

УДК 502.175:[504.5:502.3](477.46)

Liudmyla Zhytska¹, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4013-7936> **e-mail:** zhytska_lyudmila@ukr.net

Oksana Yehorova¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7801-5582> **e-mail:** ok.yehorova@chdtu.edu.ua

Olena Khomenko¹, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9329-0577> **e-mail:** o.khomenko@chdtu.edu.ua

Yurij Bondarenko², Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6608-277X> **e-mail:** ck-oblses@ukr.net

¹Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

²State institution «Cherkasy Regional Center for Disease Control and Prevention of the Ministry of Health of Ukraine», Cherkasy, Ukraine

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF CHEMICAL POLLUTION OF THE ATMOSPHERE ON THE FORMATION OF CARCINOGENIC AND NON-CARCINOGENIC RISKS FOR THE HEALTH OF THE CITY POPULATION OF CHERKASK REGION

Abstract. The article discusses current issues related to the ecological safety of atmospheric pollution and the role of anthropogenic emissions in the formation of carcinogenic and non-carcinogenic risks to the health of the population in industrial cities of the Cherkasy region. The publication materials emphasize that the accumulation of pollutants in the atmospheric air, particularly concentrations of SO₂, NO₂, CO, phenol, formaldehyde, and hydrocarbons, causes a wide range of health problems affecting the visual organs, respiratory system, and increases mortality from respiratory diseases, oncology, and other conditions. The authors analyzed the data from air pollution monitoring conducted by mobile stations of the State Institution Cherkasy Regional Center for Disease Control and Prevention of the Ministry of Health of Ukraine, as well as retrospective data from other laboratories in the region. These findings indicated the presence of the aforementioned toxicants in all collected samples. Attention is drawn to the effects of toxic substances' accumulation, the formation of carcinogenic and non-carcinogenic risks to human health in residential areas, based on the calculation of air pollution hazard indices. The authors highlight the persistence of chemical ingredients in the environment, their ability to quickly enter biological chains, and their complex impact on the human body in combination with drinking water, atmospheric air, and food products. However, atmospheric air remains the primary chain of influence. The identified compounds pose a potential threat in creating carcinogenic hazard conditions and reducing human lifespan. A clear dynamic of the growth of primary diseases is noted. The authors emphasize that the existing system for studying atmospheric pollution needs improvement, the implementation of planned measures and rules, and a clear organization of the monitoring system for their adherence and preventive actions. The article stresses the need to intensify scientific research regarding the impact of non-carcinogenic and carcinogenic factors in populated areas. It outlines the directions for the application of research results.

Keywords: ecological safety, chemical air pollution, carcinogenic and non-carcinogenic risks, primary diseases, monitoring.

Л.І. Жицька¹, О.В. Єгорова¹, О.М. Хоменко¹, Ю.Г. Бондаренко²

¹Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

²Державна установа «Черкаський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України», м. Черкаси, Україна

ОЦІНКА ВПЛИВУ ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ НА ФОРМУВАННЯ КАНЦЕРОГЕННИХ І НЕКАНЦЕРОГЕННИХ РИЗИКІВ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ МІСТ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Анотація. В статті розглядаються актуальні питання щодо екологічної безпеки атмосферних забруднень й ролі антропогенних викидів у формуванні канцерогенних і неканцерогенних ризиків для здоров'я населення промислових міст Черкаської області. В матеріалах публікації, зокрема, наголошується, що накопичення в атмосферному повітрі забруднювальних речовин, особливо концентрацій SO₂, NO₂, CO, фенолу, формальдегіду та вуглеводнів, спричиняє широкий спектр проблем зі здоров'ям органів зору, респіраторної системи, збільшує смертності від хвороб органів дихання, онкології та інше.

Автори проаналізували отримані показники власного контролю атмосферних забруднень пересувними постами Державної установи Черкаського обласного центру контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України та ретроспективні дані постів спостереження інших лабораторій міст області стосовно вмісту забруднювальних речовин у повітрі, які показали наявність вище зазначених токсикантів в усіх зразках відібраних проб.

Звертається увага на ефекти сумації токсичних речовин, формування канцерогенних і неканцерогенних ризиків для організму людини на територіях селітебних зон населених пунктів, за розрахунками відповідних індексів небезпеки атмосферного повітря. Відмічається, що у містах області для концентрації зазначених забруднювальних речовин наявні однотипні джерела забруднення – викиди промислових підприємств, об'єктів теплоенергетики, автотранспорту та АЗС. Вказується на достатню стійкість хімічних інгредієнтів у навколишньому середовищі, здатність швидко включатись у біологічні ланцюги і діяти на організм людини комплексно, сумісно із питною водою, повітрям з атмосфери й продуктами харчування, але при цьому – атмосферне повітря залишається первинним ланцюгом впливу. Виявлені сполуки є потенційною загрозою в створенні канцерогенно небезпечних умов проживання та скорочення тривалості життя людей. Висвітлюється чітка динаміка зростання первинного захворювання.

Автори публікації наголошують, що існуюча система дослідження атмосферних забруднень потребує вдосконалення, виконання запланованих заходів та правил, чіткої організації системи контролю за їх дотриманням та превентивних дій. Ставиться акцент на необхідності активізації наукових досліджень щодо дії неканцерогенних та канцерогенних факторів на території населених пунктів. Висвітлюються напрямки застосування результатів дослідження.

Ключові слова: екологічна безпека, хімічне забруднення атмосфери, канцерогенні та неканцерогенні ризики, первинні захворювання, моніторинг.

<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2025.3.177-190>

Вступ

Забруднення повітря є однією з найсерйозніших екологічних загроз сучасності, що становить значну небезпеку для здоров'я людини, зокрема для дітей та осіб старшого віку. Це явище є важливою детермінантою здоров'я, оскільки довгострокове перебування в умовах забрудненого повітря підвищує ризик розвитку ряду хронічних захворювань, включаючи респіраторні, серцево-судинні та онкологічні захворювання. Серед найбільш небезпечних компонентів атмосферного забруднення – канцерогенні та токсичні речовини, що потрапляють у повітря в результаті діяльності промислових підприємств, транспорту та інших джерел.

Здійснення цілей стратегії сталого розвитку України ставить перед суспільством реалізацію завдань безпеки умов проживання населення, до яких, безперечно, відносять якість атмосферного середовища, збереження його чистоти та функціональних можливостей [1, 2]. В Законі України щодо основних засад (стратегії) екологічної політики держави на період до 2030 року зазначено, що протягом тривалого часу суспільний та промислово-технологічний розвиток супроводжувався незбалансованістю принципів експлуатації природних ресурсів, а захист довкілля відзначався низькою пріоритетністю. Оскільки промисловість, енергетика і транспорт є основними джерелами викидів, які забруднюють атмосферу, а забруднене повітря прямо та опосередковано впливає на усі складові якості довкілля, а також на здоров'я населення, що проживає у місцях накопичення забруднювальних речовин, масові значення яких постійно збільшуються [3-5], – це унеможливило досягнення мети сталого розвитку. В цих умовах контроль стану атмосферного повітря є першочерговим завданням науковців та держави. Зокрема, тривалий вплив токсичних речовин, накопичених у повітрі, підвищує ризики смертей, спричинених ішемічною хворобою серця на 24%, раку легень на 28%, хронічних обструктивних хвороб і легневих інфекцій на 43%, інсультів на 25% та інших. У тому числі, зростає показник хвороб Альцгеймера та деменції [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням впливу якості атмосферного повітря на небезпеку для населення присвячено багато робіт, які свідчать про помітний небажаний як короткостроковий, так і довгостроковий вплив потенційно токсичних компонентів викидних газів автомобілів на здоров'я людини.

Аналіз вітчизняних публікацій висвітлює цілий ряд аспектів, які стосуються впливу шкідливих факторів атмосферного середовища на динаміку захворюваності, тривалості життя чи смертності населення, спричинені цими обставинами. Вони підтверджують, що накопичення в повітрі високих концентрацій діоксиду сірки, оксидів азоту, оксидів вуглецю, фенолу, формальдегіду та вуглеводнів створює широкий спектр різного роду проблем зі здоров'ям, а його відновлення та підтримання на належному рівні потребує значних коштів та часу [7-9].

В роботах багатьох авторів [9-11] повідомляється, що забруднювачем повітря з найширшим переліком впливу на здоров'я (близько 30 діагнозів і причин смерті) є тверді частинки із середнім аеродинамічним діаметром менше 2,5 мікрометрів (PM_{2,5}), а також частинки діаметром менше 10 мікрометрів (PM₁₀). Ці мікроскопічні частинки, які є загальним проксі-індикатором

забруднення повітря, можуть проникати глибоко в легені, збільшуючи кількість респіраторних захворювань, а також становлять серйозну загрозу для імунної системи та значною мірою сприяють ризику захворювань на рак.

Клінічні дослідження показують, що істотну роль у виникненні численних хвороб відіграють оксиди нітрогену. Короткостроковий і довготривалий вплив NO_2 пов'язують із підвищеним ризиком смертності від респіраторних та серцево-судинних захворювань [9, 11], від раку [12], захворювань на аутизм [13] і діабет 2 типу [13-15].

Формальдегід є найважливішим канцерогеном і основним токсичним забруднювачем атмосферного повітря. Дослідженнями багатьох авторів [16, 17] була доведена його роль у захворюванні на рак. Результати моніторингових досліджень показали, що в будинках, розташованих на відстані до 10 м від великих транспортних автомагістралей, мешканці хворіють на онкологічні захворювання в 3–4 рази частіше, ніж у будинках, віддалених від дороги на відстань 50 м [18-20]. Тому питання, пов'язані з оцінкою ризику для здоров'я населення урбанізованих територій від забруднення атмосферного повітря автотранспортом, потребують подальшого розвитку та дослідження.

Мета досліджень. Дане дослідження спрямоване на оцінку канцерогенних і неканцерогенних ризиків для здоров'я населення внаслідок хімічного забруднення атмосферного повітря населених пунктів Черкаської області.

Матеріали та методи дослідження. Як об'єкт оцінки впливу забруднення атмосферного повітря на рівень небезпеки для здоров'я населення було обрано обласні центри Черкаської області з розвинутою промисловістю і значним транспортним навантаженням. Для розрахунку емісії поллютантів використовували результати натурних спостережень. Для дослідження було обрано 25 ділянок, що проходять як через житлові, так і промислові райони, з різним рівнем транспортного навантаження, різною щільністю забудови, відстанню від бровки дороги до найближчих будівель тощо.

Для визначення емісії забруднюючих речовин (оксиду карбону, оксидів нітрогену NO_x (у перерахунку на діоксид нітрогену), вуглеводнів CH_x , сажі, діоксиду сульфуру SO_2 , формальдегіду CH_2O і бензопірену $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$) використовували методику [21]. Оцінку ризику для здоров'я населення проводили за методикою [22].

Результати дослідження

Черкаську область відносять до густонаселених регіонів. Постановою Верховної Ради України від 17.07.2020 № 807-IX затверджений адміністративно-територіальний устрій базового та районного рівнів Черкаської області, яким передбачено утворення 4 районів та 66 ОТГ. Середня щільність населення області становить 55 осіб на 1 км². До найбільш населених пунктів, в межах області, належать м. Черкаси, м. Умань, м. Сміла, м. Ватутіне та м. Канів.

До складових промислового комплексу області відносять такі потужні галузі, як харчова, хімічна, фармацевтична, машинобудівна та енергетична. На них припадає більш як 84,0% промислового виробництва. Не останнє місце займають виробництва основних фармацевтичних продуктів та фармацевтичних препаратів, гумових і пластмасових виробів, іншої неметалевої мінеральної продукції, текстильне, металургійне та виробництво готових металевих виробів, добувна промисловість і розроблення кар'єрів, й інші.

Пріоритетним напрямком в роботі Черкаської обласної державної адміністрації у сфері охорони довкілля та екологічної безпеки є реалізація проєкту щодо удосконалення системи моніторингу атмосферного повітря та створення постів спостереження у місцях найбільшої концентрації забруднень, рисунок 1.

На сьогодні стаціонарні пости спостереження, за відсутності фінансування, діють тільки у м. Черкаси. По інших населених пунктах дані щодо забруднень отримуються від роботи пересувних постів відбору проб повітря.



Рис. 1. Заплановані пункти спостереження за викидами в атмосферу в межах Черкаської області

За інформацією Головного статистичного управління в 2023 році викиди забруднювальних речовин в атмосферу від стаціонарних джерел зросли на 14,8 тис. т, порівняно з 2022 роком, і становлять 61,8 тис. т.

Значну частину забруднень додають і викиди пересувних джерел автотранспорту, але їх об'єми не фіксуються. Із фіксованих токсичних інгредієнтів, які потрапляють у атмосферу, оксиди азоту становлять 13,2%, речовини у вигляді твердих суспендованих речовин недиференційованих за складом – 14,9%, аміак – 9,7%, діоксид сірки – 30,0%, оксид вуглецю – 4,0%, неметанові леткі органічні сполуки – 1,0%, загальним обсягом близько 73% валових викидів. Показники валових об'ємів викидів в найбільших містах Черкащини наведено на рисунку 2.

Результати аналізу об'ємів забруднень в атмосфері районів досліджуваної території показали збільшення викидів у Звенигородському районі на 1,2 тис. т, Уманському на 0,1 тис. т та Черкаському на 15,0 тис. т. Золотоніський район навпаки характеризується зменшенням викидів на 0,3 тис. т.

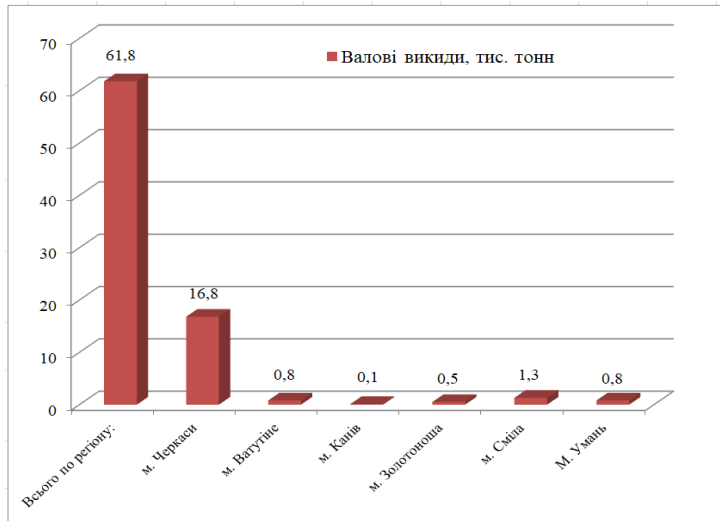


Рис. 2. Об'єми валових викидів забруднень від стаціонарних джерел в найбільших містах Черкаської області

Аналіз статистичних даних показав, що у загальному об'ємі викидів Черкаського регіону за валовим показником переважають наступні забруднювальні речовини [23], наведені на рисунку 3.

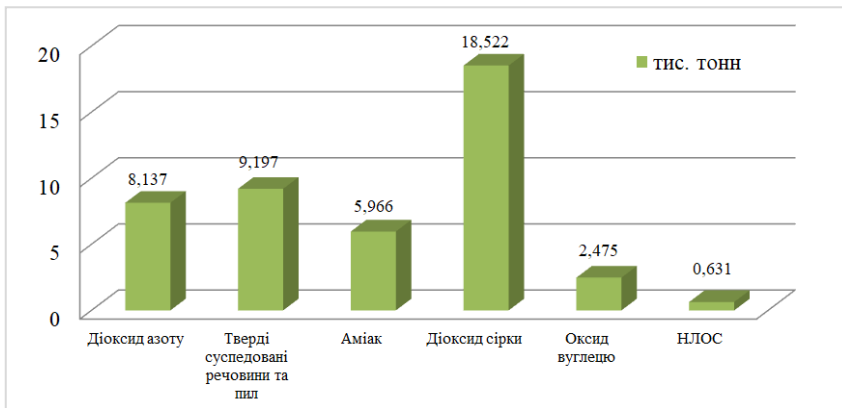


Рис. 3. Об'єми валових викидів основних забруднювальних речовин від стаціонарних джерел забруднення в межах Черкаської області

Проведення моніторингу на межі санітарно-захисних зон в межах впливу об'єктів промислового, сільськогосподарського, а також комунального значення та в межах селітебних зон поблизу вуличних магістралей, що здійснювалось Державною установою «Черкаський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України» у 2024 році, показало, що у відібраних і проаналізованих 7083 пробах атмосферного повітря були присутні наступні забруднювальні речовини – діоксид азоту, сірчистий ангідрид, формальдегід, вуглецю оксид, аміак, бензин, фенол та його похідні. У 2,13% (151 проба) виявлено перевищення гранично допустимих максимально разових концентрацій (далі – ГДК), зокрема, формальдегіду –

0,041 мг/м³ (перевищення ГДК в 1,17 раза), оксиду вуглецю – 8 мг/м³ (перевищення ГДК в 1,6 раза) та бензину – 7 мг/м³ (перевищення ГДК в 1,4 раза). Особливо це проявляється в зоні впливу автодоріг в м. Черкаси [23]. Значення середньодобових концентрацій оксидантів у атмосфері інших міст області встановлено на рівні гранично допустимих концентрацій.

Середньодобові концентрації зазначених токсичних речовин у містах області наведено на рисунку 4.

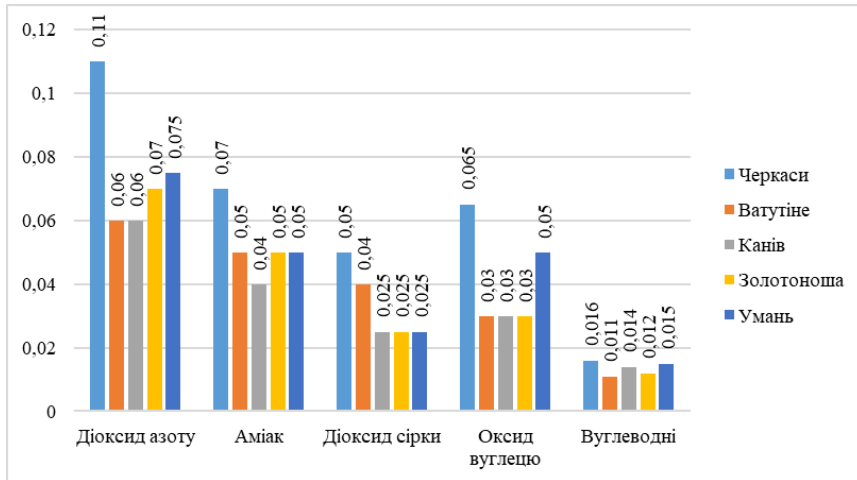


Рис. 4. Значення середньодобових концентрацій токсичних речовин у повітрі окремих міст Черкаської області

Наведені дані наявності хімічних сполук у атмосферному повітрі засвідчують перманентність їхнього впливу на оточуюче середовище та населення. Також слід зауважити, що за показником неканцерогенних ризиків окрема сполука може характеризуватись як небезпечна для людського організму навіть за умови не перевищення її ГДК у повітрі й визначені показники забруднення будуть меншими за одиницю.

Розрахунок фактичного рівня впливу сполук з безпечними (референтними) концентраціями надано в таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняння фактичного рівня впливу сполук з безпечними (референтними) концентраціями

Населений пункт	HQ – ризик розвитку неканцерогенних ефектів			HI	Рівень ризику
	Оксид сульфуру (SO ₂)	Оксид нітрогену (NO ₂)	Монооксид карбону (CO)		
Черкаси	1,0	2,8	2,0	5,8	Високий: органи дихання, імунна система
Ватутіне	0,8	1,8	2,0	4,7	
Канів	0,5	1,5	1,0	3,0	Насторожуючий: органи дихання, кров, імунна система
Золотоноша	0,5	1,5	1,0	3,0	
Умань	0,5	1,8	1,0	3,3	

Оцінка ризику розвитку неканцерогенних ефектів за комбінованого впливу хімічних речовин показав, що існує висока ймовірність впливу хімічних забруднень на населення.

Підрахунок індексу небезпеки (НІ) для різних міст засвідчує рівень потенційного ризику для здоров'я населення через забруднення повітря шкідливими речовинами. Високий рівень ризику в Черкасах вказує на серйозну загрозу для здоров'я, особливо для органів дихання та імунної системи. Помірний рівень ризику у Ватутіному демонструє, що загроза для здоров'я існує, але не є такою критичною. Насторожуючий рівень ризику у Каневі, Золотоноші та Умані вказує на можливі проблеми зі здоров'ям, зокрема для органів дихання, крові та імунної системи.

Загалом, результати вказують на те, що забруднення повітря має суттєвий вплив на здоров'я, особливо в містах з високим рівнем індексу небезпеки. Це свідчить про необхідність вжиття заходів для покращення екологічної ситуації в цих регіонах. Разом з цим розрахунок канцерогенних ризиків за отриманими значеннями концентрацій показав середній рівень впливу факторів на населення (таблиця 2).

Таблиця 2. Розрахунок розвитку канцерогенного ефекту для населення

	Концентрація CH ₂ O, мг/м ³	LAAD	CR	PCR	Населення, осіб	Рівень ризiku
Черкаси	0,032	0,00876712	0,00041	107,83	267361	Середній
Ватутіне	0,030	0,00821917	0,00038	5,96	15763	Середній
Канів	0,025	0,00684931	0,00032	7,30	23172	Середній
Золотоноша	0,020	0,00547945	0,000252	6,86	27206	Середній
Умань	0,025	0,00684931	0,00032	25,69	81525	Середній

Аналіз загальної структури видів хвороб населення Черкаської області виявив, що серед дорослого населення віком від 18 років і старше відсоток найбільших захворювань складають хвороби органів дихання та системи кровообігу, що наведено на рисунку 5. Серед них найбільше проявляються гострі хронічні фарингіти і тонзиліти, алергічні риніти і хронічні бронхіти, пневмонії і інші легеневі хвороби. Прогресують гіпертонічні хвороби, ішемічні хвороби серця, в тому числі з гіпертонічною хворобою; стенокардія та хвороби паліативних стадій становлять 2,1%.

За останні роки в області прослідковується зростання контингенту хворих з соціально значущих захворювань, які, зокрема, включають в себе «Грип», «Коронавірус», а також «Туберкульоз». Адже хімічні забруднення впливають на імунітет, тому ослаблений людський організм швидше піддається впливу.

Внаслідок присутності хімічних речовин у повітрі населених пунктів кількість первинних звернень щодо алергічних захворювань, захворювань дихальних шляхів збільшується (рисунк 6). Страждає ендокринна і нервова система людського організму, із-за неможливості швидкої адаптації до наявного впливу й потрапляння концентрацій токсинів у легені та кров.

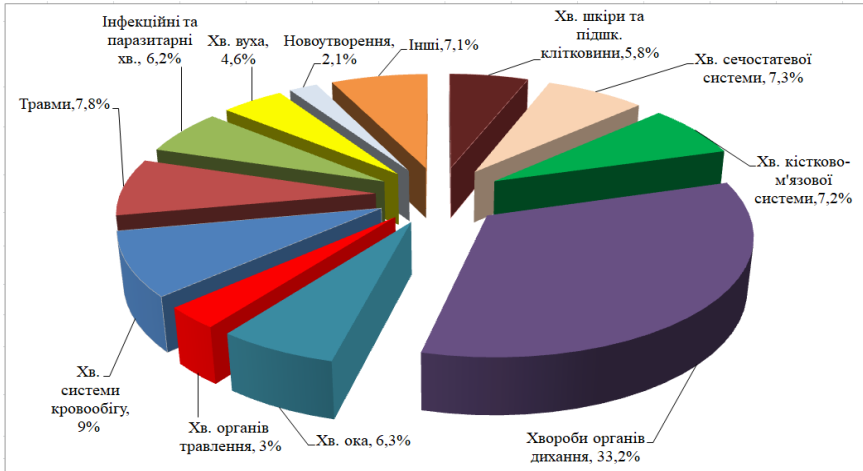


Рис. 5. Загальна структура первинної захворюваності населення Черкаської області



Рис. 6. Показники зростання первинних захворювань населення Черкаської області за останні роки (на 10 тис. населення)

Динаміка структури первинних захворювань населення області останніми роками є невтішною. Сконцентровані в атмосферному повітрі забруднення можуть впливати на розвиток серцево-судинних захворювань, насамперед таких як ішемічна хвороба серця та інсульт, ініціювати також респіраторні захворювання – інфекції нижніх дихальних шляхів, хронічну обструктивну хворобу легень, рак трахеї, бронхів і легень. Тому в області збільшується кількість первинних звернень онкохворих осіб (рисунок 7). Окрім того, групу ризику становлять люди з цукровим діабетом другого типу, імунна система яких страждає найбільше.

В умовах військового стану, частих ракетних обстрілів та бойових дій створюються нові унікальні виклики для існуючої системи охорони навколишнього середовища та громадського здоров'я регіону. Все це потребує виважених підходів щодо створення дієвої системи контролю забруднень та профілактики захворюваності, вдосконалення методів відбору проб повітря у місцях скупчення забруднень та їх системного аналізу.

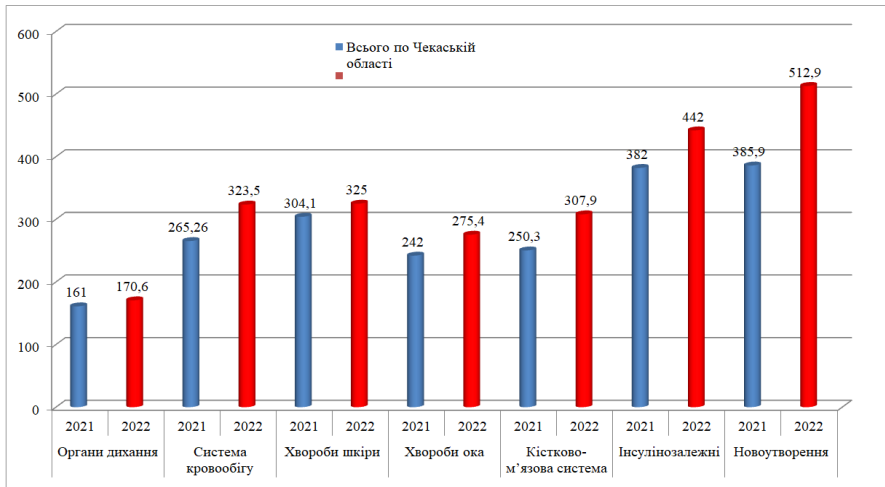


Рис. 7. Динаміка структури первинних захворювань населення Черкаської області за останні роки (на 10 тис. населення)

Наведені вище дані показують, що для оцінки впливу повітряного середовища в населених пунктах Черкаської області на людину коефіцієнти та індекси небезпеки розвитку неканцерогенних та канцерогенних ефектів є більш інформативними, ніж показники забруднення. Причому якщо показники забруднення за критерієм ГДК дозволяють оцінити лише якість повітряного середовища, то за величиною індексу небезпеки можна визначити ризики впливу цих сполук вже безпосередньо на здоров'я людини.

Висновки

Динамічна система атмосфери постійно змінюється за рахунок накопичення та розсіювання великої кількості хімічних забрудників. Їх вплив на життєдіяльність населення області зростає, що потребує постійного контролю токсичних речовин для оперативної інформації мешканців та зменшення існуючих ризиків.

Затверджений Порядок здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря передбачає розробку заходів щодо вдосконалення наявних мереж спостереження за якістю атмосферного повітря, створення або вдосконалення лабораторій спостереження за станом атмосферного повітря, після затвердження відповідних програм розвитку регіонів. Тому організація постів спостереження в інших містах області або ж створення додаткових програм моніторингу пересувними постами контролю забруднень та підфакельних концентрацій хімічних речовин, які будуть обладнані сучасними засобами контролю, є доцільним кроком в умовах підвищених ризиків забруднення атмосферного середовища.

Проведені дослідження масштабів антропогенного навантаження на атмосферне повітря, навколишнє природне середовище та здоров'я населення Черкаської області виявили, що причиною є зростання викидів із стаціонарних і пересувних джерел забруднення, накопичення токсинів у результаті вибухів і частих пожеж.

Протягом останніх років склад домішок повітря регіону змінився та є не до кінця вивченим. Таким чином, дослідження стану та якості повітряного басейну області в сучасних техногенних умовах, висвітлення динаміки змін у часі й просторовому зрізі, на нашу думку, є важливим завданням для сучасної науки. Впровадження превентивних заходів знизить ризики розвитку та загострення захворювання людей. Вирішення питань, піднятих у цій публікації, допоможе збереженню середовища, сприятливого для життєдіяльності людини.

Перспективним напрямом є дослідження довготривалих ефектів хімічних забруднювачів атмосфери на здоров'я населення, зокрема оцінка ризиків для різних вікових та соціальних груп. Це включає дослідження того, як рівень забруднення впливає на дітей, людей похилого віку, а також людей з хронічними захворюваннями або зниженим імунітетом.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України. (n.d.). Про Стратегію сталого розвитку України до 2030 року. Retrieved from <https://ips.ligazakon.net/document/JH6YF00A?an=332>
2. Закон України. (n.d.). Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>
3. Некос, А. Н., & Кравченко, О. К. (2012). Оцінка стану та динаміки забруднення атмосферного повітря малих міст Харківської області. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*, 1(2), 122-127.
4. Тарасова, В. В. (2013). Вплив забруднення атмосферного повітря на стан здоров'я населення. *Агросвіт*, (16), 24-26.
5. Черниченко, І. О., Литвиченко, О. М., Бабій, В. Ф., Кондратенко, О. Є., & Главачек, Д. О. (2023). Хімічні канцерогени у навколишньому середовищі України: ризик для населення, шляхи попередження, удосконалення гігієнічного регламентування. *Довкілля та здоров'я*, 3(108), 4-11.
6. Мокієнко, А. В., & Гушук, І. В. (2024). Щодо визначення детермінант здоров'я. In Н. С. Полька (Ed.), *Зб. тез доп. науково-практичної конференції з міжнародною участю «Актуальні питання громадського здоров'я та екологічної безпеки України (XX марзєєвські читання)»* (Vol. 24, pp. 47-48). К.: Інтердрук.
7. Sipakov, R., Trofimovich, V., Voloshkina, O., & Berezniatskaya, Y. (2018). Assessment and forecast for the creation of photochemical smog over transport overpasses in Kyiv. *Екологічна безпека та природокористування*, 25(1), 44-51.
8. Nekos, A. N., Medvedeva, Y. V., & Cherkashyna, N. I. (2019). Assessment of environmental risks from atmospheric air pollution in industrially developed regions of Ukraine. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 28(3), 511-518. <https://doi.org/10.15421/111947>
9. Chiusolo, M., Cadum, E., Stafoggia, M., Galassi, C., et al. (2011). Short-term effects of nitrogen dioxide on mortality and susceptibility factors in 10 Italian cities: The EpiAir study. *Environmental Health Perspectives*, 119(9), 1233-1238. <https://doi.org/10.1289/ehp.1002904>
10. Власик, Л. І., & Власик, Л. Й. (2017). Шляхи реалізації в Україні ініціатив ВООЗ щодо профілактики неінфекційних захворювань, обумовлених забрудненням повітря. *Актуальні проблеми транспортної медицини*, (1), 44-51.
11. Popov, O., Iatsyshyn, A., Kovach, V., et al. (2020). Risk assessment for the population of Kyiv, Ukraine as a result of atmospheric air pollution. *Journal of Health and Pollution*, 10(25). <https://doi.org/10.5696/2156-9614-10.25.200303>
12. Mannucci, P. M., & Franchini, M. (2017). Health effects of ambient air pollution in developing countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(9), 1048. <https://doi.org/10.3390/ijerph14091048>

13. Singh, D. P., Gadi, R., Mandal, T. K., Saud, T., Saxena, M., & Sharma, S. K. (2013). Emissions estimates of PAH from biomass fuels used in rural sector of Indo-Gangetic Plains of India. *Atmospheric Environment*, 68, 120-126. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.11.042>
14. Spiegel, J., & Maystre, L. Y. (2020). Environmental pollution control, part VII – the environment, Chapter 55. *Encyclopedia of Occupational Health and Safety*.
15. Moore, F. C. (2009). Climate change and air pollution: Exploring the synergies and potential for mitigation in industrializing countries. *Sustainability*, 1(1), 43-54. <https://doi.org/10.3390/su1010043>
16. Yousefi, H., Lak, E., Mohammadi, M. J., & Shahriyari, H. A. (2022). Carcinogenic risk assessment among children and adults due to exposure to toxic air pollutants. *Environmental Science and Pollution Research International*, 29(16), 23015–23025. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17300-0>
17. Popov, O., Iatsyshyn, A., Kovach, V., Artemchuk, V., Kameneva, I., Taraduda, D., Sobyna, V., Sokolov, D., Dement, M., & Yatsyshyn, T. (2020). Risk assessment for the population of Kyiv, Ukraine as a result of atmospheric air pollution. *Journal of Health & Pollution*, 10(25), 200303. <https://doi.org/10.5696/2156-9614-10.25.200303>
18. Kenessary, D., Kenessary, A., Adilgireiuly, Z., Akzholova, N., Erzhanova, A., Dosmukhametov, A., Syzdykov, D., Masoud, A. R., & Saliev, T. (2019). Air pollution in Kazakhstan and its health risk assessment. *Annals of Global Health*, 85(1), 133. <https://doi.org/10.5334/aogh.2535>
19. Bidoli, E., Pappagallo, M., Birri, S., Frova, L., Zanier, L., & Serraino, D. (2016). Residential proximity to major roadways and lung cancer mortality, Italy, 1990-2010: An observational study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(2), 191. <https://doi.org/10.3390/ijerph13020191>
20. Tamayo-Uria, I., Boldo, E., García-Pérez, J., Gómez-Barroso, D., Romaguera, E. P., Cirach, M., & Ramis, R. (2018). Childhood leukaemia risk and residential proximity to busy roads. *Environment International*, 121(Pt 1), 332–339. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.08.056>
21. Оцінювання інгредієнтного і параметричного забруднення придорожного середовища системою «транспортний потік – дорога». (2011). *Методичні рекомендації* М 218-02070915-694:2011.
22. Оцінка канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я населення від хімічного забруднення атмосферного повітря. (2023). *Методичні рекомендації* МР 22.12-142-2007. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1811282-23#Text>
23. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Черкаській області у 2023 році. (2024). Черкаси: Управління екології та природних ресурсів Черкаської обласної державної адміністрації.

Стаття надійшла до редакції 12.06.2025 і прийнята до друку після рецензування 27.08.2025

REFERENCES

1. Закон Ukrainy. (n.d.). Pro Stratehiyu stalogo rozvytku Ukrainy do 2030 roku. Retrieved from <https://ips.ligazakon.net/document/JH6YF00A?an=332>
2. Закон Ukrainy. (n.d.). Pro Osnovni zasady (stratehiyu) derzhavnoyi ekolohichnoyi polityky Ukrainy na period do 2030 roku. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>
3. Nekos, A. N., & Kravchenko, O. K. (2012). Otsinka stanu ta dynamyky zabrudnennya atmosferного povitrya malykh myst Kharkivskoyi oblasti. *Lyudyna ta dovkillya. Problemy neoekolohiyi*, 1(2), 122-127.
4. Tarasova, V. V. (2013). Vplyv zabrudnennya atmosferного povitrya na stan zdorov'ja naselennja. *Ahrosvit*, 1(6), 24-26.

5. Chernychenko, I. O., Lytvychenko, O. M., Babij, V. F., Kondratenko, O. Je., & Hlavachek, D. O. (2023). Khimichni kanceroheny u navkolyshnomu seredovyschi Ukrainy: ryzyk dlya naselennya, shlyakhy poperedzhennya, udoskonalennya higienichnogo rehlamentuvannya. *Dovkillya ta zdorov'ya*, 3(108), 4-11.
6. Mokiienko, A. V., & Hushchuk, I. V. (2024). Shchodo vyznachennya determinant zdorov'ya. In N. S. Pol'ka (Ed.), *Zb. tez dop. naukovo-praktychnoji konferencii z mizhnarodnoyu uchastyu "Aktual'ni pytannja hromad'koho zdorov'ya ta ekolohichnoji bezpeky Ukrainy (XX marz'yevs'ki chytannja)* (Vol. 24, pp. 47-48). K.: Interdruk.
7. Sipakov, R., Trofimovich, V., Voloshkina, O., & Bereznitskaya, Y. (2018). Assessment and forecast for the creation of photochemical smog over transport overpasses in Kyiv. *Екологічна безпека та природокористування*, 25(1), 44-51.
8. Nekos, A. N., Medvedeva, Y. V., & Cherkashyna, N. I. (2019). Assessment of environmental risks from atmospheric air pollution in industrially developed regions of Ukraine. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 28(3), 511-518. <https://doi.org/10.15421/111947>
9. Chiusolo, M., Cadum, E., Stafoggia, M., Galassi, C., et al. (2011). Short-term effects of nitrogen dioxide on mortality and susceptibility factors in 10 Italian cities: The EpiAir study. *Environmental Health Perspectives*, 119(9), 1233–1238. <https://doi.org/10.1289/ehp.1002904>
10. Vlasik, L. I., & Vlasik, L. J. (2017). Shlyakhy realizacii v Ukraini inicijativ VOOZ shchodo profilaktyky neinfekcijnykh zakhvoryuvan', obumovlenykh zabruzdnennjam povitr'ya. *Aktual'ni problemy transportnoji medycyny*, (1), 44-51.
11. Popov, O., Iatsyshyn, A., Kovach, V., Artemchuk, V., Kameneva, I., Taraduda, D., & Yatsyshyn, T. (2020). Risk assessment for the population of Kyiv, Ukraine as a result of atmospheric air pollution. *Journal of Health and Pollution*, 10(25). <https://doi.org/10.5696/2156-9614-10.25.200303>
12. Mannucci, P. M., & Franchini, M. (2017). Health effects of ambient air pollution in developing countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(9), 1048. <https://doi.org/10.3390/ijerph14091048>
13. Singh, D. P., Gadi, R., Mandal, T. K., Saud, T., Saxena, M., & Sharma, S. K. (2013). Emissions estimates of PAH from biomass fuels used in rural sector of Indo-Gangetic Plains of India. *Atmospheric Environment*, 68, 120-126. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.11.042>
14. Spiegel, J., & Maystre, L. Y. (2020). Environmental pollution control, part VII – the environment, Chapter 55. *Encyclopedia of Occupational Health and Safety*.
15. Moore, F. C. (2009). Climate change and air pollution: Exploring the synergies and potential for mitigation in industrializing countries. *Sustainability*, 1(1), 43-54. <https://doi.org/10.3390/su1010043>
16. Yousefi, H., Lak, E., Mohammadi, M. J., & Shahriyari, H. A. (2022). Carcinogenic risk assessment among children and adults due to exposure to toxic air pollutants. *Environmental Science and Pollution Research International*, 29(16), 23015–23025. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17300-0>
17. Popov, O., Iatsyshyn, A., Kovach, V., Artemchuk, V., Kameneva, I., Taraduda, D., Sobyna, V., Sokolov, D., Dement, M., & Yatsyshyn, T. (2020). Risk assessment for the population of Kyiv, Ukraine as a result of atmospheric air pollution. *Journal of Health & Pollution*, 10(25), 200303. <https://doi.org/10.5696/2156-9614-10.25.200303>
18. Kenessary, D., Kenessary, A., Adilgireiuly, Z., Akzholova, N., Erzhanova, A., Dosmukhametov, A., Syzdykov, D., Masoud, A. R., & Saliev, T. (2019). Air pollution in Kazakhstan and its health risk assessment. *Annals of Global Health*, 85(1), 133. <https://doi.org/10.5334/aogh.2535>
19. Bidoli, E., Pappagallo, M., Birri, S., Frova, L., Zanier, L., & Serraino, D. (2016). Residential proximity to major roadways and lung cancer mortality, Italy, 1990-2010: An observational study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(2), 191. <https://doi.org/10.3390/ijerph13020191>

20. Tamayo-Uria, I., Boldo, E., García-Pérez, J., Gómez-Barroso, D., Romaguera, E. P., Cirach, M., & Ramis, R. (2018). Childhood leukaemia risk and residential proximity to busy roads. *Environment International*, 121(Pt 1), 332–339. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.08.056>
21. Otsinyuvannya ingradientnoho i parametrychnoho zabruzdnennya prydozhnoho seredovyschya systemoyu "transportnyj potik – doroha". (2011). Metodichni rekomendatsii M 218-02070915-694:2011.
22. Otsinka kancerohennogo ta nekancerohennogo ryzyku dlya zdorov'ya naselennya vid khimichnogo zabruzdnennya atmosferного повітря. (2023). Metodichni rekomendatsii MR 22.12-142-2007. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1811282-23#Text>
23. Rehional'na dopovid' pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha v Cherkaskii oblasti u 2023 roci. (2024). Cherkasy: Upravlinnya ekolohii ta pryrodnykh resursiv Cherkaskoyi oblasnoyi derzhavnoi administratsii.

The article was received 12.06.2025 and was accepted after revision 27.08.2025

Жицька Людмила Іванівна

кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри екології, Черкаський державний технологічний університет

Адреса робоча: бульвар Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4013-7936> **e-mail:** zhytska_lyudmila@ukr.net

Сгорова Оксана В'ячеславівна

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри екології, Черкаський державний технологічний університет

Адреса робоча: бульвар Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7801-5582> **e-mail:** ok.yehorova@chdtu.edu.ua

Хоменко Олена Михайлівна

кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри екології, Черкаський державний технологічний університет

Адреса робоча: бульвар Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9329-0577> **e-mail:** o.khomenko@chdtu.edu.ua

Бондаренко Юрій Григорович

кандидат медичних наук, доцент, Державна установа «Черкаський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України»

Адреса робоча: вул. Волкова, 3, м. Черкаси, 18005, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6608-277X>