

## CHEMICAL POLLUTION OF ATMOSPHERIC AIR AND MODERN POLICY OF ITS QUALITY AT THE INTERNATIONAL LEVEL AND IN THE LEADING COUNTRIES OF THE WORLD

(review of literature and regulatory data)

Chernychenko I.O., Balenko N.V., Lytvychenko O.M., Babii V.F., Kondratenko O.Ye., Hlavachek D.O.

### ХІМІЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ І СУЧАСНА ПОЛІТИКА ЩОДО ЙОГО ЯКОСТІ НА МІЖНАРОДНОМУ РІВНІ ТА У ПРОВІДНИХ КРАЇНАХ СВІТУ

(огляд літератури та нормативних даних)

**С**  
**ЧЕРНИЧЕНКО І.О.,**  
**БАЛЕНКО Н.В.,**  
**ЛИТВИЧЕНКО О.М.,**  
**БАБІЙ В.Ф.,**  
**КОНДРАТЕНКО О.Є.,**  
**ГЛАВАЧЕК Д.О.**  
 ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України», Київ, Україна

еред елементів довкілля особлива увага як на міжнародному рівні, так і на рівні провідних держав, у тому числі США, Європейського Союзу та інших держав світу приділяється боротьбі з хімічним забрудненням атмосферного повітря, яке загально визнано є одним з найбільших екологічних ризиків для здоров'я людини. На міжнародному рівні це знайшло своє відображення у рамках одного з головних напрямків Повістки дня ВООЗ з досягнення цілей сталого розвитку на період до 2030 року [1, 2] у Конвенції Європейської економічної комісії ООН [3] з

далекого транскордонного забруднення атмосферного повітря, а також у розробці рекомендацій ВООЗ щодо стандартів якості повітря [4, 5].

Водночас питання шкідливого впливу забруднення атмосферного повітря на громадське здоров'я і заходів з його попередження та зниження неодноразово піднімалося на міжнародних конференціях та форумах і відображено у низці декларацій та інших документах [6].

З забрудненням повітря пов'язують зростання передчасної смертності та кількості неінфекційних за-

*ХІМІЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ І СУЧАСНА ПОЛІТИКА ЩОДО ЙОГО ЯКОСТІ НА МІЖНАРОДНОМУ РІВНІ ТА У ПРОВІДНИХ КРАЇНАХ СВІТУ (огляд літератури та нормативних даних)*  
**Черниченко І.О., Баленко Н.В., Литвиченко О.М., Бабій В.Ф., Кондратенко О.Є., Главачек Д.О.**  
 ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України», Київ, Україна

**Мета:** на основі аналізу даних літератури та нормативних документів визначено пріоритетні шляхи попередження хімічного забруднення атмосферного повітря та оцінки його якості у країнах ЄС та США.

**Матеріали та методи:** джерела наукової літератури, Директиви ЄС, матеріали Європейського агентства з охорони повітря. Використано метод теоретичного аналізу та узагальнення наукової інформації.

**Результати:** показано провідну роль хімічного забруднення атмосферного

повітря у формуванні захворюваності населення, вплив на громадське здоров'я загалом та онкологічну патологію зокрема. Здійснено аналіз дискусійного розгляду проблеми на міжнародних конференціях та форумах, розглянуто низку декларацій та стандартів якості повітря. Наведено стандарти якості повітря для захисту здоров'я населення, рекомендовані у Директивах з якості в Європейському Союзі, наводяться стандарти якості повітря (граничні концентрації та референтні концентрації шкідливих домішок у повітрі), рекомендовані ВООЗ. Зроблено висновок щодо необхідності гармонізації вітчизняної нормативної бази до стандартів ЄС та визначення головних напрямків у діях, спрямованих на максимально можливе зниження негативного впливу хімічного забруднення повітря на населення.

**Ключові слова:** атмосферне повітря, хімічне забруднення, стандарти якості, референтні концентрації, директиви управління.

© Черниченко І.О., Баленко Н.В., Литвиченко О.М., Бабій В.Ф., Кондратенко О.Є., Главачек Д.О. СТАТТЯ, 2023.

хворювань (НІЗ). За даними ВООЗ, 90% населення світу вдихає повітря з високими рівнями забруднення, що призводить до передчасної смерті близько 7 млн. людей щорічно [7]. В інших повідомленнях наведено дані про те, що причиною смерті 3 млн. людей є забруднення атмосферного повітря та 4 млн. людей на рік – забруднення повітря приміщень [8]. Причому 30% випадків смерті від провідних захворювань (інсульт, рак легенів та хронічні обструктивні захворювання легенів) та 25% – від інфаркту міокарду пов'язані з впливом забруднення повітряного середовища. Найбільш виразний негативний вплив на здоров'я спостерігається серед жінок, дітей, літніх людей та малозабезпечених.

Негативний вплив забруднення повітря значно посилюється несприятливими метеорологічними змінами (періоди спеки, температурні інверсії), наслідком чого є збільшення кількості випадків смерті від серцево-судинних та респіраторних захворювань [9].

Як відомо, Міжнародним агентством з вивчення раку (МАВР) забруднення повітря загалом та окремі його компоненти, такі як завислі тверді частинки та бенз/а/пірен визнано канцерогенами для людей [10].

У резолюції 70 Всесвітньої асамблеї здоров'я ВООЗ (2017) одним з пріоритетів у реалізації стратегії досягнення цілей сталого розвитку на період до 2030 року визначено профілактику і контроль захворювань на рак та окреслено комплекс необхідних заходів і шляхів їх вирішення державними членами. У рамках ООН для досягнення цілей сталого розвитку передбачено забезпечення здорового способу життя і покращання добробуту для всіх вікових груп населення, у тому числі зниження на третину смертності від НІЗ, зокрема, суттєве зменшення кількості

випадків смерті і захворювань, у тому числі на рак, пов'язаних з впливом небезпечних сполук, що забруднюють довкілля [11].

Незважаючи на безперечні успіхи у дослідженні шкідливого впливу хімічного забруднення атмосферного повітря на здоров'я і доведення його ролі у формуванні захворюваності на злоякісні пухлини питання кількісного внеску цього фактора в онкопатологію й досі залишається нез'ясованим.

Існує багато змінних факторів, які впливають на розвиток раку і потребують врахування: рівень і тривалість експозиції, демографічні, географічні особливості, стан довкілля, індивідуальна чутливість тощо. Цим пояснюють розбіжність даних про захворюваність на рак, асоційовану з дією хімічних сполук, які можуть колюватися від 1% до 19% [11]. Так, згідно з оцінками ВООЗ близько 20% випадків захворювань на рак припадає на фактори довкілля, з яких 2-8% захворювань спричинені професійною експозицією, 2-5% – впливом хімічних сполук довкілля [11].

Відмінність таких даних певною мірою залежить також від поставленої дослідниками мети та дизайну дослідження, підходів до збору та аналізу даних тощо. Наприклад, згідно з повідомленням [12] внесок забруднення повітря у захворюваність на рак легенів оцінено таким чином: 17% випадків пов'язані з дією забруднення повітря житлових приміщень, 14% – з забрудненням атмосферного (зовнішнього) повітря, 7% – з випромінюванням радону житлових приміщень, 2% – з пасивним палінням тютюнових виробів.

Водночас, як показала наукова дискусія, організована Європейським агентством навколишнього середовища, нині потенційний ризик впливу хімічних сполук довкілля загалом є недооціненим, більшість з них залишається мало дослід-

женою. Таку ситуацію фахівці пояснюють також існуванням історичної упередженості щодо поглиблення знань і забезпечення більшої інформації стосовно хімічних сполук з відомим ризиком [13]. Найбільш точні докази стосовно розвитку раку, пов'язаного з експозицією хімічних сполук, стосуються професійного середовища, де є можливість отримати на робочому місці повну характеристику середовища, рівні та тривалість експозиції, а також спостерігати за станом здоров'я працівників.

В Європейському Союзі забруднення повітря також розглядається як глобальна загроза, що призводить до значного погіршення здоров'я населення і стану довкілля. За оцінкою Єврокомісії, для європейців забруднення повітря – це друга з найбільших екологічних причин після зміни клімату, що викликає стурбованість і потребує від влади імплементації ефективних заходів його зменшення [6]. У Європі з впливом забруднення повітря пов'язують близько 400 тисяч випадків передчасної смерті на рік та багато неінфекційних захворювань, у тому числі злоякісних пухлин. Хвороби серцево-судинної системи, інфаркти та інсульт – найбільш часта причина смерті внаслідок дії забруднення повітря після захворювань респіраторної системи та раку легенів в Європі [6].

У звіті Європейського агентства навколишнього середовища політика ЄС «Чисте повітря» здійснюється шляхом трьох основних комплексів заходів:

□ встановлення стандартів якості атмосферного повітря, законодавчо затверджених у двох директивах (Ambient Air Quality, Directives (EU, 2004, 2008) з вимогами до держав-членів ЄС прийняти та імплементувати плани якості повітря згідно з рекомендованими у

CHEMICAL POLLUTION OF ATMOSPHERIC AIR AND MODERN POLICY OF ITS QUALITY AT THE INTERNATIONAL LEVEL AND IN THE LEADING COUNTRIES OF THE WORLD (review of literature and regulatory data)

**Chernyuchenko I.O., Balenko N.V., Lytvychenko O.M., Babii V.F., Kondratenko O.Ye., Hlavachek D.O.**  
*SI «O.M. Marzieiev Institute for Public Health, National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine*

**Purpose:** based on the analysis of literature data and regulatory documents, priority ways of preventing chemical pollution of atmospheric air and assessing its quality in the EU countries and the USA were identified.

**Materials and methods:** sources of scientific literature, EU Directives, Materials of the European Air Protection Agency. The method of theoretical analysis and generalization of scientific information is used.

**Results:** the leading role of chemical air

pollution in the formation of population morbidity, the impact on public health in general and oncological pathology in particular is shown. An analysis of the discussion of the problem at international conferences and forums was carried out, a number of declarations and air quality standards were considered. The air quality standards for the protection of public health, recommended in the Quality Directives in the European Union, are given. The air quality standards (limit concentrations and reference concentrations of harmful impurities in the air) recommended by the WHO are given.

The conclusion about the need to harmonize the domestic regulatory framework to EU standards is made and the main directions for actions aimed at minimizing the negative impact of chemical air pollution on the population are identified.

**Keywords:** atmospheric air, chemical pollution, quality standards, reference concentrations, management directives.

директивах стандартами для захисту здоров'я населення та довкілля [14, 15];

□ впровадження планів зі зниження національних викидів забруднюючих речовин шляхом встановлення граничних величин національних викидів у директиві (National Emission Ceilings (NEC) Directive) [16], яка вимагала від держав ЄС розробити до 2019 року національні програми з контролю забруднення повітря і виконання своїх обов'язків щодо зниження викидів;

□ встановлення стандартів викидів для ключових джерел забруднення повітря від емісій двигунів внутрішнього згоряння до викидів продуктів промислових енергетичних підприємств. Відповідно до цього встановлені законодавством ЄС стандарти стосуються промислових викидів, викидів електростанцій, двигунів внутрішнього згоряння і палива для транспорту, а також продуктів енергетичної діяльності та недорожнього мобільного машинного устаткування (обладнання).

Прийняті директиви не

тільки встановили та рекомендували показники якості повітря, а й передбачали проведення оцінок якості атмосферного повітря у державах-членах ЄС з використанням спільних методів і критеріїв та посилення міжнародного співробітництва. Інформація про якість повітря дозволяє застосувати адекватні заходи боротьби з забрудненням і несприятливими ефектами, а також здійснювати моніторинг довгострокових тенденцій та виявляти зміни (покращання) ситуації у результаті впровадження відповідних заходів і оцінювати їхню ефективність на рівні держав ЄС та ЄС загалом.

Директиви також зобов'язують владні структури забезпечувати доступ населення до інформації про якість повітря. У разі досягнення високої якості повітря шляхом застосування відповідних заходів (або у випадках його наявності) директиви зобов'язують підтримувати цей рівень і докласти зусиль для покращання якості повітря в інших локаціях, які цього потребують.

У Директиві якості повітря [15] встановлено також граничні рівні (концентрації) забруднюючих речовин (NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>), для захисту рослинності, зокрема лісів, урожайності.

На покращання якості повітря спрямована також опублікована 2013 року Європейською комісією програма «Чисте повітря для Європи» (The Clean Air Programme for Europe, CAPE) [17].

CAPE визначила за довгострокову мету досягти рівнів якості повітря, які не викликають суттєвого зростання негативного впливу і ризиків для здоров'я людей, стану довкілля. Підкреслюється, що досягнення поставленої мети потребує об'єднання зусиль на глобальному європейському, національних і локальних рівнях. Програма мала забезпечити повну відповідність здійснених заходів чинному законодавству до 2020 року і подальше покращання якості повітря Європи настільки, щоб зменшити наполовину кількість випадків передчасної смерті до 2030 року порівняно з 2005 р.

ЄС підтримує держави Євросоюзу у реалізації заходів, необхідних для виконання їхніх обов'язків і активації дій для забезпечення досягнення спільної мети – чисте повітря для європейців у масштабах усієї Європи. Крім того, CAPE здійснює регулярний аналіз і оцінку досягнень згідно з вимогами директив [14, 15]. Додатково до законодавства щодо якості повітря Європейська комісія визначила пріоритетом для ЄС досягнення мети, поставленої Паризькою угодою щодо

декарбонізації шляхом впровадження

□ більш «чистих» двигунів внутрішнього згорання, тобто встановлення нових стандартів викидів CO<sub>2</sub> для автомобілів та інших видів транспорту, передусім вантажного транспорту;

□ оновлення дорожньої ціни з метою заохочення використання менш забруднюючих видів транспорту і зменшення транспортної перевантаженості;

□ стимулювання альтернативних видів енергії (електромобілів) та покра-

щання роботи пов'язаних з цим елементів інфраструктури (зарядні пристрої, батареї тощо).

У комплексі заходів, спрямованих на покращання якості повітря в Європі, можливо обійти увагою біомоніторинг, який здійснюється через так звану Європейську ініціативу біомоніторингу людини (European Human biomonitoring Initiative (HBM4EU)) [18, 19].

Проект HBM4EU був створений спільними зусиллями держав-членів ЄС та інших країн Європи разом з Євро-

Таблиця 1

### Стандарти якості повітря для захисту здоров'я населення, рекомендовані у директивах з якості повітря в Європейському Союзі

Забруднювальна речовина	Період усереднення	Узаконений характер і концентрація	Коментарі
PM <sub>10</sub>	1 доба	Величина ліміту: 50 мікрограм/м <sup>3</sup>	Перевищення не має бути > 35 днів/рік
	1 рік	40 мікрограм/м <sup>3</sup>	
PM <sub>35</sub>	1 рік	Величина ліміту: 25 мікрограм/м <sup>3</sup>	Середній показник експозиції (AEI) у 2015 р. (середній за 2013-2015 рр.) AEI у 2020 р. відсоток зниження залежить від початкової величини AEI
	1 рік	Зобов'язання експозиційної концентрації: 20 мікрограм/м <sup>3</sup>	
	1 рік	Цільове зниження національної експозиції: 0-20% зниження експозиції	
O <sub>3</sub>	Максимальна середня 8-годинна протягом доби	Цільова величина: 120 мікрограм/м <sup>3</sup> Довгострокова мета: 120 мікрограм/м <sup>3</sup>	Не має бути більше 25 днів/рік
	1 година	Інформаційний поріг: 180 мікрограм/м <sup>3</sup> Насторожуючий поріг: 240 мікрограм/м <sup>3</sup>	
NO <sub>2</sub>	1 година	Величина ліміту: 200 мікрограм/м <sup>3</sup> Насторожуючий поріг: 400 мікрограм/м <sup>3</sup>	Не має бути >18 год/рік Має вимірюватися протягом не менше 3 послідовних годин у зоні не менше 100 км <sup>2</sup>
	1 рік	Величина ліміту: 40 мікрограм/м <sup>3</sup>	
Б(а)П	1 рік	Цільова величина: 1 нг/м <sup>3</sup>	Вимірюється як вміст у складі PM <sub>10</sub>
SO <sub>2</sub>	1 година	Величина ліміту: 350 мікрограм/м <sup>3</sup> Насторожуючий поріг 500 мікрограм/м <sup>3</sup>	Не має бути >24 год/рік Має бути виміряна протягом 3 послідовних годин у зоні 100 км <sup>2</sup>
	1 доба	Величина ліміту: 125 мікрограм/м <sup>3</sup>	
CO	Максимальна середня 8-годинна протягом доби	Величина ліміту: 10 мг/м <sup>3</sup>	
Бензол	1 рік	Величина ліміту: 5 мікрограм/м <sup>3</sup>	
Pv	1 рік	Величина ліміту: 0,5 мікрограм/м <sup>3</sup>	Вимірюється як вміст у складі PM <sub>10</sub>
AS	1 рік	Цільова величина: 6 нг/м <sup>3</sup>	Вимірюється як вміст у складі PM <sub>10</sub>
Cd	1 рік	Цільова величина: 5 нг/м <sup>3</sup>	Вимірюється як вміст у складі PM <sub>10</sub>
Ni	1 рік	Цільова величина: 20 нг/м <sup>3</sup>	Вимірюється як вміст у складі PM <sub>10</sub>

пейським агентством навколишнього середовища та Європейською комісією.

Ініціатива координує і сприяє імплементації біомоніторингу людини по всій Європі і є новим типом співробітництва між науковцями, фахівцями з оцінки і менеджменту ризику, у тому числі низкою комісій, агенцій та їхніх представників на національному рівні.

Метою ініціативи є отримання нових вагомих даних, необхідних для безпечного поводження з хімічними сполуками і захисту здоров'я людей.

Реалізація біомоніторингу людини передбачає виконання низки завдань:

- гармонізації процедур моніторингу у країнах-учасницях ініціативи для отримання порівняльних даних щодо внутрішньої експозиції людини окремими хімічними речовинами та сумішами;

- встановлення зв'язку між внутрішньою експозицією хімічних сполук і сукупним впливом довкілля;

- ідентифікації джерел і шляхів впливу як ключових даних для розробки цілю-

вих заходів для зменшення шкідливого впливу;

- збору наукових даних про причинно-наслідкові зв'язки впливу хімічних сполук з негативними ефектами на здоров'я людини, адаптації методології оцінки ризику від дії хімічних сполук для використання даних біомоніторингу під час визначення внеску множинних шляхів зовнішнього впливу у загальне хімічне навантаження.

Очікується, що біомоніторинг дозволить отримати кращі докази реальної експозиції населення хімічними сполуками і адекватно оцінити ризик від їхньої дії на здоров'я, а запровадження належно розроблених національних програм і координація їхньої діяльності дозволять сформувати надійну платформу біомоніторингу людини на європейському рівні [19].

2018 року Єврокомісія вперше опублікувала результати спостереження за змінами якості повітря в Європі [6]. Згідно з оцінками комісії в ЄС спостерігається більш виразне зниження шкідливого впливу забруд-

нення атмосферного повітря, заплановане до 2030 року, ніж очікувалося внаслідок реалізації прийнятого CAPE 2013 року пакета заходів. Водночас наголошується на необхідності подальших невідкладних рішучих дій на всіх рівнях влади для досягнення мети, визначеної у директивах якості повітря.

Того ж 2018 року Європейським агентством навколишнього середовища і його Топовим центром зняження забруднення повітря і зміни клімату також було опубліковано звітну доповідь про результати оновленого огляду та аналізу змін забруднення у динаміці за 2000-2016 роки [6]. Аналіз ґрунтувався на офіційних даних моніторингу, проведеного у країнах Європи (33 державах-членах ЄС та 6 інших державах Європи, які не є членами ЄС), у поєднанні з даними моделювання та даними щодо антропогенних емісій забруднюючих речовин.

Загалом зроблено висновок, що у багатьох регіонах Європи якість повітря ще залишається низькою. Та-

Таблиця 2

### Стандарти якості повітря (граничні концентрації та референтні концентрації забруднюючих речовин), рекомендовані ВООЗ

Забруднюючі речовини	Період усереднення	Рекомендована гранична концентрація	Референтна концентрація	Коментарі
PM <sub>10</sub>	1 доба 1 рік	50 мікрограм/м <sup>3</sup> 20 мікрограм/м <sup>3</sup>		99 <sup>та</sup> перцентиль /3 дні/рік
PM <sub>2,5</sub>	1 доба 1 рік	23 мікрограм/м <sup>3</sup> 10 мікрограм/м <sup>3</sup>		99 <sup>та</sup> перцентиль /3 дні/рік
O <sub>3</sub>	Максимальна середня 8-годинна протягом доби	100 мікрограм/м <sup>3</sup>		
NO <sub>2</sub>	1 година 1 рік	200 мікрограм/м <sup>3</sup> 40 мікрограм/м <sup>3</sup>		
Б(а)P	1 рік	-	0,12 нг/м <sup>3</sup>	
SO <sub>2</sub>	10 хвилин 1 доба	500 мікрограм/м <sup>3</sup> 20 мікрограм/м <sup>3</sup>		
CO	1 година Максимальна середня 8-годинна протягом доби	30 мг/м <sup>3</sup> 10 мг/м <sup>3</sup>		
Бензол	1 рік	-	1.7 мікрограм/м <sup>3</sup>	
Pb	1 рік	0.5 мікрограм/м <sup>3</sup>		
As	1 рік	-	6,6 нг/м <sup>3</sup>	
Cd	1 рік	5 нг/м <sup>3</sup>		
Ni	1 рік	-	25 нг/м <sup>3</sup>	

кож вказується на зменшення емісій і концентрацій забруднюючих речовин та наближення їхніх рівнів до стандартів якості повітря, встановлених у директивах ЄС [14, 15] та рекомендованих ВООЗ [4, 5]. Такі результати відповідають довгостроковій меті Європейської програми дій щодо довкілля (European Environment Action Programme, 2013) [17].

Якість атмосферного повітря оцінювали шляхом порівняння реальних концентрацій забруднюючих речовин з встановленими директивами ЄС та рекомендованими ВООЗ величинами граничних концентрацій, так званих лімітів, для 12 пріоритетних забруднювачів повітря: завислих твердих частинок 10 і 2,5 мікрметрів у діаметрі (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>), діоксиду азоту (NO<sub>2</sub>), озону (O<sub>3</sub>), діоксиду сірки (SO<sub>2</sub>), оксиду вуглецю (CO), канцерогенних речовин – бенз/а/пірену, бензолу, миш'яку, кадмію, нікелю, свинцю. У звіті наведено конкретні стандарти якості повітря, рекомендовані директивами ЄС та ВООЗ (табл. 1 і 2), які було використано для оцінки якості повітря.

Як можна бачити з наведених у таблицях даних, стандарти якості повітря для довготривалого впливу забруднювачів, рекомендовані в ЄС і ВООЗ, представлені середньорічними граничними величинами концентрацій. Проте існують певні розбіжності між ними. Привертають увагу більш жорсткі вимоги ВООЗ до якості повітря. Так, величина стандартів ВООЗ для більшості речовин менша, ніж в ЄС.

Крім того, для канцерогенних речовин, таких як Б(а)П, бензол, миш'як та нікель ВООЗ рекомендувала замість звичайних лімітів референтні концентрації, які відповідають ризику надлишкового розвитку раку – 1 випадок на 100000 населення (1·10<sup>5</sup>). В ЄС поряд зі звичайними лімітами, тобто

гранично допустимими величинами, для деяких сполук встановлено цільові ліміти концентрацій, тобто такі рівні концентрацій, яких необхідно досягнути у державах-членах ЄС за певний визначений період часу і підтримувати у подальшому на досягнутому рівні.

За результатами звіту [6] проведений аналіз даних моніторингу виявив різні перевищення стандартів якості повітря переважно на урбанізованих територіях Європи.

Особлива увага надається металам, дані моніторингу яких свідчать, що загалом на території Європи концентрації миш'яку, кадмію, свинцю та нікелю є низькими з незначним перевищенням стандартів. Разом з тим, вони оцінюються як небезпечні у зв'язку зі здатністю накопичуватися до токсичних рівнів у ґрунтах, седиментах та живих організмах. У цьому контексті варто зазначити, що в Європі постійно приділяється увага питанню надходження токсичних металів у довкілля через впровадження низки законодавчих документів. Крім директиви 2004 р. [14], що стосується лімітів металів, було прийнято директиву щодо емісій важких металів (Directive, 2010/75/EU), регламент щодо ртуті (Mercury Regulation, 2017/85/EU) та директиву з вимогами для досягнення належного екологічного і хімічного стану води в Європі, які спрямовані й на зниження концентрації важких металів (Water Framework Directive/2000/60/EC).

У звіті наведено аналіз різноманітного шкідливого впливу забруднення повітря. При цьому було використано дані, отримані за допомогою Європейської моделі програми моніторингу і оцінки забруднення (European Monitoring and Evaluation Programme (EMER) model), яка ґрунтується на використанні карти з нанесенням концентрацій забруднюючих повітря речо-

вин та інформацією про просторовий розподіл їх. За результатами аналізу встановлено, що забруднення повітря впливає не тільки на здоров'я населення, а й на стан довкілля, що охоплює різні ланцюги екосистеми, клімат та будівельне середовище і культурну спадщину.

Отже, проведений нами аналіз свідчить, що боротьба з забрудненням атмосферного повітря є одним з пріоритетів ЄС у сфері охорони здоров'я населення та довкілля.

В ЄС здійснюється комплекс заходів, спрямованих на зниження забруднення атмосферного повітря, який впроваджується на законодавчому, національному та локальному рівнях. Прийняті закони (директиви), які встановили стандарти якості (ліміти) повітря з вимогою до держав-членів ЄС внесення їх у національні програми та впровадження на практиці. Встановлені ліміти враховують вплив забруднюючих повітря речовин не тільки на здоров'я населення, а й на довкілля: граничні величини концентрацій для умов хронічного впливу, ґрунтовані на концентраціях з річним періодом осереднення, та цільові величини концентрацій, які мають бути досягнуті за певний період часу та утримуватися на такому рівні. Для деяких забруднюючих речовин (як PM), встановлені стандарти ґрунтувалися на концентраціях з трирічним періодом осереднення. Для сполук, які часто дають екстремальні перевищення (NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>), також встановлено індикативні та інформаційні ліміти як сигнали для вживання невідкладних заходів.

У США політику щодо забруднення атмосферного повітря на федеральному рівні визначено законом про чисте повітря (The Clean Air Act, 1990) [20]. Згідно з цим законом Агентство з охорони навколишнього середовища (US EPA) встанов-

лює національні стандарти якості атмосферного повітря (National Ambient Air Quality Standard (NAAQS)).

Подібно до країн ЄС стандарти якості повітря спрямовано на захист громадського здоров'я з урахуванням найбільш чутливих груп населення (хворих на бронхіальну астму, дітей, літніх людей). Ці стандарти отримали назву первинних. Другий тип стандартів (вторинні) спрямовано на захист тварин, рослинності, у тому числі сільськогосподарських культур, урожайності тощо [21, 22].

Встановлені стандарти якості повітря для пріоритетних забруднюючих речовин (CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>) представлено концентраціями з середньорічним періодом осереднення. З метою контролю Агентство з охорони навколишнього середовища США (US EPA) розробило нормативні рівні для 188 найбільш небезпечних для здоров'я забруднюючих речовин. Додатково щорічно EPA публікує дані для понад 600 речовин, які надходять від різних джерел, що містять ґрунтовну інформацію про токсикологічні властивості. Підприємства зобов'язані щорічно звітувати про викиди цих речовин, якщо вони у них присутні (Toxic Chemical Release Inventory Reporting Forms and Instructions) [23].

Крім національних стандартів якості повітря, для оцінки хронічного впливу у США та міжнародних організаціях (ВООЗ, Організація з економічного співробітництва та розвитку) розроблено референтні рівні концентрацій, диференційованих залежно від тривалості і ступеня тяжкості змін у стані здоров'я чутливих груп населення.

Так, US EPA встановлює референтні концентрації (Rfc), зокрема для оцінки ризиків за умов хронічного впливу шкідливих речовин інгалаційним шляхом. Вважається, що добове надходження хімічної речовини у

концентрації на рівні Rfc протягом життя, яку встановлено з урахуванням сучасних наукових даних, ймовірно, не призводить до виникнення неприйнятної ризику для здоров'я чутливих контингентів населення [21, 24].

Встановлені показники дозволяють оцінити вплив хімічних забруднювачів атмосферного повітря з точки зору методології аналізу ризиків, яка є сучасним інструментом для оцінки реальної небезпеки для здоров'я, а також її прогнозування на індивідуальному та популяційному рівнях.

До комплексу заходів з охорони атмосферного повітря у США та ЄС входить встановлення нормативів викидів з залученням сучасних найкращих доступних технологій (НДТ).

Разом з тим, дотримання стандартів якості повітря та впровадження стандартів викидів не завжди гарантують повну безпеку від шкідливої дії забруднень на довкілля та здоров'я населення.

Регулювання у сфері охорони повітря, як і довкілля загалом, потребує попередніх оцінок реальної ситуації і визначення головних напрямків у діях, спрямованих на можливе максимальне зменшення негативного впливу. Зважаючи на вказані обставини, у США відповідно до поправок до «Закону про чисте повітря» EPA розробило інтегровану стратегію управління токсичними забруднювачами атмосферного повітря (Integrated Urban Air Toxics Strategy, 1999), у рамках якої встановлення стандартів викидів є тільки першою фазою процесу [23]. Основною фазою є друга – вимога обов'язкової оцінки залишкового ризику після впровадження стандарту НДТ. Згідно з законом у випадку, коли залишковий ризик перевищує прийнятний рівень, протягом 2-8 років мають бути визначені альтернативні методи зниження ризику. EPA було

розроблено детальну процедуру визначення залишкового ризику. В ЄС такий підхід застосовується для зниження ризику від впливу хімічних речовин на робочому місці [26].

#### REFERENCES

1. Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. URL : <https://sdgs.un.org/2030agenda>.
2. Fact Sheets on Sustainable Development Goals: Health Targets. Air Quality and Health. WHO; 2018. URL : [https://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0012/385959/fs-sdg-3-9-air-eng.pdf](https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0012/385959/fs-sdg-3-9-air-eng.pdf).
3. United Nations. Updated Handbook for the 1979 Convention on Long-range Transboundary Air Pollution and its Protocols. URL : [https://unece.org/sites/default/files/2021-06/1512881\\_E\\_ECE\\_EBAIR\\_131\\_0.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2021-06/1512881_E_ECE_EBAIR_131_0.pdf)
4. Air Quality Guidelines for Europe. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe, 2000. URL : [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0005/74732/E71922.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf).
5. Air Quality Guidelines – Global Update, 2005. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe; 2006. URL : [https://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0005/78638/E90038.pdf](https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf).
6. Air Quality in Europe – 2018 report. European Environment Agency. 88 p. URL : <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018>.
7. Ambient (Outdoor) Air Quality and Health. WHO; 2018. URL: <https://smartairfilters.com/wordpress/wp-content/uploads/2018/03/https-www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-outdoor-air-quality-and-health.pdf>.
8. Rakitskiy V.N., Avaliani S.L. and Novikov S.M. Analiz riska zdorovyu pri vozdeystvii atmosferykh zagryazneniy kak sostavnaya chast strategii umensheniya globalnoy epidemii neinfekt-

sionnykh zabolevaniy [Analysis of Health Risks from Exposure to Atmospheric Pollution as Part of a Strategy to Reduce the Global Epidemic of Noncommunicable Diseases]. *Analiz riska zdorov'yu*. 2019 ; 4 : 30-36 (in Russian).

9. WHO Global Strategy on Health, Environment and Climate Change: The Transformation Needed to Improve Lives and Wellbeing Sustainably through Healthy Environments. World Health Organization ; 2020 : 30 p. URL: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/327409/B144\\_15-en.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/327409/B144_15-en.pdf?sequence=1&isAllowed=y) <https://apps.who.int/iris/handle/10665/331959> [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/327409/B144\\_15-en.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/327409/B144_15-en.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

10. IARC. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Outdoor Air Pollution. Lyon, France : IARC ; 2016 : 109 p. URL : <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/06/mono109-F01.pdf>

11. Madia F., Worth A., Whelan M. and Corvi R. Carcinogenicity Assessment: Addressing the Challenges of Cancer and Chemicals in the Environment. *Environ Int*. 2019 ; 128 : 417-429.

12. Pruss-Ustun A., Wolf J., Corvalán C.F. et al. Preventing Disease through Healthy Environments: a Global Assessment of the Burden of Disease from Environmental Risks. WHO ; 2016. 147 p. URL : <https://apps.who.int/iris/handle/10665/204585>

13. Chemicals for a Sustainable Future : Report of the EEA Scientific Committee Seminar. European Environment Agency. 2018 : 44 p. URL : <https://www.eea.europa.eu/about-us/governance/scientific-committee/reports/chemicals-for-a-sustainable-future>.

14. Directive 2004/107/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 relating to Ar-

senic, Cadmium, Mercury, Nickel and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Ambient Air. *Official Journal of the European Union*. 2005. URL : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32004L0107>.

15. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe. *Official Journal of the European Union*. 2008; L 152 : 1-44.

16. Directive (EU) 2016/2284 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2016 on the Reduction of National Emissions of Certain Atmospheric Pollutants. *Official Journal of the European Union*. 2016 ; L 344 : 1-31. URL : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016L2284&from=EN>.

17. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A Clean Air Programme for Europe. 2013. URL : <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0918:FIN:EN:PDF>

18. HBM4EU – Science and Policy for a Healthy Future. URL : <https://www.hbm4eu.eu/about-hbm4eu/>

19. Ganzleben C., Antignac J.-P., Barouki R., Castano A., Fiddicke U., Klanova J., et al. Human Biomonitoring as a Tool to Support Chemicals Regulation in the European Union. *Int J Hyg Environ Health*. 2017 ; 220 (2 Pt A) : 94-97. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.01.007>.

20. US EPA. Clean Air Act. 1990. URL : <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/clean-air-act-text#what>.

21. Zaytseva N.V., Shur P.Z., Chetverkina K.V. and Khasanova A.A. Sovershenstvovaniye metodicheskikh podkhodov k obosnovaniyu srednegodovykh predelno dopustimyykh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v atmosfernom vozdukh nase-lennykh mest po kriteriyam

dopustimogo riska zdorov'yu cheloveka [Improvement of Methodological Approaches to the Justification of the Average Annual Maximum Permissible Concentrations of Harmful Substances in the Atmospheric Air of Populated Areas According to the Criteria of Acceptable Risk to Human Health]. *Analiz riska zdorov'yu*. 2020 ; 3 : 39-48 (in Russian).

22. Gilliam J. and Hall E. Reference and Equivalent Methods Used to Measure National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) Criteria Air Pollutants - Volume I. U.S. Environmental Protection Agency. EPA/600/R-16/139. 2016. URL : [https://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_report.cfm?Lab=NERL&dirEn tryId=321491](https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?Lab=NERL&dirEn tryId=321491).

23. Avaliani S.L. and Mishina A.L. O garmonizatsii podkhodov k upravleniyu kachestvom atmosfernogo vozdukha [About Harmonization of Approaches to Atmospheric Air Quality Management]. *Zdorove naseleniya i sreda obitaniya*. 2011 ; 216 (3) : 44-48 (in Russian).

24. Castorina R. and Woodruff T.J. Assessment of Potential Risk Levels Associated with U.S. Environmental Protection Agency Reference Values. *Environ. Health Perspect*. 2003; 111 (10): 1318-1325. <https://doi.org/10.1289/ehp.6185>.

25. Minimal Risk Levels (MRLs) for Hazardous Substances. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2018. URL : <https://www.atsdr.cdc.gov/mrls/index.html>

26. Joint Task Force ECHA Committee for Risk Assessment (RAC) and Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (SCOEL) on Scientific Aspects and Methodologies Related to the Exposure of Chemicals at the WORKPLACE. Final version. European Commission. European Chemicals Agency. 2017. URL : [https://echa.europa.eu/documents/10162/13579/rac\\_joint\\_scoel\\_opinion\\_en.pdf/58265b74-7177-caf7-2937-c7c520768216](https://echa.europa.eu/documents/10162/13579/rac_joint_scoel_opinion_en.pdf/58265b74-7177-caf7-2937-c7c520768216)  
*Надійшло до редакції 14.01.2023*