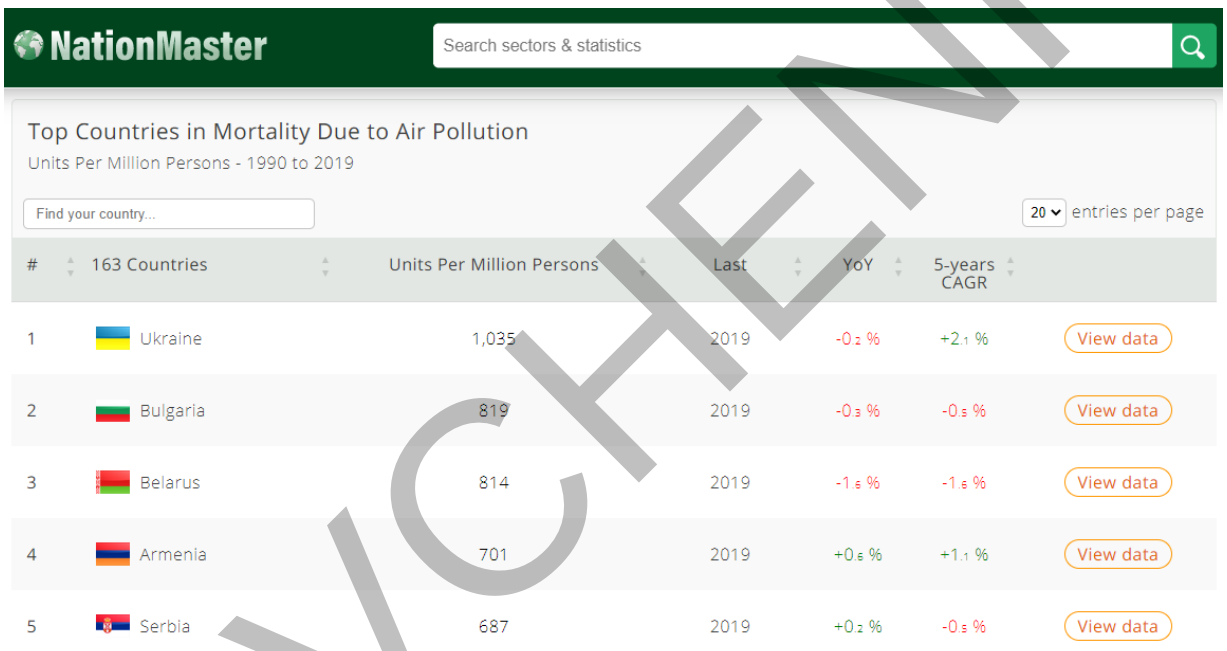


Рис.2.1 – П’ятірка країн-лідерів за смертністю через забруднене повітря

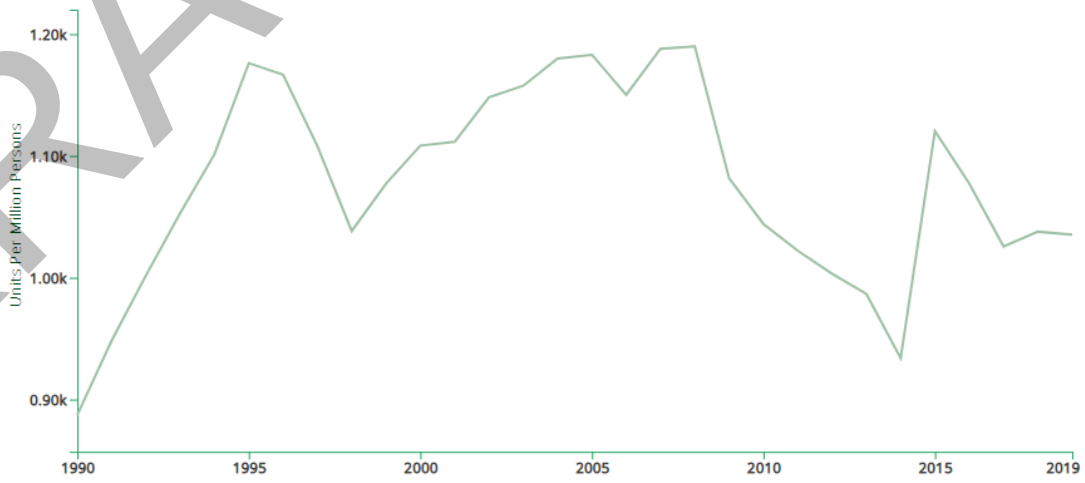


Рис.2.2 – Динаміка зміни показника смертності через забруднене повітря в Україні

КРАВЧЕНКО

Аналізуючи статистичні дані захворюваності та смертності з окремих причин, можна бачити (табл.2.2), що з 2005 по 2013рр. смертність майже від всіх приведених причин поступово знижується, або залишається на однаковому рівні окрім смертності з причин злоякісних новоутворень та хвороб систем кровообігу. Саме на системи кровообігу, органів дихання, серцево-судинну систему негативно впливають забруднювачі повітря. Це свідчить про необхідність шукати причини таких показників, аби розробити заходи з їх усунення.

Таблиця 2.2 - Статистичні дані смертності від різних причин по Луганській області [14]

Рік	Всього померлих	За окремими причинами:										
		хвороби системи кровообігу	% від загальної кількості	новоутворення	% від загальної кількості	зовнішні причини смерті	% від загальної кількості	хвороби органів травлення	% від загальної кількості	хвороби органів дихання	% від загальної кількості	деякі інфекц. та паразит. хв.
2005	44375	27876	62,82	5035	11,35	4153	9,36	2405	5,42	2052	4,62	942
2006	42572	27316	64,16	4804	11,28	3594	8,44	2295	5,39	1836	4,31	799
2007	42023	26657	63,43	4644	11,05	3657	8,70	2453	5,84	1778	4,23	788
2008	42181	26761	63,44	4593	10,89	3493	8,28	2719	6,45	1752	4,15	906
2009	39226	25131	64,07	4734	12,07	2819	7,19	2377	6,06	1646	4,20	792
2010	38921	25562	65,68	4747	12,20	2525	6,49	2111	5,42	1515	3,89	746
2011	37256	24402	65,50	4654	12,49	2536	6,81	1961	5,26	1418	3,81	669
2012	36316	23515	64,75	4636	12,77	2473	6,81	2343	6,45	1093	3,01	644
2013	35822	23172	64,69	4741	13,23	2337	6,52	2261	6,31	1089	3,04	632
2014[1]	22760	15229	66,91	2630	11,56	1450	6,37	1254	5,51	595	2,61	338
2015[1]	14468	10164	70,25	1630	11,27	689	4,76	704	4,87	438	3,03	179
2016[1]	14097	9598	68,09	1640	11,63	644	4,57	651	4,62	409	2,90	180
2017[1]	14314	9699	67,76	1711	11,95	647	4,52	681	4,76	364	2,54	171
2018[1]	15991	10913	68,24	1925	12,04	690	4,31	727	4,55	382	2,39	165
2019[1]	16011	11083	69,22	1883	11,76	598	3,73	700	4,37	356	2,22	154

[1] Без урахування частини тимчасово окупованої території Луганської області.

КРИВОШЕНКО

3 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА І КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКИ

Луганська область розташована на сході України у басейні середньої течії річки Сіверський Донець [15]. Максимальна відстань з півночі на південь складає 275 км, із заходу на схід – 170 км, площа – 26,7 тис. кв. км. (4,4 % території України). На півночі, сході та півдні межі області співпадають з державним кордоном України. Тут вона межує з Бєлгородською, Воронезькою та Ростовською областями Російської Федерації. На південному заході її землі межують з Донецькою, а на північному заході – з Харківською областями України. Територія області представляє собою переважно хвилясту рівнину на лівобережній частині долини Сіверського Донця. На півдні розташований Донецький кряж. В лівобережній частині області простягається Старобільська рівнина. На крайній півночі в межі області заходять вибалки Середньоруського узгір'я. Абсолютні висоти тут поступово знижуються (від 216 до 50 м) на південь і південний захід до долини Сіверського Донця. Вздовж лівого берега ріки тягнеться порівняно нешироka (16-18 км) терасова рівнина, вкрита, головним чином пісками, місцями сформованими в дюни. Найбільш характерною рисою Донецького кряжа є чергування пагорбкуватих водороздільних площин з глибокими крутобережними річковими долинами і сухими балками. Найвища точка – Могила Мечетна – 367 м. В долині рік Міуса й Нагольної висота Донецького кряжа знижується і східні схили переходять в Приазовську берегову рівнину. Північні схили кряжа поступово знижуються в напрямі до Сіверського Донця. У північній частині поширені чорноземи звичайні середньо- та малогумусні. В південній – чорноземи звичайні середньо- та малогумусні, дернові щебенюваті ґрунти. В долині Сіверського Дінця – чорноземні, дернові піщані ґрунти. Щорічне формування надземної та

KRAVCHENKO

підземної маси рослинного походження та її розкладання в умовах недостатньої вологи обумовлюють значну кількість гумусу, глибина якого варіюється від 50 до 130 см.

Для Луганської області характерні два типи ландшафтів – степовий та лісовий. Ліса займають 8,6 % території області та розповсюджені вкрай нерівномірно. Основні масиви лісу знаходяться у басейнах річок Сіверський Донець та Айдар (Кремінський та Станично-Луганський райони). Більш ніж 250 тис. га складають штучні ліси, представлені полезахисними полосами, захисні ліси та зелені смуги навколо крупних міст. Найбільшу площу займають степи, понад 87 % території області. Клімат Луганської області помірно континентальний з помітно вираженими посушливо-суховійними явищами. Формується він під впливом порівняно великої кількості сонячної радіації, домінування континентального повітря помірних широт та відстані від океанів та морів та характеризується доволі спекотним літом із посухою та помірно холодною зимою із нестійким сніговим покровом. Температурний режим нестійкий і протягом року характеризується значними коливаннями. Зміна сезонів здійснюється поступово, без різких перепадів. Тривалість безморозного періоду 150 – 170 днів. Максимальна температура повітря за рік сягала +35,1-36,700, як і у попередньому 2018 році, у перший місяць літа. Мінімальна річна температура повітря становила – -18,8-23,400. Найбільш вологими були січень, березень, квітень, травень, липень, серпень. Найбільш посушливими – лютий, червень, вересень. Загальна кількість опадів за рік становила 386,3-609,7 мм, що становить 74-113 % річної норми. Кількість опадів теплого періоду склала 236,6-410,6 мм (72-125 % норми), холодного періоду - 149,7-203,6 мм (71-96 % норми).

Сєвєродонецько-Лисичанська агломерація [16], або Троєгра́д (також *Світлогра́д*, *Менделе́євськ*) — поліцентрична агломерація, розташована на берегах річки Сіверський Донець у західній частині Луганської області України. Вона складається з міст-ядер Сєвєродонецька, Лисичанська і Рубіжного та приміської зони тяжіння з низки містечок і селищ та займає 7% території Луганської облас-

KRAVCHENKO

ті. Сєвєродонецько-Лисичанська агломерація є головним промисловим, транспортним, культурним, освітнім, адміністративним і політичним центром області. Міські агломерації вважаються більш розумною, раціональною формою організації території, для якої характерно найкраще і найефективніше спільне використання територіальних та інших ресурсів, але разом з тим це сприяє формуванню підвищеного потенціалу забруднення атмосферного повітря у селитебних районах міст.

Територіальна близькість промислових міст Лисичанська, Сєвєродонецька та Рубіжного чинить взаємний вплив на екологічну ситуацію в регіоні.

До складу Сєвєродонецько-Лисичанської агломерації входять 47 населених пунктів, у т.ч. 8 міст, 10 селищ міського типу та 29 сільських поселень. Межі агломерації визначені з урахуванням 1-годинної доступності населених пунктів до центрів агломерації. В результаті, до складу досліджуваної агломерації увійшли населені пункти, відстань яких від Сєвєродонецька, Лисичанська та Рубіжного не перевищує 30 км. Цю відстань обрано на підставі того, що вона є максимально можливою: якщо населений пункт пов’язаний з центрами агломерації дорогою загальнодержавного значення, на якій середня швидкість пасажирського автотранспорту становить 30-35 км/год., 1-годинна доступність – це розміщення на відстані до 30 км.

Через міста агломерації переміщуються значні вантажні й пасажирські потоки, оскільки вони розташовані на перетині однієї регіональної (Р-66) і двох територіальних (Т-13-02 і Т-13-06) автомобільних доріг, важливих нафто- і газопроводів. До Сєвєродонецько-Лисичанської агломерації прямує нині єдина функціонуюча залізнична вітка, що зв'язує Луганщину з іншими регіонами та забезпечує транзит пасажирів. Водночас агломерація займає в країні периферійне положення та має досить слабке автомобільне сполучення з рештою України: через неї не проходить жодна міжнародна або національна автодорога. У Сєвєродонецьку наявний міжнародний аеропорт, проте він не працює. Річка Сіверський Донець, що протікає через агломерацію, несуднохідна і транспортного значення не має.

KRAVCHENKO

Промислові центри (міста-ядра) і пункти (селища міського типу) формують Сєвєродонецько-Лисичанський промисловий вузол, що є складовою частиною Донецького промислового району.

Основними галузями промислової спеціалізації Сєвєродонецько-Лисичанської агломерації є хімічна, нафтопереробна, вугільна і машинобудівна.

У 1960-1970-ті роки тут функціонувало більше ста підприємств, а основна маса населення видобувала вугілля й працювала в хімічній промисловості.

У пострадянський період агломерація зазнала обвального скорочення промислового потенціалу. Особливо це стосується міста Лисичанськ, у якому впродовж 2010-2016 років об'єми реалізованої промислової продукції зменшилися в 16 разів. За 1991-2011 роки у Лисичанську було ліквідовано 6 шахт. У 2016 році в місті повноцінно працювала лише 1 шахта, ще 3 - у режимі відкачування шахтних вод.

Хімічна та нафтохімічна промисловість, головна спеціалізація агломерації, перебуває в глибокій кризі.

Оскільки наразі Луганська область відокремлена від єдиної енергосистеми України, спостерігається нестача електроенергії для хімічного виробництва. Також у зв'язку зі зменшенням постачання з Росії гостро постала проблема сировини для виготовлення азотних добрив [17].

Нині Сєвєродонецько-Лисичанська агломерація має середню чисельність населення. Але в 1970 році вона була одним із найбільш густонаселених районів Донбасу. Густота населення сягала 462,1 люд/км² та перевищувала густоту області в 4,5 рази, а України - в 9 разів. Чисельність населення з 1960 по 1981 рік збільшилась на 133,1 тис. (56 %). Основний приріст стався у період з 1959 по 1970 роки — на 98,3 тис. осіб (у Сєвєродонецьку на 56,7, а в Рубіжному на 23,2 тис. осіб). За даними Всеукраїнського перепису населення, у межах агломерації станом на 2001 рік проживало 411 736 осіб, з них 392 905 осіб - у міських населених пунктах (95,4% всього населення). У 2015 році міське населення агломерації складало 344,7 тис. осіб (15,6 % населення Луганської області). Себто за 2001-2015 роки

KRAVCHENKO

чисельність міського населення агломерації зменшилася на 48191 особу (темпи приросту населення склали -12,3 %) [18]. Спостерігається масовий приплив внутрішньопереміщених осіб. Станом на 1 січня 2017 року на контрольованій українською владою території Луганської області мешкало 292 031 переселенців (17,7 % їхньої загальної кількості в Україні). Переважна їх більшість проживає в населених пунктах Сєвєродонецько-Лисичанської агломерації.

3.1 Сєвєродонецьк [19]

Сєвєродонецьк розташований на заході Луганської області на кордоні Донбасу і Слобожанщини. Стоїть на лівому березі річки Сіверський Донець, при впадінні в неї річки Борової. З Лисичанськом з'єднаний трьома мостами: Павлоградським, Синецьким і Донсодівським.

Місто розташоване у степовій зоні і знаходиться на піщаних дюнах і річкових ґрунтах. Місцевість в межах міста і біля нього - рівнинна з невеликими підняттями (50-80 м над рівнем моря). Навколо Сєвєродонецька ростуть заплавні ліси на алювіальних ґрунтах, порізаних численними старицями Сіверського Дінця (озера Клешня, Кривеньке, Зімовне, Піщане, Туба, Боброве і ін.). Навесні спостерігається паводок з підняттям рівня води від 2 до 8 м з підтопленням приміських територій.

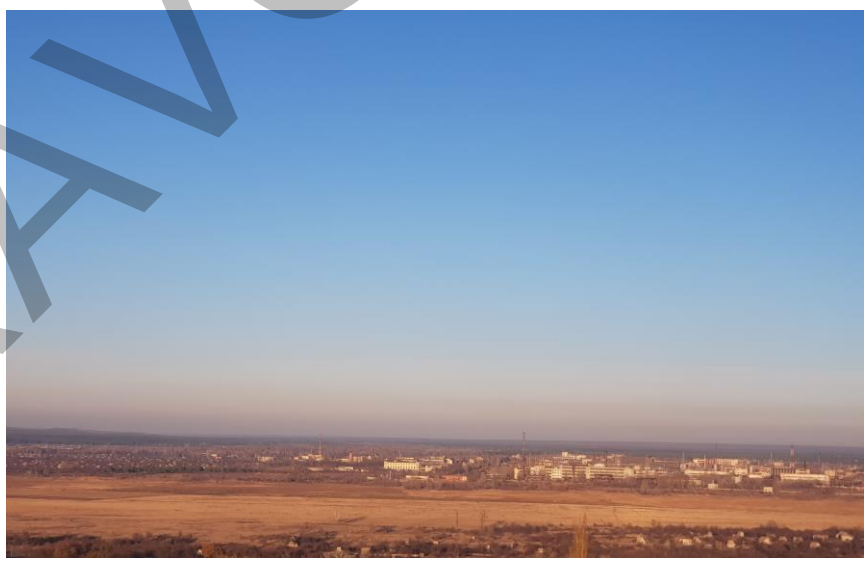


Рис.3.1 – Вид на м.Сєвєродонецьк з боку м.Лисичанськ
(шар забрудненого коричневого повітря над долиною)

KRAVCHENKO

Помірно континентальний з відносно нетривалою холодною зимою і дуже жарким літом. Середня температура влітку: +24 ... +30°С. Сама спекотна погода - в середині липня. Червень - самий вітряний місяць. Повітря прогрівається до +36 ... +40°С. Восени погода прохолодна і волога. Можливі ранні заморозки. Зима, як правило, починається в грудні. Середня температура зими: -2 ... -4°С. Найхолодніший місяць - січень. Весна прохолодна та волога, грозові дощі йдуть в травні.

Середньорічна температура - +8,8°С.

Середньорічна швидкість вітру - 2,4 м/с

Середньорічна вологість повітря - 74%.

За результатами перепису 2001 року населення міста становило 119940 осіб [20].

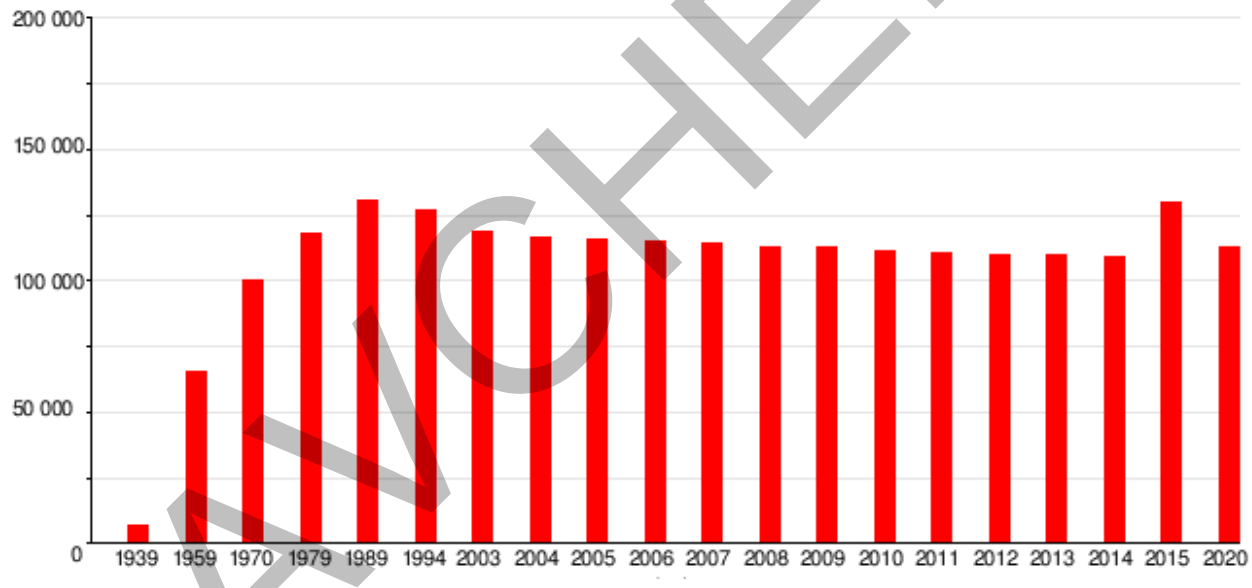


Рис. 3.2 – Зміна чисельності населення м.Сєвєродонецьк

3.2 Рубіжне [21]

Місто Рубіжне розташоване в атлантико-континентальній кліматичній зоні. Середня температура найтеплішого місяця (липня) + 21°С, а найхолоднішого (січня) — 7°С. Максимальна температура влітку досягає +39,5°С, а мінімальна, в окремі зими, досягала -34°С. Середня сума опадів до 284 мм в квітні-жовтні з різким коливанням по роках. Температура повітря: середня за рік +7,2°С. Абсо-

КРАЙСНЕНКО

лютний мінімум — -39°С, абсолютний максимум — +41°С. Атмосферні опади: середня річна кількість — 451 мм, середньодобовий максимум — 34 мм, спостережений місячний максимум — 67 мм (1955 р). Середня декадна висота снігового покриву становить 20 см. Переважаючий напрям вітру за теплий період — північно-західний (18%), за холодний — південно-східний (22%). Максимальна швидкість вітру (річна) — 19 м/с. В місті спостерігаються такі атмосферні явища: тумани (25 днів), заметілі(13 днів), грози (30 днів), штиль (13%).

Динаміка чисельності населення м.Рубіжне наведена на рис.3.3.

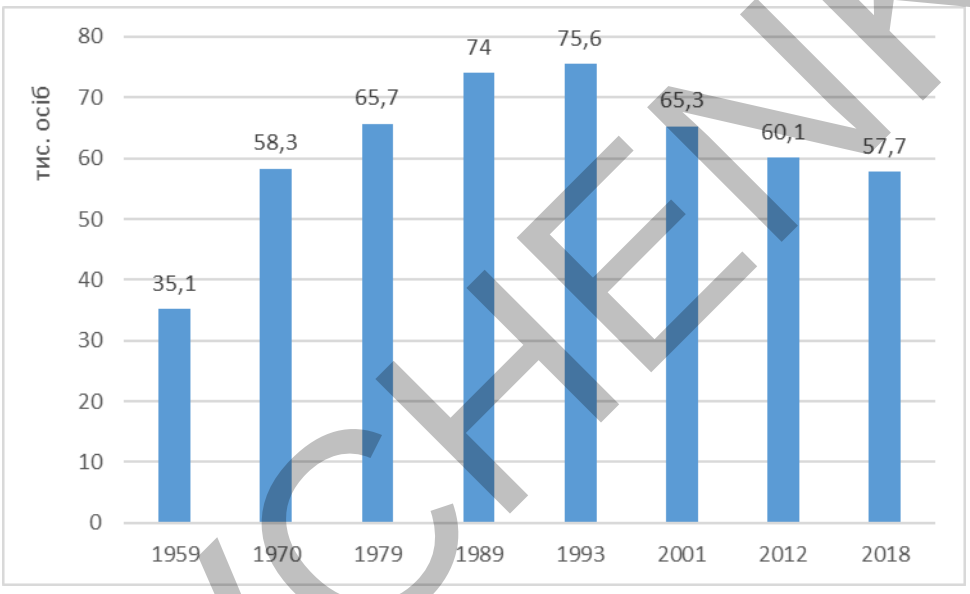


Рис.3.3 – Динаміка чисельності населення м.Рубіжне

На місцевій території поширені будівельні матеріали: вапняк, крейда та пісковик. Крім цього можна виділити ще 2 типи ґрунту: лугово-болотний заплави річки Сіверський Донець та дерново-підзолистий піщаний ґрунт. Зелені насадження переважно штучного походження. З півночі, сходу і заходу місто оточують хвойні ліси. Природні ліси зустрічаються лише у водоохоронній зоні річки Сіверський Донець. Вони представлені листяними породами (дуб, клен, в'яз, акація, різноманітні види тополю). Під міською територією на глибині 785-930 м залягає вугільний пласт промислової потужності. Також виявлена перспективна нафтогазоносна Варварівська структура. Але можливість її експлуатації

KRAVCHENKO

потребує подальшого науково-геологічного дослідження. В межах міста виявлене родовище будівельних матеріалів (піски бетонні).

3.3 Лисичанськ [22]

Лисичанськ знаходиться в північно-західній частині Луганської області, на високому правому березі Сіверського Дінця навпаки Сєвєродонецька. Місто розташоване на північних відрогах Донецького кряжа, що нависають над рікою. Ця мальовнича місцевість носила колись назву «Оленячі гори».

Місто розташоване в зоні континентального клімату степової зони України. Водні ресурси є тут одним з найважливіших багатств. Так, Сіверський Донець є основною водною артерією як міста Лисичанська, так і всієї області. Його довжина в межах міста становить 26,5 км. Річка Біленька, права притока Дінця, тече через південну частину міста, довжина її ділянки в межах міста - 7,7 км.

Клімат помірно-континентальний із відчутними засухами. Середня температура місяця липня +22°С, січня - −6°С. У формуванні клімату беруть участь декілька типів повітряних мас, але домінують континентальні — 70% (з них: помірні — 54%; арктичні — 6%; тропічні — 13%). Результатом цього є переважання вітрів переважно східних і південно-східних. Вітровий режим залежить від сезонного розподілу атмосферного тиску та взаємодії баричних систем. Швидкість вітру за середнім показником коливається від 3,1 м/с до 5,0 м/с. Протягом року більш ніж на 70% спостерігаються слабкі та помірні вітри зі швидкістю 0—5 м/с.

Максимальна середньорічна кількість опадів (480 мм). Дощі часто випадають у вигляді короткочасних злив. Зима порівняно холодна, з різкими східними й південно-східними вітрами, відлигами й ожеледицями, малосніжна. Весна — сонячна, тепла, нерідко супроводжується сухими східними вітрами, заморозками. Літо спекотне, друга половина його — помірно суха. Осінь сонячна, тепла, суха.

Динаміка чисельності населення м.Лисичанськ наведена на рис.3.4.

KRAVCHENKO

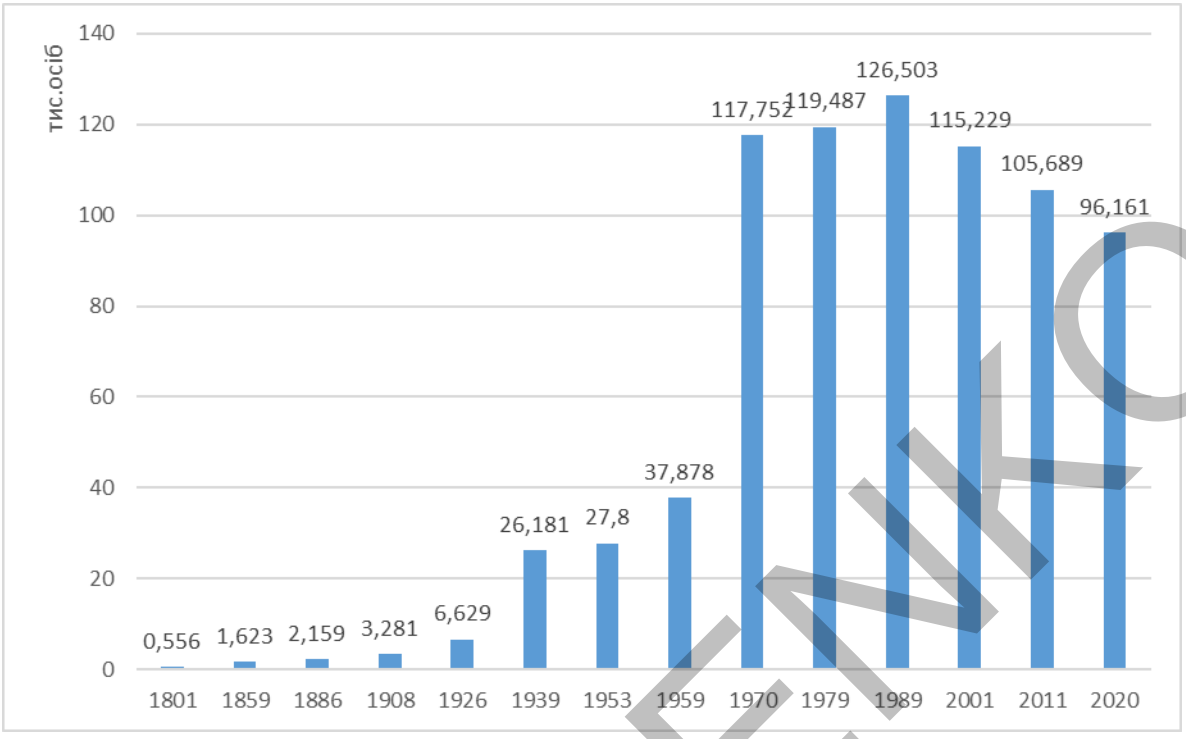


Рис.3.4 – Динаміка чисельності населення м.Лисичанськ

KRAVCHENKO

4 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ РИЗИКІВ ЗАГРОЗИ ЗДОРОВ'Ю

Процес екологічного розвитку супроводжується появою і протіканням ризиків. Їх місце, роль і значення у системі екологічних відносин, ключову спрямованість дії визначають завдання щодо ризиків в екологічній системі, до яких належать: захист населення і територій від природно-техногенних і екологічних загроз; досягнення рівня екологічної і природно-техногенної безпеки, прийнятого в економічно розвинених країнах; визначення нормативних рівнів ризиків природно-техногенних і екологічних ситуацій; посилення превентивного характеру державного управління і перехід його на якісно вищий рівень. Ризики стають науковою основою формування кількісної критеріальної бази, побудови моделей і систем забезпечення, регулювання та підвищення національної безпеки.

Для оцінки багатосередовищного канцерогенного ризику необхідно ідентифікувати джерела небезпеки (надходження канцерогенів в організм людини, окрім атмосферного повітря – їжа, питна вода, ґрунт) та оцінити експозицію впливу, що передбачається, на різні групи експонованого населення (діти, дорослі, фертильний вік тощо).

Нажаль, інформацію щодо вмісту канцерогенів у місцевій їжі знайти неможливо. Велика частина населення міст харчується овочами та фруктами, що збирає на власних огородах та дачах. В ці продукти можуть потрапляти канцерогени з ґрунту та води.

До того ж Луганщина є регіоном з досить високим рівнем опромінення населення радоном (радіоактивний газ – канцероген). В певних місцях геологічні особливості такі, що у приміщеннях, які конструктивно не захищені від попадання радону, об'ємна його активність може перевищувати 1000 Бк/м^3, а річна доза опромінення за його рахунок може сягати 18,7 мЗв.

Недостатня ефективність роботи споруд біологічної очистки господарсько-

KRAVCHENKO

побутових стоків та незадовільний, а подекуди просто аварійний стан мереж водопостачання і водовідведення, що сприяє потраплянню забруднення у питну воду. Втрати з мереж централізованого водопостачання у багатьох містах області сягають 60-70%. Обсяги зворотних вод, що надходять на очисні споруди міськводоканалів, у цих містах не перевищують 15-25% від об'ємів забраної води.

Нижче наведені офіційні дані вмісту забруднюючих речовин в атмосферному повітрі досліджуваних міст, опубліковані в Екологічному паспорті Луганської області за 2019р. [15], що вимірювались на постійно діючих постах спостережень.

Таблиця 4.1 - Вміст забруднюючих речовин в атмосферному повітрі міст Сєвєродонецько-Лисичанської агломерації

Назва забруднюючої речовини	Місто	Середньорічний вміст, мг/м^3	Середньодобові ГДК, мг/м^3	Максимальні разові ГДК, мг/м^3	Максимальний вміст, мг/м^3
1	2	3	4	5	6
Луганський обласний центр з гідрометеорології					
Пил	Лисичанськ	0,1	0,15	0,5	0,2
Діоксид сірки	-	0,2	0,05	0,5	0,049
Оксид вуглецю	-	3	3	5	5
Діоксид азоту	-	0,03	0,04	0,2	0,07
Хлористий водень	-	0,04	0,2	0,2	0,14
Аміак	-	0,02	0,04	0,2	0,04
Формальдегід	-	0,008	0,003	0,035	0,016
Пил	Сєвєродонецьк	0,1	0,15	0,5	0,2
Діоксид сірки	-	0,019	0,05	0,5	0,041
Оксид вуглецю	-	1	3	5	2
Діоксид азоту	-	0,03	0,04	0,2	0,05
Хлористий водень	-	0,04	0,2	0,2	0,12
Аміак	-	0,02	0,04	0,2	0,04
Формальдегід	-	0,008	0,003	0,035	0,016
Пил	Рубіжне	0,1	0,15	0,5	0,4
Діоксид сірки	-	0,02	0,05	0,5	0,039
Оксид вуглецю	-	5	3	5	6
Діоксид азоту	-	0,03	0,04	0,2	0,07
Хлористий водень	-	0,04	0,2	0,2	0,14
Формальдегід	-	0,008	0,003	0,035	0,017
Анілін	-	0,02	0,03	0,05	0,05
ДУ «Луганський обласний лабораторний центр МОЗ України»					
Пил	Сєвєродонецьк, квартал 52, СП№1	0,093	0,15	0,5	0,41
Ангідрид сірчистий	-	0,105	0,05	0,5	0,286
Діоксид азоту	-	0,012	0,04	0,2	0,106

КРАСНЕНКО

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
Фенол	-	< 0,0022	0,003	0,01	0,0042
Формальдегід	-	0,0019	0,003	0,035	0,013
Сірчана кислота	-	0,0068	0,1	0,3	0,024
Соляна кислота	-	0,125	0,2	0,2	0,985
Анілін	-	0,013	0,03	0,05	0,03
Аміак	-	0,0053	0,04	0,2	0,034
Хром	-	0,00007	0,0015	0,0015	0,00084
Ангідрид сірчистий	Сєвєродонецьк, вул. Юності, 2а СП№2	0,35	0,05	0,5	1,01
Оксид вуглецю	-	0,14	3	5	2,84
Діоксид азоту	-	< 0,02	0,04	0,2	0,15
Формальдегід	-	< 0,0056	0,003	0,035	0,02
Оксид вуглецю	Лисичанськ, пр. Перемоги, 157 СП№3	0,6	3	5	2,5
Пил	-	< 0,26	0,15	0,5	0,26
Ангідрид сірчистий	-	0,027	0,05	0,5	0,046
Діоксид азоту	-	0,018	0,04	0,2	0,03
Фенол	-	0,0005	0,003	0,01	0,0006
Формальдегід	-	0,0003	0,003	0,035	0,0007
Аміак	-	0,024	0,04	0,2	0,1
Нітрохлорбензол	-	0,0017	0,004	0,004	0,0018
Ангідрид сірчистий	Рубіжне, вул. Померанчука, 36, СП№6	0,024	0,05	0,5	0,036
Сірководень	-	0,005	0	0,008	0,006
Діоксид азоту	-	0,016	0,04	0,2	0,037
Фенол	-	0,0008	0,003	0,01	0,0011
Формальдегід	-	0,001	0,003	0,035	0,0019
Сірчана кислота	-	0,007	0,1	0,3	0,075
Нітрохлорбензол	-	0,002	0,004	0,004	0,003
Анілін	-	0,007	0,03	0,05	0,011
Соляна кислота	-	0,1	0,2	0,2	0,1

Графічне зображення співвідношення вмісту полютантів у повітрі міст агломерацііі за даними Луганського обласного центру з гідрометеорології наведено на рис.4.1-4.3.

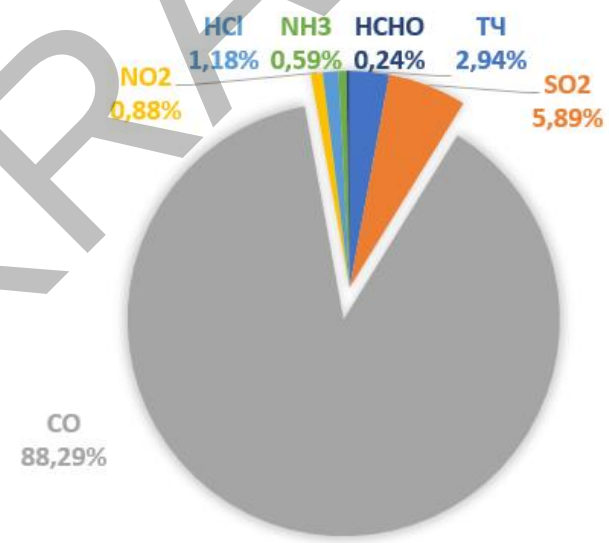


Рис.4.1 – Співвідношення масового вмісту забруднювачів у 1 м^3 повітря м.Лисичанськ

KRAVCHENKO

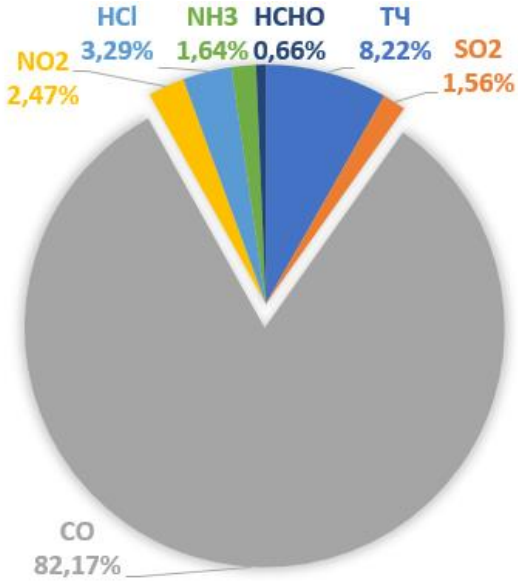


Рис.4.2 – Співвідношення масового вмісту забруднювачів у 1 м^3 повітря м.Сєвєродонецьк

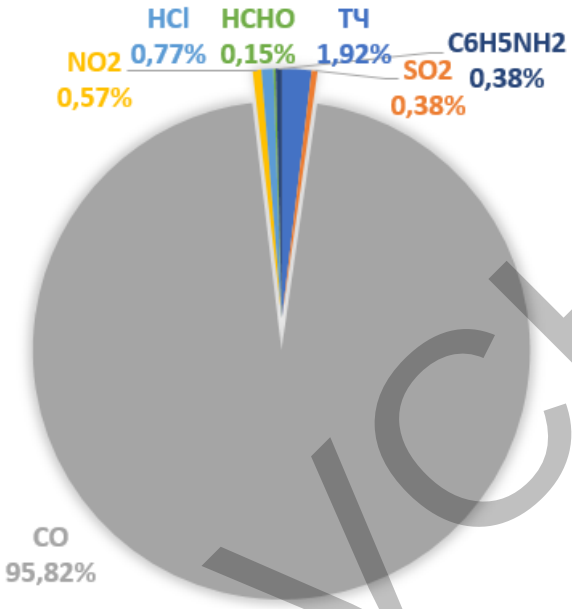


Рис.4.3 – Співвідношення масового вмісту забруднювачів у 1 м^3 повітря м.Рубіжне

Основні стаціонарні джерела та притаманні їм забруднюючі речовини, що викидаються в атмосферне повітря, наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Основні забруднювачі атмосферного повітря (стаціонарні джерела)

№	Назва об'єкта	Усього викидів, т/рік	Частка від загального обсягу викидів, %	Частка від загального обсягу викидів населеного пункту, %
1	2	3	4	5
1	ПрАТ «ЛИНИК»	66,670	100	0,508
	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	3,832	5,748	0,0292
	Сполуки азоту	31,235	46,850	0,238

KRAVCHENKO

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5
	Діоксид та інші сполуки сірки	0,148	0,222	0,0011
	Вуглецю оксид	26,942	40,411	0,205
	Неметанові леткі органічні сполуки	3,784	5,676	0,0288
	Метан	0,651	0,976	0,0050
2	ПрАТ «Сєвєродонецьке об'єднання Азот»	542,604	100	50,796
	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	250,837	46,228	23,4822
	Сполуки азоту	258,115	47,70	24,1635
	Діоксид та інші сполуки сірки	2,557	0,471	0,2394
	Вуглецю оксид	19,403	3,576	1,8164
	Неметанові леткі органічні сполуки	3,132	0,577	0,2932
	Метан	8,438	1,56	0,79
3	ПАТ «Рубіжанський картонно-тарний комбінат»	859,669	100	69,65
	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	40,428	4,703	3,276
	Сполуки азоту	132,266	15,385	10,717
	Діоксид та інші сполуки сірки	47,004	5,468	5,468
	Вуглецю оксид	621,679	72,316	50,371
	Неметанові леткі органічні сполуки	13,779	1,603	1,116
	Метан	3,337	0,388	0,270
4	ТОВ «Науково-виробниче підприємство «Зоря»	238,736	100	19,34
	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	38,305	16,04	3,10
	Сполуки азоту	34,933	14,63	2,83
	Діоксид та інші сполуки сірки	22,760	9,53	1,844
	Вуглецю оксид	135,453	56,74	10,97
	Неметанові леткі органічні сполуки	6,499	2,72	0,526
	Метан	0,154	0,064	0,0125

З таблиці 4.2 можна бачити, що ПрАТ «ЛИНИК», яке на цей час законсервоване, майже не впливає на забруднення атмосферного повітря, оскільки частка його викидів від загального обсягу викидів міста Лисичанськ становить лише

КРАВЧЕНКО

0,5% мас.; протилежна ситуація спостерігається в м.Рубіжне, де викиди двох підприємств становлять майже 90% викидів, серед них превалюють оксид вуглецю (61,3%), сполуки азоту (13,55%), сполуки сірки (7,3%) та пил (6,4%); неметанові леткі органічні сполуки, до яких відносять формальдегід, становлять 1,6%. Головним забрудником повітря в м.Сєвєродонецьк є ПрАТ «Сєвєродонецьке об'єднання Азот», на його частку припадає половина всіх викидів міста, основні речовини – пил та оксиди азоту.

Сумарні валові викиди від чотирьох великих джерел агломерації розподіляються наступним чином (рис.4.1):

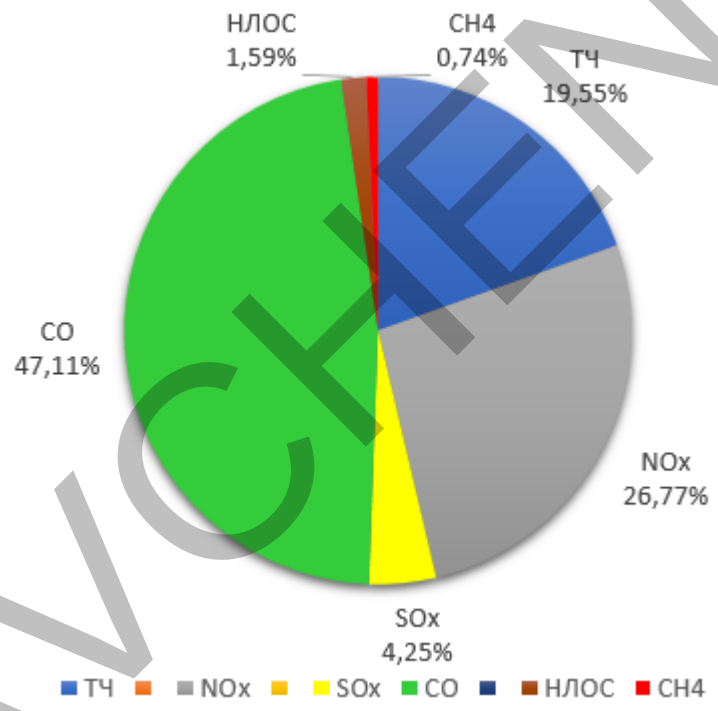


Рис. 4.1 - Склад основних полютантів від великих стаціонарних джерел агломерації

Офіційної інформації щодо викидів від пересувних джерел у містах агломерації не наводиться.

Відповідно до класифікацій Міжнародної агенції з вивчення раку (МАВР) виділяються наступні групи агентів:

1-а група – канцерогени для людини. До даної групи належать речовини, по яких є досить надійні епідеміологічні дані про їх канцерогенну небезпеку для людини, тобто встановлені певні ризики щодо окремих речовин для окремих

KRAVCHENKO

локалізацій. Наприклад, з речовин, що забруднюють атмосферне повітря, в цю групу входять: бензол, вінілхлорид, шестивалентний хром, азбест, миш'як, кадмій, діоксини, нікель, епіхлоргідрин і т. д.

2-а група включає в себе:

- 2А підгрупу – ймовірні канцерогени для людини. Відносно даних речовин є обмежені докази їх канцерогенної небезпеки для людини. У цю групу входять такі канцерогени, як: бенз (а) пірен, формальдегід, 1,3-бутадієн, акронілонітріл, діхлорметан, тетрахлоретилен, трихлоретилен, берилій тощо;

- 2В підгрупу – можливі канцерогени для людини. Відносно даних речовин є обмежені докази їх канцерогенної небезпеки для тварин, наприклад: гексахлоран, гідразин, 1,2-діхлорпропан, 1,2-діхлоретандіндан і т.д.

3-тя група – агенти, що не класифікуються як канцерогени для людини.

4-а група – речовини, щодо яких є докази їх неканцерогенності для людини.

Відповідно до класифікації Агентства США з охорони навколишнього середовища (US EPA) потенційні канцерогенні агенти поділяються на такі групи:

A – канцерогени для людини;

B1 – ймовірні канцерогени для людини (обмежені докази канцерогенності для людини);

B2 – ймовірні канцерогени для людини (достатні докази канцерогенності для тварин і недостатні докази або відсутність даних про канцерогенність для людини);

C – можливі канцерогени для людини;

D – агенти, що не класифікуються як канцерогени для людини;

E – речовини, щодо яких є докази їх неканцерогенності для людини.

В якості потенційних хімічних канцерогенів при оцінці ризику приймаються речовини, що відносяться до груп 1, 2А, 2В за класифікацією МАВР і до груп А, В1, В2 за класифікацією US EPA.

KRAVCHENKO

Серед забрудників атмосферного повітря агломерації, вміст яких визначається кількісно, та які належать до речовин, що проявляють канцерогенну дію, відносяться: у Сєвєродонецьку - хром (1, А, 1-й клас небезпеки), формальдегід (2А, В1, 2-й клас небезпеки), анілін (3, В2, 2-й клас небезпеки); у Лисичанську - формальдегід (2А, В1, 2-й клас небезпеки), нітрохлорбензол (3, В2, 2-й клас небезпеки); у Рубіжному - формальдегід (2А, В1, 2-й клас небезпеки), нітрохлорбензол та анілін (3, В2, 2-й клас небезпеки).

Ці речовини та інші, вміст яких визначається лабораторними центрами моніторингу атмосферного повітря, проявляють також токсичну дію та впливають на різні органи людини (табл.4.3).

Таблиця 4.3 – Критичні органи та системи людини, які потерпають від дії токсичних речовин при хронічному впливі

Речовина	Критичні органи / системи
Пил	Органи дихання
Діоксид сірки	Органи дихання
Діоксид азоту	Органи дихання
Фенол	Серцево-судинна система, нирки, центральна нервова система, печінка
Формальдегід	Органи дихання, імунна система
Сірчана кислота	Органи дихання
Соляна кислота	Органи дихання, очі
Анілін	Кровотворна система, селезінка
Аміак	Органи дихання
Хром	Органи дихання
Вуглецю оксид	Серцево-судинна система, центральна нервова система, кровотворна система
Нітрохлорбензол	Органи дихання, кровотворна система, селезінка

Найбільш чутливими до дії хімічних речовин зазвичай є новонароджені, діти, особи похилого віку, вагітні, матері-годувальниці, а також хворі на хронічні захворюваннями. Субпопуляціями підвищеного ризику, пов'язаного з особливостями діяльності або попередніми впливами, є особи, які контактують з хімічними речовинами на виробництві або проживають на сильно забруднених територіях.

Інформації щодо розподілу місцевого населення за віковими групами та за статтю з метою виокремлення чисельності чутливих субпопуляцій у літературних джерелах не знайдено, але спираючись на дані Головного управління статистики в Луганській області [14] та приймаючі співвідношення згаданих віко-

KRAVCHENKO

вих груп у містах агломерації орієнтовно ідентичним співвідношенню по області, отримуємо наступну чисельність популяцій експонованих груп (табл.4.4).

Таблиця 4.4 - Чисельність постійного населення Луганської області та у містах Сєвєродонецько-Лисичанської агломерації у окремих вікових групах* (тис.осіб)

	всього населення. тис. осіб	0-15 років	%	16-59 років	%	чоловіки	%	жінки	%	літні люди (≥60 років)
2018р.	2147,20	248,60	11,58	1274,80	59,37	983,60	45,81	1163,60	54,19	623,8
2019р.	2131,30	236,20	11,08	1247,90	58,55	976,60	45,82	1154,70	54,18	647,2
Сер.значення			11,33		58,96		45,82		54,18	
м.Сєвєродонецьк	112,00	**12,69**	11,33	66,04	58,96	**30,26**	45,82	**35,78**	54,18	**33,27**
м.Лисичанськ	96,00	**10,88**	11,33	56,60	58,96	**25,93**	45,82	**30,67**	54,18	**28,52**
м.Рубіжне	57,00	**6,46**	11,33	33,61	58,96	**15,40**	45,82	**18,21**	54,18	**16,93**

Основним параметром для оцінки канцерогенного ризику агента з безпороговим механізмом впливу є фактор канцерогенного потенціалу або фактор нахилу (SF), що відображає ступінь наростання канцерогенного ризику зі збільшенням впливової дози на одиницю. Цей показник відображає верхню консервативну оцінку канцерогенного ризику за очікувану тривалість життя людини. Фактори нахилу (фактори канцерогенного потенціалу при інгаляційному впливі, SF_i, [мг/(кг×добу)]$^{-1}$) дорівнюють [5]:

хром – 42;

формальдегід – 0,046;

анілін – 0,0057;

о-нітрохлорбензол – 0,025;

м-нітрохлорбензол – 0,018;

п-нітрохлорбензол – 0,018.

Отже, розрахунок індивідуального та популяційного канцерогенного ризиків вестиметься для експонованих груп населення (табл.4.4) [5]:

- ✓ діти – середня вага тіла 42 кг; добова вентиляція легень 15 м^3/добу;
- ✓ дорослі чоловіки – середня вага тіла 70 кг; добова вентиляція легень (8 годин відпочинку, 16 годин легкої діяльності) 23 м^3/добу;

KRAVCHENKO

- ✓ дорослі жінки (фертильного віку) – середня вага тіла 58 кг; добова вентиляція легень 21 м^3/добу;
- ✓ літні люди (60 років і старші) – середня вага 70 кг; добова вентиляція легень 20 м^3/добу.

KRAVCHENKO

5 РЕТРОСПЕКТИВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗИ ВІТРІВ м.СЄВЄРОДОНЕЦЬК

Протягом останніх років атмосферне повітря міста Сєвєродонецьк має стійке забруднення формальдегідом, вміст якого багатократно перевищує середньодобову граничнодопустиму концентрацію [23]. Присутність цієї речовини у викидах стаціонарних джерел не властива промисловим підприємствам, офіційно зареєстрованим у м.Сєвєродонецьк.

Забруднення повітря в місті є складним багатофакторним явищем. Важлива роль у формуванні певного рівня забруднення атмосфери належить метеорологічним величинам.

Приріст кількості автотранспорту на дорогах нашого міста з 2014р. не відповідає за валовими викидами забрудненню повітря на такому рівні. Кореляційний зв'язок між сумарною кількістю всіх видів пального, реалізованого в місті (через АЗС та підприємства міста [24]), та концентрацією формальдегіду у повітрі від'ємний (табл.5.1 та рис.5.1) і дорівнює r=-0,641, що не має пояснення з точки зору фізичного сенсу.

Таблиця 5.1 – Інформація по м.Сєвєродонецьк про вміст формальдегіду у повітрі та використаного пального всіх видів в той же період

	травень 2019	червень 2019	липень 2019	серпень 2019	вересень 2019	жовтень 2019	листопад 2019	грудень 2019	січень 2020	лютий 2020	березень 2020	квітень 2020
вміст формальдегіду, ГДКсд	2,37	3,03	1,97	2,95	2,83	2,76	2,58	2,6	2,03	1,84	1,95	2,14
реалізоване пальне, тис.т	131,3	114	115,9	71,9	65,6	72,5	104,6	115,1	116	115,8	165,9	106,3

Регулярне вдихання забрудненого повітря призводить до ослаблення імунітету і виникненню хронічних захворювань у населення. Для мінімізації

КРАЄНКО

ризиків загрози здоров'ю населення міста необхідно з'ясувати причини, що призводять до такого вмісту полютантів у повітрі.

Рис.5.1 – Демонстрація відсутності зв'язку між кількістю витраченого пального та вмістом формальдегіду в повітрі м.Сєвєродонецьк

Формальдегід належить до реакційноздатних речовин, його вміст в атмосфері формується як результат динамічної рівноваги між джерелами надходження та стоками. Вміст формальдегіду в атмосфері значною мірою визначається наявністю по атмосферному повітрі речовин-прекурсорів та інтенсивністю сонячної радіації (яка залежить від географічної широти місцевості і висоти Сонця над горизонтом) і може суттєво відрізнятися в різні сезони та частини доби. З погодними умовами останніми роками пов'язано суттєве зростання вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі у весняно-літній сезон. Висока температура повітря разом із сонячною радіацією сприяють фотохімічним реакціям утворення формальдегіду, а застої повітря призводять до збільшення його концентрації [25].

Для перевірки цих тверджень ми використали дані щодо щоденної темпера-

KRAVCHENKO

тури повітря (середньої та максимальної) і сонячної радіації у літній період (табл.5.2), отримали графічні зображення (рис. 5.2-5.5) та обчислили коефіцієнт кореляції.

Таблиця 5.2 – Моніторингові дані температури повітря та сонячної радіації [26]

Дата	Вміст формальдегіду, кратн. ГДК$_{сс}$	Максимальна температура, ^{o}C	Середня температура, ^{o}C	Сонячна радіація, Ватт*с/м^2
01.06.2020	2	21,1	15,7	583
02.06.2020	2,67	22,8	15,6	603
03.06.2020	2	19,1	14,7	641
05.06.2020	2	23,6	17,7	548
06.06.2020	1,33	25,6	20,7	533
09.06.2020	2	31,9	25,2	577
10.06.2020	2	32,1	26,6	598
11.06.2020	2	32,9	25,9	513
12.06.2020	2	33,6	27,6	593
13.06.2020	1,33	32,1	24,8	578
15.06.2020	2	28,1	22,3	642
16.06.2020	2	30,1	23,6	560
17.06.2020	1,33	27,9	22,9	538
18.06.2020	2	27,8	22,6	495
19.06.2020	2	30,2	24,8	674
20.06.2020	2	31,4	24,4	519
22.06.2020	2	31,8	21,5	537
23.06.2020	2	30,9	23,6	542
24.06.2020	2	23,6	19,6	532
25.06.2020	3,33	25,7	20,2	472
26.06.2020	2,67	28,2	20,8	561
27.06.2020	2	30,2	22,4	515
30.06.2020	3,33	27,9	21,8	646

КРАЙЧЕНКО

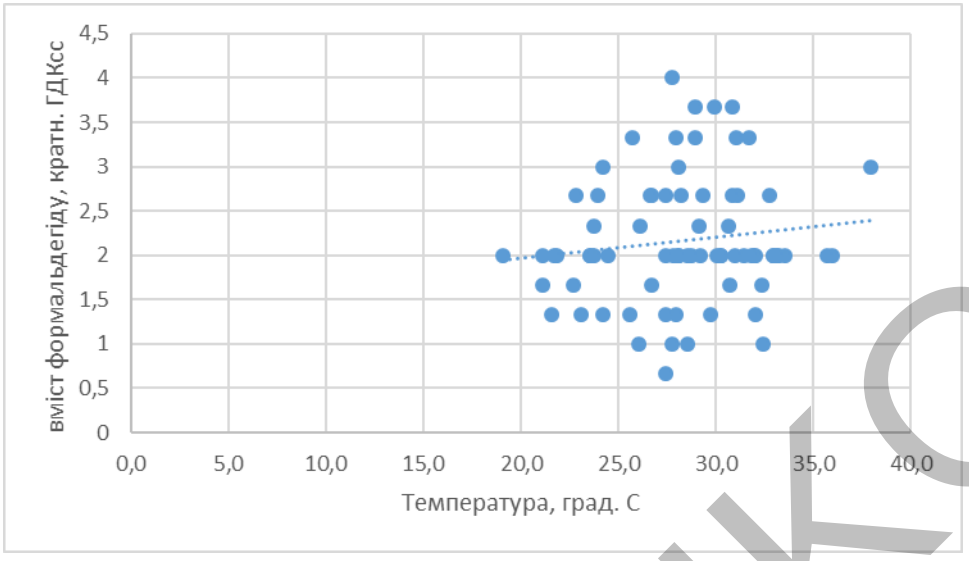


Рис.5.2 - Кореляційне поле між концентрацією формальдегіду та max температурою повітря (червень-серпень 2020)

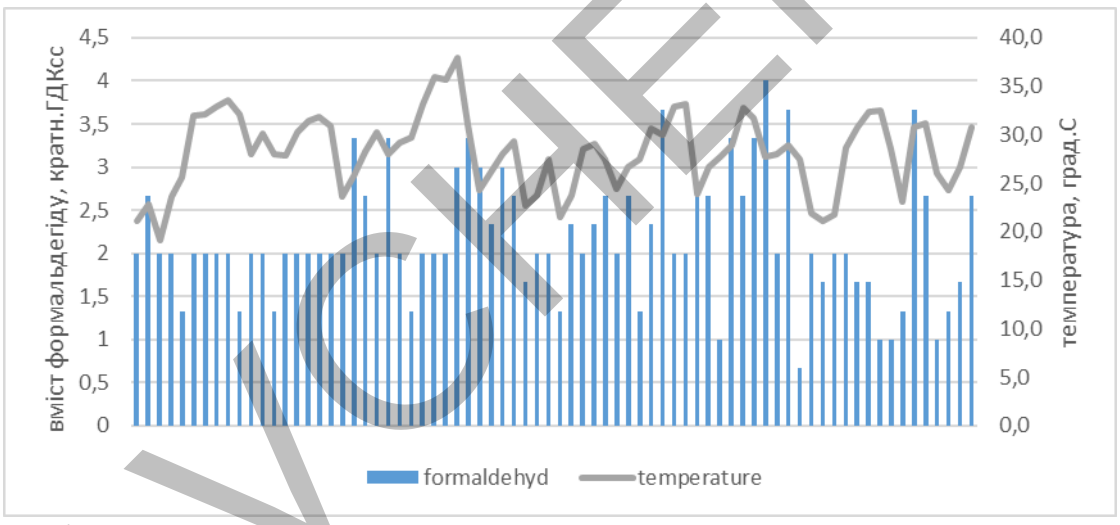


Рис.5.3 - Зв'язок max температури повітря та вмісту формальдегіду м.Сєвєродонецьк (червень-серпень 2020)

Вид рис. 5.2 начебто вказує на існуючий тренд між максимальною температурою та концентрацією полютанта, але розрахований коефіцієнт кореляції 0,13 при граничному значенні 0,235 (за 95% рівня значущості) вказує на те, що зв’язок не є статистично значимим.

KRAVCHENKO

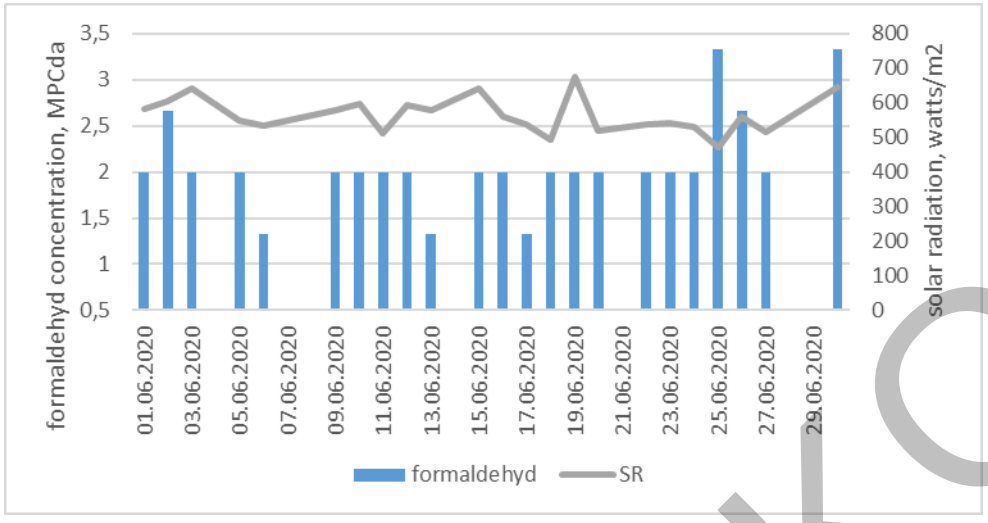


Рис.5.4 - Зв'язок сонячної радіації та вмісту формальдегіду у повітрі м.Сєвєродонецьк (червень 2020)

Коефіцієнт кореляції між сонячною радіацією та концентрацією формальдегіду дорівнює 0,066, що при граничному значенні 0,413 (за 95% рівня значущості) вказує на зв’язок, який не є статистично значимим.

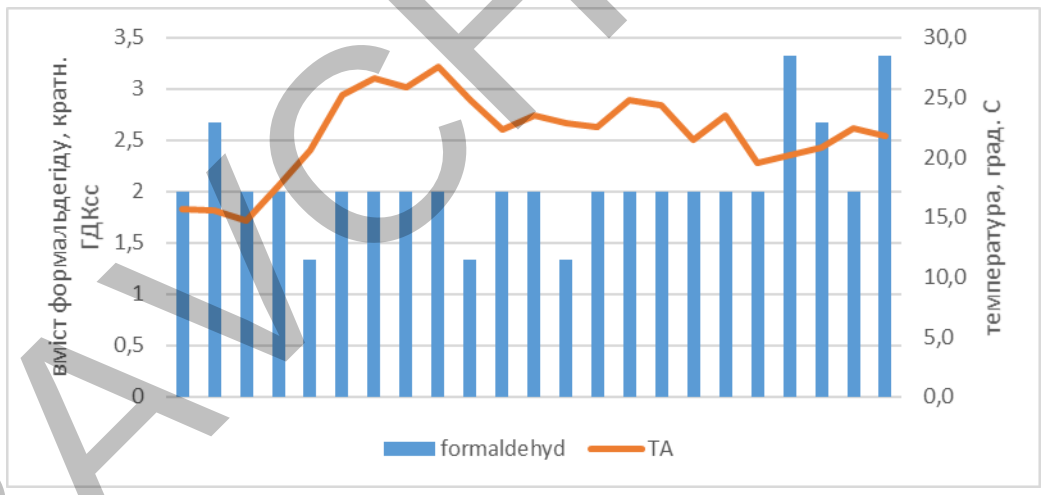


Рис.5.5 - Зв'язок середньої температури повітря та вмісту формальдегіду м.Сєвєродонецьк (червень 2020)

Тут коефіцієнт кореляції між середньою температурою повітря та концентрацією формальдегіду дорівнює -0,236, що при граничному значенні 0,413 при 95% рівні значущості вказує на зв’язок, який не є статистично значимим.

Під час похолодання використовують більшу кількість палива, що призводить до зростання кількості викидів шкідливих домішок. Збільшення концентра-

KRAVCHENKO

ції деяких домішок, особливо діоксиду азоту, зі зниженням температури повітря відбувається через інтенсивнішу роботу ТЕЦ, міських котелень і збільшення витрат палив.

Таблиця 5.3 – Викиди формальдегіду (кратність ГДК$_{сд}$) по містах регіону

	вересень 2019	жовтень 2019	листопад 2019	грудень 2019	січень 2020	лютий 2020	березень 2020	квітень 2020	травень 2020	червень 2020	липень 2020	серпень 2020
Сєвєродонецьк	2,83	2,76	2,58	2,60	2,03	1,84	1,95	2,14	2,14	2,09	2,27	2,13
середн. за сезон	2,7253			2,1560			2,0755			2,1633		
Рубіжне	2,92	2,70	2,40	2,81	2,21	2,00	2,13	2,03	2,33	2,08	2,04	2,42
середн. за сезон	2,6733			2,3406			2,1645			2,1806		
Лисичанськ	2,83	2,76	2,78	2,36	2,06	1,92	2,05	2,05	2,03	1,94	2,19	1,81
середн. за сезон	2,7902			2,1120			2,0448			1,9784		

Порівнюючи вміст формальдегіду у містах Сєвєродонецько-Лисичанської агломерації (табл.5.3), можна бачити, що у всіх трьох містах найбільший він спостерігається у вересні (як правило місяць характеризується теплою погодою), жовтні, та у листопаді в м.Лисичанськ, у грудні в м.Рубіжне, а найменший – навесні та влітку.

Накопичення або розсіювання шкідливих домішок залежить від вітрового режиму. Вплив цього чинника чіткіше виявляється, коли джерела викидів розташовані за містом або в навітряній чи підвітряній його частинах.

Одна з вірогідних причин підвищеного вмісту формальдегіду в м.Сєвєродонецьк – зміна клімату та перерозподіл напрямів і швидкостей пануючих вітрів з переважанням західних, північно-західних та південно-західних, які вносять забруднюючі речовини від джерел м.Рубіжне та м.Лисичанськ.

З метою перевірки цієї гіпотези нами виконані ретроспективні дослідження рози вітрів м.Сєвєродонецьк на базі сервісу глобального моніторингу довкілля та безпеки Copernicus Climate Change Service, що вміщує сімейство додатків, які використовують Climate Data Store (CDS) – сховище кліматичних даних з 1979 р. по теперішній час. Ці дані дозволяють здійснювати кліматичний аналіз, повторний аналіз, прогнози та індикатори в часових і просторових масштабах, що ма-

KRAVCHENKO

ють відношення до стратегій адаптації та пом'якшення наслідків від зміни клімату для різних секторальних і соціальних областей. Wind rose at location [27] – програма, створена в CDS Toolbox на мові Python з відкритим кодом, що використовується для обробки даних, дозволяє побудувати розу вітрів станом на бажаний час у заданих просторових координатах.

Нами проаналізовані місячні рози вітрів за 1980, 2000 та 2020 роки і отримані усереднені річні рози вітрів (табл.5.4-5.6 та рис.5.6-5.9).

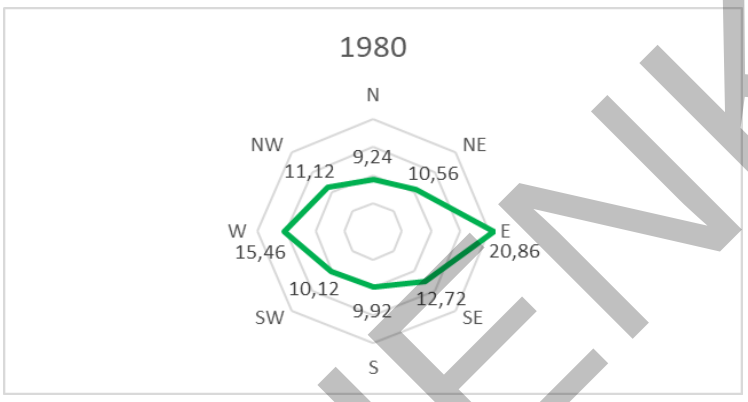


Рис.5.6 – Усереднена роза вітрів у м.Сєвєродонецьк, 1980 р.

Таблиця 5.4 – Повторюваність вітрів (%) та їх швидкості (м/с) по місяцях у 1980 р.

1980	Од.вим.	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
січень	%	12,23	1,48	22,45	19,62	10,48	10,62	12,23	10,89
	м/с	2,57	2,57	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37
лютий	%	6,32	15,95	31,75	12,36	6,03	5,32	8,05	14,22
	м/с	2,57	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	2,57
березень	%	6,72	17,47	41,4	7,8	3,09	2,69	14,62	6,18
	м/с	2,57	2,57	6,94	4,37	4,37	4,37	2,57	2,57
квітень	%	10,56	10,83	35,14	8,61	8,75	4,72	9,17	12,22
	м/с	2,57	2,57	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	2,57
травень	%	10,35	9,81	22,31	18,95	13,44	6,32	12,37	6,45
	м/с	4,37	2,57	2,57	4,37	2,57	2,57	4,37	2,57
червень	%	6,25	9,17	12,5	12,08	18,47	14,58	11,81	15,14
	м/с	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	4,37	2,57	2,57
липень	%	13,98	13,58	12,5	8,87	7,93	12,5	23,79	6,85
	м/с	2,57	4,37	4,37	4,37	2,57	2,57	4,37	2,57
серпень	%	13,31	9,68	5,91	5,38	8,06	19,62	30,51	7,53
	м/с	2,57	2,57	2,57	1,03	2,57	2,57	4,37	2,57
вересень	%	10,69	6,81	9,72	10,14	6,67	9,03	18,75	28,19
	м/с	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57
жовтень	%	6,32	9,01	27,28	23,12	11,69	9,41	4,84	8,33
	м/с	2,57	2,57	4,37	4,37	2,57	4,37	2,57	2,57

KRAVCHENKO

Продовження таблиці 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
листопад	%	9,58	6,39	14,72	6,94	16,39	15,42	20,42	10,14
	м/с	1,03	2,57	4,37	4,37	4,37	2,57	4,37	2,57
грудень	%	4,57	16,53	14,65	18,82	8,06	11,16	18,95	7,26
1979	м/с	2,57	2,57	4,37	4,37	4,37	6,94	4,37	4,37
	середнє	9,24	10,56	20,86	12,72	9,92	10,12	15,46	11,12
	м/с	2,59	2,87	3,98	3,79	3,47	3,83	3,77	2,87

Таблиця 5.5 – Повторюваність вітрів (%) та їх швидкості (м/с) по місяцях у 2000 р.

2000	Од.вим.	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
січень	%	10,89	3,49	4,3	3,09	13,98	25,54	22,98	15,73
	м/с	2,57	1,03	4,37	4,37	4,37	4,37	2,57	2,57
лютий	%	5,46	3,02	4,6	12,5	10,2	25,72	25,43	13,07
	м/с	2,57	1,03	2,57	4,37	2,57	4,37	4,37	4,37
березень	%	6,99	8,47	8,33	15,32	16,94	23,66	12,23	8,06
	м/с	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37
квітень	%	10	13,75	15,83	25,69	11,39	9,72	6,11	7,5
	м/с	2,57	2,57	4,37	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57
травень	%	11,56	14,25	9,14	9,54	6,72	13,74	16,26	18,82
	м/с	4,37	2,57	2,57	2,57	2,57	4,37	4,37	4,37
червень	%	13,75	10,14	6,67	3,47	3,61	6,67	22,92	32,78
	м/с	4,37	4,37	2,57	4,37	4,37	4,37	2,57	4,37
липень	%	5,42	7,66	10,89	20,97	10,22	13,44	19,62	11,96
	м/с	2,57	2,57	2,57	4,37	2,57	2,57	4,37	2,57
серпень	%	29,17	14,11	16,94	7,26	2,15	6,05	8,87	15,46
	м/с	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	1,03	2,57
вересень	%	11,67	12,08	18,19	12,5	9,03	10,69	10,28	15,56
	м/с	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	4,37
жовтень	%	14,38	21,24	25,94	7,53	13,31	9,41	4,44	3,76
	м/с	2,57	2,57	4,37	2,57	2,57	2,57	1,03	2,57
листопад	%	7,36	7,64	31,94	36,81	3,89	1,94	4,03	6,39
	м/с	2,57	2,57	4,37	4,37	2,57	2,57	2,57	2,57
грудень	%	3,63	1,21	9,54	20,7	18,41	27,02	9,41	10,08
1999	м/с	4,37	2,57	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37
	середнє	10,86	9,76	13,53	14,62	9,99	14,47	13,55	13,26
	m/s	3,17	2,61	3,47	3,62	3,17	3,47	3,06	3,47

КРАСНЕНКО

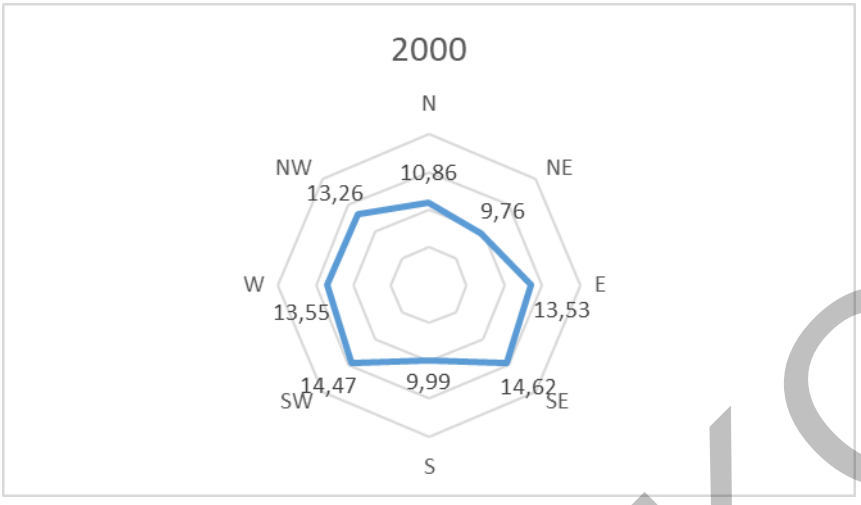


Рис.5.7 – Усереднена роза вітрів у м.Сєвєродонецьк, 2000 р.

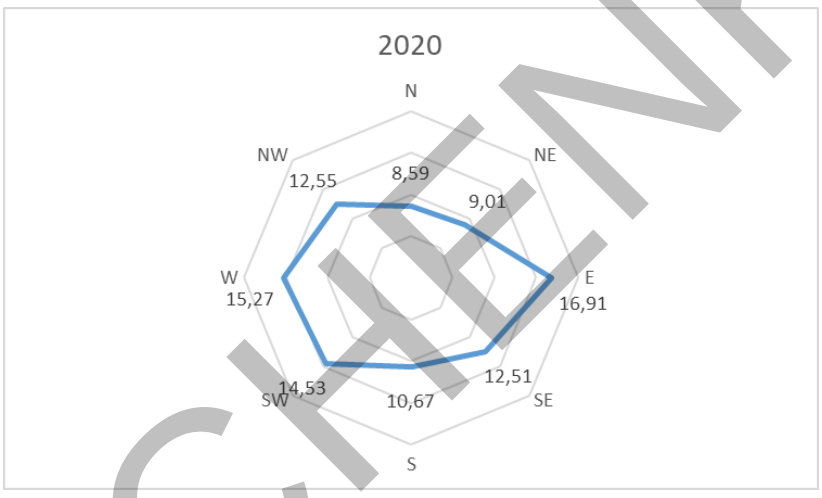


Рис.5.7 – Усереднена роза вітрів у м.Сєвєродонецьк, 2020 р.

Таблиця 5.6 – Повторюваність вітрів (%) та їх швидкості (м/с) по місяцях у 2020 р.

2020	Од.вим.	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
січень	%	7,8	7,8	0,94	3,09	16,53	19,35	29,97	14,52
	м/с	2,57	4,37	1,03	2,57	2,57	4,37	4,37	4,37
лютий	%	8,48	8,91	6,03	6,9	26,44	17,1	20,55	5,6
	м/с	2,57	4,37	2,57	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37
березень	%	7,62	13,84	12,23	17,88	14,92	13,44	10,35	10,08
	м/с	4,37	4,37	4,37	4,37	2,57	4,37	4,37	4,37
квітень	%	8,75	1,94	1,11	0,56	11,39	31,81	19,31	25,14
	м/с	4,37	2,57	4,37	2,57	2,57	4,37	4,37	4,37
травень	%	4,7	4,3	13,98	9,27	13,31	20,7	20,83	12,9
	м/с	2,57	2,57	2,57	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37
червень	%	10,14	10,28	40,69	9,17	9,72	10,56	4,03	5,42
	м/с	4,37	2,57	4,37	4,37	2,57	2,57	2,57	1,03
липень	%	14,92	24,6	15,99	10,62	3,23	10,35	7,8	12,5

KRAVCHENKO

Продовження таблиці 5.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	м/с	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	4,37
серпень	%	21,91	19,22	3,36	10,08	6,32	1,75	13,71	23,66
	м/с	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57
вересень	%	6,25	5,28	33,89	19,03	3,47	4,58	10,69	16,81
	м/с	4,37	2,57	4,37	6,94	2,57	2,57	2,57	4,37
жовтень	%	1,21	2,96	27,96	31,59	6,05	13,71	13,84	2,69
	м/с	2,57	1,03	4,37	4,37	2,57	2,57	2,57	2,57
листопад	%	10,06	6,19	32,20	7,43	4,18	10,06	14,09	15,79
	м/с	2,57	2,57	4,37	4,37	4,37	2,57	4,37	2,57
грудень	%	1,21	2,82	14,52	24,46	12,5	20,97	18,01	5,51
2019	м/с	4,37	2,57	4,37	4,37	2,57	4,37	4,37	4,37
	середнє	8,71	9,76	14,87	10,64	11,25	15,51	16,41	12,88
	m/s	3,04	3,02	3,19	3,47	3,17	3,77	3,77	3,49

Їх первинне порівняння (рис.5.8) не підтверджує думку про те, що за останні два десятиріччя частка західних та північно-західних вітрів збільшилась. Навпаки, можна бачити майже однакову повторюваність західних вітрів, а от частка східних холодних вітрів, що відносять забруднене повітря від стаціонарних джерел ПрАТ «Сєвєродонецьке об'єднання Азот» у протилежний бік від селитебної зони, скоротилася порівняно з 1980 роком та дещо зросла частка теплих південно-західних вітрів.

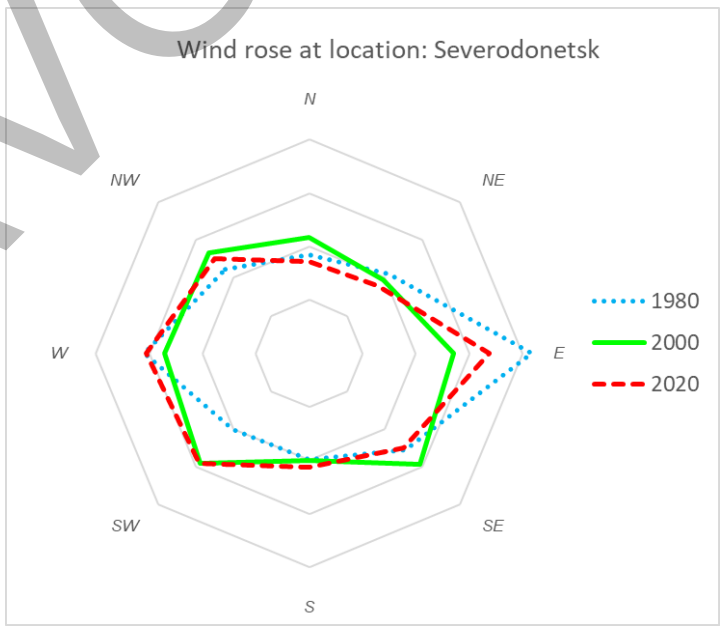


Рис.5.8 – Порівняння річної рози вітрів у м.Сєвєродонецьк.

KRAVCHENKO

Якщо ж проаналізувати сезонні рози вітрів за ці ж роки (табл. 5.7-5.9, рис.5.9), то висновки набагато відрізняються від попередніх: у зимовий період значно виросла частка теплих західних, південно-західних та південних вітрів при одночасному скороченні холодних вітрів східних, південно-східних та північно-східних напрямів; у весняний період спостерігаються суттєве, майже повне, скорочення часток північного, північно-східного, східного та південно-східного напрямів при домінуванні вітрів південно-західного, західного та північно-західного напрямів; літній період характеризується ростом частки сухих східних та північно-східних вітрів і скороченням західних та північно-західних вітрів; осінній сезон також демонструє зміни у вигляді значного приросту частки східних та південно-східних вітрів і скороченню західного та північного напрямів.

Таблиця 5.7 – Повторюваність вітрів (%) та їх швидкості (м/с) по сезонах у 1980 р.

сезон	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
зима	7,71	11,32	22,95	16,93	8,19	9,03	13,08	10,79
m/s	2,57	3,17	4,37	4,37	4,37	5,23	4,37	3,77
весна	9,21	12,70	32,95	11,79	8,43	4,58	12,05	8,28
m/s	3,17	2,57	4,63	4,37	3,77	3,77	3,77	2,57
літо	11,18	10,81	10,30	8,78	11,49	15,57	22,04	9,84
m/s	2,57	3,17	3,17	2,66	2,57	3,17	3,77	2,57
осінь	8,86	7,40	17,24	13,40	11,58	11,29	14,67	15,55
m/s	2,06	2,57	3,77	3,77	3,17	3,17	3,17	2,57

Таблиця 5.8 – Повторюваність вітрів (%) та їх швидкості (м/с) по сезонах у 2000 р.

сезон	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
зима	6,66	2,57	6,15	12,10	14,20	26,09	19,27	12,96
m/s	3,17	1,54	3,77	4,37	3,77	4,37	3,77	3,77
весна	9,52	12,16	11,10	16,85	11,68	15,71	11,53	11,46
m/s	3,77	3,17	3,77	3,17	3,17	3,77	3,77	3,77
літо	16,11	10,64	11,50	10,57	5,33	8,72	17,14	20,07
m/s	3,17	3,17	2,57	3,77	3,17	3,17	2,656667	3,17
осінь	11,14	13,65	25,36	18,95	8,74	7,35	6,25	8,57
m/s	2,57	2,57	3,77	3,17	2,57	2,57	2,06	3,17

КРАУСТЕНКО

Таблиця 5.9 – Повторюваність вітрів (%) та їх швидкості (м/с) по сезонах у 2020 р.

сезон	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
зима	5,83	6,51	7,16	11,48	18,49	19,14	22,84	8,54
m/s	3,17	3,77	2,66	3,77	3,17	4,37	4,37	4,37
весна	7,02	6,69	9,11	9,24	13,21	21,98	16,83	16,04
m/s	3,77	3,17	3,77	3,77	3,17	4,37	4,37	4,37
літо	15,66	18,03	20,01	9,96	6,42	7,55	8,51	13,86
m/s	3,17	2,57	3,17	3,17	2,57	2,57	2,57	2,66
осінь	2,86	3,26	35,20	26,46	7,90	8,74	8,78	6,82
m/s	2,66	2,06	4,37	5,23	3,17	2,57	2,57	3,77

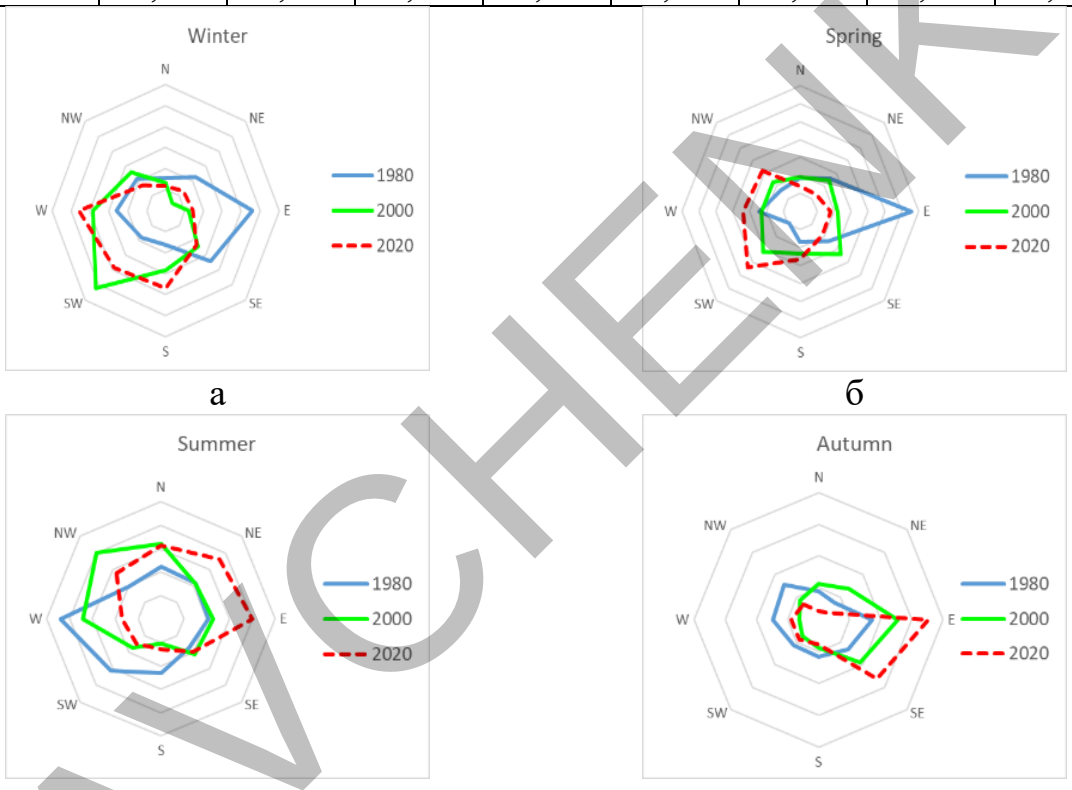


Рис.5.9. Сезонні рози вітрів у м.Сєвєродонецьк (%):
а – зима, б – весна, в – літо, г - осінь

Що стосується швидкості вітрів (табл.5.10 та рис.5.10), то середньорічні показники за досліджуваний період коливаються в межах кліматичної норми, але у сезонних змінах наявні такі тенденції: середні швидкості вітрів зимового та весняного періодів західних напрямах зросли, а швидкості вітрів східних напрямів зменшились; літній та осінній сезони характеризується зменшенням швидкості вітрів західних напрямів та збільшенням східних.

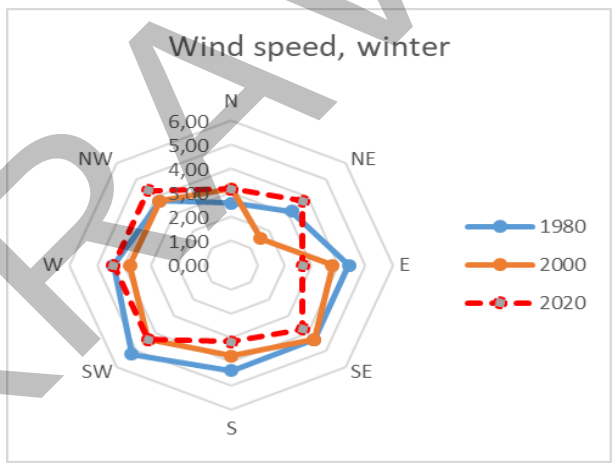
КРАВСНЕЙКО

Ці спостереження демонструють зміну клімату Сєвєродонецько-Лисичанської агломерації впродовж останніх 40 років. Зміна клімату полягає у зміщенні сезонів, потеплінні зими, спекотнішому літі зі зменшенням кількості опадів, що викликає засуху та пилові бурі.

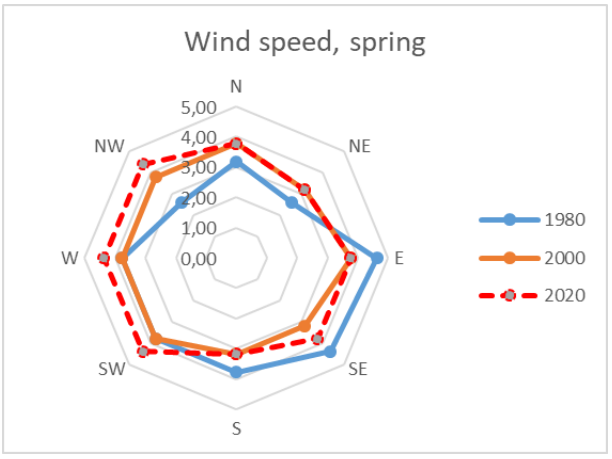
Таблиця 5.10- Середні швидкості вітрів (м/с) по сезонах у порівнювані роки

Сезон	Рік	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Усереднене значення
зима	1980	2,57	3,17	4,37	4,37	4,37	5,23	4,37	3,77	4,03
	2000	3,17	1,54	3,77	4,37	3,77	4,37	3,77	3,77	3,57
	2020	3,17	3,77	2,66	3,77	3,17	4,37	4,37	4,37	3,71
весна	1980	3,17	2,57	4,63	4,37	3,77	3,77	3,77	2,57	3,58
	2000	3,77	3,17	3,77	3,17	3,17	3,77	3,77	3,77	3,55
	2020	3,77	3,17	3,77	3,77	3,17	4,37	4,37	4,37	3,85
літо	1980	2,57	3,17	3,17	2,66	2,57	3,17	3,77	2,57	2,96
	2000	3,17	3,17	2,57	3,77	3,17	3,17	2,66	3,17	3,11
	2020	3,17	2,57	3,17	3,17	2,57	2,57	2,57	2,66	2,81
осінь	1980	2,06	2,57	3,77	3,77	3,17	3,17	3,17	2,57	3,03
	2000	2,57	2,57	3,77	3,17	2,57	2,57	2,06	3,17	2,81
	2020	2,66	2,06	4,37	5,23	3,17	2,57	2,57	3,77	3,30

Найгіршими умовами для розсіювання домішок є застої повітря, які формуються під час приземних інверсій і слабкого вітру (повторюваність їх найбільша влітку). При аналізі кореляції між вмістом формальдегіду у повітрі та усередненими швидкостями вітрів (табл. 5.10) виявлений зворотний зв'язок середньої сили з коефіцієнтом кореляції -0,418 (рис.5.11).

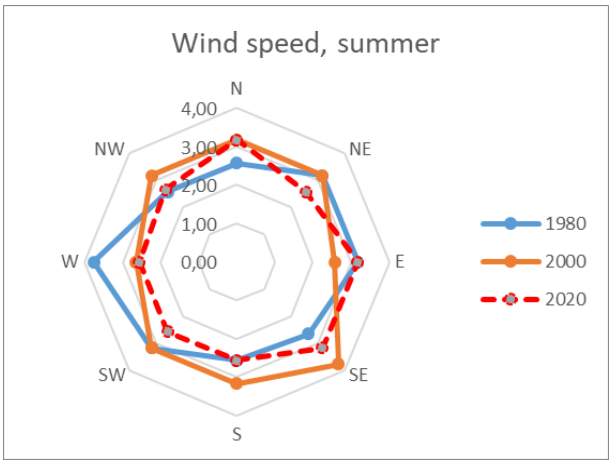


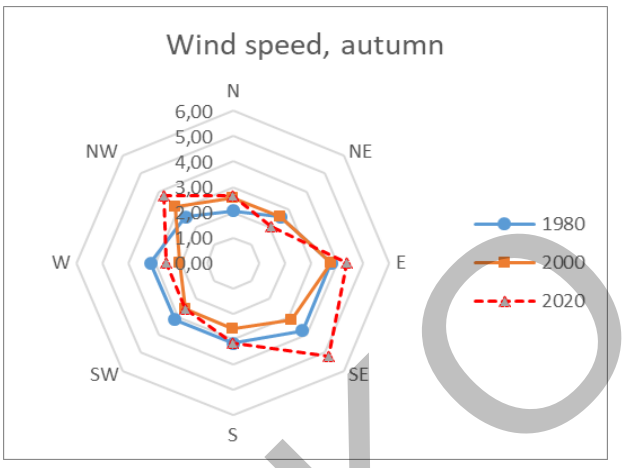
а



б

КРАУСНЕНКО





в г

Рис.5.10. Сезонні швидкості вітрів у м.Сєвєродонецьк (м/с):
а – зима, б – весна, в – літо, г – осінь

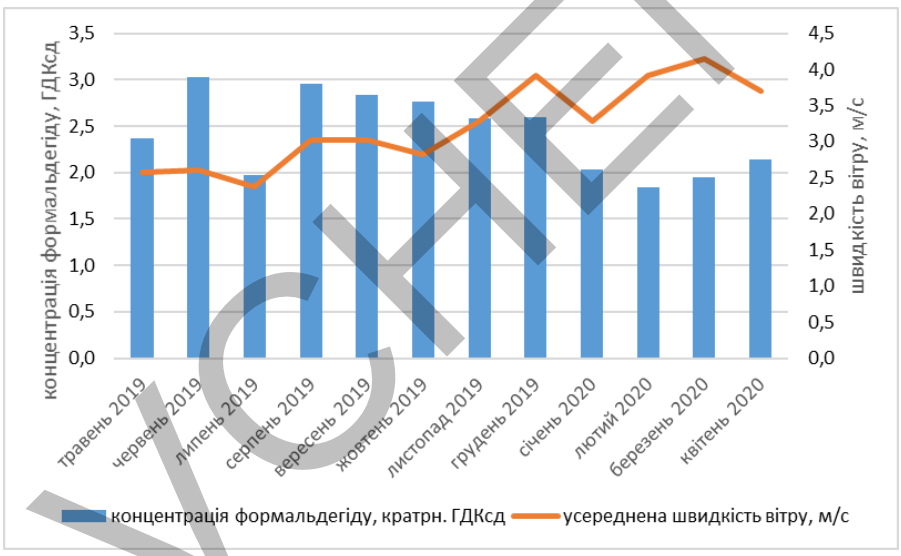


Рис.5.11 - Щодо зв’язку між швидкістю вітру та вмістом формальдегіду у повітрі м.Сєвєродонецьк

Зміна клімату підвищує ризики для здоров’я населення через розбалансованість стану екосистем та природних ресурсів, викиди парникових газів в атмосферу. Зміна клімату є результатом взаємодії цілої низки природних чинників та діяльності людини [28].

З 2016 року 91% світового населення проживало в районах, де рівень забруднення перевищував значення, встановлені в Рекомендаціях ВООЗ за якістю повітря. За оцінками, в 2012 році через забруднення атмосферного повітря в міських

KRAVCHENKO

околицях і сільських районах у всьому світі відбулося 4,2 мільйона випадків передчасної смерті людей [29].

Також є невідкладним завданням з'ясувати джерела надходження сполук хрому в атмосферне повітря м.Сєвєродонецьк.

KRAVCHENKO

6 ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКІВ ЗДОРОВ'Ю НАСЕЛЕННЯ АГЛОМЕРАЦІЇ

6.1 Канцерогенні ризики

На сьогодні проблема онкологічної патології має особливу актуальність для України, де злоякісні новоутворення займають провідне місце поряд із серцево-судинними захворюваннями. Темпи приросту онкологічної захворюваності в нашій державі останнім часом досягли високого рівня і ця тенденція продовжує зберігатись.

За загальноприйнятими поглядами більша частина онкологічної патології, пов'язана із впливом канцерогенних факторів навколишнього середовища, побуту та виробництва, що обумовлюють розвиток майже 80% усіх злоякісних новоутворень, основна маса яких має хімічну природу.

При оцінці канцерогенного ризику використовується одиничний ризик (unit risk - *UR*), що характеризує значення ризику для однієї одиниці концентрації речовини у об'єкті навколишнього середовища: 1 мг на 1 м^3 повітря. *UR* розраховується шляхом поділу SF_i на масу тіла людини m (кг) та множення на об'єм добової легеневої вентиляції *V* (м^3/добу):

$$UR_i = SF_i \times 1/m \times V.$$

Значення SF_i та UR_i дозволяють прогнозувати величини ризику розвитку раку за конкретних значень експозиції. Наприклад, якщо середня денна концентрація речовини, що впливає на людину протягом усього життя, складає *C* (у мг/м^3 для повітря), то індивідуальний (додатковий до фонового) ризик розвитку раку буде складати:

$$ICR_i = UR_i \times C_i.$$

Якщо відома чисельність (*N*) популяції, що підлягає впливу речовини у

KRAVCHENKO

концентрації *C*, то можна розрахувати і популяційний ризик – число додаткових (до фонового) випадків раку у даній популяції:

$$PCR=ICR\times N.$$

На території агломерації в атмосферному повітрі визначені такі речовини, що проявляють канцерогенну дію: хром, формальдегід, анілін, нітрохлорбензол. Результати розрахунку канцерогенних ризиків населення (експонованих груп) у містах Сєвєродонецьк, Рубіжне та Лисичанськ наведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Результати визначення канцерогенних ризиків у містах агломерації

Polutant	**SF_i, (мг/кг*доб)$^{-1}$**	**UR_i children**	**UR_i female**	**UR_i male**	**UR_i old**	
хром	42	15	15,21	13,80	12,00	
формальдегід	0,046	0,01643	0,01666	0,01511	0,01314	
анілін	0,0057	0,00204	0,00206	0,00187	0,00163	
нітрохлорбензол	0,025	0,00893	0,00905	0,00821	0,00714	
SEVERODONETSK	**C_i, мг/м^3**	**ICR_i children**	**ICR_i female**	**ICR_i male**	**ICR_i old**	**% of total ICR**
хром	0,00007	0,00105	0,00106	0,00097	0,00084	86,93
формальдегід	0,008	0,00013	0,00013	0,00012	0,00011	10,88
анілін	0,013	0,00003	0,00003	0,00002	0,00002	2,19
Total ICR		0,00121	0,00122	0,00111	0,00097	
чисельність груп	112000	12690	35780	30260	33270	PCR/10^5 осіб
PCR	**125**	**15**	**44**	**34**	**32**	**111,53**
RUBIZHNE	**C_i, мг/м^3**	**ICR children**	**ICR female**	**ICR male**	**ICR old**	**% of total ICR**
формальдегід	0,008	0,00013	0,00013	0,00012	0,00011	80,37
анілін	0,007	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	8,71
нітрохлорбензол	0,002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00001	10,92
Total ICR		0,00016	0,00017	0,00015	0,00013	
чисельність груп	57000	6460	18210	15400	16930	PCR/10^5 осіб
PCR	**8**	**1**	**3**	**2**	**2**	**15,10**
LYSYCHANSK	**C_i, мг/м^3**	**ICR children**	**ICR female**	**ICR male**	**ICR old**	**% of total ICR**
формальдегід	0,008	0,00013	0,00013	0,00012	0,00011	89,65
нітрохлорбензол	0,0017	0,00002	0,00002	0,00001	0,00001	10,35
Total ICR		0,00015	0,00015	0,00013	0,00012	
чисельність груп	96000	10880	30670	25930	28520	PCR/10^5 осіб
PCR	**13**	**2**	**5**	**3**	**3**	**13,54**

children – діти (0-15 років), female – жінки, в тому числі фертильного віку,
male – чоловіки працездатного віку, old –люди похилого віку

KRAVCHENKO

З табл.6.1 видно, що канцерогенний ризик (*TICR*) в інтервалі 10^{-3} - 10^{-4} (характеризується в офіційному документі [2] як середній – припустимий для виробничих умов; за впливу на все населення необхідний динамічний контроль і поглиблене вивчення джерел і можливих наслідків шкідливих впливів для вирішення питання про заходи з управління ризиком) спостерігається у містах Рубіжне та Лисичанськ. Хоча за системою критеріїв рівнів ризику, рекомендованою US EPA, такий рівень ризику є насторожуючим. В м.Сєвєродонецьк канцерогенний ризик більший за 10^{-3}, це характеризує його як високий за всіма системами (De Manifestis) – не прийнятний для виробничих умов і населення. Необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику, адже у іншому випадку таке становище призведе до 125 додаткових (до фонових) випадків онкозахворювань в місті протягом середньої тривалості життя.

Для порівняння отриманих величин серед міст агломерації розрахована величина канцерогенного ризику на 100 тис. населення, яка демонструє, що населення Сєвєродонецька піддається негативному впливу канцерогенних речовин повітря у 7,4 та 8,2 рази більше, ніж мешканці Рубіжного та Лисичанська відповідно. Це означає, що стан атмосферного повітря у Сєвєродонецьку не може вважатися безпечним для здоров'я і вимагає невідкладних заходів.

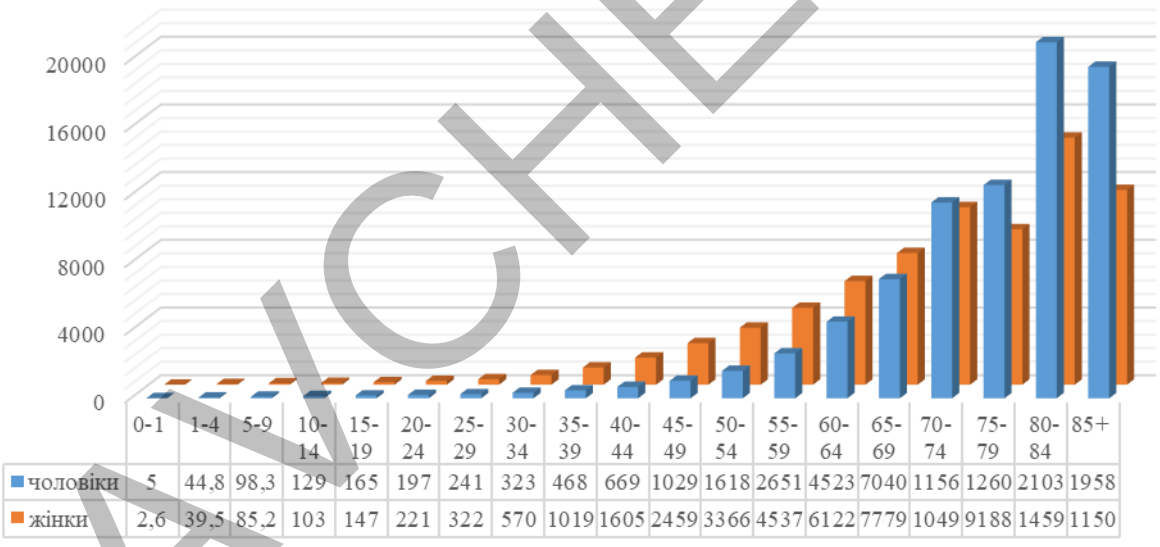
Цими заходами, коли інтенсивність транспортних потоків суттєво зросла з 2014р., є обмеження користування автомобілями з двигунами на вуглеводневому паливі для поїздок по місту і перехід на поновлювальні джерела енергії, однак у близькій перспективі це є мало здійсненним без регулюючих положень та законів; має нарешті вступити в дію сучасне планування міст та транспортних шляхів – будівництво об'їзних доріг, надземних та підземних переходів, організація пішохідних зон, влаштування велосипедних доріжок по всьому місту, збільшення зелених насаджень, популяризація велоспорту та здорового способу життя; обов'язкове виявлення несанкціонованих джерел викидів, накладання санкцій та штрафів, аж до закриття підприємства; відмова від твердопаливних котлів, що є джерелами викиду цілого спектру токсичних речовин, особливо золи та пилу

KRAVCHENKO

PM_{10} та $PM_{2,5}$, або обладнання таких котлів додатковими системами очищення; реформування роботи МНС для запобігання масштабних пожеж; жорстка заборона на паління листя та стерні; переоснащення міських звалищ побутових відходів для запобігання тління та горіння тощо.

З розрахунків також видно, що найвагоміший внесок у величину індивідуального канцерогенного ризику вносить хром у м.Сєвєродонецьк та формальдегід у містах Рубіжне та Лисичанськ.

Найуразливішими до дії канцерогенних речовин виявились субпопуляція жінок, до складу якої входять особи фертильного віку, та дітей, що викликає особливе занепокоєння. Виявляється, що подібний сценарій притаманний всій території України (рис. 6.1) [30], з якого видно, основна кількість випадків онкозахворювань припадає на старших людей, а населення нашої країни старішає:



	0-1	1-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85+
чоловіки	5	44,8	98,3	129	165	197	241	323	468	669	1029	1618	2651	4523	7040	1156	1260	2103	1958
жінки	2,6	39,5	85,2	103	147	221	322	570	1019	1605	2459	3366	4537	6122	7779	1049	9188	1459	1150

Рис.6.1. - Вікові показники розповсюдження злоякісних новоутворень за статтю, на 10^5 осіб (Україна, 2019)

З рис.6.1 видно, що починаючи з віку 20-24 роки та аж до 60-64 роки онкозахворюваність жіночого населення вища за чоловічу, в інтервалі 65-69 років – майже рівна, а після 75 років – значно менша за чоловічу. Офіційна інформація у національному канцер-реєстрі щодо показників злоякісних новоутворень у населення міст агломерації з 2014 р. по теперішній час відсутня.

КРАЄЧЕНКО

На наш запит до канцер-реєстру від 11.12.2020р. щодо надання інформації для використання у наукових дослідженнях отримано листа з рекомендацією звернутися до обласного канцер-реєстру з наголосом, що зазначений КР не має повних даних, а також не може розраховувати показники на кількість населення з відомих причин (окупація частини території).

Необхідно підкреслити, що методика визначення канцерогенного ризику загрози здоров'ю є дуже спрощеною, в ній не враховуються наявні на момент впливу канцерогенів хронічні захворювання, стан імунної системи людини, процеси виведення канцерогенів з організму природним шляхом. Саме такий підход є консервативним.

Хром-6 або Cr (VI) є однією найбільш поширеною формою хімічної сполуки. Він присутній у багатьох промислових процесах, де нагрівається нержавіюча сталь, включаючи обшивку, зварювання, лазерну різку і дублення шкіри. Коли сталь нагрівається в місці прокату, утворюється дим, який містить небезпечні речовини.

Вплив Cr (VI) може викликати захворювання дихальних шляхів, таких як астма, бронхіт, і рак легенів. Останні звіти вказують на можливий зв'язок між Cr (VI) і раком печінки, також як і раком нирок.

Хром як метал-забруднювач зустрічається в повітрі, воді та ґрунті. У хімічній промисловості хроміт є головною сировиною для виробництва хромових солей - хроматів і біхроматів [31]. Вони використовуються на анілінофарбових і лакофарбових підприємствах [32]. Значну кількість Cr застосовують як складову частину дубильних розчинів в шкіряній промисловості (хромпіки) [33, 34] і консервантів деревини [32, 33], виготовленні сірників, вибухової речовини, електрохімічної обробки металів в розчинах, які містять хромову кислоту [35], піротехніку, фотографуванні тощо [36]. Шестивалентний хром, який додається до циркуляційної води багатьох охолоджуючих веж щоб уникнути корозії, може частково губитися в навколишнє середовище (зокрема при розсіюванні вітром) і викликати його забруднення [37]. Хром також входить до складу відпрацьованих

KRAVCHENKO

газів бензинових двигунів [38, 39]. Цей метал може надходити в навколишнє середовище з мінеральними і органічними добривами [40, 41]. Так, в суперфосфаті міститься хрому від 66 до 245 мг/кг [42].

Судячи зі всього, хром в містах Лисичанськ та Рубіжне не входить до пріоритетних речовин та не вимірюється.

Отримані у процесі оцінки ризику впливи факторів навколишнього середовища на здоров‘я – кількісні показники канцерогенного ризику – є одним з важливих критеріїв для планування дій з вилучення та зниження шкідливих експозицій. Нажаль, в нашій країні поки що існують певні протиріччя щодо прийнятих опірних значень, а разом з цим й інших показників санітарно-гігієнічного нормування, що були розроблені 70-80 років тому (у СРСР) та потребують перегляду і наукового обґрунтування з позицій ризик-орієнтованого підходу.

У США, наприклад, для планування та контролю ефективності профілактичних заходів використовуються так звані концентрації, що базуються на ризику (*RBC* – risk based concentration) – концентрації хімічної речовини у об‘єкті навколишнього середовища, потенційно пов‘язані з певним визначеним ризиком (зазвичай 10^{-6}, а в деяких штатах 10^{-5}), у випадку ж нашої країни цей ризик встановлено на рівні 10^{-3} – 10^{-4}. Якщо існуюча концентрація (наприклад, ГДК) і концентрація**,** що базується на ризику (*RBC* як правило отримані на більш пізніх та актуальних дослідженнях) не однакові, то саме *RBC* має бути обрана для подальшої оцінки.

Для виробничих впливів аналогом *RBC* є "рівень експозиції, що ґрунтується на здоров‘ї" (*HBEL* – health based exposition level). Даний рівень розраховується, виходячи з ризику 10^{-6} та розглядається як цільова величина, яку необхідно прагнути досягти шляхом проведення профілактичних заходів. Важливим аспектом практичного застосування канцерогенних ризиків є також їх використання у якості сигнальних рівнів при контролі ефективності природоохоронних та очисних робіт [43].

У США прийнята система, що включає 3 сигнальних рівні: за ризиків

KRAVCHENKO

менше 10^{-6} (низька пріоритетність) додаткових втручань не потребує; за ризиків від 10^{-6} до 10^{-4} (середня пріоритетність) необхідно оповіщати усіх зацікавлених осіб і організацій та рішення питання про зниження рівня ризику; за ризиків більше 10^{-4} (висока пріоритетність) потрібним є проведення поглиблених досліджень з оцінки ризику для здоров‘я та одночасне здійснення термінових заходів з зниження ризику.

Якщо за допомогою наведеної вище методології розрахунку ризику проаналізувати хімічні канцерогени, присутні у повітрі агломерації, при концентраціях, рівних $ГДК_{сд}$ у атмосферному повітрі населених місць, то можна побачити (табл.6.2), що для всіх цих речовин канцерогенний ризик більший за 10^{-5} у 2,86-4,89 рази, а для хрому у 1800 разів. У стовпчику 4 представлені значення *RBC* за рівнів ризику 10^{-5}, а також їх співвідношення з існуючими ГДК.

Таблиця 6.2 – Канцерогенні ризики на рівні існуючих $ГДК_{сд}$ у атмосферному повітрі населених пунктів та значення RBC при верхній межі допустимого канцерогенного ризику 10^{-5}

Речовина	ГДК, мг/м^3	UR_i, м^3/мг	Ризик	RBC (10^{-5}), мг/м^3	ГДК/RBC	Група
1	2	3	5	4	6	7
хром	0,0015	12,00	0,018	8,333E-07	1800	1А
формальдегід	0,003	0,01314	3,9429E-05	0,0007609	3,94	2А/В1
анілін	0,03	0,00163	4,8857E-05	0,0061404	4,89	3/В2
нітрохлорбензол	0,004	0,00714	2,8571E-05	0,0014	2,86	3/В2

Слід додати, що у роботі вітчизняних сучасних дослідників [44] є повідомлення про стимуляцію канцерогенезу хімічними факторами навколишнього середовища (сірчистий ангідрид, оксиди азоту, фенольні сполуки тощо). Хімічні речовини (NO_2, фенол, формальдегід, о-крезол) при будь-якому надходженні в організм (органи дихання, шлунково-кишковий тракт) синхронно з канцерогеном (бенз-а-піреном) можуть здійснювати модифікуючий ефект на канцерогенез, що проявляється в його активації та підкоряється залежності "доза-ефект", "доза-час". Комбінований вплив усіх речовин на рівні їх ГДК для навколишнього середовища не призводить до підсилення канцерогенезу. Не менш важливим є пи-

КРАВЧЕНКО

тання вивчення коканцерогенної активності хімічних сполук. Деякі речовини, що самі по собі не мають канцерогенної активності, при надходженні в організм, можуть активувати дію слабких доз канцерогенних речовин, що тим або іншим шляхом надійшли до організму. Багато потенційно небезпечних у канцерогенному відношенні речовин знаходиться у біосфері у низьких концентраціях, але у багатьох випадках дія їх може бути синергічною, частина з них може виступати у якості промоторів, коканцерогенів та ін. Отримані результати свідчать про онкологічну небезпеку комбінованого надходження до організму канцерогенних та токсичних сполук, це необхідно враховувати під час гігієнічної оцінки стану довкілля.

Чистота повітря, води, продуктів харчування забезпечується на рівні уряду, і це - найефективніший рівень, що здатен скоротити поширення раку на 90%, також багато залежить від рівня охорони здоров'я в країні.

Щодо України, захворюваність та смертність від раку стабільно зростають, ризик їх збільшується у зв'язку з несприятливою екологічною та економічною ситуацією в країні та значним постарінням населення. Рак є причиною більше 15% усіх смертей в Україні, поступаючись лише смертності від серцево-судинних захворювань, 35% померлих від раку - особи працездатного віку. Вважають, що до 85-90% усіх випадків раку визначається впливом канцерогенів навколишнього середовища [45].

6.2 Оцінка ризику здоров'ю від хімічного забруднення атмосферного повітря домішками, що мають неканцерогенний механізм впливу

Багато хімічних канцерогенів здатні викликати не тільки канцерогенні, а й токсичні ефекти. У зв'язку з цим оцінка небезпеки подібних речовин повинна здійснюватися з урахуванням їх як канцерогенної, так і неканцерогенної дій.

Характеристика ризику розвитку неканцерогенних ефектів проводиться на основі розрахунку індексів (коефіцієнтів) небезпеки за рівняннями (1.2)-(1.4). Значення референтних концентрацій при хронічному інгаляційному впливі, середньорічного вмісту пріоритетних речовин в атмосферному повітрі

KRAVCHENKO

м.Сєвєродонецьк та результати розрахунку індексів небезпеки представлені в табл.6.3, м.Рубіжне – таблиці 6.4, м.Лисичанськ – в табл.6.5.

Таблиця 6.3 – Визначення індексів небезпеки (неканцерогенних ефектів) при хронічному впливі забруднювачів повітря (м.Сєвєродонецьк)

CAS	Речовина	*RfC*, мг/м^3	*C*, мг/м^3	Критичні органи/системи	*HI*	Внесок, %
1	2	3	4	5	6	
10102-44-0	Азоту діоксид	0,04	0,03	органи дихання, кров (утворення MetHb)	0,750	1,87
7664-41-7	Аміак	0,1	0,02	органи дихання	0,200	0,50
7647-01-0	Водню хлорид	0,02	0,125	органи дихання	**6,250**	**15,60**
62-53-3	Анілін	0,001	0,013	селезінка, кров, серц.-суд.сист.	**13,000**	**32,45**
	Зважені частинки	0,05	0,1	органи дихання, смертн, серц.-суд. сист., розвиток	**2,000**	4,99
7446-09-5	Сірки діоксид	0,05	0,35	органи дихання, смертність	**7,000**	**17,47**
7664-93-9	Сірчана кислота	0,001	0,0068	органи дихання	**6,800**	**16,97**
630-08-0	Вуглецю оксид	3	1	серц.-суд. сист., розвиток, кров, ЦНС	0,333	0,83
50-00-0	Формальдегід	0,003	0,008	органи дихання, очі, імунна система	**2,667**	**6,66**
108-95-2	Фенол	0,006	0,0022	серц.-суд. сист., нирки, ЦНС, печінка органи дихання	0,367	0,92
7440-47-3	Хром	0,0001	0,00007	органи дихання, печінка, нирки, імунна система, шлунк.-кішк. тракт	0,700	1,75
Сумарний індекс				*загальний*	**40,067**	
Сумарний індекс				органи дихання	**26,733**	
Сумарний індекс				серц.-суд. сист.	**15,700**	
Сумарний індекс				кров	**14,083**	
Сумарний індекс				селезінка	**13**	
Сумарний індекс				смертн.	**9**	
Сумарний індекс				імунна система	**3,367**	
Сумарний індекс				розвиток	**2,333**	
Сумарний індекс				печінка	**1,067**	
Сумарний індекс				нирки	**1,067**	
Сумарний індекс				ЦНС	0,70	
Сумарний індекс				шлунк.-кішк. тракт	0,70	

КРАСНЕНКО

Таблиця 6.4 – Визначення індексів небезпеки (неканцерогенних ефектів) при хронічному впливі забруднювачів повітря (м.Рубіжне)

CAS	Речовина	*RfC*, мг/м^3	*C*, мг/м^3	Критичні органи/системи	*HI*	Внесок, %
1	2	3	4	5	6	7
10102-44-0	Азоту діоксид	0,04	0,03	органи дихання, кров (утворення MetHb)	0,75	1,06
7647-01-0	Водню хлорид	0,02	0,1	органи дихання	**5**	7,07
62-53-3	Анілін	0,001	0,02	селезінка, кров, серц.-суд.сист.	**20,00**	**28,26**
	Зважені частинки	0,05	0,1	органи дихання, смертн, серц.-суд. сист., розвиток	**2,00**	2,83
7446-09-5	Сірки діоксид	0,05	0,024	органи дихання, смертність	0,48	0,68
7664-93-9	Сірчана кислота	0,001	0,007	органи дихання	**7,00**	9,89
7783-06-04	Сірководень	0,002	0,005	органи дихання (запалення слизової носа)	**2,50**	3,53
630-08-0	Вуглецю оксид	3	5	серц.-суд. сист., розвиток, кров, ЦНС	**1,67**	2,36
88-73-3	Нітрохлорбензол	0,00007	0,002	органи дихання, кров (утворення MetHb)	**28,57**	**40,37**
50-00-0	Формальдегід	0,003	0,008	органи дихання, очі, імунна система	**2,67**	3,77
108-95-2	Фенол	0,006	0,0008	серц.-суд. сист., нирки, ЦНС, печінка органи дихання	0,13	0,19
Сумарний індекс				*загальний*	**70,768**	
Сумарний індекс				кров	**49,32**	
Сумарний індекс				органи дихання	**49,10**	
Сумарний індекс				серц.-суд. сист.	**23,80**	
Сумарний індекс				селезінка	**20,00**	
Сумарний індекс				розвиток	**3,67**	
Сумарний індекс				імунна система	**2,67**	
Сумарний індекс				очі	**2,67**	
Сумарний індекс				смертн.	**2,48**	
Сумарний індекс				ЦНС	**1,80**	
Сумарний індекс				печінка	0,13	
Сумарний індекс				нирки	0,13	

КРАВЧЕНКО

Таблиця 6.5 – Визначення індексів небезпеки (неканцерогенних ефектів) при хронічному впливі забруднювачів повітря (м.Лисичанськ)

CAS	Речовина	*RfC*, мг/м^3	*C*, мг/м^3	Критичні органи/системи	*HI*	Внесок, %
1	2	3	4	5	6	7
10102-44-0	Азоту діоксид	0,04	0,03	органи дихання, кров (утворення MetHb)	0,75	1,06
7647-01-0	Водню хлорид	0,02	0,04	органи дихання	**2**	2,83
62-53-3	Аміак	0,001	0,024	органи дихання	**24,00**	**33,91**
	Зважені частинки	0,05	0,26	органи дихання, смертн, серц.-суд. сист., розвиток	**5,20**	7,35
7446-09-5	Сірки діоксид	0,05	0,2	органи дихання, смертність	**4,00**	5,65
630-08-0	Вуглецю оксид	3	3	серц.-суд. сист., розвиток, кров, ЦНС	**1,00**	1,41
88-73-3	Нітрохлорбензол	0,00007	0,0017	органи дихання, кров (утворення MetHb)	**24,29**	**34,32**
50-00-0	Формальдегід	0,003	0,008	органи дихання, очі, імунна система	**2,67**	3,77
108-95-2	Фенол	0,006	0,0005	серц.-суд. сист., нирки, ЦНС, печінка органи дихання	0,08	0,12
Сумарний індекс				*загальний*	**63,986**	
Сумарний індекс				органи дихання	**62,99**	
Сумарний індекс				кров	**26,04**	
Сумарний індекс				смертн.	**9,20**	
Сумарний індекс				серц.-суд. сист.	**6,28**	
Сумарний індекс				розвиток	**6,20**	
Сумарний індекс				імунна система	**2,67**	
Сумарний індекс				ЦНС	**1,08**	
Сумарний індекс				печінка	0,08	
Сумарний індекс				нирки	0,08	

З таблиць 6.3-6.5 видно, що найбільший сумарний індекс небезпеки від хронічного впливу забруднюючих речовин спостерігається у м.Рубіжне (70,768) з найвагомішими внесками від нітрохлорбензолу та аніліну, а найменший – у м.Сєвєродонецьк (40,067) з найбільшими внесками від аніліну, сірчаної кислоти, хлориду водню та діоксиду сірки.

Для м.Лисичанськ сумарний індекс небезпеки 63,986 складається здебільшого через вплив нітрохлорбензолу та аміаку. У Сєвєродонецьку та Лисичанську

KRAVCHENKO

найбільшого впливу зазнають органи дихання людей, у Рубіжному – система кровотворення.

Саме вміст речовин, які створюють такі високі рівні індексів небезпеки, мають бути знижений у короткі терміни. Для цього необхідно використати моделювання розповсюдження полютантів в атмосферному повітрі від потенційних джерел викидів та прикладні програми розрахунків на його основі. Таки розрахунки дозволять визначити концентрації забруднюючих речовин, які вносять кожне стаціонарне джерело та, орієнтовно, пересувні джерела, і будуть науково підкріпленими аргументами для управлінців.

При встановленні величини потенційного ризику негайної дії в якості ефекту оцінюється ймовірність появи рефлекторних реакцій (відчуття роздратування, неприємного запаху тощо) або ефектів психологічного дискомфорту.

Значення референтних концентрацій при гострому інгаляційному впливі, максимального вмісту пріоритетних речовин в атмосферному повітрі та результати розрахунку індексів небезпеки представлені в табл.6.6-6.8.

Таблиця 6.6 – Визначення індексів небезпеки (неканцерогенних ефектів) при гострому впливі (м.Сєвєродонецьк)

CAS	Речовина	*RfC*, мг/м^3	*C*, мг/м^3	Критичні органи/системи	*HI*	Внесок, %
1	2	3	4	5	6	7
10102-44-0	Азоту діоксид	0,47	0,15	органи дихання	0,319	5,37
7664-41-7	Аміак	0,35	0,04	органи дихання, очі	0,114	1,92
7647-01-0	Водню хлорид	2,1	0,985	органи дихання	0,469	7,89
	Зважені частинки	0,15	0,41	органи дихання	**2,733**	**45,96**
7446-09-5	Сірки діоксид	0,66	1,01	органи дихання	**1,530**	**25,73**
7664-93-9	Сірчана кислота	0,1	0,024	органи дихання	0,240	4,04
630-08-0	Вуглецю оксид	23	2,84	серц.-суд. сист., розвиток	0,123	2,08
50-00-0	Формальдегід	0,048	0,02	очі, органи дихання	0,417	7,01
108-95-2	Фенол	6	0,0042	очі, органи дихання	0,001	0,01
Сумарний індекс				*загальний*	**5,947**	
Сумарний індекс				органи дихання	**5,823**	
Сумарний індекс				очі	0,532	
Сумарний індекс				серц.-суд. сист.	0,123	
Сумарний індекс				розвиток	0,123	

КРАВЧЕНКО

Таблиця 6.7 – Визначення індексів небезпеки (неканцерогенних ефектів) при гострому впливі (м.Рубіжне)

CAS	Речовина	*RfC*, мг/м^3	*C*, мг/м^3	Критичні органи/системи	*HI*	Внесок, %
1	2	3	4	5	6	7
10102-44-0	Азоту діоксид	0,47	0,07	органи дихання	0,149	3,41
7783-06-4	Сірководень	0,1	0,006	органи дихання	0,060	1,37
7647-01-0	Водню хлорид	2,1	0,14	органи дихання	0,067	1,53
	Зважені частинки	0,15	0,4	органи дихання	**2,667**	**61,07**
7446-09-5	Сірки діоксид	0,66	0,039	органи дихання	0,059	1,35
7664-93-9	Сірчана кислота	0,1	0,075	органи дихання	0,750	**17,18**
630-08-0	Вуглецю оксид	23	6	серц.-суд. сист., розвиток	0,261	5,97
50-00-0	Формальдегід	0,048	0,017	очі, органи дихання	0,354	8,11
108-95-2	Фенол	6	0,0011	очі, органи дихання	0,0002	0,004
Сумарний індекс				*загальний*	**4,367**	
Сумарний індекс				органи дихання	**4,106**	
Сумарний індекс				очі	0,354	
Сумарний індекс				серц.-суд. сист.	0,261	
Сумарний індекс				розвиток	0,261	

Таблиця 6.8 – Визначення індексів небезпеки (неканцерогенних ефектів) при гострому впливі (м.Лисичанськ)

CAS	Речовина	*RfC*, мг/м^3	*C*, мг/м^3	Критичні органи/системи	*HI*	Внесок, %
1	2	3	4	5	6	7
10102-44-0	Азоту діоксид	0,47	0,07	органи дихання	0,149	5,82
7647-01-0	Водню хлорид	2,1	0,14	органи дихання	0,067	2,60
62-53-3	Аміак	0,35	0,1	органи дихання	0,29	11,16
	Зважені частинки	0,15	0,26	органи дихання	**1,73**	**67,72**
7446-09-5	Сірки діоксид	0,66	0,049	органи дихання	0,07	2,90
630-08-0	Вуглецю оксид	23	5	серц.-суд. сист., розвиток	0,22	8,49
50-00-0	Формальдегід	0,048	0,016	органи дихання, очі	0,03	1,30
108-95-2	Фенол	6	0,0006	очі, органи дихання	0,0001	0,00
Сумарний індекс				*загальний*	**2,56**	
Сумарний індекс				органи дихання	**2,34**	
Сумарний індекс				серц.-суд. сист.	0,22	
Сумарний індекс				очі	0,03	
Сумарний індекс				розвиток	0,22	

Представлені в таблицях 6.3 - 6.8 результати розрахунків індексів небезпеки мають забезпечити осіб, що приймають рішення з регулювання ризиків, в

KRAVCHENKO

першу чергу, інформацією про сумарний неканцерогенний ризик на території, що вивчається, з урахуванням лише одного середовища (повітря), шляху надходження (інгаляційний) і комбінації речовин.

Як видно з таблиці 6.3 (Сєвєродонецьк), найбільший внесок у сумарну величину індексу небезпеки (*HI* = 40,067) при хронічному впливі вносять анілін (*HI* = 13,0), діоксид сірки (*HI* =7), сірчана кислота (HI =6,8), хлористий водень (*HI* =6,25), формальдегід (*HI* =2,67) та зважені частинки (*HI* =2,0), а найменш значущу роль у формуванні ризику має аміак.

При аналізі сумарних індексів небезпеки для речовин, що діють на одні і ті ж системи, найбільш високі значення *HI* встановлені для груп речовин, що впливають на респіраторну систему (*HI* = 26,733), серцево-судинну систему (*HI* =15,7), кровотворну систему (*HI* =14,083), селезінку (*HI* =13), смертність (*HI* =9), імунну систему (*HI* =3,367), розвиток (*HI* =2,333), печінку (*HI* =1,067), нирки (*HI* =1,067).

При цьому (табл. 6.6, Сєвєродонецьк) найбільший внесок у сумарну величину індексу небезпеки (*HI* = 5,947) при гострому впливі вносять зважені частинки (*HI* = 2,733) та діоксид сірки (*HI* = 1,53), а найменш значущу роль у формуванні ризику має фенол. При аналізі сумарних індексів небезпеки для речовин, що діють на одні і ті ж системи, найбільш високі значення *HI* встановлені для груп речовин, що впливають на респіраторну систему (*HI* = 5,823).

Як видно з таблиці 6.4 (Рубіжне), найбільший внесок у сумарну величину індексу небезпеки (*HI* = 70,768) при хронічному впливі вносять нітрохлобензол (*HI* = 28,57), анілін (*HI* = 20,0), сірчана кислота (HI =7,0), хлористий водень (*HI* = 5,0), формальдегід (*HI* =2,67) та зважені частинки (*HI* =2,0), а найменш значущу роль у формуванні ризику має фенол.

При аналізі сумарних індексів небезпеки для речовин, що діють на одні і ті ж системи, найбільш високі значення *HI* встановлені для груп речовин, що впливають на кровотворну систему (*HI* = 49,32), респіраторну систему (*HI* = 49,1), серцево-судинну систему (*HI* = 23,8), селезінку (*HI* = 20), розвиток (*HI* =

KRAVCHENKO

3,67), імунну систему та очі (*HI* = 2,67), смертність (*HI* = 2,48), ЦНС (*HI* = 1,8).

Як видно з таблиці 6.5 (Лисичанськ), найбільший внесок у сумарну величину індексу небезпеки (*HI* = 63,986) при хронічному впливі вносять нітрохлобензол (*HI* = 24,29), аміак (*HI* = 24,0), зважені частинки (*HI* =5,2), сірки діоксид (*HI* =4,0), формальдегід (*HI* =2,67), хлористий водень (*HI* = 2,0), та а найменш значущу роль у формуванні ризику має фенол.

При аналізі сумарних індексів небезпеки для речовин, що діють на одні і ті ж системи, найбільш високі значення *HI* встановлені для груп речовин, що впливають на респіраторну систему (*HI* = 62,99), кровотворну систему (*HI* = 26,04), смертність (*HI* = 9,2), серцево-судинну систему (*HI* = 6,28), розвиток (*HI* = 6,2), імунну систему (*HI* = 2,67), ЦНС (*HI* = 1,08).

При гострому впливі (табл. 6.7, Рубіжне) найбільший внесок у сумарну величину індексу небезпеки (*HI* = 4,367) вносять зважені частинки (*HI* = 2,667), а найменш значущу роль у формуванні ризику має фенол. При аналізі сумарних індексів небезпеки для речовин, що діють на одні і ті ж системи, найбільш високі значення *HI* встановлені для груп речовин, що впливають на респіраторну систему (*HI* = 4,106).

У Лисичанську (табл.6.8) сумарний індекс небезпеки 2,56 формується з ризику від зважених частинок (*HI* = 1,73) та найбільш страждає респіраторна система.

Таким чином, інформація, представлена в таблицях 6.3-6.8, може бути використана для визначення пріоритетів при прийнятті рішень щодо скорочення викидів, підвищення ступеня очищення цих викидів, по проведенню оздоровчих заходів на селітебних територіях міст.

При аналізі ризику, обумовленого надходженням токсичних речовин в навколишнє середовище, ставиться завдання прогнозування впливу їх на організм в різних концентраціях і токсодозах. Важливе значення має оцінка наслідків дії малих концентрацій при тривалих експозиціях, а також вивчення особливос-

KRAVCHENKO

тей токсикологічних ефектів на тлі несприятливих чинників навколишнього середовища. Велику роль в подібних дослідженнях відіграє пробіт-аналіз (probability unites - probites, ймовірнісні одиниці). За цією методикою для прогнозування ризику виникнення рефлекторних ефектів при забрудненні атмосферного повітря використовують рівняння (1.16)-(1.21), які покладені у розрахунки за допомогою Microsoft Excel при максимальних концентраціях забруднюючих речовин, результати розрахунків зведені у таблиці 6.9-6.11.

Таблиця 6.9 – Ризики виникнення рефлекторних ефектів (Prob-аналіз) у м.Сєвєродонецьк

Речовина	Максимальна концентрація, мг/м^3	Ризик негайних ефектів
Ангідрид сірчистий	1,01	0,954
Азоту діоксид	0,15	0,895
Водень хлористий	0,985	0,373
Вуглецю оксид	2,84	$2{,}37\cdot10^{-2}$
Аміак	0,04	$1{,}19\cdot10^{-3}$
Анілін	0,03	$3{,}71\cdot10^{-13}$
Формальдегід	0,02	$1{,}15\cdot10^{-13}$
Фенол	0,0042	$3{,}98\cdot10^{-17}$
Хром	0,00084	$6{,}25\cdot10^{-34}$
Кислота сірчана	0,024	$3{,}55\cdot10^{-43}$

Таблиця 6.10 – Ризики виникнення рефлекторних ефектів (Prob-аналіз) у м.Рубіжне

Речовина	Максимальна концентрація, мг/м^3	Ризик негайних ефектів
Азоту діоксид	0,07	0,822
Ангідрид сірчистий	0,039	0,607
Вуглецю оксид	6	0,11
Анілін	0,05	$1{,}79\cdot10^{-8}$
Нітрохлорбензол	0,003	$5{,}75\cdot10^{-11}$
Сірководень	0,006	$5{,}75\cdot10^{-11}$
Водень хлористий	0,14	$1{,}28\cdot10^{-11}$
Формальдегід	0,017	$1{,}94\cdot10^{-15}$
Кислота сірчана	0,075	$6{,}26\cdot10^{-24}$
Фенол	0,0011	$3{,}36\cdot10^{-37}$

Таблиця 6.11 – Ризики виникнення рефлекторних ефектів (Prob-аналіз) у м.Лисичанськ

Речовина	Максимальна концентрація, мг/м^3	Ризик негайних ефектів
Азоту діоксид	0,07	0,822
Ангідрид сірчистий	0,049	0,645
Вуглецю оксид	5	0,079
Аміак	0,1	0,017
Нітрохлорбензол	0,0018	$2{,}58\cdot10^{-16}$
Водень хлористий	0,14	$1{,}28\cdot10^{-11}$
Формальдегід	0,016	$3{,}93\cdot10^{-16}$
Фенол	0,0006	$5{,}67\cdot10^{-49}$

КРАВЧЕНКО

Як ефект оцінюється не ризик появи додаткових випадків захворювань, а імовірність рефлекторних реакцій (відчуття роздратування, неприємного запаху тощо) чи ефектів психологічного дискомфорту, що також розцінюється як факт порушення здоров'я. З таблиць 6.9-6.11 видно, що ймовірність виникнення негайних рефлекторних ефектів близька до 1 спостерігається у діоксиду азоту у всіх трьох містах, а у Сєвєродонецьку – ще й у сірчистого ангідриду трактується як надзвичайно небезпечний ризик, коли забруднення навколишнього середовища перейшло в інший якісний стан (поява випадків гострого отруєння, зміна структури захворюваності, тенденція до зростання смертності та ін.), яке має оцінюватися з використанням інших, більш специфічних моделей.

В основу іншої моделі розрахунку потенційного ризику тривалого (хронічного) впливу покладена безпорогова модель впливу, де норматив (ГДК) розглядається як деякий компроміс, пов'язаний з прийнятним ризиком, коли для більшості людей відсутня видима або прихована небезпека для здоров'я.

Для оцінки потенційного ризику неспецифічних хронічних ефектів при забрудненні атмосферного повітря використані середньорічні концентрації забруднюючих речовин. Результати розрахунків, здійснених у Microsoft Excel, наведені у табл. 6.12-6.14.

Таблиця 6.12 – Ризики хронічних неканцерогенних ефектів (м.Сєвєродонецьк)

Речовина	Середньорічна концентрація, мг/м^3	Ризик хронічних ефектів, $Risk_i$	Кратність перевищення прийнятного рівня (до 0,05)
Ангідрид сірчистий	0,35	0,238	**4,76**
Формальдегід	0,008	0,097	**1,94**
Пил	0,1	0,075	**1,5**
Аміак	0,02	0,031	0,62
Азоту діоксид	0,03	0,029	0,58
Вуглецю оксид	1	0,022	0,44
Фенол	0,0022	0,019	0,38
Водень хлористий	0,125	0,016	0,32
Анілін	0,013	0,01	0,2
Кислота сірчана	0,0068	0,0009	0,018
Хром	0,00007	$1{,}7\cdot10^{-5}$	0,00034

Сумарний ризик комбінованої дії декількох домішок, постійно присутніх в атмосферному повітрі м. Сєвєродонецьк дорівнює

KRAVCHENKO

$$Risk_{сум}=1-(1-Risk_1)\cdot(1-Risk_2)\cdot(1-Risk_3)\cdot\ldots\cdot(1-Risk_{11})=$$

$$=1-(1-0{,}238)\cdot(1-0{,}097)\cdot(1-0{,}075)\cdot(1-0{,}031)\cdot(1-0{,}029)\cdot(1-0{,}022)\cdot(1-0{,}019)\times$$

$$\times\cdot(1-0{,}016)\cdot(1-0{,}01)\cdot(1-0{,}0009)\cdot(1-0{,}000017)=0{,}441.$$

Таблиця 6.13 – Ризики хронічних неканцерогенних ефектів (м.Рубіжне)

Речовина	Середньорічна концентрація, мг/м^3	Ризик хронічних ефектів, $Risk_i$	Кратність перевищення прийнятного рівня (до 0,05)
Формальдегід	0,008	0,097	**1,94**
Вуглецю оксид	5	0,087	**1,74**
Пил	0,1	0,075	**1,5**
Азоту діоксид	0,03	0,029	0,58
Ангідрид сірчистий	0,024	0,018	0,36
Анілін	0,02	0,017	0,34
Фенол	0,0008	0,005	0,1
Водень хлористий	0,04	0,004	0,08
Кислота сірчана	0,007	0,001	0,02

Сумарний ризик комбінованої дії декількох домішок, постійно присутніх в атмосферному повітрі м. Рубіжне дорівнює

$$Risk_{сум}=1-(1-Risk_1)\cdot(1-Risk_2)\cdot(1-Risk_3)\cdot\ldots\cdot(1-Risk_9)=$$

$$=1-(1-0{,}097)\cdot(1-0{,}087)\cdot(1-0{,}075)\cdot(1-0{,}029)\cdot(1-0{,}018)\cdot(1-0{,}017)\cdot(1-0{,}005)\times$$

$$\times(1-0{,}004)\,(1-0{,}001)=0{,}292$$

Таблиця 6.13 – Ризики хронічних неканцерогенних ефектів (м.Лисичанськ)

Речовина	Середньорічна концентрація, мг/м^3	Ризик хронічних ефектів, $Risk_i$	Кратність перевищення прийнятного рівня (до 0,05)
Пил	0,26	0,182	**3,64**
Формальдегід	0,008	0,097	**1,94**
Вуглецю оксид	3	0,056	**1,74**
Аміак	0,024	0,037	0,74
Азоту діоксид	0,03	0,029	0,58
Ангідрид сірчистий	0,02	0,015	0,3
Нітрохлорбензол	0,0017	0,01	0,2
Водень хлористий	0,04	0,004	0,08
Фенол	0,0005	0,003	0,06

Сумарний ризик комбінованої дії декількох домішок, постійно присутніх в атмосферному повітрі м. Лисичанськ дорівнює

$$Risk_{сум}=1-(1-Risk_1)\cdot(1-Risk_2)\cdot(1-Risk_3)\cdot\ldots\cdot(1-Risk_9)=$$

$$=1-(1-0{,}182)\cdot(1-0{,}097)\cdot(1-0{,}056)\cdot(1-0{,}037)\cdot(1-0{,}029)\cdot(1-0{,}015)\cdot(1-0{,}01)\times$$

КРАСНЕНКО

× (1-0,004)(1-0,003) =0,369.

При використанні даних підходів слід звернути увагу на наступне:

1. Ефекти негайного дії найчастіше проявляються у вигляді рефлекторних реакцій у найбільш чутливих осіб. Іншими словами, люди, найбільш схильні до дії одних домішок, також виявляються більш чутливими і до інших. У зв'язку з цим потенційний ризик негайної дії при комбінованому впливі найчастіше визначається максимальним ризиком окремої домішки серед всіх впливаючих інгредієнтів, хоча в окремих випадках необхідний облік ефекту сумації.

2. Хронічний вплив хімічних речовин загальнотоксичного характеру дії на рівні малих концентрацій (1-15 ГДК) характеризується однотипними неспецифічними ефектами, що змушує думати про необхідність обов'язкового використання в цьому випадку рівняння розрахунку сумарного ризику для всіх домішок, які є потенційними токсикантами хронічної дії.

KRAVCHENKO

7 ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКІВ

Обмеженість даних щодо щільності населення, яке мешкає у різних мікрорайонах міста Сєвєродонецьк (значна кількість внутрішньо переміщених осіб суттєво коливається з 2014р. і важко піддається статистичному обліку), його вікової та статевої структур, а також через відсутність моніторингових спостережень середньорічного та середньодобового вмісту пріоритетних речовин в повітрі окремих мікрорайонів міст, відсутність даних щодо забруднення канцерогенами та токсикантами продуктів харчування, поверхневих вод та ґрунтів у відкритому доступі не дає можливості розрахувати територіальні ризики міст агломерації з метою оповіщення населення та формування рекомендацій щодо управління ризиками.

Застосування математичного моделювання розповсюдження забруднюючих речовин від існуючих джерел викидів з метою визначення концентрацій цих речовин в атмосферному повітрі у реперних точках (мікрорайонах селитебної зони міст) з метою оцінки внеску кожного джерела у вміст полютантів також виявилось неможливим, оскільки попереднє порівняння якісного та кількісного складу викидів існуючих підприємств міст (які надають офіційні відомості щодо потужностей валових викидів поквартально) свідчить про існування невиявлених (несанкціонованих) джерел викидів або про недостовірну офіційну інформацію, яка надається підприємствами до департаменту екології Луганської ОДА. До того ж було б доцільним дослідити вплив компонентів вихлопних газів пересувних джерел на стан атмосферного повітря та здоров'я населення з метою оптимального містобудування.

Статистичні дані щодо видів захворюваності та смертності у досліджуваних містах за період з травня 2019р. по квітень 2020, які можна було б пов'язати з забрудненням атмосфери, та виявити кореляційний зв'язок між ними, у вільному доступі відсутні, національний канцер-реєстр відомостей не надав.

KRAVCHENKO

У роботі оцінені канцерогенний індивідуальний та популяційний ризики (для 4-х експонованих груп), визначені індекси небезпеки (неканцерогенні ефекти) при хронічному та гострому впливі, а також потенційні ризики загрози здоров'ю від хімічного забруднення атмосферного повітря домішками, що мають неканцерогенний механізм впливу (гострої та хронічної дії) від інгаляційного шляху потрапляння.

Оцінка величини потенційного ризику за нормативними показниками наступна:

I. Оцінка величини потенційного ризику негайної (рефлекторної) дії.

Величину потенційного ризику негайної (рефлекторної) дії слід оцінювати за такими критеріями:

1. Прийнятний - до 2% (до 0,02 в частках одиниці) - практично виключається зростання захворюваності населення, пов'язане з впливом оцінюваного фактору, а стан дискомфорту може проявлятися лише в одиничних випадках у особливо чутливих людей.

2. Задовільний - від 2 до 16% (0,02-0,16 в частках одиниці) - можливі часті випадки скарг населення на різні дискомфортні стани, пов'язані з впливом оцінюваного фактору (неприємні запахи, рефлекторні реакції тощо); тенденція до зростання загальної захворюваності, зазвичай відстежувана за даними медичної статистики або при проведенні спеціальних досліджень, як правило, не носить достовірного характеру.

3. Незадовільний - від 16 до 50% (0,16-0,50 в частках одиниці) - можливі систематичні скарги населення на різні дискомфортні стани, пов'язані з впливом оцінюваного фактору (неприємні запахи, рефлекторні реакції тощо), при наявності тенденції до зростання загальної захворюваності, яка, як правило, носить достовірний характер.

4. Небезпечний - більше 50% (більш 0,50 в частках одиниці) - можливі масові випадки скарг населення на різні дискомфортні стани, пов'язані з впливом оцінюваного фактору, при достовірній тенденції до зростання загальної захво-

KRAVCHENKO

рюваності, а також поява інших ефектів несприятливого впливу (поява патології, специфічно пов'язаної з типом фактору та ін.)

5. Надзвичайно небезпечний - близький до 100% (або 1) - забруднення навколишнього середовища перейшло в інший якісний стан (поява випадків гострого отруєння, зміна структури захворюваності, тенденція до зростання смертності та ін.), яке має оцінюватися з використанням інших, більш специфічних моделей.

II. Оцінка величини потенційного ризику тривалого (хронічного) впливу.

Величина потенційного ризику тривалого (хронічного) впливу оцінюється за наступними критеріями:

1. Прийнятний - до 5% (до 0,05 в частках одиниці) – як правило, відсутні несприятливі медико-екологічні тенденції.

2. Викликає побоювання - від 5 до 16% (0,05-0,16 в частках одиниці) - виникає тенденція до зростання неспецифічної патології.

3. Небезпечний - від 16 до 50% (0,16-0,50 в частках одиниці) - виникає достовірна тенденція до зростання неспецифічної патології при появі одиничних випадків специфічної патології.

4. Надзвичайно небезпечний - від 50 до 84% (0,50-0,84 в частках одиниці) - виникає достовірне зростання неспецифічної патології при появі значного числа випадків специфічної патології, а також тенденція до збільшення смертності населення.

5. Катастрофічний - близький до 100% (або 1) - забруднення навколишнього середовища перейшло в інший якісний стан (поява випадків хронічного отруєння, зміна структури захворюваності, достовірна тенденція до зростання смертності та ін.), який має оцінюватися з використанням інших, більш специфічних моделей.

III. Оцінка величини індивідуального канцерогенного ризику.

Величину індивідуального канцерогенного ризику слід оцінювати за наступними критеріями:

1. Неприйнятний (високий) рівень ризику для населення більше 10^{-4}.

KRAVCHENKO

2. Допустимий (низький) рівень ризику - 10^{-4}-10^{-6}.

3. Прийнятний (мінімальний) рівень ризику - 10^{-6} і менше.

IV. Оцінка величини коефіцієнта небезпеки.

Величина коефіцієнта небезпеки оцінюється по наступним критеріям:

1. Надзвичайно високий - понад 10.

2. Високий - 5-10.

3. Середній - 1-5.

4. Низький - 0,1-1,0.

5. Мінімальний - менше 0,1.

Величини розрахованого сумарного (від впливу декількох канцерогенів) індивідуального канцерогенного ризику – додаткового, над фоновим, ризику для людини захворіти на рак впродовж життя в результаті впливу конкретної хімічної речовини при певній концентрації (розрахована через одиничний ризик) для всіх експонованих груп (діти, жінки фертильного віку, чоловіки працездатного віку, люди похилого віку) оцінюється як *неприйнятний* (високий) рівень ризику для населення більше 10^{-4} для всіх міст агломерації.

Популяційний (колективний) ризик, що відображає додаткове (до фонового) число випадків злоякісних новоутворень, що можуть виникнути протягом життя внаслідок впливу досліджуваного фактору (забруднення повітря), у абсолютних величинах для м.Сєвєродонецьк становить 125, для м.Лисичанськ – 13, для м.Рубіжне – 8, при перерахунку показника на 100 тис. осіб значення ранжируються в іншому порядку: Сєвєродонецьк – 112, Рубіжне – 15, Лисичанськ - 14.

При визначенні індексів небезпеки неканцерогенних ефектів в м.Рубіжне з'ясувалось, що найбільший внесок у сумарну величину індексу небезпеки (HI = 70,768) при *хронічному впливі* вносять нітрохлорбензол (*HI* = 28,57), анілін (*HI* = 20,0), діоксид сірки (HI =7), сірчана кислота (*HI* =7,0), хлористий водень (*HI* =5,0), формальдегід (*HI* =2,67), сірководень (*HI* = 2,5), зважені частинки (*HI* =2,0) та оксид вуглецю (*HI* = 1,67), а найменш значущу роль у формуванні ризику має фенол. При аналізі сумарних індексів небезпеки для речовин, що діють на одні і ті ж системи, найбільш високі значення *HI* встановлені для груп речовин, що

КРАВЧЕНКО

впливають на кровотворну систему (*HI* =49,32), органи дихання (*HI* = 49,0), серцево-судинну систему (*HI* =23,8), селезінку (*HI* =20), розвиток (*HI* =3,67), імунну систему (*HI* =2,67), очі (*HI* = 2,67) смертність (*HI* =2,48), центральну нервову систему (*HI* =1,8). Сумарні індекси груп речовин, що впливають на печінку та нирки є незначними (<<1).

При визначенні індексів небезпеки неканцерогенних ефектів в м.Лисичанськ з'ясувалось, що найбільший внесок у сумарну величину індексу небезпеки (*HI* = 63,986) при *хронічному впливі* вносять нітрохлорбензол (*HI* = 24,29), аміак (*HI* = 24,0), зважені частинки (*HI* =5,2), діоксид сірки (*HI* =4,0), формальдегід (*HI* =2,67), хлористий водень (*HI* =2,0) та оксид вуглецю (*HI* = 1,0), а найменш значущу роль у формуванні ризику має фенол. При аналізі сумарних індексів небезпеки для речовин, що діють на одні і ті ж системи, найбільш високі значення *HI* встановлені для груп речовин, що впливають на органи дихання (*HI* = 62,99), кровотворну систему (*HI* =26,04), серцево-судинну систему (*HI* =6,28), розвиток (*HI* =6,2), імунну систему (*HI* =2,67), центральну нервову систему (*HI* =1,08). Сумарні індекси груп речовин, що впливають на печінку та нирки є незначними (<<1).

При визначенні індексів небезпеки неканцерогенних ефектів в м.Сєвєродонецьк з'ясувалось, що найбільший внесок у сумарну величину індексу небезпеки (*HI* = 40,067) при *хронічному впливі* вносять анілін (*HI* = 13,0), діоксид сірки (*HI* =7), сірчана кислота (*HI* =6,8), хлористий водень (*HI* =6,25), формальдегід (*HI* =2,67) та зважені частинки (*HI* =2,0), а найменш значущу роль у формуванні ризику має аміак. При аналізі сумарних індексів небезпеки для речовин, що діють на одні і ті ж системи, найбільш високі значення *HI* встановлені для груп речовин, що впливають на органи дихання (*HI* = 26,733), серцево-судинну систему (*HI* =15,7), кровотворну систему (*HI* =14,083), селезінку (*HI* =13), смертність (*HI* =9), імунну систему (*HI* =3,367), розвиток (*HI* =2,333), печінку (*HI* =1,067), нирки (*HI* =1,067). Сумарні індекси груп речовин, що впливають на центральну нервову систему та шлунково-кишковий тракт є в межах допустимих (<1).

КРАУСНЕНКО

Найбільший внесок у сумарну величину індексу небезпеки в м.Сєвєродонецьк (*HI* = 5,947) при *гострому впливі* вносять зважені частинки (*HI* = 2,733) та діоксид сірки (*HI* = 1,53), а найменш значущу роль у формуванні ризику має фенол. При аналізі сумарних індексів небезпеки для речовин, що діють на одні і ті ж системи, найбільш високі значення *HI* встановлені для груп речовин, що впливають на органи дихання (*HI* = 5,823). Сумарні індекси груп речовин, що впливають на очі, ЦНС та розвиток є в межах допустимих (*HI* <1).

Найбільший внесок у сумарну величину індексу небезпеки в м.Рубіжне (*HI* = 4,367) при *гострому впливі* вносять зважені частинки (*HI* = 2,667), а найменш значущу роль у формуванні ризику має фенол. При аналізі сумарних індексів небезпеки для речовин, що діють на одні і ті ж системи, найбільш високі значення *HI* встановлені для груп речовин, що впливають на органи дихання (*HI* = 4,106). Сумарні індекси груп речовин, що впливають на очі, ЦНС та розвиток є в допустимих межах (*HI* <1).

Найбільший внесок у сумарну величину індексу небезпеки в м.Лисичанськ (*HI* = 2,56) при *гострому впливі* вносять зважені частинки (*HI* = 1,73), а найменш значущу роль у формуванні ризику має фенол. При аналізі сумарних індексів небезпеки для речовин, що діють на одні і ті ж системи, найбільш високі значення *HI* встановлені для груп речовин, що впливають на органи дихання (*HI* = 2,34). Сумарні індекси груп речовин, що впливають на очі, серцево-судинну систему та розвиток є в допустимих межах (*HI* <1).

У Prob-аналізі для м. Сєвєродонецьк при оцінці величини *потенційного ризику негайної (рефлекторної) дії* виявилось, що SO_2 та NO_2 з ризиками негайних рефлекторних ефектів 95,4% та 89,5% відповідно характеризуються як надзвичайно небезпечні (близькі до 100%) та свідчать про появу випадків гострого отруєння, зміну структури захворюваності, тенденцію до зростання смертності та ін., що має оцінюватися з використанням інших, більш специфічних моделей. HCl з ризиком негайного рефлекторного ефекту 37,3% характеризується як *незадовільний*, тобто можливі систематичні скарги населення на різні дискомфортні стани, пов'язані з впливом оцінюваного фактору (неприємні запахи, рефлекторні

KRAVCHENKO

реакції тощо), при наявності тенденції до зростання загальної захворюваності, яка, як правило, носить достовірний характер. СО з ризиком негайного ефекту 2,37% характеризується як *задовільний*, адже можливі часті випадки скарг населення на різні дискомфортні стани, пов'язані з впливом оцінюваного фактору (неприємні запахи, рефлекторні реакції тощо); тенденція до зростання загальної захворюваності. Ризики виникнення *гострих* ефектів інших полютантів знаходяться в межах до 2% і практично виключається зростання захворюваності населення, пов'язане з впливом оцінюваного фактору, а стан дискомфорту може проявлятися лише в одиничних випадках у особливо чутливих людей.

Що ж до потенційних ризиків *хронічних неканцерогенних ефектів*, то лише сірчистий ангідрид з *R*=23,8% *небезпечний* (16-50%) - виникає достовірна тенденція до зростання неспецифічної патології при появі одиничних випадків специфічної патології. Формальдегід з *R*=9,7% *викликає побоювання* (5-16%) - виникає тенденція до зростання неспецифічної патології. Аміак з *R*=3,1% та інші полютанти прийнятні (до 5%) – як правило, відсутні несприятливі медико-екологічні тенденції. Сумарний ризик *комбінованої дії* виявлених домішок дорівнює 39,5%, при цьому перевищення прийнятного рівня ризику хронічних ефектів становить для сірчистого ангідриду майже в 5 разів та для формальдегіду майже в 2 рази.

У Prob-аналізі для м. Рубіжне при оцінці величини *потенційного ризику негайної (рефлекторної) дії* виявилось, що NO_2 та SO_2 з ризиками негайних рефлекторних ефектів 82,2% та 60,7% відповідно характеризуються як *надзвичайно небезпечні* (близькі до 100%) та *небезпечні* (більше 50%) та свідчать про появу випадків гострого отруєння, зміну структури захворюваності, тенденцію до зростання смертності та ін., що має оцінюватися з використанням інших, більш специфічних моделей. СО з ризиком негайного ефекту 11% характеризується як *задовільний*, адже можливі часті випадки скарг населення на різні дискомфортні стани, пов'язані з впливом оцінюваного фактору (неприємні запахи, рефлекторні реакції тощо); тенденція до зростання загальної захворюваності. Ризики виникнення *гострих* ефектів від інших полютантів майже нульові.

KRAVCHENKO

Що ж до потенційних ризиків *хронічних неканцерогенних ефектів*, то формальдегід з *R*=9,7%, оксид вуглецю з *R*=8,7% та пил з *R*=7,5% *викликають побоювання* (5-16%), адже виникає тенденція до зростання неспецифічної патології. Вплив інших забрудників незначний. Сумарний ризик *комбінованої дії* виявлених домішок дорівнює 29,2%, при цьому перевищення прийнятного рівня ризику хронічних ефектів становить для формальдегіду майже в 2 рази.

У Prob-аналізі для м. Лисичанськ при оцінці величини *потенційного ризику негайної (рефлекторної) дії* виявилось, що NO_2 та SO_2 з ризиками негайних рефлекторних ефектів 82,2% та 64,5% відповідно характеризуються як надзвичайно небезпечні (близькі до 100%) та свідчать про появу випадків гострого отруєння, зміну структури захворюваності, тенденцію до зростання смертності та ін., що має оцінюватися з використанням інших, більш специфічних моделей. CO з ризиком негайного ефекту 7,9% характеризується як *задовільний*, адже можливі часті випадки скарг населення на різні дискомфортні стани, пов'язані з впливом оцінюваного фактору (неприємні запахи, рефлекторні реакції тощо); тенденція до зростання загальної захворюваності. Ризики виникнення *гострих* ефектів інших полютантів знаходяться в межах до 2% і практично виключається зростання захворюваності населення, пов'язане з впливом оцінюваного фактору, а стан дискомфорту може проявлятися лише в одиничних випадках у особливо чутливих людей.

Що ж до потенційних ризиків *хронічних неканцерогенних ефектів*, то лише пил з *R*=18,2% *небезпечний* (16-50%), оскільки виникає достовірна тенденція до зростання неспецифічної патології при появі одиничних випадків специфічної патології. Формальдегід з *R*=9,7% *викликає побоювання* (5-16%) - виникає тенденція до зростання неспецифічної патології. Оксид вуглецю з *R*=5,6% та інші полютанти прийнятні (до 5%) – як правило, відсутні несприятливі медико-екологічні тенденції. Сумарний ризик *комбінованої дії* виявлених домішок дорівнює 36,9%, при цьому перевищення прийнятного рівня ризику хронічних ефектів становить для пилу майже в 4 рази та для формальдегіду майже в 2 рази.

KRAVCHENKO

Отримані результати свідчать, що в усіх містах агломерації якість атмосферного повітря незадовільна, а за деякими показниками дуже небезпечна і несе загрозу здоров'ю населення.

7.1 Управління ризиком шляхом розробки сценарію скорочення ризику

Після проведення порівняльної характеристики ризиків і їх ранжирування основною метою управління є доведення ризику до прийнятного рівня або максимальне зниження ризику від базового рівня, досягнуте вкладенням заздалегідь визначеного обсягу фінансових коштів [46].

Відповідно до цих цілей теорія економічного аналізу в умовах ринкових відносин пропонує два основних підходи для проведення досліджень подібного типу.

Перший підхід - "оцінка витрат-зисків" - передбачає, що скорочення ризику для здоров'я має відбуватися до тих пір, поки додаткові вигоди від скорочення ризику більше, ніж додаткові витрати на їх досягнення (досягнутий при цьому рівень ризику і визначається як "прийнятний").

Другий підхід - "оцінка ефективності витрат" - передбачає, що будь-яке скорочення ризику для здоров'я має бути здійснено з найменшими можливими витратами. Отже, оцінку ефективності витрат можна використовувати для обґрунтування пріоритетів при плануванні можливих заходів по скороченню ризику (від найменш дешевих до найбільш дорогих). Саме другий підхід найбільш часто застосовується, хоча він, з одного боку, не відповідає на питання: до якої величини має бути скорочений ризик? З іншого боку, використання підходу "витрати - ефективність" дозволяє уникнути дискусії про те, який ризик можна вважати прийнятним, і відповідає типовій ситуації, в якій особа, яка приймає рішення, має в розпорядженні лімітовані фінансові ресурси і прагне в цих умовах домогтися максимального зниження ризику.

У подальшому прийняття рішень по досягненню поставленої мети (прийняття плану дій щодо зниження ризику) проводиться на основі економічного

КРАВЧЕНКО

аналізу альтернатив по мінімізації ризику. Наприклад, такими "альтернативами" є заходи щодо зниження викидів, які можуть бути проведені на різних підприємствах досліджуваної території. Обґрунтування пріоритетності цих заходів за критерієм "ефективності витрат на одиницю зниження ризику" і визначає план дій.

Таким чином, економічне обґрунтування стратегії скорочення ризику здійснюється на підставі аналізу ефективності природоохоронних витрат на заходи, що призводять до скорочення ризику. Такий аналіз необхідний для обґрунтування пріоритетів при проведенні заходів щодо зниження ризику і раціонального розподілу обмежених фінансових ресурсів, доступних для здійснення таких заходів. На цій основі формується найкращий сценарій скорочення ризику, а потім відповідний план дій.

Вироблення сценарію скорочення ризику полягає в оцінці підходів щодо скорочення ризику, виборі заходи або набору заходів та їх реалізації. Оцінка ефективності витрат передбачає, що будь-яке скорочення ризику для здоров'я має бути здійснено з найменшими можливими витратами.

Використання аналізу ефективності витрат в практиці управління ризиком передбачає реалізацію наступних п'яти етапів:

- визначити вихідні (базові) рівні ризику при наявному рівні забруднення і проранжувати їх за значимістю;
- скласти найбільш повний список інвестиційних проектів, а також можливих управлінських рішень, спрямованих на скорочення ризику; для кожного із заходів визначити скорочення ризику, яке може бути отримано в результаті його реалізації;
- для кожного з пропонованих заходів розрахувати витрати по його реалізації;
- розрахувати величину граничних витрат на зниження ризику для кожного заходу;
- обґрунтувати пріоритетність заходів за критерієм витрат на одиницю скорочення ризику.

KRAVCHENKO

Результати розрахунків канцерогенних і неканцерогенних ризиків можуть являти собою дуже об'ємний і нерідко різнорідний масив інформації, який малодоступний для чіткого сприйняття особами, які приймають рішення з управління ризиками.

З метою забезпечення оптимального використання інформації про ризики для осіб, котрі приймають рішення, в процесі характеристики ризиків необхідно правильно згрупувати отримані дані з урахуванням кількісних значень ризиків, тяжкості і соціальної значущості можливих шкідливих ефектів, експонованих груп населення, які оцінюються, та зон впливу хімічних речовин.

На даному етапі можливе проведення ранжирування ризиків розвитку певних шкідливих ефектів (наприклад, канцерогенних ризиків) в залежності від території, яка експонується, популяції, джерел забруднення навколишнього середовища хімічними речовинами.

При оцінці ризику здоров'ю немає необхідності в приведенні ризиків розвитку різних за своєю медико-біологічної і соціальної значущості ефектів до якоїсь загальної умовної шкали. Встановлення вагомості ризиків, їх остаточне ранжування і виявлення пріоритетів входить в завдання етапу управління ризиком.

Через природні (зміна клімату), соціальні (зниження якості продуктів харчування, доступності та вартості медичного обслуговування, ліків, зниження колективного імунітету під час пандемії, гіподинамія дітей) та техногенні чинники (зростання інтенсивності транспортних потоків при забудові міст за застарілими стандартами) підвищується вразливість населення, що відбивається на стані здоров’я людей.

Стає актуальною необхідність внесення коректив в нормування якості атмосферного повітря (наприклад, розрахунок розсіювання викидів зі стаціонарних джерел не на основі ГДК$_{мр}$, а на основі ГДК$_{сд}$; періодичний перегляд розмірів СЗЗ з урахуванням зміненої рози вітрів; розрахунок лімітів викидів не на базі ПДВ, а керуючись принципами прийнятного ризику $\Sigma HQ<1$ для кожного нового підприємства, що проектується, та скорочення викидів до $\Sigma HQ<3$ для існуючих

KRAVCHENKO

підприємств (асфальтові заводи, автомайстерні, гальванічні цехи, хімчистки, стерилізатори оксидом етилену, елеватори, заправні станції, лісопильні заводи, металообробні заводи, ливарні заводи, установки для нанесення покриттів тощо), як наприклад, пропонується у штаті Орегон, США [47]; перегляд існуючих ГДК з урахуванням референтних концентрацій токсикантів та канцерогенів за аналогією з *RBC*). При цьому мають бути враховані результати досліджень щодо модифікуючого впливу на канцерогенез полютантів сірчистого ангідриду, оксидів азоту, фенольних сполуки, формальдегіду та ін.

Ефективне функціонування системи оцінювання ризиків і загроз є важливим елементом стратегічного планування та забезпечення національної стійкості. Такі системи називають національними, через те що вони функціонують на рівні держави, охоплюють процеси, які стосуються забезпечення безпеки держави, суспільства та кожного громадянина, а також засновані на широкій міжвідомчій взаємодії та співпраці [48]. Тому сучасна система екологічної (національної) безпеки має будуватися, на наш погляд, на ризик-орієнтованій стратегії.

Необхідно провести аудит ризиків, що створюють викиди підприємств. І якщо для підприємств скорочення викидів до $\Sigma HQ<3$ одразу досить витратний захід, необхідно ввести поетапне зниження ризиків. Доцільно посилити штрафні санкції при забрудненні повітря (підвищити платежі, аби стимулювати підприємства скорочувати викиди та інвестувати в очисне обладнання), а також розробити систему компенсацій і заохочення підприємців за рахунок зниження витрат на охорону здоров'я.

Для прийняття ефективних рішень по скороченню ризиків для здоров’я населення агломерації та покращення умов проживання необхідно:

– виявити всі без винятку стаціонарні джерела викидів, оцінити їх внесок у забруднення повітря, а також у сумарний ризик інгаляційного, перорального і нашкірного шляхів потрапляння;

– визначити внесок вихлопних газів від пересувних джерел у забруднення повітря у місцях з найбільш інтенсивним режимом руху;

KRAVCHENKO

– вимірювати концентрацію не лише пріоритетних речовин на постійних постах спостереження, а також у кожній реперній точці (квадраті), де проживає не менше 5% населення міст з визначеною періодичністю та на межі СЗЗ підприємств;

– створити ГІС-карти міст з ризиками хронічного і гострого впливу забруднюючих речовин та внесками від підприємств і транспорту для оповіщення громадськості та оперативного управління ризиками.

KRAVCHENKO

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі розглянуті вітчизняні та міжнародні методики оцінки ризиків здоров'ю населення від забруднення атмосферного повітря хімічними речовинами. Обґрунтована актуальність виконаної роботи. Наведена фізико-географічна та кліматична характеристика міст агломерації. Обрані методики розрахунків ризиків.

Проведені ретроспективні дослідження рози вітрів місцевості, що вивчається, виявлено суттєву зміну сезонних напрямків вітрів та зниження середньої швидкості вітру, що призвело до зсуву традиційних сезонів, зростанню середньорічної температури та скороченню опадів у теплі сезони. Така зміна клімату укладається у глобальну тенденцію потепління та несе додаткове навантаження на стан здоров'я людини, особливо найбільш уразливих груп.

Проведені оцінки канцерогенного та неканцерогенного ризиків, обумовлених впливом хімічних речовин, що забруднюють атмосферне повітря.

Визначено, що канцерогенний ризик в містах Рубіжне та Лисичанськ дещо перевищує допустиму верхню межу 10^{-4}, а в місті Сєвєродонецьк є неприпустимим ($1{,}2 \cdot 10^{-3}$) за рахунок наявності сполук хрому і потребує негайного зниження. Для порівняння отриманих величин серед міст агломерації розрахована величина популяційного канцерогенного ризику на 100 тис. населення, яка демонструє, що населення Сєвєродонецька піддається негативному впливу канцерогенних речовин повітря у 7,4 та 8,2 рази більше, ніж мешканці Рубіжного та Лисичанська відповідно. Це означає, що стан атмосферного повітря у Сєвєродонецьку не може вважатися безпечним для здоров'я і вимагає невідкладних заходів. Найуразливішими до дії канцерогенних речовин є субпопуляція жінок, до складу якої входять особи фертильного віку, та дітей, що є загрозою для національної безпеки.

KRAVCHENKO

					ДР.00.01.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Кравченко І.В.			Оцінка ризику загрози здоров'ю населення Сєвєродонецько-Лисичанської агломерації	Літ.	Арк. / Аркушів: 113
Перевір.		Суворін О.В.					
Реценз.						СНУ ім. В. Даля ПЕО-19зм	
Н. Контр.							
Затверд.		Суворін О.В.					

Найбільший сумарний індекс небезпеки від хронічного впливу забруднюючих речовин спостерігається у м.Рубіжне (70,768) з найвагомішими внесками від нітрохлорбензолу та аніліну, а найменший – у м.Сєвєродонецьк (40,067) з найбільшими внесками від аніліну, сірчаної кислоти, хлориду водню та діоксиду сірки.

Для м.Лисичанськ сумарний індекс небезпеки 63,986 складається здебільшого через вплив нітрохлорбензолу та аміаку. У Сєвєродонецьку та Лисичанську найбільшого впливу зазнають органи дихання людей, у Рубіжному – система кровотворення.

Всі ці показники є неприпустимими, потребують негайного сповіщення населення та прийняття рішень щодо їх зменшення до прийнятних рівнів.

Сумарний індекс небезпеки неканцерогенних ефектів при гострому впливі є також *високим* у всіх містах агломерації, оскільки перевищує 1, найбільший внесок дають пил та діоксид сірки у Сєвєродонецьку, при цьому найбільш страждають органи дихання.

Потенційний ризик рефлекторних ефектів є *надзвичайно небезпечним* від впливу діоксиду сірки та діоксиду азоту для всієї агломерації.

Потенційний ризик хронічних ефектів у м.Сєвєродонецьк є *небезпечним* від впливу діоксиду сірки (R=23,8%), викликає побоювання від формальдегіду (R=9,7%), кратність перевищення прийнятного ризику для SO_2 – 5 разів, для HCHO – 2 рази. Сумарний ризик комбінованої дії становить 0,441, це означає що з 1000 людей, які мешкають в таких умовах, 441 особи відчуватимуть хронічні ефекти від забрудненого повітря.

Потенційний ризик хронічних ефектів у м.Рубіжне викликає побоювання від впливу формальдегіду (R=9,7%) та оксиду вуглецю (R=8,7%), пилу (R=7,5%) кратність перевищення прийнятного ризику для CO – 1,7 разів, для HCHO – 2 рази, для пилу – 1,5 рази. Сумарний ризик комбінованої дії становить 0,292, тобто з 1000 людей 292 особи відчуватимуть хронічні ефекти від забрудненого повітря.

KRAVCHENKO

Потенційний ризик хронічних ефектів у м.Лисичанськ є *небезпечним* пилу (*R*=18,2%), викликає побоювання від впливу формальдегіду (*R*=9,7%) та оксиду вуглецю (*R*=5,6%), кратність перевищення прийнятного ризику для CO – 1,7 разів, для HCHO – 1,9 рази, для пилу – 3,6 рази. Сумарний ризик комбінованої дії становить 0,369, тобто з 1000 людей 369 особи відчуватимуть хронічні ефекти від забрудненого повітря.

Ситуація складна, необхідні ефективні рішення по скороченню ризиків для здоров'я населення Сєвєродонецько-Лисичанської агломерації.

KRAVCHENKO

ABSTRACT

The thesis considers domestic and international methods of assessing the health risks of the population from air pollution by chemicals. The relevance of the work performed is substantiated. Selected methods of risk calculations.

A retrospective study of the wind rose in the study area revealed a significant change in seasonal wind directions and a decrease in the average wind speed, which led to a shift in traditional seasons, an increase in average annual temperature and reduced precipitation in warm seasons. Such climate change is in line with the global warming trend and places an additional burden on human health, especially the most vulnerable groups.

Carcinogenic and non-carcinogenic risks due to exposure to chemicals that pollute the air have been assessed.

It was determined that the carcinogenic risk in the cities of Rubizhne and Lysychansk in some places exceeds the permissible upper limit of 10^{-4}, and in the city of Severodonetsk is unacceptable ($1.2 \cdot 10^{-3}$) due to the presence of chromium compounds and requires immediate reduction. The most vulnerable to carcinogens are the subpopulation of women of childbearing age and children, which is a threat to national security.

The highest total index of danger from chronic exposure to pollutants is observed in Rubizhne (70,768) with the most significant contributions from nitrochlorobenzene and aniline, and the lowest - in Severodonetsk (40,067) with the highest contributions from aniline, sulfuric acid and sulfur dioxide. For the city of Lysychansk, the total hazard index of 63,986 is mainly due to the influence of nitrochlorobenzene and ammonia.

All these indicators are unacceptable, require immediate notification of the population and decisions to reduce them to acceptable levels.

KRAVCHENKO

					ДР.00.01.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кравченко І.В.			Оцінка ризику загрози здоров'ю населення Сєвєродонецько-Лисичанської агломерації	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Суворін О.В.						113
Реценз.						СНУ ім. В. Даля ПЕО-19зм		
Н. Контр.								
Затверд.		Суворін О.В.						

АНОТАЦІЯ

У дипломній роботі розглянуті вітчизняні та міжнародні методики оцінки ризиків здоров'ю населення від забруднення атмосферного повітря хімічними речовинами. Обґрунтована актуальність виконаної роботи.

Проведені ретроспективні дослідження рози вітрів місцевості, що вивчається, виявлено суттєву зміну сезонних напрямків вітрів та зниження середньої швидкості вітру, що призвело до зсуву традиційних сезонів, зростанню середньорічної температури та скороченню опадів у теплі сезони. Така зміна клімату укладається у глобальну тенденцію потепління та несе додаткове навантаження на стан здоров'я людини, особливо найбільш уразливих груп.

Проведені оцінки канцерогенного та неканцерогенного ризиків, обумовлених впливом хімічних речовин, що забруднюють атмосферне повітря.

Визначено, що канцерогенний ризик в містах Рубіжне та Лисичанськ дещо перевищує допустиму верхню межу 10^{-4}, а в місті Сєвєродонецьк є неприпустимим ($1{,}2 \cdot 10^{-3}$) за рахунок наявності сполук хрому і потребує негайного зниження. Найуразливішими до дії канцерогенних речовин є субпопуляція жінок, до складу якої входять особи фертильного віку, та дітей, що є загрозою для національної безпеки.

Найбільший сумарний індекс небезпеки від хронічного впливу забруднюючих речовин спостерігається у м.Рубіжне (70,768) з найвагомішими внесками від нітрохлорбензолу та аніліну, а найменший – у м.Сєвєродонецьк (40,067) з найбільшими внесками від аніліну, сірчаної кислоти, хлориду водню та діоксиду сірки.

Для м.Лисичанськ сумарний індекс небезпеки 63,986 складається здебільшого через вплив нітрохлорбензолу та аміаку. У Сєвєродонецьку та Лисичанську найбільшого впливу зазнають органи дихання людей, у Рубіжному – система кровотворення.

KRAVCHENKO

					ДР.00.01.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Кравченко І.В.			Оцінка ризику загрози здоров'ю населення Сєвєродонецько-Лисичанської агломерації	Літ.	Арк. / Аркушів: 113
Перевір.		Суворін О.В.					
Реценз.						СНУ ім. В. Даля ПЕО-19зм	
Н. Контр.							
Затверд.		Суворін О.В.					

Всі ці показники є неприпустимими, потребують негайного сповіщення населення та прийняття рішень щодо їх зменшення до прийнятних рівнів.

Сумарний індекс небезпеки неканцерогенних ефектів при гострому впливі є також *високим* у всіх містах агломерації, оскільки перевищує 1, найбільший внесок дають пил та діоксид сірки у Сєвєродонецьку, при цьому найбільш страждають органи дихання.

Потенційний ризик рефлекторних ефектів є *надзвичайно небезпечним* від впливу діоксиду сірки та діоксиду азоту для всієї агломерації.

KRAVCHENKO

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Концепція реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року), схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 07.12.2016 р. № 932-р.); URL:https://www.kmu.gov.ua/ua/npas/249573705
2. Методичні рекомендації МР 2.2.12-142-2007. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря. Затв. Наказом МОЗ України від 13.04.07 № 184. – Київ, 2007. – 40 с.
3. Нормативи порогових мас небезпечних речовин для ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 11.07.2002р. №956. ДНАОП 0.00-3.07-02. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.qdpro.com.ua/document/11441.
4. Moghissi A.A., Narland R.E., Congel F.J. Eckerman K.F. Methodology for environmental human exposure and health risk assessment // Dyn. Exposure and Hazard Assessment Toxic chem. Ann Arbor., Michigan, USA, 1980. – p. 471-489.
5. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920-04. – М. : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России. – 2004.– 143 с.
6. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г.Г. Онищенко, С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин [и др.]; под ред. Ю.А. Рахманина, Г.Г. Онищенко. – М. : НИИЭС и ГОС, 2002. – 408с.
7. Большаков А.М. Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения / А.М. Большаков, В.Н. Крутько, Е.В. Пуцилло. – М., 1999. – 254 с.
8. Инструкция 2.1.6.11–9–29–2004 [Электронный ресурс] / Министерства здравоохранения республики Беларусь «Оценка риска для здоровья населения от

KRAVCHENKO

воздействия химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух» – Режим доступа : http://med.by/methods/pdf/2.1.6.11-9-29-2004.pdf.

9. Караєва Н. В. Методологічні аспекти та програмні засоби оцінки ризику здоров'ю населення при несприятливому впливі факторів навколишнього середовища [Текст] / Н. В. Караєва // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2018. – 1(47). – С. 164-169.

10. Перелік гранично допустимих концентрацій (ГДК) та орієнтовних безпечних рівнів діяння (ОБРД) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.eco.ck.ua/docs/Perelik%20rechovyn,%20klas%20nebezpeky.doc.

11. Progress report on the European Environment and Health Process: working document: Regional Committee for Europe 66th session // World Health Organization. – Copenhagen, 2016. – 16 p.

12. Environment and health in the WHO European Region: progress, challenges and lessons learned: working document: Regional Committee for Europe 65th session. World Health Organization, Vilnius, 2015, 15 p.

13. https://www.nationmaster.com/nmx/timeseries/ukraine-mortality-due-to-air-pollution

14. http://lg.ukrstat.gov.ua/sinf/demograf/demogr0712_04.php.htm

15. Екологічний паспорт регіону Луганська область 2020, pp. 1–155, 2020, [Online]. Available: http://www.eco-lugansk.gov.ua/images/docs/ekopasport/ Ekopasport_2019.pdf.

16. Н. Гусєва and О. Задєсєнцев, Типологічні ознаки Сєвєродонецько-Лисичанської агломерації // Економічна та соціальна географія, vol. 77, pp. 10–18, 2017, [Online]. Available: http://bulletin-esgeograph.org.ua/images/docs/Volume-77/Guseva-Zadyesyentsev_10-18.pdf.

17. Гусєва Н.В., Задєсєнцев О.М. Проблеми розвитку Сєвєродонецько-Лисичанської агломерації в нових геополітичних реаліях // Науковий вісник

KRAVCHENKO

Херсонського державного університету. Серія: Географічні науки. – 2017. – вип.7. – С.36-42.

18. Каленюк С., Васильєв О. Даешь город Менделеев! [Даєш місто Менделєєв!]. – 8 вересня 2013. - *Северодонецк. Инфо*. Спецпроект: ТАКЕ БУЛО / записки краєзнавця. [Online]. Available: http://www.sever.lg.ua/2013-09-08-daesh-gorod-mendeleev

19. http://svsever.lg.ua/2015/06/fiziko_geografichna_i_klimatichna_harakteristika_severodonecka

20. http://2001.ukrcensus.gov.ua/rus/results/total_population/structure_population/sel_1/?box=1.1W&k_t=44&rn=44129&id=&botton=cens_db

21. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D1%83%D0%B1%D1%96%D0%B6%D0%BD%D0%B5

22. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B8%D1%81%D0%B8%D1%87%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA

23. URL: http://www.eco-lugansk.gov.ua/2013-12-12-00-50-06-3/2013-12-12-00-50-06/2013-12-12-00-50-06-3/stan-atmosfernogo-powitrya

24. URL: http://lg.ukrstat.gov.ua/sinf/energ/energ1.php.htm

25. Кіптенко Є.М., Козленко Т. В. Методика короткострокового прогнозу забруднення атмосферного повітря для міста Києва, *Наукові праці УкрНДГМІ*, № 269, pp. 138–150, 2016.

26. URL: https://www.wunderground.com/dashboard/pws/ISJEVJER3/graph/ 2020-08-30/ 2020-08-30/monthly

27. URL: https://cds.climate.copernicus.eu/toolbox-editor/64739/52_wind_rose

28. СТРАТЕГІЯ адаптації до зміни клімату сільського, лісового та рибного господарств України до 2030 року, (2019). https://www.uahhg.org.ua/wp-content/uploads/2019/08/Стратегія-адаптації-до-зміни-клімату-сільського-лісового-та-рибного-господарств-України-до-2030-року_29.05.19.pdf

29. https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health

KRAVCHENKO

30. Рак в Україні: захворюваність, смертність, показники діяльності онкологічної служби [Електронний ресурс] / З.П. Федоренко, Л.О. Гулак, Є.Л. Горох, А.Ю. Рижов, О.В. Сумкіна, Л.Б. Куценко. - 2019. - Режим доступу до ресурсу: http://www.ncru.inf.ua/publications/ (дата звернення 11.12.2020). - Назва з екрану.

31. Даценко И.И., Банах О.С., Баранский Р.И. Химическая промышленность и охрана окружающей среды. – К.: Вища школа, 1986. – 176 с.

32. Грушко Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах. – Л.: Химия, 1979. – 161 с

33. Денисенко Г.Ф., Губонина З.И. Охрана окружающей среды в черной металлургии: Учебное пособие. – М.: Металлургия, 1989. – 120 с.

34. Пугачева Е.А. Методы и средства защиты окружающей среды в легкой промышленности. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 240 с.

35. Тищенко Н.Ф., Тищенко А.Н. Охрана атмосферного воздуха. Часть 2: Распределение веществ. – М.: Химия, 1993. – 320 с.

36. Цветкова Н.Н. Основные закономерности распространения микроэлементов в почвогрунтах долинных и байрачных лесов Днепропетровщины // Вопросы степного лесоведения и охраны природы. – Днепропетровск, 1986. – С. 13-19.

37. Общая металлургия / Д.Д. Бурдаков, Ю.Д. Бурдаков, С.А. Володин, Н.К. Жилкин. – М.: Металлургия, 1971. – 215 с.

38. Безуглая Э.Ю. Расторгуева Т.П., Смирнова И.В. Чем дышит промышленный город? – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 254 с.

39. Воробьев С., Самаев С. Атмосфера автомагистралей // Энергия. – 2003. – № 8. – С. 57–60.

40. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почве и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.

KRAVCHENKO

41. Bopp L., Ehrlich H. Ensimatic reduction of Cr6+ by a strain of Pseudomonas fluorescens // Abstr. annu. meet. amer. soc. microbial. – Washington, D.C., 1980. – P. 212–216.

42. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.

43. Chemikal Exposure Guidelines. Version 9. Santa Clara Center Occupational Safety and Health. - San Jose, 1995.

44. Сердюк А.М., Янышева Н.Я., Черниченко И.А., Баленко Н.В. Закономерности модифицирующего влияния химических факторов окружающей среды на канцерогенез // Довкілля та здоров'я. - 1997. - №2. - С.18-22.

45. Проблемы прогнозирования и оценки общей химической нагрузки на организм человека с применением компьютерных технологий / С.М. Новиков, З.И. Жолдакова, Г.И. Румянцев и др.// Гигиена и санитария - 1997. - №4. - С.3-8.

46. http://www.businesspravo.ru/Docum/DocumShow_DocumID_85998_DocumIsPrint__Page_2.html

47. https://www.lawinsider.com/documents/elt0HZaG57e#risk-based-concentration

48. Національні системи оцінювання ризиків і загроз: кращі світові практики, нові можливості для України : аналіт. доп. / [Резнікова О. О., Войтовський К. Є. Лепіхов А. В.] ; за заг. ред. О. О. Резнікової. Київ : НІСД, 2020. - 84 с.

KRAVCHENKO

ДОДАТКИ

KRAVCHENKO

					ДР.00.01.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кравченко І.В.			Оцінка ризику загрози здоров'ю населення Сєвєродонецько-Лисичанської агломерації	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Суворін О.В.						113
Реценз.						СНУ ім. В. Даля ПЕО-19зм		
Н. Контр.								
Затверд.		Суворін О.В.						