

ТОКСИКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ТА ЇХ НАСЛІДКИ ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

Накемній О. К., ст. викл. (кафедра безпеки праці та охорони довкілля, ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»)

Анотація. У статті розглянуто основні токсикологічні ризики, пов'язані із забрудненням атмосферного повітря в урбанізованих та урбоіндустріальних регіонах. Проаналізовано основні джерела повітряних забруднювачів, зокрема промислові підприємства, автотранспорт та енергетичні об'єкти. Охарактеризовано найбільш небезпечні хімічні речовини та тверді частки, що формують підвищений рівень токсичного навантаження на населення. Розглянуто механізми впливу забруднювачів на організм людини та їх зв'язок із захворюваннями органів дихання, серцево-судинної системи, онкологічною патологією. Обґрунтовано необхідність системного підходу до оцінки ризиків і розробки заходів зі зниження екологічної небезпеки у великих містах.

Ключові слова: атмосферне повітря, токсикологічні ризики, урбанізовані території, забруднення, здоров'я населення, екологічна безпека.

Abstract. The article examines the main toxicological risks associated with atmospheric air pollution in urban and industrialized regions. The key sources of air pollutants, including industrial enterprises, motor vehicles, and energy facilities, are analyzed. The most hazardous chemical compounds and particulate matter contributing to increased toxic exposure of the population are characterized. The mechanisms of pollutant impact on the human body and their relationship with respiratory, cardiovascular, and oncological diseases are considered. The necessity of a systemic approach to risk assessment and the implementation of measures aimed at reducing environmental hazards in urban areas is substantiated.

Keywords: atmospheric air, toxicological risks, urban areas, pollution, public health, environmental safety.

Вступ. Сучасний етап розвитку урбанізованих територій характеризується інтенсивним антропогенним навантаженням на атмосферне повітря, що є одним із ключових компонентів довкілля. Зростання чисельності населення міст, концентрація промислових об'єктів, транспортної інфраструктури та енергетичних систем призводять до формування складних багатокомпонентних сумішей забруднювачів. У таких умовах атмосферне повітря виступає не лише середовищем життєдіяльності людини, а й фактором ризику для її здоров'я.

Особливість урбанізованих екосистем полягає у формуванні локальних зон підвищеного забруднення, де концентрації токсичних речовин можуть значно перевищувати гранично допустимі значення. У поєднанні з високою щільністю населення це зумовлює підвищення рівня токсикологічного ризику, який має як гострий, так і хронічний характер впливу [1].

Аналіз стану питання. Численні дослідження вітчизняних і зарубіжних авторів підтверджують, що найбільшу небезпеку для населення становлять дрібнодисперсні тверді частинки (PM_{2.5} та PM₁₀), оксиди азоту, діоксид сірки, монооксид вуглецю, леткі органічні сполуки та важкі метали. У містах ці забруднювачі формуються переважно внаслідок функціонування автотранспорту, теплоелектростанцій та промислових підприємств.

Тривалий вплив низьких концентрацій токсичних речовин може викликати кумулятивний ефект, що проявляється у вигляді хронічних захворювань та скорочення середньої тривалості життя. Особливо вразливими є діти, особи похилого віку та люди з наявними хронічними хворобами [2,3].

Мета роботи: аналіз основних токсикологічних ризиків, пов'язаних із забрудненням атмосферного повітря на урбанізованих територіях, та оцінка їх впливу на здоров'я населення.

Методики, матеріали і результати досліджень. Забруднення атмосферного повітря є однією з найбільш гострих екологічних проблем сучасності, особливо для урбанізованих територій із високою густотою населення та концентрацією промислових об'єктів. Постійне надходження токсичних речовин в повітряне середовище формує значні загрози для здоров'я населення, зумовлюючи зростання рівня захворюваності та зниження якості життя. У контексті сталого розвитку актуальним є наукове обґрунтування токсикологічних ризиків та оцінка їх наслідків для мешканців міст. Атмосферне повітря урбанізованих територій формується під впливом різноманітних джерел забруднення, серед яких провідне місце займають транспортні засоби. Викиди автомобільного транспорту містять широкий спектр токсичних компонентів, зокрема оксиди азоту, чадний газ, вуглеводні та дрібнодисперсні частинки. Особливу небезпеку становлять дизельні викиди, які характеризуються високим вмістом сажі та канцерогенних сполук.

Промислові підприємства є другим за значущістю джерелом забруднення, продукуючи в атмосферу важкі метали, сірчисті сполуки, леткі органічні речовини та інші токсиканти. Енергетичний сектор, особливо теплові електростанції, спричиняє значні викиди діоксиду сірки, оксидів азоту та парникових газів. Важливу роль відіграють також побутові джерела, зокрема спалювання твердого палива в житловому секторі, що характерно для багатьох урбанізованих територій із недостатнім рівнем газифікації. Серед основних типів забруднювачів виділяють дрібнодисперсні частинки (PM_{2.5} та PM₁₀), газоподібні сполуки (NO₂, SO₂, CO), а також вторинні забруднювачі, такі як тропосферний озон, що утворюється внаслідок фотохімічних реакцій [4].

Токсикологічні властивості атмосферних забруднювачів визначаються їх фізико-хімічними характеристиками, здатністю до біоаккумуляції та механізмами впливу на організм людини. Дрібнодисперсні частинки є особливо небезпечними через їх здатність проникати в глибокі відділи дихальної системи та навіть у системний кровотік. Вони виступають носіями токсичних речовин, включаючи важкі метали та органічні канцерогени. Газоподібні забруднювачі, такі як діоксид азоту та діоксид сірки, мають виражену подразнювальну дію на слизові

оболонки дихальних шляхів, викликаючи запальні процеси. Озон, як сильний окисник, спричиняє окислювальний стрес на клітинному рівні, що призводить до пошкодження тканин.

Важливою характеристикою є комбінована дія забруднювачів, коли сумарний ефект перевищує суму окремих впливів (синергізм). У таких умовах навіть низькі концентрації окремих речовин можуть призводити до значних негативних наслідків.

Оцінка токсикологічного ризику є складним багатоступеневим процесом, спрямованим на визначення ймовірності виникнення несприятливих ефектів для здоров'я людини. Першим етапом є ідентифікація небезпеки, що передбачає визначення токсичних агентів та їх властивостей. Наступним кроком є встановлення залежності «доза–ефект», що дозволяє оцінити рівень впливу, при якому виникають певні біологічні ефекти. Оцінка експозиції включає аналіз шляхів надходження токсикантів в організм, тривалості впливу та концентрацій у повітрі. Завершальним етапом є характеристика ризику, яка інтегрує отримані дані та дозволяє оцінити рівень небезпеки для різних груп населення. У сучасних дослідженнях широко застосовуються геоінформаційні системи та математичне моделювання для просторового аналізу ризиків [5].

Забруднення атмосферного повітря має комплексний вплив на організм людини, охоплюючи різні системи органів. Найбільш вразливою є дихальна система, яка першою контактує з токсичними речовинами. Хронічний вплив забруднювачів призводить до розвитку бронхіальної астми, хронічного обструктивного захворювання легень та інших патологій. Серцево-судинна система також зазнає значного впливу, що проявляється підвищенням ризику інфаркту міокарда, інсульту та гіпертонічної хвороби. Доведено, що дрібнодисперсні частинки здатні викликати системне запалення та порушення функції ендотелію судин. Окрему увагу приділяють канцерогенному впливу атмосферних забруднювачів. Бензол, поліциклічні ароматичні вуглеводні та деякі метали мають доведені канцерогенні властивості. Сучасні дослідження також вказують на вплив забруднення повітря на нервову систему, включаючи когнітивні порушення, депресивні стани та ризик розвитку нейродегенеративних захворювань [6].

Вплив атмосферних забруднювачів є неоднаковим для різних категорій населення. Найбільш чутливими є діти, організм яких перебуває на стадії розвитку, що підвищує їхню вразливість до токсичних агентів. У дітей спостерігається підвищений ризик розвитку респіраторних захворювань та порушень імунної системи. Особи похилого віку також належать до групи підвищеного ризику через наявність хронічних захворювань та зниження адаптаційних можливостей організму. Вагітні жінки є особливою категорією, оскільки вплив забруднювачів може негативно позначитися на розвитку плода.

Крім того, соціально вразливі групи населення часто проживають у районах із підвищеним рівнем забруднення, що посилює нерівність у впливі екологічних факторів.

Токсикологічні ризики забруднення атмосферного повітря мають значний

вплив на соціально-економічний розвиток суспільства. Погіршення стану здоров'я населення призводить до зростання витрат на медичне обслуговування та втрати працездатності. Зниження продуктивності праці та збільшення кількості днів непрацездатності негативно впливають на економіку регіонів. Крім того, забруднення повітря знижує привабливість територій для інвестицій та туризму.

Важливим аспектом є також соціальна нерівність, оскільки найбільш уразливі групи населення зазнають найбільшого негативного впливу. Зменшення токсикологічних ризиків забруднення атмосферного повітря потребує комплексного підходу, що включає технологічні, організаційні та нормативні заходи. Одним із ключових напрямків є зниження викидів від транспорту шляхом розвитку електромобільності та громадського транспорту.

Модернізація промислових підприємств із впровадженням сучасних систем очищення викидів дозволяє значно зменшити рівень забруднення. Розвиток зеленої інфраструктури, включаючи парки та зелені насадження, сприяє покращенню якості повітря. Важливу роль відіграє також система моніторингу якості атмосферного повітря, яка забезпечує своєчасне виявлення перевищень нормативів та прийняття управлінських рішень.

Висновки. Забруднення атмосферного повітря в урбанізованих територіях є складною багатофакторною проблемою, що має значний вплив на здоров'я населення та соціально-економічний розвиток. Токсикологічні ризики формуються під впливом різних джерел та типів забруднювачів, які діють як окремо, так і в комбінації.

Ефективне управління цими ризиками можливе лише за умови інтегрованого підходу, що поєднує наукові дослідження, технологічні інновації та державну політику. Подальші дослідження мають бути спрямовані на вдосконалення методів оцінки ризику та розробку ефективних заходів його зниження.

Література

1. Методи оцінки техногенного впливу на довкілля: навч. посіб. / А.В. Чугай, Т.А. Сафранов. Одеса: Видавець Букаєв Вадим Вікторович, 2021. 118 с.
2. European Environment Agency (EEA). Industrial pollution in Europe. Copenhagen : EEA, 2023. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/industrial-pollution-in-europe> (дата звернення: 21.04.2026).
3. Невидима загроза: як пил PM_{2,5} впливає на здоров'я людей. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/nevidima-zagroza-yak-pil-pm2-5-vplivaie-na-zdorov-ya-ljudej/> (дата звернення: 21.04.2026).
4. Накемпій О.К. Оцінка впливу металургійної промисловості на стан атмосферного повітря та шляхи його зменшення. Проблеми охорони праці в Україні, 2023, 39(1–2). с.87–93. <https://doi.org/10.36804/nndipbop.39-1-2.2023.87-93> .

5. Еколого-економічний ризик-менеджмент: методи оцінювання ризиків : навч. посіб. для студ. спеціальності 122 «Комп'ютерні науки та інформаційні технології», спеціалізації «Інформаційні технології моніторингу довкілля» / Н. В. Караєва; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 282 с.

6. Забруднення атмосферного повітря як фактор ризику НІЗ. URL: <https://ncd.phc.org.ua/zabrudnennya-atmosfernogo-povitrya/> (дата звернення: 24.04.2026).