

ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ: ВПЛИВ НА СТАН ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

КОНТЕКСТ ВІЙНИ

Брошура підготовлена за фінансової підтримки Європейського Союзу.
Її зміст є виключною відповідальністю ГС “Досить труїти Кривий Ріг”
і не обов'язково відображає позицію Європейського Союзу



← ПРОЕКТ ФІНАНСУЄТЬСЯ ЄВРОПЕЙСЬКИМ СОЮЗОМ



**ДОСИТЬ ТРУЇТИ
КРИВИЙ РІГ!**

ГС “Досить труїти Кривий Ріг”
Кривий Ріг, 2023

Ця брошура об'єднує інформацію про вплив забруднюючих речовин в атмосферному повітрі на стан здоров'я людини. У матеріалах наведений огляд відомостей про санітарно-токсикологічний вплив дрібнодисперсного пилу (PM_{2.5} та PM₁₀), азоту діоксиду (NO₂), приземного озону (O₃), сірчистого ангідриду (SO₂), вуглецю оксиду (CO), аміаку (NH₃) та недиференційованих за складом летких органічних сполук (VOC). У тексті цього видання пояснюються механізми впливу та основні довгострокові та короткострокові наслідки забруднення повітря для організму людини. Інформація, викладена у цьому виданні, буде корисною широкому загалу та фахівцям, які дотичні захисту екологічних прав громадян на чисте та безпечне повітря (екологи, еко-активісти, журналісти, правозахисники та інші).

АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ, АЗОТУ ДІОКСИД, АМІАК, ВУГЛЕЦЮ ОКСИД, ГРОМАДСЬКИЙ МОНІТОРИНГ, ДРІБНОДИСПЕРСНИЙ ПИЛ, ЗАБРУДНЕННЯ, ЗДОРОВ'Я, ЛЕТКІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ, ПРИЗЕМНИЙ ОХОН, СІРЧИСТИЙ АНГІДРИД, СМОГ, ЯКОСТІ ПОВІТРЯ

Авторський колектив:

Максим СОРОКА (канд. техн. наук, Ph.D., ГО «Довкола», «Досить труїти Україну», доц. УДУНТ), **Анна АМБРОСОВА** (маг. екології, ГС «Досить труїти Кривий Ріг»), **Діана АМБРОСОВА** (маг. технологій, ГС «Досить труїти Кривий Ріг»), **Юлія БАЙЛЮК** (маг. екології, ГО «Довкола»), **Лідія ТАРАСОВА** (канд. хім. наук, доц. УДУНТ, #ECODIIT), **Юлія ЗЕЛЕНЬКО** (д-р техн. наук, проф. УДУНТ, ГО «Довкола», «Досить труїти Україну»)



Ця публікація видана українською мовою.

Ця публікація поширюється за ліцензією Creative Commons Attribution-NonCommercialShareAlike 3.0 International (CC BY-NC-SA 3.0, IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo>). Відповідно до умов цієї ліцензії, ви можете копіювати, розповсюджувати та адаптувати матеріали цієї публікації для некомерційних цілей без спеціального дозволу правласників за умови обов'язкового та належного цитування твору, включно з посиланням на цитовані джерела даних.

© ГС «ДТКР», 2023

© М. Сорока, А. Амбросова, Д. Амбросова, Ю. Байлюк, 2022 (текст та матеріали досліджень)
Посилання на первинні джерела інформації та інші додаткові атрибуції наведені у виносках по тексту.

Питання, коментарі та пропозиції, що стосуються цієї публікації, просимо надсилати на електронну адресу Громадської спілки «Досить труїти Кривий Ріг» ecodtkr@gmail.com
Розповсюджується безкоштовно.

ЗМІСТ

Забруднення повітря та ризики громадського здоров'я	2-11
Вплив забрудненого повітря на здоров'я населення у надзвичайних умовах війни.....	12-19
PM_{2.5} PM₁₀ Дрібнодисперсний пил.....	20-25
NO₂ Азот діоксиду.....	26-31
SO₂ Сірчистий ангідрид.....	32-36
O₃ Приземний (тропосферний) озон.....	37-41
CO Вуглецю оксид (чадний газ).....	42-46
Додатки	
Шкала повідомлень про якість повітря українського індексу якості повітря.....	48-49
Таблиця порівняння стандартів якості атмосферного повітря.....	50-51

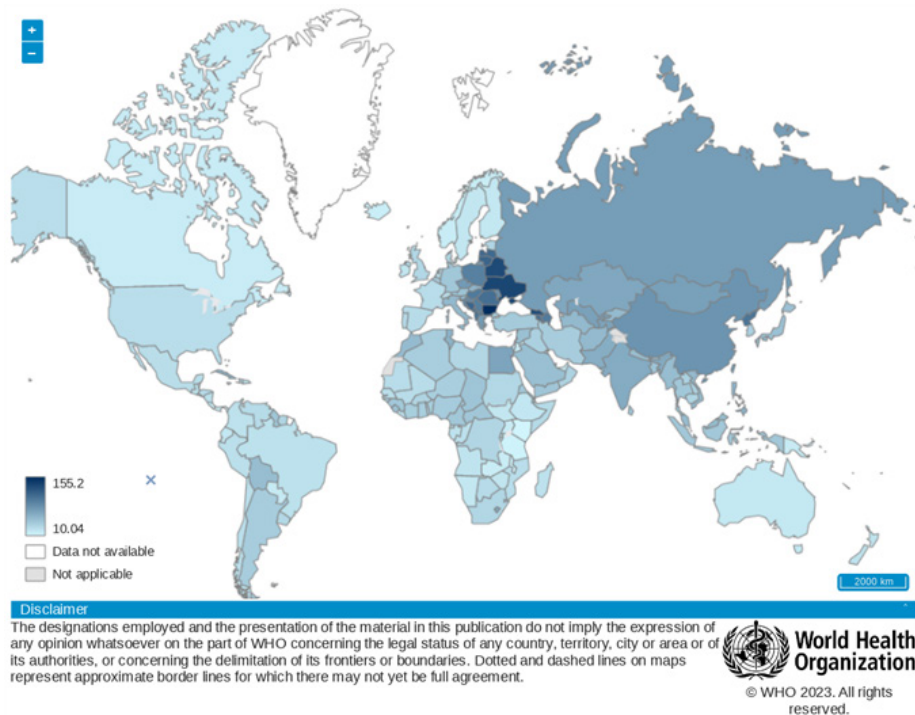


**ДОСИТЬ ТРУЇТИ
КРИВИЙ РІГ!**

2023

ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ТА РИЗИКИ ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я¹

Забруднення атмосферного повітря є основним екологічним ризиком для здоров'я людини. За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ - WHO)² 9 з 10 людей дихають забрудненим повітрям. За оцінками 2019 року в Україні понад 60 тис. передчасних смертей пов'язані та спричинені незадовільною якістю повітря. При цьому рівень передчасної смертності, асоційованої із забрудненням повітря в Україні, склав 136 випадків на 100 тис. населення, з яких 31 – це діти до 15 років (через вторинні причини гострих респіраторних захворювань).



Малюнок 1. Візуалізація оцінок ВООЗ рівня передчасної смертності, пов'язаного та спричиненого забрудненим атмосферним повітрям у перерахунку на 100 тис. населення

Дослідження^{4,5,6} виявили зв'язок між забрудненням повітря та ризиками виникнення раку, хронічних та гострих серцево-судинних і респіраторних захворювань (у тому числі тромбозу судин, астми та алергічних реакцій).

За даними оцінок 2016 року понад 90% населення світу проживало у місцях, в яких не дотримується рівень якості повітря⁷. Оновлені оцінки⁸ 2021 року вказують, що «...99% населення проживає в районах, де рівень забруднення повітря перевищує норми ВООЗ щодо якості повітря, і щороку 4,2 мільйона смертей пояснюються забрудненням навколишнього повітря...». Додатково, до 2,4 мільярда людей використовують забруднене паливо для опалення будинків та приготування їжі, чим провокують до 3,2 мільйона передчасних смертей через «побутове забруднення повітря».

3 жовтня 2018 року ООН у Політичній декларації 3-ї зустрічі високого рівня Генеральної Асамблеї з профілактики неін-

¹Замість вступу

²Global Health Observatory (GHO) data. Air pollution data portal. Ambient air pollution data. WHO. URL: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/air-pollution/ambient-air-pollution> ³Світлина, наведена з довідковою метою для ілюстрації положень, викладених у тексті брошури. Використовується на умовах дотримання принципів академічної доброчесності. Усі права застережені ВООЗ. Першоджерело. URL: [https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/ambient-air-pollution-attributable-death-rate-\(per-100-000-population\)](https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/ambient-air-pollution-attributable-death-rate-(per-100-000-population))

⁴Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO. 2005. URL: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/Eg0038.pdf

⁵WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. WHO. 2021. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/g789240034228>

⁶Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP project: final technical report. WHO/Europe, 2013. URL: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report>

⁷Air pollution. News 02.05.2018. WHO. URL: [https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

⁸Air pollution is responsible for 6.7 million premature deaths every year News release. Geneva. WHO. 2021 URL: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health/health-impacts/types-of-pollutants>

5 ключових неінфекційних захворювань населення	5 ключових факторів ризику для громадського здоров'я
Серцево-судинні захворювання	Тютюнокуріння
Онкологічні захворювання	Вживання алкоголю
Хронічні обструктивні захворювання легень	Нездорове харчування
Діабет	Недостатня фізична активність
Психічні розлади	Забруднене повітря

Таблиця 1. Підхід «5Х5» у попередженні неінфекційних захворювань на глобальному рівні¹¹

фекційних захворювань і боротьби з ними⁹ (2018 р.) переглянули підходи до всебічної оцінки передчасної смертності від хвороб серця, легень, раку і діабету. На високому рівні запроваджений новий підхід «5Х5», який визнав «забруднення повітря» ключовим фактором ризику навколишнього середовища, що прямо впливає на громадське здоров'я населення усєї Землі. У квітні 2022 року Додаток¹⁰ до цієї політичної декларації наголошує на негайній необхідності виконання зобов'язань зі зменшення забруднення атмосферного повітря та виконання настанов ВООЗ у цій галузі.

Забруднене повітря викликає надзвичайну ситуацію у сфері охорони здоров'я уразливих категорій населення. Тягар для здоров'я, спричинений забруднювальними речовинами, тісно пов'язаний з віком, загальним станом здоров'я, осо-

⁹Political Declaration of the 3rd High-Level Meeting of the General Assembly on the Prevention and Control of Non-Communicable Diseases : draft resolution / submitted by the President of the General Assembly. UN. 2018. URL: <https://digitallibrary.un.org/record/1645265#record-files-collapse-header>

¹⁰Follow-up to the political declaration of the third high-level meeting of the General Assembly on the prevention and control of non-communicable diseases. WHO. A75/10 Add.8. 27 April 2022. URL: https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA75/A75_10Add8-en.pdf

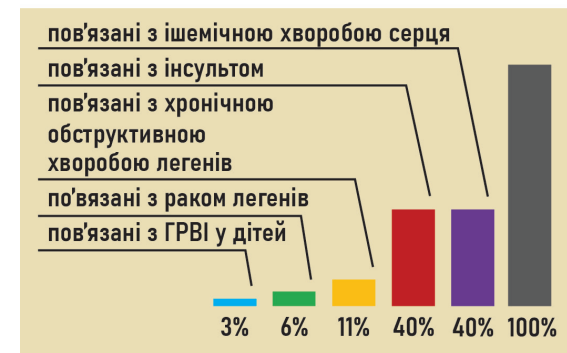
¹¹Political Declaration of the 3rd High-Level Meeting of the General Assembly on the Prevention and Control of Non-Communicable Diseases : draft resolution / submitted by the President of the General Assembly. UN. 2018. URL: <https://digitallibrary.un.org/record/1645265#record-files-collapse-header>

бливостями професійної діяльності та часом перебування на відкритому повітрі. Експерти WHO¹² зазначають, що передчасні смерті, спричинені забрудненням атмосферного повітря, пов'язані з ішемічною хворобою серця (40% смертей), інсультом (40% смертей), хронічною обструктивною хворобою легень (11% смертей), раком легень (6% смертей), ГРВІ у дітей (приблизно 3% смертей).

Слід зазначити, що ці хвороби входять до переліку ТОП-10 причин смерті людини^{13,14}, – нарівні зі діабетом, туберкульозом та ВІЛ/СНІД. На глобальному рівні 7 із 10 основних причин смерті за оцінками 2019 року – неінфекційні захворювання. При цьому, найбільшу кількість передчасних смертей спричинила ішемічна хвороба серця (16% усіх смертей у світі), а «...інсульт і хронічне обструктивне захворювання легень є другою та третьою основними причинами смерті...» (11% і 6 % від загальної кількості смертей у світі відповідно).

У 2013 року Міжнародне агентство з досліджень раку (IARC) дійшло висновку¹⁵: забруднене атмосферне повітря слід розглядати як канцерогенний фак-

ПЕРЕДЧАСНІ СМЕРТІ, СПРИЧИНЕНІ ЗАБРУДНЕННЯМ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ



¹²Million premature deaths annually linked to air pollution. News release 25.03.2014. GENEVA –WHO. URL: <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en>

¹³The top 10 causes of death. News 24.05.2018. WHO. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>

¹⁴The top 10 causes of death. News 09.12.2020. WHO. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>

¹⁵Air Pollution and Cancer. IARC Scientific Publication No. 161. URL: <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Scientific-Publications/Air-Pollution-And-Cancer-2013>

тор, що пов'язаний зі збільшенням захворюваності на рак легень, сечовивідних шляхів та сечового міхура. При цьому зменшення тільки завислих твердих часток PM10 з 70 до 20 мкг/м3 дозволить скоротити ризик передчасної смерті людей на 15%¹⁶.

Фахівці WHO зазначають, що забруднене повітря обумовлює кожен десятий випадок дитячої смерті у віці до п'яти років¹⁷. Воно чинить підвищений вплив на здоров'я дітей навіть при низьких – безпечних для дорослих – концентраціях. Це пов'язано з тим, що діти більше часу знаходяться на відкритому повітрі у часи пікового забруднення. Тому навіть невеликі дози забруднювальних речовин мають значний вплив на імунну систему, легені та мозок, які у дитини лише розвиваються. Сучасні дослідження¹⁸ свідчать, що забруднене повітря посилює та ускладнює випадки гострих респіраторних інфекційних захворювань – а це є другою за поширеністю причиною смерті дітей у віці до п'яти років. Також, якість повітря має чіткий зв'язок із поширеністю у дітей хронічного дефіциту легень, діабету, ракових новоутворень, затримок когнітивного розвитку та розвитку мозку.

Тягар для здоров'я населення формується багатьма чинниками – водою та продуктами харчування, стилем життя, якістю медичних послуг та навіть рівнем статку. Незважаючи на це – атмосферне повітря є природним ресурсом, для якого не існує альтернативи споживання. У нас є можливість свідомого вибору води, їжі, місця проживання та способу

¹⁶WHO challenges world to improve air quality. News release 05.10.2005. GENEVA - WHO. URL: <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2006/pr52/en>

¹⁷More than 90% of the world's children breathe toxic air every day. News release 29.10.2018. Geneva - WHO. URL: <https://www.who.int/news-room/detail/29-10-2018-more-than-90-of-the-world%E2%80%99s-children-breathe-toxic-air-every-day>

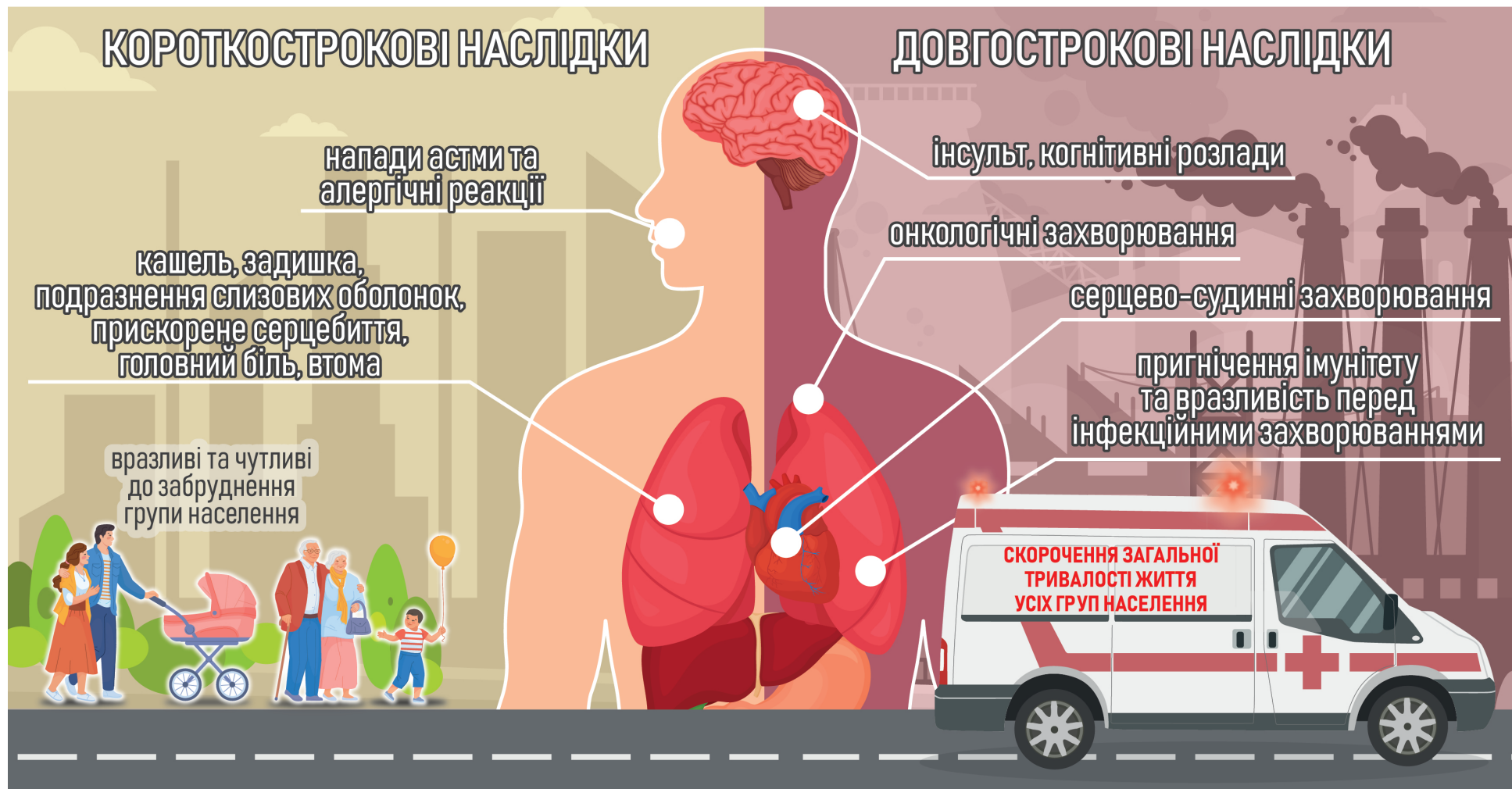
¹⁸Inheriting a sustainable world: Atlas on children's health and the environment. 2017. WHO. URL: <https://www.who.int/ceh/publications/inheriting-a-sustainable-world/en>

життя. Проте ми не маємо реальної можливості обирати повітря для дихання. У більшості випадків ми дихаємо тим, що є. Саме тому якість атмосферного повітря стала ключовим фактором, який формує безпечність навколишнього середовища. У цьому сенсі розвиток локальних, швидких та об'єктивних систем моніторингу і оповіщення населення про забруднення повітря є першочерговим завданням не лише охорони довкілля, а й охорони здоров'я та благополуччя населення. Необхідно поширювати практики всебічного інформування населення про стан та якість атмосферного повітря. Для здійснення цього завдання громадськість, органи місцевого самоврядування, експертне середовище, бізнес та влада мають працювати разом, аби захистити кожного від шкоди, спричиненої забрудненим повітрям.

Один з перших важливих кроків – пояснити громадянам природу забруднення повітря, його походження та особливості впливу забруднюючих речовин на організм людини. Адже забруднюючі речовини у повітрі мають різноманітні джерела походження – від природних до антропогенних (пов'язаних з діяльністю людини).

Усі громадяни прямо або опосередковано стикаються із забрудненням повітря у повсякденному житті – вдома, під час подорожей, у школі та на роботі. Щоденно виробництво енергії, опалення будинків, промислове виробництво товарів, діяльність транспорту і ведення сільського господарства впливають на якість повітря – викидаючи в атмосферне повітря забруднюючі речовини. Ми маємо розуміти, що забруднення повітря не визнає адміністративних кордонів та може поширюватися (переміщуватися) на великі відстані. Деякі речовини можуть вступати у хімічні реакції одна з одною у повітрі, створюючи вторинне забруднення. Яскравий приклад цього явища – це фотохімічний смог, який утворюється у містах під впливом азоту діоксиду та летких органічних сполуки.

ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ: НАСЛІДКИ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я



ДОСИТЬ ТРУІТИ КРИВИЙ РІГ!

Інфографіка підготовлена за фінансової підтримки Європейського Союзу. Її зміст є виключною відповідальністю ГС «Досить труїти Кривий Ріг» і не обов'язково відображає позицію Європейського Союзу.

Категорії якості повітря згідно UAQI

■ Добра якість повітря	■ Дуже погана якість повітря
■ Задовільна якість повітря	■ Надзвичайно погана якість повітря
■ Якість повітря несприятлива для чутливих до забруднення повітря груп населення	■ Якість повітря тимчасово невідома, причини технічного характеру
■ Погана якість повітря	■ Якість повітря невідома, моніторинг не здійснюється



© ГС «Досить труїти Кривий Ріг» 2023р.

Малюнок 2. Короткострокові та довгострокові впливи забрудненого повітря на громадське здоров'я

ЧИСТЕ ТА БЕЗПЕЧНЕ ПОВІТРЯ - ЦЕ СПІЛЬНА ЦІННІСТЬ ТА ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ!



У загальному випадку людина може обрати якість їжі, води та місця проживання, проте вимушена дихати тим повітрям, яке є. Повітря - це останній природний ресурс, безкоштовний для кожного.

Малюнок 3. Чисте повітря як спільна цінність та відповідальність

Вплив забрудненого повітря на громадське здоров'я залежить не тільки від хімічних властивостей речовин, а й від їх кількості (концентрації) у повітрі та тривалості дії (експозиції) на організм людини. Наприклад, в деяких локаціях міста (поблизу автострад та промислових підприємств, спальних установок або інших джерел) спостерігається більша концентрація забруднюючих речовин.

Довготривалий (постійний, щоденний) вплив високих концентрацій забруднюючих речовин швидше та імовірніше призводить до негативних наслідків для здоров'я людини. Тим більше варто пам'ятати: деякі категорії населення є чутливими та вразливими до довготривалої дії і меншої концентрації забруднюючих речовин у повітрі. Наслідки для здоров'я для цих груп громадян спостерігаються частіше та у більш вираженій формі.

Саме тому у наступних розділах ми детально розглянемо ризики короткострокової та довготривалої дії найбільш

поширених забруднюючих речовин, моніторинг вмісту яких виконують державні та громадські системи.

ВПЛИВ ЗАБРУДНЕНОГО ПОВІТРЯ НА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ У НАДЗВИЧАЙНИХ УМОВАХ ВІЙНИ

Вплив забрудненого повітря на здоров'я населення у мирний час оцінюють за переліком «традиційних» забруднюючих речовин, які є індикаторами забруднення довкілля від антропогенної діяльності. У загальній практиці Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ / WHO^{19,20,21}) для оцінки впливу аналізують вміст у повітрі таких забруднюючих речовин: зважені у повітрі тверді частки дрібнодисперсного пилу (PM₁₀ та PM_{2.5}), приземний озон (O₃), сірчаний ангідрид (SO₂), вуглецю оксид (CO), азоту оксиди (NO_x) та сполуки важких металів кадмію (Cd), свинцю (Pb), ртуті (Hg), арсену (As), хрому VI (Cr (VI)) та ніколу (Ni)). Європейська практика^{22,23}, додатково аналізує вплив від забруднення бензолом (C₆H₆) та бензо(а)піреном (C₂₀H₁₂).

Під час надзвичайних ситуацій та воєнних дій відбувається значне локальне забруднення атмосферного повітря. Ці викиди забруднюючих речовин важко зафіксувати інструментальними методами, а непрямі методи оцінювання є

¹⁹Ambient (outdoor) air pollution. URL: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

²⁰Health Risks of Air Pollution in Europe – HRAPIE : Technical Report. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe, 2014. 65 p. URL: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/238956/Health_risks_air_pollution_HRAPIE_project.pdf

²¹1998 Protocol on Heavy Metals, as amended on 13 December 2012. URL: https://unece.org/DAM/env/documents/2012/EB/ECE.EB.AIR.115_ENG.pdf

²²Directive 2004/107/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2004/107/oj>

²³Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:32008L0050>

²⁴Зафіксовані події. Інформація зі зведених результатів діяльності оперативного штабу. Державна екологічна інспекція України. Київ. 2022. URL: <https://www.dei.gov.ua/posts/2226>

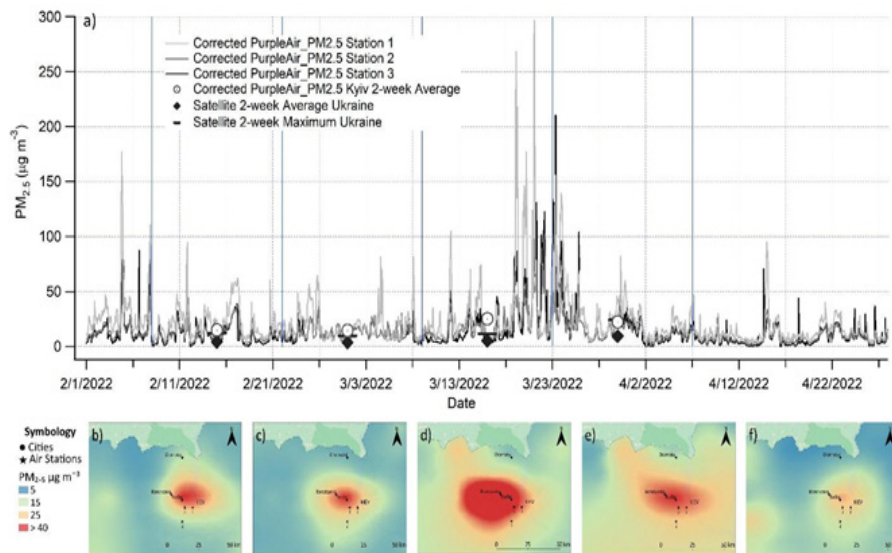
неефективними через швидке розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі. Аналіз виявлених у 2022 році випадків свідчить²⁴, що джерелом різноманітних забруднюючих речовин є:

- вибухи та руйнування на об'єктах промисловості, енергетичної інфраструктури та транспорту;
- пошкодження складів ПММ, нафто- та газопроводів;
- вибухи снарядів та іншого озброєння;
- контрольоване та неконтрольоване спалювання палива технікою;
- пожежі усіх типів у природних екосистемах, житлових приміщеннях, об'єктах промисловості та інфраструктури.

Додатково, надзвичайні ситуації та воєнні дії створюють викиди з непрямих джерел. Вони виникають внаслідок розбирання завалів, відновлювальних робіт, додаткового транспортування матеріалів або перевиробництва.

Сучасні дослідження²⁵ виявили вплив військових дій на забруднення атмосферного повітря в Україні у 2022 році. Дослідники доходять висновку, що різке збільшення забруднення (особливо дрібнодисперсного пилу фракції PM_{2.5}) через бомбардування та будівельні пожежі у довгостроковій перспективі спричинить додаткові проблеми зі здоров'ям, що може мати серйозні наслідки для населення. Наприклад (рис. 4) під час активних воєнних дій на території агломерації міста Київ відбувалося значне забруднення повітря дрібнодисперсним пилом. Під час активних обстрілів та особливо у нічний період вміст пилу PM_{2.5} перевищував 100 мкг/м³, що значно перевищує граничні рекомендації ВООЗ. Отримані залежності дослідники

²⁵Zalakeviciute R, Mejia D, Alvarez H, Bermeo X, Bonilla-Bedoya S, Rybarczyk Y, Lamb B. War Impact on Air Quality in Ukraine. Sustainability. 2022; 14(21):13832. <https://doi.org/10.3390/su142113832>



Малюнок 4. Динаміка зміни вмісту дрібнодисперсного пилу у повітрі агломерації м. Київ під час активних воєнних дій на півночі України (лютий-квітень 2022 року)²⁸

порівнюють з результатами впливу на довкілля під час війни в Перській затоці 1991 року²⁶, коли вміст у повітрі дрібнодисперсного пилу PM_{10} збільшився у 1,5 – 3 рази через спалювання нафтових родовищ та іншу військову діяльність²⁷.

Дослідники наголошують, що необхідно першочергово оцінювати короткострокові наслідки воєнних дій на якість повітря, проте фокусуватися на довгостроковому впливі. Наприклад, значний довгостроковий вплив на якість довкілля та громадське здоров'я має забруднення:

²⁶White, R.H.; Stineman, C.H.; Symons, J.M.; Breyse, P.N.; Kim, S.R.; Bell, M.L.; Samet, J.M. Premature Mortality in the Kingdom of Saudi Arabia Associated with Particulate Matter Air Pollution from the 1991 Gulf War. *Hum. Ecol. Risk Assess.* 2008, 14, 645–664

²⁷El-Shobokshy, M.S.; Al-Saedi, Y.G. The impact of the gulf war on the Arabian environment—I. Particulate pollution and reduction of solar irradiance. *Atmos. Environ. Part A Gen. Top.* 1993, 27, 95–108.

²⁸Наведена цитата для демонстрації основних положень дослідження, з освітньою метою. Figure 4. Zalakeviciute R, Mejia D, Alvarez H, Bermeo X, Bonilla-Bedoya S, Rybarczyk Y, Lamb B. War Impact on Air Quality in Ukraine. *Sustainability.* 2022; 14(21):13832. <https://doi.org/10.3390/su142113832>

– сполуками важких металів, які містяться у запалювальних сумішах та вибухівці;

– будівельним пилом, що містить азбест, який надходить до повітря під час руйнування будівельних конструкцій та розчищення завалів;

– поліциклічними ароматичними вуглеводнями, поліхлорованими біфенілами (ПХБ), фуранами та діоксинами, що виділяються під час пожеж полімерних матеріалів.

Проте потенційні викиди під час надзвичайних ситуацій²⁹ та воєнних дій відрізняються від промислових викидів мирної доби. Наприклад, у практиці Державної служби України з надзвичайних ситуацій виконують оцінку понад 25 хімічної небезпечних речовин, які потенційно можуть забруднювати атмосферне повітря під час надзвичайних ситуацій техногенного або іншого характеру. Серед цих речовин – хлор (Cl_2), аміак (NH_3), SO_2 , сірководень (H_2S), сірковуглець (CS_2), соляна кислота (HCl), хлорпикрин (CCl_2NO_2), формальдегід (CH_2O); та 20 – додаткових: анілін (C_6H_7N), вініл хлористий (C_2H_3Cl), водень фтористий (HF), водень ціаністий (HCN), дивініл або бутадієн (C_4H_6), диметиламін (C_2H_7N), етилен (C_2H_4), хлорангідрид ($R-COCl$), етилмеркаптан (C_2H_6S), етилхлорангідрид ($C_4H_4Cl_2O_3$), метиламін (CH_3NH_2), метилхлористий (CH_3Cl), нітрил акрилової кислоти (C_3H_3N), нітробензол ($C_6H_5NO_2$), оксид етілену (C_2H_4O), окисли азоту ($NxOy$), олеум або сірчана кислота (H_2SO_4), стирол (C_8H_8), тетраетилсвинець ($C_8H_{20}Pb$), фурфурол ($C_5H_4O_2$).

Найбільш потужними за кількістю викидів та небезпечними за токсичною дією на громадське здоров'я є вибухи на об'єктах промисловості та численні пожежі (природних екосистем, техніки, об'єктів промисловості та житлового фон-

²⁹Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті (Методика МНС, зареєстрована в Міністерстві юстиції України 10 квітня

ду тощо). Ці події призводять до забруднення атмосферного повітря широким спектром токсичних та канцерогенних речовин. Наприклад³⁰, пожежі на складах ПММ призводять до забруднення атмосфери сполуками азоту (NO_x), вуглецю оксиду (CO), сірки діоксиду (SO₂), неметанових летких органічних сполук (NMVOCs), важких металів, бензо(а)пірену (C₂₀H₁₂), твердих часток дрібнодисперсного пилу (PM₁₀ та PM_{2.5}) та «чорного вуглецю». Аналіз випадку воєнних дій у Перській затоці³¹ продемонстрував поширення цих забруднюючих речовин на значні відстані від місць пожежі. Результати цих досліджень показали, що до атмосферного повітря потрапляють нетипові забруднюючі речовини: натрій (Na), алюміній (Al), сірка (S), хлор (Cl), сполуки сірки (SO_x, SH_x, CXHYS), леткі органічні сполуки (VOC), стійкі органічні поліциклічні забруднюючі речовини (PHCs), дрібнодисперсний пил усіх фракцій та бензо(а)пірен (C₂₀H₁₂). Це забруднення безумовно посилює тягар для громадського здоров'я населення, яке проживає на території активних воєнних дій.

Спалювання палива військовою та цивільною технікою призводить до потрапляння в атмосферне повітря надлишкової кількості^{32,33,34}, у сполук азоту (NO_x), вуглецю оксиду (CO), сірки діоксиду (SO₂), неметанових летких органічних

³⁰Venting and flaring 2019. European Environmental Agency. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-b-fugitives/1-b-2-c-venting/view>

³¹Development of emissions inventory methods for Wildland Fire. EPA Final Report. EPA Contract No. 68-D-98-046. 2002. URL: https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-10/documents/development_of_emissions_inventory_methods_for_wildland_fire.pdf

³²Road transport 2019. European Environmental Agency. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-b-i/view>

³³Aviation 2019. European Environmental Agency. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-a-aviation/view>

³⁴Navigation (shipping) 2019. European Environmental Agency. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-d-navigation/view>

сполук (NMVOCs, включно з фенолом), важких металів, бензо(а)пірену (C₂₀H₁₂), аміаку (NH₃), твердих часток дрібнодисперсного пилу (PM₁₀ і PM_{2.5}), «чорного вуглецю» та сажі, стійких поліциклічних органічних забруднювачів та альдегідів (переважно акролеїну та формальдегіду).

Аналогічні викиди мають пожежі в природних екосистемах³⁵. Швидке та неконтрольоване спалювання великої кількості біомаси в умовах дефіциту кисню призводить до високотоксичних органічних сполук – що є наслідком окислення вуглецю в умовах дефіциту кисню.

Окремої уваги потребують викиди забруднюючих речовин внаслідок вибухів снарядів та інших видів військового озброєння (міни, ракети та бомби)³⁶. Для ініціації вибухової хімічної реакції поширене використання азиду свинцю (Pb(N₃)₂), стифнату свинцю (C₆H₁₁N₃O₈Pb), свинцю нітрорезорцину (C₁₂H₈N₂O₈Pb), стафнату барію та інших. Усі ці речовини містять сполуки важких металів, які забруднюють довкілля після вибуху. Оскільки використання важких металів у зброї зросло після Другої світової війни, кожен збройний конфлікт додає велику кількість забруднення довкілля сполуками свинцю та ртуті (Pb, Hg) у результаті вибухів³⁷. Додатково, воєнні дії призводять до забруднення усіх компонентів довкілля сполуками важких металів цинку, міді, ніколу, свинцю та хрому (Zn, Cu, Ni, Pb і Cr)³⁸, які використовуються для виробництва боєкомплекту, а також барію, стібіуму та бору (Ba, Sb і B), що є компонентами вибухового заряду³⁹.

³⁵Forest fires 2019. European Environmental Agency. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/11-natural-sources/11-b-forest-fires/view>

³⁶Sadiq, Muhammad, and John Charles McCain, eds. The Gulf War aftermath: an environmental tragedy. Vol. 4. Springer Science & Business Media, 1993

³⁷Gębka, K.; Bętdowski, J.; Bętdowska, M. The impact of military activities on the concentration of mercury in soils of military training grounds and marine sediments. Environ. Sci. Pollut. Res. Int. 2016, 23, 23103–23113.

³⁸Audino, M.J. Use of Electroplated Chromium in Gun Barrels; DoD Metal Finishing Workshop: Washington, DC, USA, 2006

Дослідження Програми ООН⁴⁰ виявило, що понад 2 млрд людей по всьому світу постраждали від катастроф та воєнних конфліктів з 2000 року. У правовій площині існують встановлені міжнародні норми та правила захисту довкілля під час збройних конфліктів⁴¹. Проте у реальних умовах, ці правила є формальними та не виконуються. Це неминуче призводить до прямих втрат життів – а також до довготривалих втрат здоров'я населення, спричиненого забрудненням та знищенням довкілля на локальному рівні. Зараз, під час активного загострення та війни в Україні неможливо об'єктивно оцінити фактичний вплив забруднення компонентів довкілля на здоров'я населення. **Досвід⁴² свідчить, що навіть через роки після закінчення війни важко оцінити фактичний вплив на довкілля та наслідки для громадського здоров'я.**

Розглядаючи війну, окрім небачених втрат людей і величезних економічних втрат, існує величезна стурбованість навколишнім середовищем і здоров'ям людей тих, хто не бере безпосередньої участі у бойових діях. Деякі з цих наслідків забруднення є короточасними, тоді як інші зберігаються протягом тривалого часу. Викиди токсичних речовин від воєнних дій та руйнувань є причиною забруднення не тільки атмосферного повітря, а також водних ресурсів, ґрунту. Таким чином, постійне забруднення довкілля Украї-

ни токсичними сполуками та забруднюючими речовинами безсумнівно, матиме довгострокові наслідки для здоров'я людей і навколишнього середовища.

Незважаючи на це, необхідно досліджувати усі факти забруднення, спричинені воєнними діями в Україні, а також поширювати серед населення інформацію про короткострокові та довгострокові наслідки такого забруднення. З цією метою у наступних розділах ми детально розглянемо вплив поширених забруднюючих речовин на стан здоров'я населення.

³⁹Kara, I.; Lisesivdin, S.B.; Kasap, M.; Er, E.; Uzek, U. The Relationship Between the Surface Morphology and Chemical Composition of Gunshot Residue Particles. *J. Forensic Sci.* 2015, 60, 1030–1033.

⁴⁰UN Environment Programme. UNEP—UN Environment Programme: Report. Protecting the Environment during Armed Conflict: An Inventory and Analysis of International Law. 2022. Available online: <https://www.unep.org/resources/report/protecting-environment-during-armed-conflict-inventory-and-analysis-international>

⁴¹International Committee of the Red Cross. Protection of Natural Environment. Guidelines on Protection of Natural Environment in Armed Conflict. 2022. Available online: <https://www.icrc.org/en/document/guidelines-protection-natural-environment-armed-conflict-rules-and-recommendations-relating>

⁴²White, R.H.; Stineman, C.H.; Symons, J.M.; Breysse, P.N.; Kim, S.R.; Bell, M.L.; Samet, J.M. Premature Mortality in the Kingdom of Saudi Arabia Associated with Particulate Matter Air Pollution from the 1991 Gulf War. *Hum. Ecol. Risk Assess.* 2008, 14, 645–664.

PM_{2.5} PM₁₀ ДРІБНОДИСПЕРСНИЙ ПИЛ

Дрібнодисперсний пил – це завислі у повітрі тверді часточки різної хімічної природи, походження та форми. У загальній практиці цю забруднюючу речовину позначають символами PM_{2.5} або PM₁₀, де «PM» - це акронім від англomовного терміну «Particulate Matter» (українською - тверді часточки), а цифри «2.5» або «10» - це умовний розмір часточок у мікрометрах (1 мкм = 0,000001 м).

Результати багаторічних досліджень^{43,44,45} доводять прямий негативний вплив вмісту в повітрі завислих твердих часточок на стан здоров'я населення як від короткострокової, так і від довгострокової дії. Механізм такого впливу безпосередньо пов'язаний з розміром часточок, походженням та хімічною структурою (реактивністю).

Дрібні частки надходять до нашого організму через органи дихання – вибірково відкладаються та накопичуються у верхніх та нижніх дихальних шляхах (носова порожнина, носоглотка, бронхи та альвеоли легень). Саме тому розмір є першим критерієм санітарно-епідеміологічної безпеки завислих у повітрі твердих часток, які умовно поділяють на декілька груп:

(маркерований список)

- «грубі» часточки PM₁₀ (еквівалентний діаметр часток від 2,5 до 10 мкм);

⁴³Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO. 2005. URL: http://www.euro.who.int/__/data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf

⁴⁴Integrated Science Assessment for Particulate Matter. December 2009 EPA/600/R-08/139F. URL: <https://www.epa.gov/isa/integrated-science-assessment-isa-particulate-matter>

⁴⁵WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. WHO. 2021. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

- «дрібні» часточки PM_{2.5} (еквівалентний діаметр часток до 2,5 мкм);

- «ультра тонкі» часточки PM₁ (еквівалентний діаметр часток менший 1 мкм).

Дрібнодисперсний пил має різноманітне походження. Його природними джерелами є кліматичні, атмосферні та природні явища: пилові бурі, опустелювання територій, виверження вулканів, природні пожежі в екосистемах тощо. Значне антропогенне забруднення пов'язане з діяльністю людини: різноманітні побутові та промислові процеси спалювання, видобутку і переробки корисних копалин, виробництва енергії, металу, будівельних матеріалів та діяльність автотранспорту.

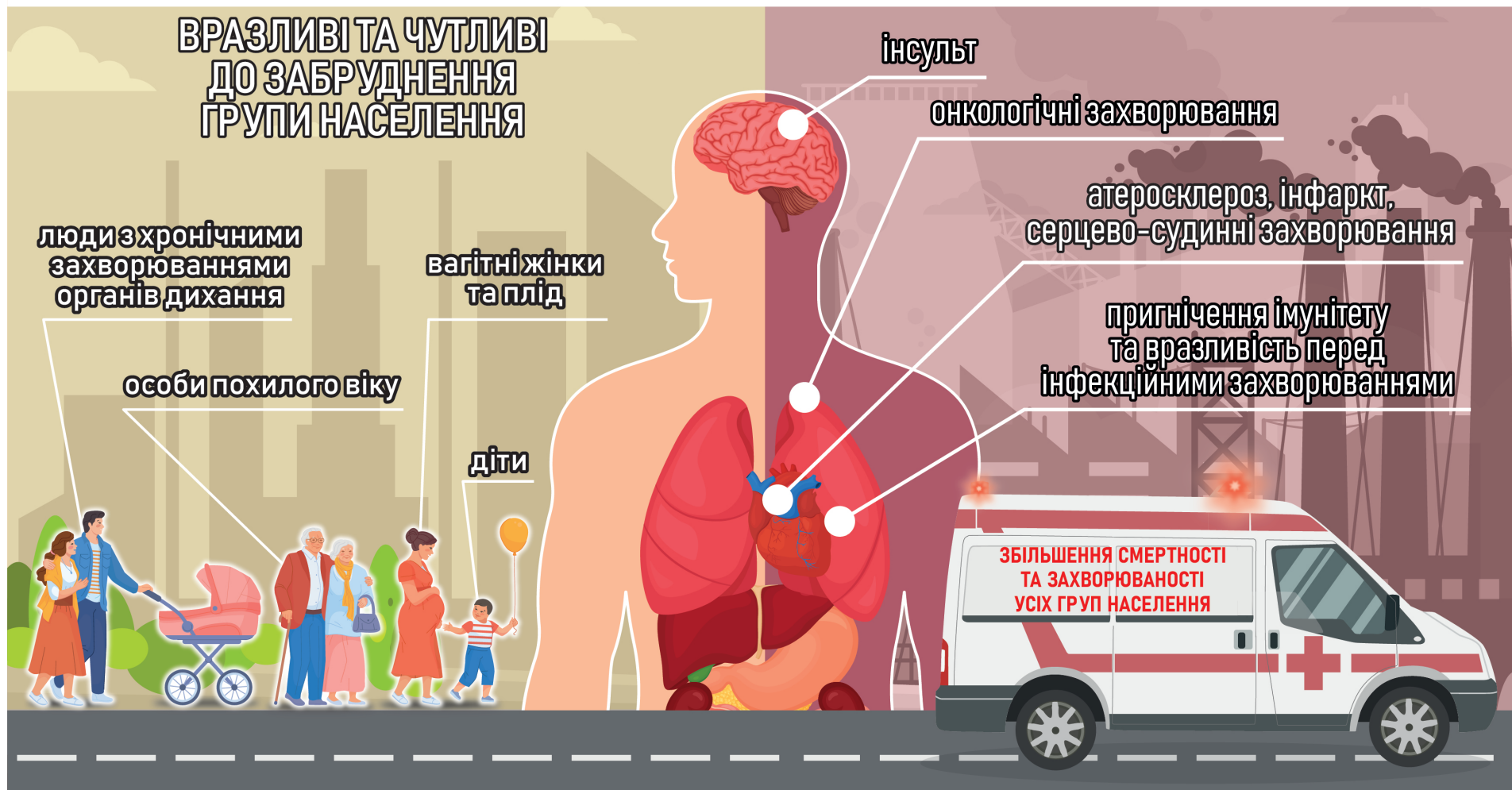
Часточки PM спричиняють велику кількість реакцій в організмі людини, першими з яких є подразнювальних ефект. За довготривалої дії він впливає на серцеву функцію, артеріальний тиск, число серцевих скорочень. Подразнення спільно з фіброгенною дією часток PM призводять до запалення, специфічних аутоімунних реакцій через високу кількість цитокінів⁴⁶, що у свою чергу збільшує чутливість тканин легень до бактеріальних інфекцій⁴⁷. Запалення внаслідок вдихання часточок PM є основним фактором короткострокових та довгострокових наслідків для здоров'я людини.

Найбільш вразливими до дії великих концентрацій дрібнодисперсного пилу є люди з хронічними захворюваннями органів дихання, особи похилого віку, вагітні жінки та плід, а також діти. Додаткова група ризику – особи які займаються активно фізичною діяльністю на відкритому забрудненому повітрі, хворі на етапі реабілітації та люди групи ризику серцево-судинних захворювань.

⁴⁶Brook RD, Brook JR, Rajagopalan S. Air pollution: the "heart" of the problem. Current Hypertension Reports, 2003, 5:32–39

⁴⁷Zanobetti A, Schwartz J, Gold D. Are there sensitive subgroups for the effects of airborne particles? Environmental Health Perspectives, 2000, 108:841–845

ДРІБНОДИСПЕРСНИЙ ПИЛ (PM_{10} , $PM_{2.5}$): НАСЛІДКИ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я



← ПРОЕКТ ФІНАНСУЄТЬСЯ ЄВРОПЕЙСЬКИМ СОЮЗОМ



ДОСИТЬ ТРУЇТИ КРИВИЙ РІГ!

Інфографіка підготовлена за фінансової підтримки Європейського Союзу. Її зміст є виключною відповідальністю ГС «Досить труїти Кривий Ріг» і не обов'язково відображає позицію Європейського Союзу.

Категорії якості повітря згідно УАQІ	PM_{10} концентрація у повітрі, мкг/м ³		$PM_{2.5}$ концентрація у повітрі, мкг/м ³		Категорії якості повітря згідно УАQІ	PM_{10} концентрація у повітрі, мкг/м ³		$PM_{2.5}$ концентрація у повітрі, мкг/м ³	
	0.0	10.0	0.0	20.0		50.0	75.0	100.0	150.0
Добра якість повітря	0.0	10.0	0.0	20.0	Дуже погана якість повітря	50.0	75.0	100.0	150.0
Задовільна якість повітря	10.0	20.0	20.0	40.0	Надзвичайно погана якість повітря	75.0	800.0	150	1200
Якість повітря несприятлива для чутливих до забруднення повітря груп населення	20.0	25.0	40.0	50.0	Якість повітря тимчасово невідома, причому токсичного характеру				
Погана якість повітря	25.0	50.0	50.0	100.0	Якість повітря невідома, моніторинг не здійснюється				

Малюнок 5. Вплив забруднення повітря дрібнодисперсним пилом на громадське здоров'я



Часточки РМ мають токсичну та генотоксичну дію – збільшують канцерогенні ризики⁴⁸, впливають на структуру та цілісність епітеліальних клітин, збільшують ризики утворення тромбів у судинах⁴⁹, посилюють згортання крові та ризики інсульту, інфаркту міокарда⁵⁰ та атеросклерозу⁵¹.

Узагальнення результатів багаторічних досліджень⁵² вказують на зв'язок забруднення атмосферного повітря часточками РМ_{2.5} та РМ₁₀ із захворюваністю, загостреннями та смертністю від хронічної обструктивної хвороби легень, астми та алергічних реакцій, серцево-судинних захворювань, цукрового діабету, інфаркту міокарда, інфекційного та неінфекційного запалення легень, судинної дисфункції, атеросклерозу та раку органів дихання.

Через малий розмір часточки РМ долають біологічні бар'єри організму людини та можуть циркулювати у кровоносній системі. У цьому випадку важливою стає структура часточок РМ та токсична дія їх хімічних складових, а також речовин, які адсорбовані на поверхні цих часточок. Тверді часточки РМ, серед іншого, можуть діяти як каталізатори для хімічних реакцій на їх поверхні⁵³. Таким чином, токсична дія часточок РМ посилюється вмістом інших забруднювальних речовин у повітрі – перехідних та важких металів, продуктів хімічної взаємодії з оксидами сірки, азоту та озonom, поліциклічних органічних сполук, піренів та біфенілів

⁴⁸Karlsson HL, Nygren J, Moller L. Genotoxicity of airborne particulate matter: the role of cell-particle interaction and of substances with adductforming and oxidizing capacity. *Mutation Research*, 2004, 565:1-10

⁴⁹Gilmour PS et al. The procoagulant potential of environmental particles (PM₁₀). *Occupational and Environmental Medicine*, 2005, 62:164-171

⁵⁰Peters A et al. Increased particulate air pollution and the triggering of myocardial infarction. *Circulation*, 2001, 103:2810-2815

⁵¹Kunzli N et al. Ambient air pollution and atherosclerosis in Los Angeles. *Environmental Health Perspectives*, 2005, 113:201-206

⁵²WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. WHO. 2021. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

Забруднююча речовина	Час усереднення	Проміжні цілі ВООЗ				Рекомендований безпечний рівень ВООЗ	
		1	2	3	4	AQG 2021 ⁵⁶	AQG 2005 ⁵⁷
PM _{2.5}	за рік	35	25	15	10	5	10
	за 24 год. ⁵⁸	75	50	37,5	25	15	25
PM ₁₀	за рік	70	50	30	20	15	20
	за 24 год.	150	100	75	50	45	50
PM ₁	ВООЗ не надає оцінок та рекомендацій безпечного рівня вмісту ультра тонких зважених у повітрі часточок						

Таблиця 2. Нормативи вмісту твердих часток РМ_{2.5} та РМ₁₀ у атмосферному повітрі за рекомендаціями WHO-2005 та WHO-2021 (у мкг/м³)

та ін. Усі ці особливості унеможливають чітке визначення «безпечної» концентрації завислих у атмосферному повітрі твердих часточок РМ. Саме тому фахівці WHO зазначають рекомендовані значення (див. табл. 2), які обумовлюють мінімальний ризик для здоров'я населення.

Для оповіщення населення про якість повітря та небезпеку короткострокових або довгострокових наслідків для здоров'я людини використовують стандартизовану шкалу Українського індексу якості повітря UAQI⁵⁴ (див. табл. Додаток 1), складеного на основі Об'єднаного Європейського індексу якості повітря CAQI EEA EU.⁵⁵

⁵³Brown JS, Zeman KL, Bennett WD. Ultrafine particle deposition and clearance in the healthy and obstructed lung. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 2002, 166:1240-1247

⁵⁴Radiation and Smog Alarm. Настанови та принципи оповіщення населення про якість повітря, радіаційну та хімічну небезпеку / під заг. ред. М. Л. Сорока. Прага - Івано-Франківськ: Arnika, 2022. – 58 с. URL: <https://cleanair.org.ua/publication/radiation-and-smog-alarm>

⁵⁵European Air Quality Index. EEA EU. 2022. URL: <https://airindex.eea.europa.eu>

⁵⁶WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. WHO. 2021. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

⁵⁷Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO. 2005. URL: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf

⁵⁸Настанови та рекомендації ВООЗ для усіх дискретних параметрів усереднення за 24 та 8 годин надані з урахуванням 99-ного перцентилію показника. Тобто за рік 3-4 дні перевищення рекомендованого рівня AQG є статистично не значимим

NO₂ АЗОТУ ДІОКСИД

Азот (нітроген) утворює велику кількість різноманітних оксидів. Із позиції забруднення атмосферного повітря та здоров'я населення найбільший інтерес має діоксид азоту NO₂⁵⁹. Це одна з найпоширеніших забруднювальних речовин у повітрі – червонувато-коричневий газ з різким запахом, який за хімічною природою є окисником, погано розчиняється у воді, проте вступає з нею у реакцію з утворенням азотної (нітратної) кислоти. Основним джерелом утворення діоксиду азоту є природні та антропогенні процеси горіння, при цьому «швидкі» механізми утворення діоксиду азоту (механізми Фенімора, Джонса) тісно пов'язані з утворенням ціаністих радикалів.

У загальному випадку цей газ прямо пов'язаний з глобальними змінами клімату, фотохімічним смогом⁶⁰, утворенням озону та вторинних твердих аерозолів PM_{2.5} у приземних шарах атмосфери. У межах міст концентрації діоксиду азоту мають значну часову та просторову мінливість⁶¹. Наприклад, за середньої річної концентрації діоксиду азоту від 20 до 90 мкг/м³ максимум годинного вмісту може перевищувати 1000 мкг/м³⁶².

⁵⁹Position paper on air quality: nitrogen dioxide. November 1997. European Commission Directorate-General XI. URL:https://ec.europa.eu/environment/archives/air/pdf/pp_no2.pdf

⁶⁰Air quality criteria for oxides of nitrogen. Research Triangle Park, NC, US Environmental Protection Agency, 1993 (EPA Report No. EPA/600/8-91/049aF-cF. 3v)

⁶¹Bevington CFP et al. Air quality standards for nitrogen dioxide: economic implications of implementing draft proposal for a council directive – study phase 2. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 1982 (Report No. EUR 8680 EN).

⁶²Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO. 2005. URL: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/78638/Eg0038.pdf

Азоту діоксид та інші окисли нітрогену (у групах NO_x) утворюються під час спалювання або нагрівання до високих температур: азот, який міститься в атмосферному повітрі, вступає в реакцію з киснем повітря, внаслідок чого утворюються різноманітні окисли нітрогену. Природними джерелами азоту діоксиду є пожежі в екосистемах.

Проте основне забруднення повітря цією речовиною пов'язане з діяльністю людини: різноманітні побутові та промислові процеси спалювання, діяльність транспорту (використання двигунів внутрішнього згорання), видобуток та збагачення корисних копалин, виробництво теплової та електричної енергії, металургійне виробництво та інші.

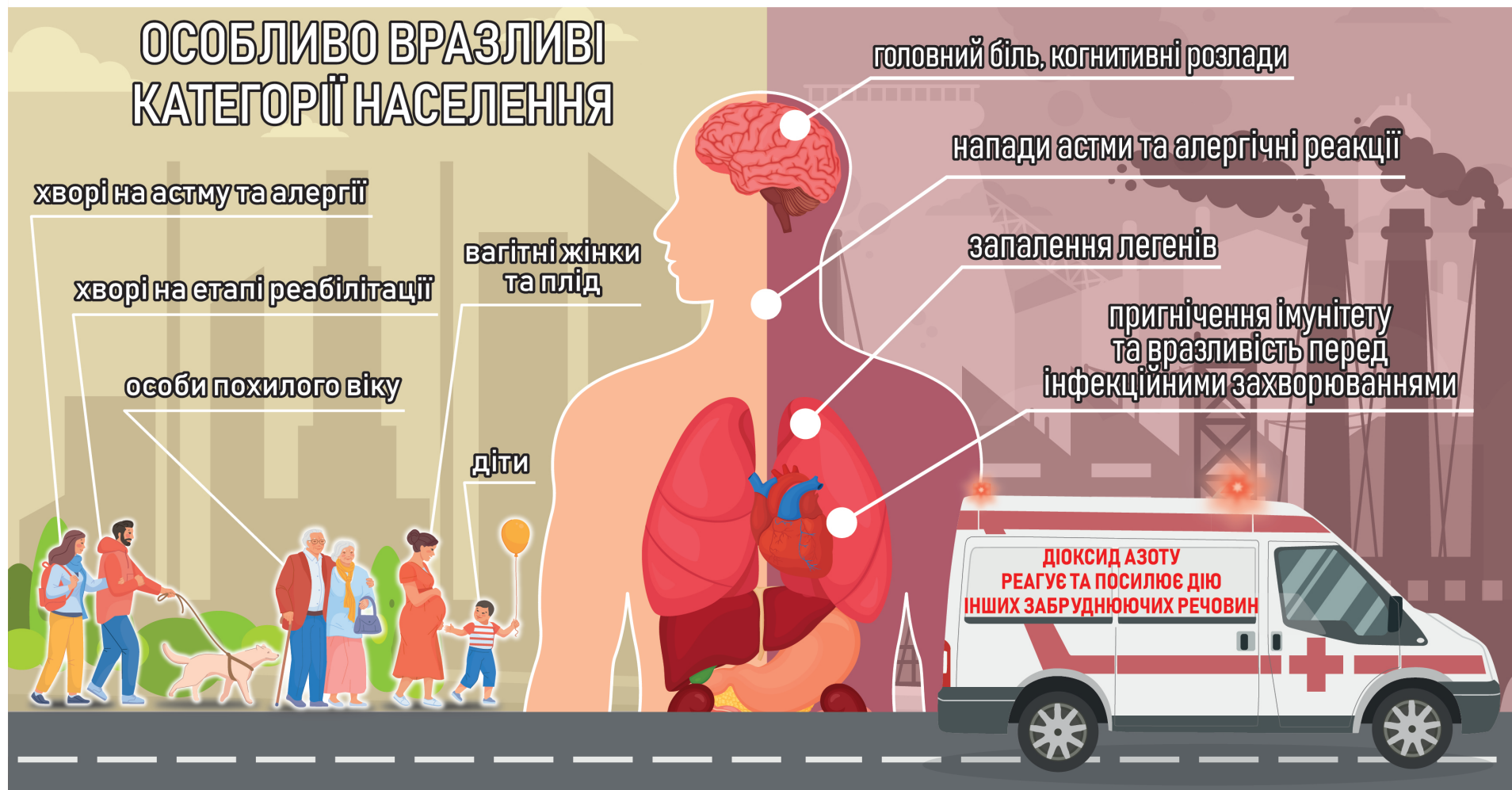
Забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту має прямі та опосередковані наслідки для здоров'я людини. Під час вдихання ця речовина легко проникає та абсорбується кров'ю (до 90%)⁶³, таким чином може потенційно впливати на усі функціональні системи організму. Довгострокові наслідки впливу діоксиду азоту на організм людини і досі недостатньо вивчені. У загальному випадку ця забруднювальна речовина впливає на метаболізм у легенях, спричиняє запалення та набряк тканин, збільшує вразливість органів дихання до бактеріальних та вірусних інфекцій⁶⁴. Таким чином, забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту впливає на рівень передчасної смертності від інфекційних та вірусних хвороб легень, особливо у вразливих категорій – немовлят, дітей. Дослідники європейського проекту APHEA⁶⁵ ще у 1996 році виявили, що збільшення концентра-

⁶³Wagner H-M. Absorption von NO und NO₂ in MIK- und MAKKonzentrationen bei der Inhalation [Absorption of NO and NO₂ in mikand mak-concentrations during inhalation]. Staub, Reinhaltung der Luft, 1970, 30:380-381

⁶⁴Berglund M. et al. Health risk evaluation of nitrogen oxides. Exposure. Scandinavian Journal of Work, Environment and Health, 1993, 19(Suppl. 2):14-20

⁶⁵Samoli E et al. Investigating the dose-response relation between air pollution and total mortality in the APHEA-2 multicity project. Occupational and Environmental Medicine, 2003, 60:977-982

АЗОТУ ДІОКСИД (NO₂): НАСЛІДКИ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я



ДОСИТЬ ТРУЇТИ
КРИВИЙ РІГ!

Інфографіка підготовлена за фінансової підтримки Європейського Союзу. Її зміст є виключно відповідальністю ГС «Досить труїти Кривий Ріг» і не обов'язково відображає позицію Європейського Союзу.

Категорії якості повітря згідно УАQІ	NO ₂ концентрація у повітрі, мкг/м ³		Категорії якості повітря згідно УАQІ	NO ₂ концентрація у повітрі, мкг/м ³	
Добра якість повітря	0	40	Дуже погана якість повітря	230	340
Задовільна якість повітря	40	90	Надзвичайно погана якість повітря	340	1000
Якість повітря несприятлива для чутливих до забруднення повітря груп населення	90	120	Якість повітря тимчасово невідома, причини технічного характеру		
Погана якість повітря	120	230	Якість повітря невідома, моніторинг не здійснюється		



© ГС «Досить труїти Кривий Ріг» 2023р.

Малюнок 6. Вплив забруднення повітря азоту діоксидом на громадське здоров'я

ції діоксиду азоту у повітрі збільшує на 1,3% ризику щоденної смертності та на 2% природну смертність у містах.

Епідеміологічні дослідження⁶⁶ свідчать, що симптоми бронхіту у дітей, хворих на астму, погіршуються на тлі довгострокового впливу NO₂. Також забруднення повітря діоксидом азоту є причиною зниження функції легень серед уразливих категорій населення у містах Європи та Північної Америки.

Чутливими до дії великих концентрацій азоту діоксиду є хворі на етапі реабілітації, діти, вагітні жінки та плід, а також особи похилого віку. Хворі на астму та виражені алергічні реакції – це найбільш вразлива група населення. Вплив навіть низьких концентрацій азоту діоксиду викликає у хворих на астму та хронічні бронхіти гіперреакцію, загострення симптоматики та посилення реакції дихальних шляхів⁶⁷. Комплексні епідеміологічні дослідження показують чіткий зв'язок між рівнем забруднення повітря оксидами азоту та поширеністю бронхітів серед дітей. Додаткова група ризику – особи які займаються активною фізичною діяльністю (працею, спортом тощо) на відкритому забрудненому повітрі, особливо поблизу автострад.

Для діоксиду азоту характерна невиражена токсична дія на організм людини. Відсутня достатня кількість доказів канцерогенного впливу цього газу. Разом з цим існують свідчення, що забруднення повітря діоксидом азоту пов'язане з серцево-судинними ефектами, діабетом, репродуктивними

⁶⁶WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. WHO. 2021. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

⁶⁷Devalia JL et al. Effect of nitrogen dioxide and sulfur dioxide on airway response of mild asthmatic patients to allergen inhalation. Lancet, 1994, 344:1668–1671

⁶⁸U.S. EPA. Integrated Science Assessment (ISA) For Oxides Of Nitrogen – Health Criteria (Final Report, 2016). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-15/068, 2016. URL: <https://cfpub.epa.gov/ncea/isa/recordisplay.cfm?deid=310879>

Забруднююча речовина (номер CAS)	Час усереднення	Проміжні цілі ВООЗ				Рекомендований безпечний рівень ВООЗ	
		1	2	3	4	AQG 2021 ⁶⁹	AQG 2005 ⁷⁰
NO ₂ (10102-44-0)	за рік	40	30	20	-	10	40
	за 24 год.	120	50	-	-	25	-
	за 1 год.	-	-	-	-	-	200

Таблиця 3. Нормативи вмісту азоту діоксиду у атмосферному повітрі за рекомендаціями WHO-2005 та WHO-2021 (у мкг/м³)

наслідками, фізичним та психічним розвитком, передчасною смертністю⁶⁸. Необхідно додати, що діоксид азоту збільшує токсичну дію інших забруднювальних речовин у повітрі (PM, озону, летких органічних сполук, сірчистого ангідриду тощо), проявляючи адитивний та синергетичний ефект.

На жаль наразі не існує достатньої кількості досліджень, які беззаперечно визначають мінімальний безпечний рівень концентрації діоксиду азоту у атмосферному повітрі. Незважаючи на це, у 2021 року фахівці ВООЗ переглянули консервативну позицію щодо безпечних та оптимальних рівнів вмісту цієї речовини в атмосферному повітрі.

⁶⁹WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. WHO. 2021. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

⁷⁰Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO. 2005. URL: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/Eg0038.pdf

SO₂
СІРЧИСТИЙ АНГІДРИД

Сірчистий ангідрид (оксид сірки (IV), діоксид сірки) — це безбарвний газ, який добре розчиняється у воді. Основна емісія цієї забруднюючої речовини у повітря пов'язана з діяльністю людини – спалюванням викопного палива (вугілля, нафти та інших видів палива з високим вмістом сірки), а також металургійним (плавка руд) та коксохімічним виробництвами.

Сірчистий ангідрид — це кислий газ, який може поєднуватися з водяною парою в атмосфері, утворюючи сірчисту кислоту та провокуючи ефект «кислотних дощів». Саме тому викиди сірки діоксиду пов'язують з прямими ризиками для біорізноманіття природних екосистем. Оскільки «кислі сірчисті дощі» призводять до знеліснення та опустелювання територій.

Сірчистий ангідрид є сильним подразником слизових оболонок та дихальних шляхів, особливо у тих, хто страждає на астму та алергічні реакції. Існує зв'язок високих концентрацій SO₂ у повітрі та частоти госпіталізації хворих на астму, а також відвідування відділення невідкладної допомоги. У дні, коли відзначаються підвищені показники забруднення повітря діоксидом сірки, підвищується кількість госпіталізацій та смертності внаслідок серцево-судинних захворювань⁷¹. За даними гігієнічних досліджень⁷², після періодів високих концентрацій сірчистого ангідриду у частини астматиків спостерігаються несприятливі зміни функції легенів та погіршення респіраторних симптомів. Сьогодні встановлено, що

⁷¹Ambient (outdoor) air pollution. WHO. 19.12.2022. URL: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

⁷²Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO. 2005. URL: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf

Забруднююча речовина (номер CAS)	Час усереднення	Проміжні цілі ВООЗ				Рекомендований безпечний рівень ВООЗ	
		1	2	3	4	AQG 2021 ⁷³	AQG 2005 ⁷⁴
SO ₂ (7446-09-5)	за 24 год.	125	50	-	-	40	20
	за 10 хв.	-	-	-	-	-	500

Таблиця 4. Нормативи вмісту сірчистого ангідриду у атмосферному повітрі за рекомендаціями WHO-2005 та WHO-2021 (у мкг/м³)

для цієї категорії населення негативні наслідки для здоров'я спостерігаються при набагато нижчих концентраціях SO₂, ніж вказано у рекомендаціях ВООЗ від 2005 року. Потрібно забезпечити ефективніший захист здоров'я населення від цього виду забруднення.

Довготривале забруднення повітря сірчистим ангідридом шкодить дихальній системі людини – порушує функцію легенів та спричиняє хронічні подразнення очей. Запалення дихальних шляхів призводить до кашлю, відділення мокротиння, загострення астми та хронічного бронхіту та підвищує сприйнятливості до респіраторних інфекцій.

Вкрай чутливими до токсичної дії навіть невеликих концентрацій сірчистого ангідриду є хворі на астму та хронічні захворювання легень, а також діти та особи, які займаються активною фізичною діяльністю на відкритому забрудненому повітрі.

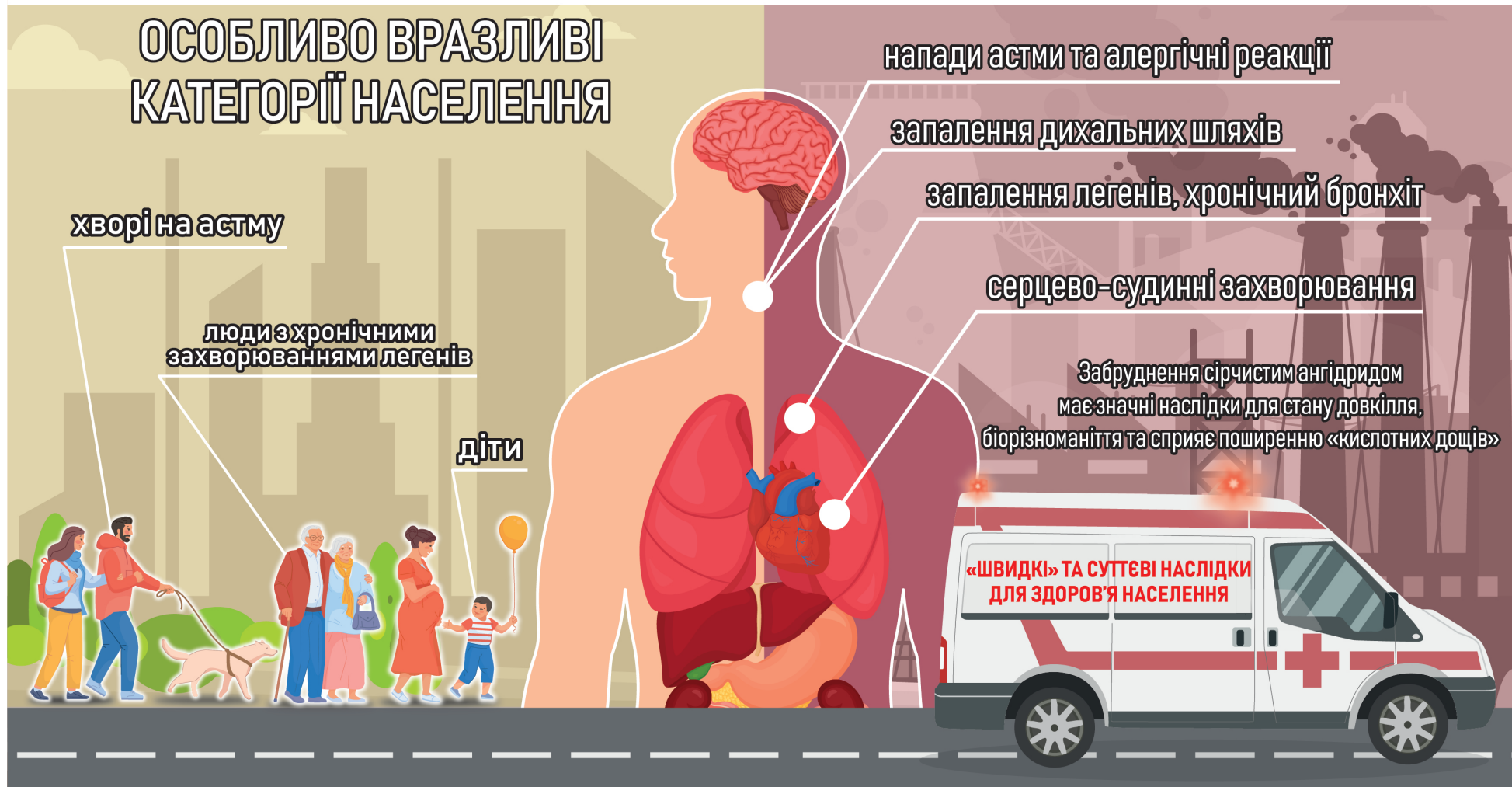
Незважаючи на те, що причинно-наслідковий зв'язок між впливом SO₂ у низьких концентраціях та патологічними процесами в організмі людини до кінця не встановлено, експерти ВООЗ переглянули позицію та «пом'якшили»

⁷³WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. WHO. 2021. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

⁷⁴Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO. 2005. URL: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf

АНГІДРИД СІРЧИСТИЙ (SO₂): НАСЛІДКИ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я

ОСОБЛИВО ВРАЗЛИВІ КАТЕГОРІЇ НАСЕЛЕННЯ



ДОСИТЬ ТРУЇТИ КРИВИЙ РІГ!

Інфографіка підготовлена за фінансової підтримки Європейського Союзу. Її зміст є виключно відповідальністю ГС «Досить труїти Кривий Ріг» і не обов'язково відображає позицію Європейського Союзу.

Категорії якості повітря згідно УАQІ	SO ₂ концентрація у повітрі, мкг/м ³		Категорії якості повітря згідно УАQІ	SO ₂ концентрація у повітрі, мкг/м ³	
Добра якість повітря	0	100	Дуже погана якість повітря	500	750
Задовільна якість повітря	100	200	Надзвичайно погана якість повітря	750	1250
Якість повітря несприятлива для чутливих до забруднення повітря груп населення	200	350	Якість повітря тимчасово невідома, причини технічного характеру		
Погана якість повітря	350	500	Якість повітря невідома, моніторинг не здійснюється		



© ГС «Досить труїти Кривий Ріг» 2023р.

Малюнок 7. Вплив забруднення повітря сірчистим ангідридом на громадське здоров'я

загальні вимоги та рекомендації до безпечного рівня сірчистого ангідриду в атмосферному повітрі міст та селищ. Проте це рішення не враховує наслідки для особливо чутливих до сірчистого ангідриду груп населення.

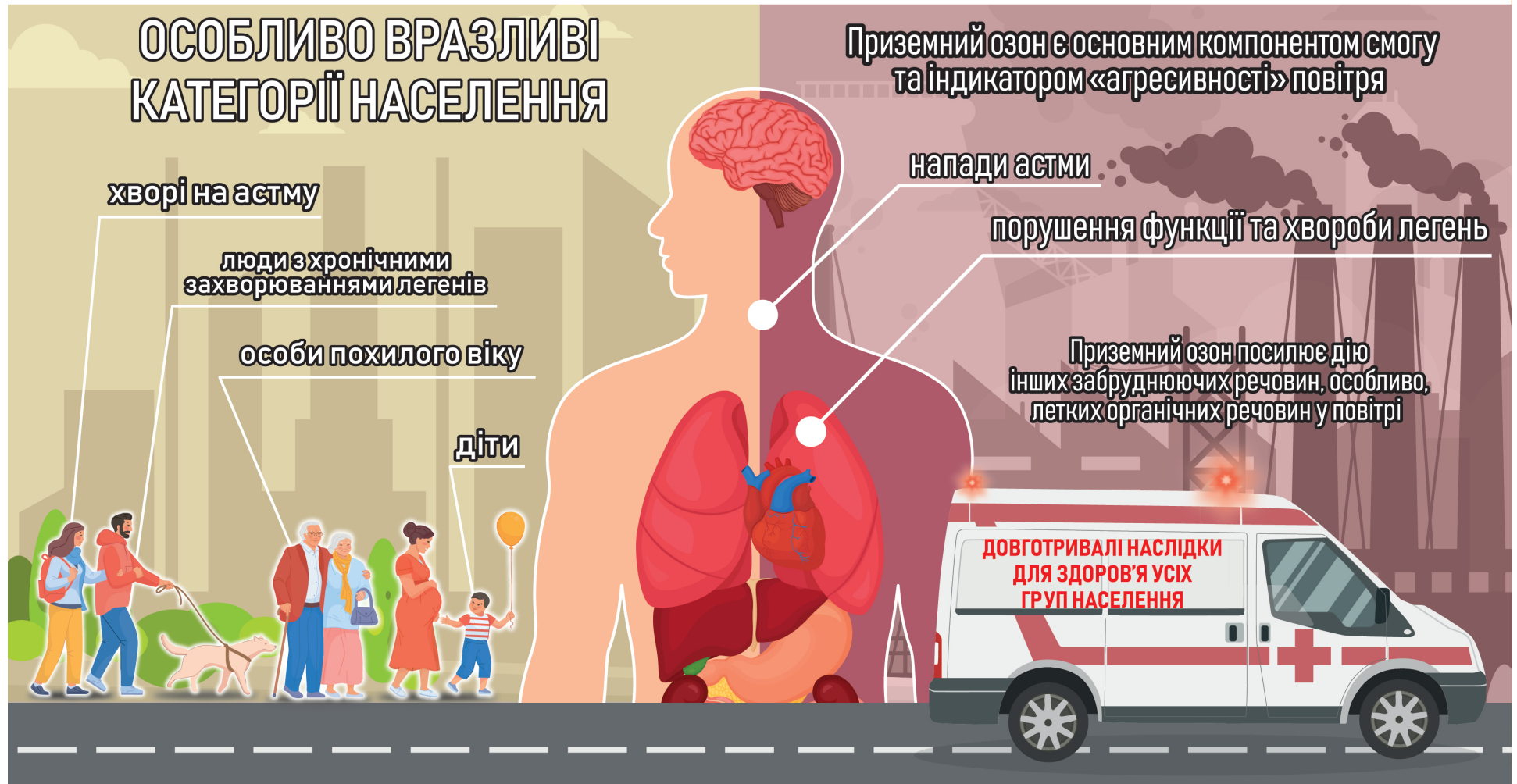
Приземний озон (або тропосферний озон) не слід плутати з «озоновим шаром» у верхніх шарах атмосфери. Приземний озон є основною складовою фотохімічного смогу у містах. Формально озон та інші фотохімічні окислювачі не є прямими забруднюючими речовинами у повітрі. Приземний озон – це швидше індикатор агресивності атмосферного повітря та його здатності до складних окисно-відновлювальних фотохімічних реакцій. Озон (та інші фотохімічні окисники) утворюється в результаті дії сонячного світла (фотохімічної реакції) на повітря, яке містить інші забруднюючі речовини (наприклад: оксиди азоту (NOX), леткі органічні сполуки (VOC), вуглецю оксид та інші). Найвищі рівні забруднення цією речовиною спостерігаються в періоди ясної погоди, або після «сонячного» дня. Саме тому приземний озон у повітрі має здебільшого антропогенне походження – як наслідок забруднення повітря від діяльності автотранспорту, спалювальних установок та промислових підприємств.

Через високу реакційну здатність (озон – це дуже сильний окисник) і низьку розчинність у воді ця речовина має незначний період напіврозпаду у рідких і твердих середовищах. Таким чином, поглинання озону організмом людини відбувається майже виключно через вдихання.

Фахівці ВООЗ⁷⁵ у огляді 2005 року визначають широкий спектр патогенетичних механізмів токсичної дії приземного (тропосферного) озону. Короткочасне вдихання озону викликає запалення дихальних шляхів та збільшує вразливість тканин до бактеріальних інфекцій. Вдихання повітря з висо-

⁷⁵Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO. 2005. URL: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf

ПРИЗЕМНИЙ ОЗОН (O₃): НАСЛІДКИ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я



ДОСИТЬ ТРУЇТИ КРИВИЙ РІГ!

Інфографіка підготовлена за фінансової підтримки Європейського Союзу. Її зміст є виключною відповідальністю ГС «Досить труїти Кривий Ріг» і не обов'язково відображає позицію Європейського Союзу.

Категорії якості повітря згідно УАQІ	O ₃ концентрація у повітрі, мкг/м ³		Категорії якості повітря згідно УАQІ	O ₃ концентрація у повітрі, мкг/м ³	
	0	50		240	380
Добра якість повітря	0	50	Дуже погана якість повітря	240	380
Задовільна якість повітря	50	100	Надвичайно погана якість повітря	380	800
Якість повітря несприятлива для чутливих до забруднення повітря груп населення	100	130	Якість повітря тимчасово невідома, причини технічного характеру		
Погана якість повітря	130	240	Якість повітря невідома, моніторинг не здійснюється		



© ГС «Досить труїти Кривий Ріг» 2023р.

Малюнок 8. Вплив забруднення повітря приземним озonom на громадське здоров'я

ким вмістом озону викликає надчутливість бронхів, альвеолярний фіброз та запалення легенів.

Приземний озон (або тропосферний озон) не слід плутати з «озоновим шаром» у верхніх шарах атмосфери. Приземний озон є основною складовою фотохімічного смогу у містах. Формально озон та інші фотохімічні окислювачі не є прямими забруднюючими речовинами у повітрі. Приземний озон – це швидше індикатор агресивності атмосферного повітря та його здатності до складних окисно-відновлювальних фотохімічних реакцій. Озон (та інші фотохімічні окисники) утворюється в результаті дії сонячного світла (фотохімічної реакції) на повітря, яке містить інші забруднюючі речовини (наприклад: оксиди азоту (NOX), леткі органічні сполуки (VOC), вуглецю оксид та інші). Найвищі рівні забруднення цією речовиною спостерігаються в періоди ясної погоди, або після «сонячного» дня. Саме тому приземний озон у повітрі має здебільшого антропогенне походження – як наслідок забруднення повітря від діяльності автотранспорту, спалювальних установок та промислових підприємств.

Через високу реакційну здатність (озон – це дуже сильний окисник) і низьку розчинність у воді ця речовина має незначний період напіврозпаду у рідких і твердих середовищах. Таким чином, поглинання озону організмом людини відбувається майже виключно через вдихання.

Фахівці ВООЗ у огляді 2005 року визначають широкий спектр патогенетичних механізмів токсичної дії приземного (тропосферного) озону. Короткочасне вдихання озону викликає запалення дихальних шляхів та збільшує вразливість тканин до бактеріальних інфекцій. Вдихання повітря з високим вмістом озону викликає надчутливість бронхів, альвеолярний фіброз та запалення легенів.

Перевищення рекомендованої концентрації озону у повітрі може мати помітний негативний вплив на громадське

Забруднююча речовина (номер CAS)	Час усереднення	Проміжні цілі ВООЗ				Рекомендований безпечний рівень ВООЗ	
		1	2	3	4	AQG 2021 ⁷⁶	AQG 2005 ⁷⁷
O (10028-15-6)	у піковий сезон	100	70	-	-	60	-
	за 8 год.	160	120	-	-	100	100

Таблиця 5. Нормативи вмісту приземного (тропосферного) озону у атмосферному повітрі за рекомендаціями WHO-2005 та WHO-2021

здоров'я. У загальному випадку підвищений та високий вміст приземного озону у повітрі впливає на легеневу та серцево-судинну системи організму людини. Збільшує частоту загальної захворюваності та смертності серед населення. Серед зафіксованих довготривалих ефектів – зниження функції легенів, розвиток атеросклерозу та астми, скорочення тривалості життя населення.

У 2021 році експерти ВООЗ переглянули позицію щодо «безпечного» рівня приземного озону у повітрі, запровадивши більш жорсткий норматив у пікові сезони.

⁷⁶WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. WHO. 2021. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

⁷⁷Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO. 2005. URL: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/Eg0038.pdf

Вуглецю оксид (монооксид вуглецю, тривіальна поширена назва – чадний газ) – це безбарвний газ без запаху, який утворюється в результаті неповного згоряння вуглецевого палива, такого як деревина, бензин, вугілля, природний газ. У побуті є велика кількість джерел вуглецю оксиду: печі, відкритий вогонь камінів та багать, генератори та двигуни внутрішнього згоряння, керосинові лампи тощо. У містах та селищах переважне джерело викидів чадного газу у повітря – це автотранспорт та промислові установки спалювання (теплоенергетика, металургія, виробництво будівельних матеріалів тощо). Ця речовина має і природні джерела походження, серед яких торф'яні пожежі, викиди з поверхні боліт, природні процеси гниття тощо.

Чадний газ проникає через тканини легенів і потрапляє у кров, ускладнюючи постачання кисню до клітин організму. Вдихання повітря з високим вмістом оксиду вуглецю (СО) спричиняє різні реакції організму людини та тканинну гіпоксію – втрату здатності крові транспортувати кисень. Токсична дія цього газу пов'язана із окислювальним стресом клітин, розвитком запалень, зміною мітохондрій у клітинах, захворюваннями артерій, підвищенням чутливості органів дихання до дії інших забруднювальних речовин⁷⁸. Ці наслідки для здоров'я людини починають проявлятися при концентраціях на порядок більших, ніж фонові концентрації у чистому середовищі. Вплив чадного газу може спричинити утруднене дихання, виснаження, запаморочення та інші симптоми. Вплив високого рівня чадного газу може бути смертельним.

⁷⁸ WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. WHO. 2010. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789289002134>

Особливо чутливі до підвищеної концентрації вуглецю оксиду організм, тканини якого активно розвиваються (плід, немовля та діти), особи з інтенсивною розумовою та фізичною активністю (наприклад – учні, студенти, митці тощо) та особи похилого віку.

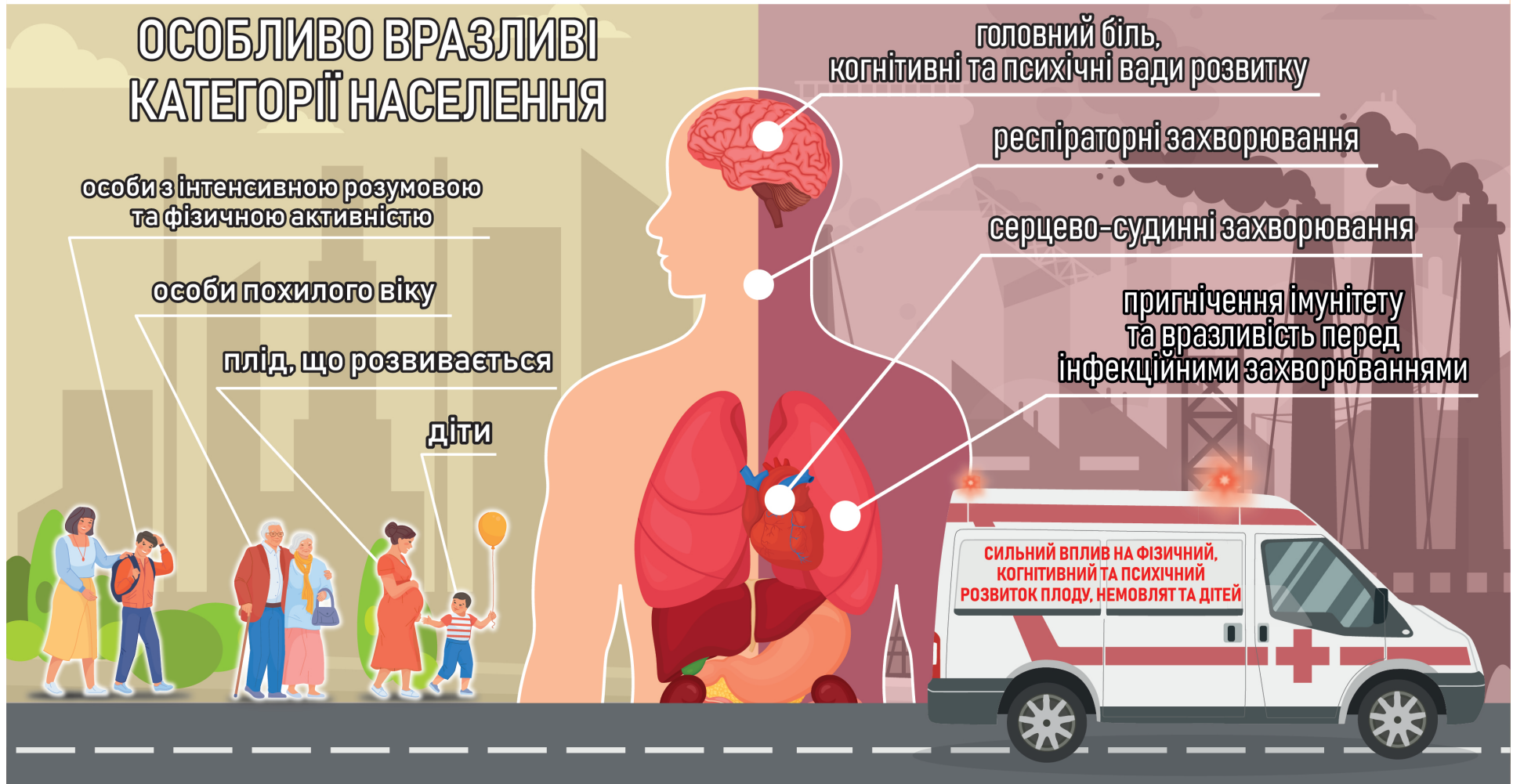
Існують підтвердження чіткого причинно-наслідкового зв'язку між системними захворюваннями людини та короткостроковою (від години до декількох днів) і довгостроковою (роки) дією підвищених концентрацій оксиду вуглецю у атмосферному повітрі⁷⁹. Речовина не має вираженої канцерогенної дії, проте спричиняє ускладнення серцево-судинних захворювань, впливає на когнітивний та психічний розвиток (особливо у дітей), центральну нервову систему та викликає неврологічні пошкодження, пригнічує дихальну функцію. Токсичний вплив СО характерний для органів і тканин з високим споживанням кисню – мозок, серце, плід, що розвивається. При цьому вплив чадного газу при дуже високих концентраціях є летальним.

Узагальнення санітарно-гігієнічних досліджень⁸⁰ виявили вплив довготривалого отруєння вуглецем оксидом на працездатність і фізичну здатність людей, здатність до розумової активності та навчання, пригнічення пам'яті та нейрональну дисфункцію. Дослідники наголошують на когнітивних і поведінкових наслідках хронічного отруєння вуглецем оксидом. Існує токсична дія чадного газу на здоров'я матері під час вагітності та на розвиток вроджених вад серця у немовлят. Короткострокова дія високих концентрацій монооксиду вуглецю посилює комбіновану дію інших забруднювальних

⁷⁹Integrated Science Assessment for Carbon Monoxide. US EPA. January 2010. 2 EPA/600/R-09/019F

⁸⁰WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants. Carbon monoxide (David Penney, Vernon Benignus, Stylianos Kephelopoulos, Dimitrios Kotzias, Michael Kleinman, and Agnes Verrier). URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK138710>

ВУГЛЕЦЮ ОКСИД / ЧАДНИЙ ГАЗ (СО): НАСЛІДКИ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я



ДОСИТЬ ТРУТІ КРИВИЙ РІГ!

Інфографіка підготовлена за фінансової підтримки Європейського Союзу. Її зміст є виключною відповідальністю ГС «Досить труті Кривий Ріг» і не обов'язково відображає позицію Європейського Союзу.

Категорії якості повітря згідно УАQІ	СО концентрація у повітрі, мкг/м ³		Категорії якості повітря згідно УАQІ	СО концентрація у повітрі, мкг/м ³	
Добра якість повітря	0	500	Дуже погана якість повітря	5000	8000
Задовільна якість повітря	500	1000	Надзвичайно погана якість повітря	8000	10000
Якість повітря несприятлива для чутливих до забруднення повітря груп населення	1000	3000	Якість повітря тимчасово невідома, причина технічного характеру		
Погана якість повітря	3000	5000	Якість повітря невідома, моніторинг не здійснюється		



© ГС «Досить труті Кривий Ріг» 2023р.

Малюнок 9. Вплив забруднення повітря чадним газом на громадське здоров'я

Забруднююча речовина (номер CAS)	Час усереднення	Проміжні цілі ВООЗ				Рекомендований безпечний рівень ВООЗ	
		1	2	3	4	AQG 2021 ⁸¹	AQG 2005 ⁸²
CO (630-08-0)	за 24 год.	7000	-	-	-	4000	-
	за 8 год.	-	-	-	-	10000	-

Таблиця 6. Нормативи вмісту вуглецю оксиду у атмосферному повітрі за рекомендаціями WHO-2005 та WHO-2021 (у мкг/м³)

речовин (O₃, SO₂, PM, NO₂) та збільшує ризики усіх респіраторних захворювань.

Досі не існує єдиної та чіткої позиції щодо «безпечної» концентрації вуглецю оксиду у атмосферному повітрі, яка б враховувала інтереси усіх вразливих та чутливих до чадного газу категорій населення. Незважаючи на це, у 2021 року фахівці ВООЗ визначили перші політичні орієнтири скорочення вмісту чадного газу у атмосферному повітрі населених місць.

⁸¹WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. WHO. 2021. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

⁸²Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO. 2005. URL: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf

КАТЕГОРІЯ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ	ЗАБРУДНЮЮЧА РЕЧОВИНА			
	позначення	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁
	назва	дрібно-дисперсний пил, тверді часточки фракцією до 10 мкм	дрібно-дисперсний пил, тверді часточки фракцією до 2,5 мкм	дрібно-дисперсний пил, тверді часточки фракцією до 1 мкм
	одиниця вимірювання	мкг/м ³	мкг/м ³	мкг/м ³
Добра якість повітря	від	0	0	0
	до включно...	20	10	9.0
Задовільна якість повітря	від	20	10	9.0
	до включно...	40	20	18.0
Несприятлива для чутливих до забруднення повітря груп населення	від	40	20	18
	до включно...	50	25	20
Погана якість повітря	від	50	25	20
	до включно...	100	50	35
Дуже погана якість повітря	від	100	50	35
	до включно...	150	75	55
Надзвичайно погана якість повітря	від	150	75	55
	до включно...	1200	800	400

Додаток 1. Шкала повідомлень про якість повітря українського індексу якості повітря

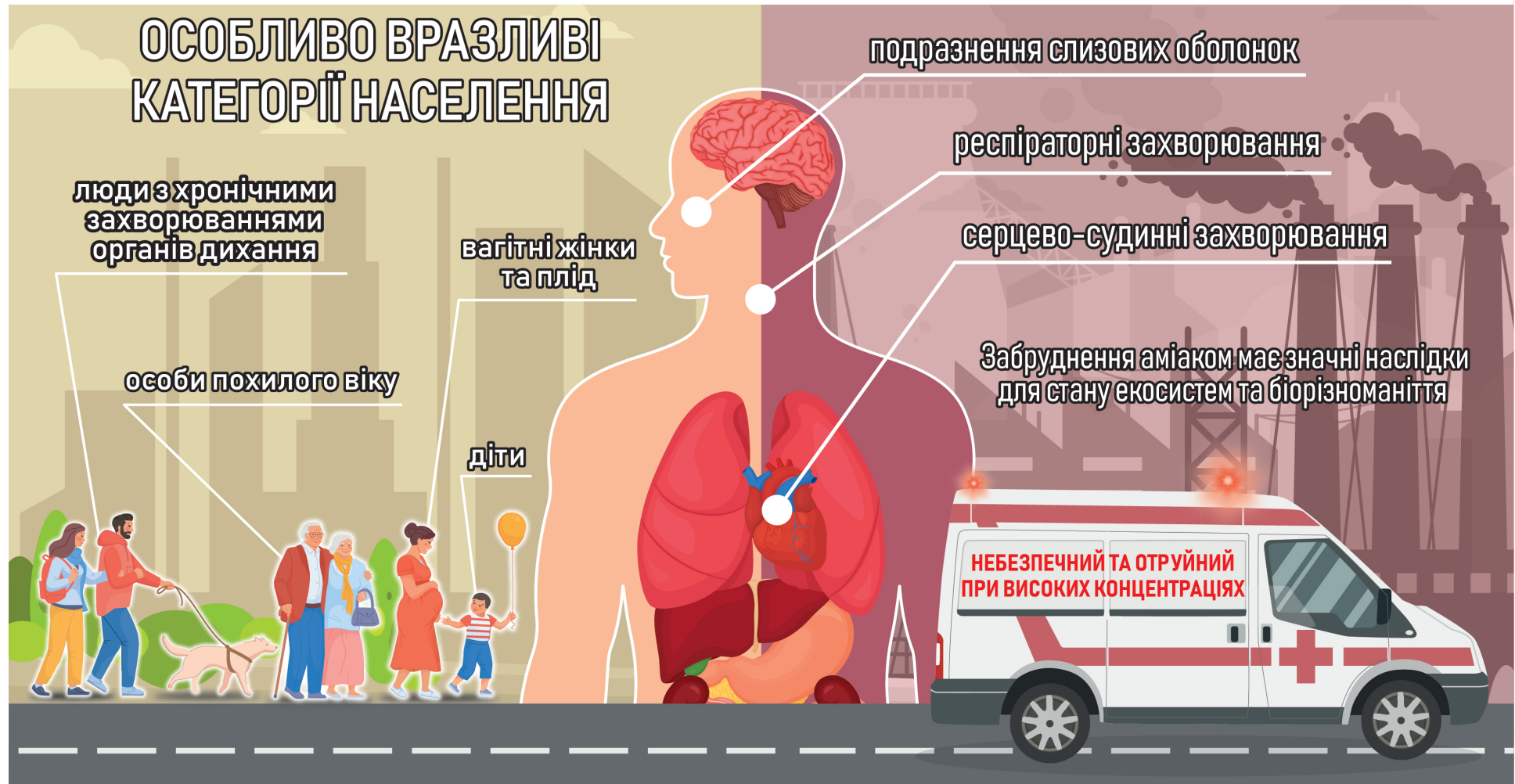
ЗАБРУДНЮЮЧА РЕЧОВИНА						
NO ₂	CO	O ₃	SO ₂	VOC (H ₂ CO)	NH ₃	RAE
азот діоксид	вуглецю оксид (чадний газ)	озон (приземний озон)	ангідрид сірчастий (сірки діоксид)	сума легких органічних сполук	аміак	потужність експозиційної дози у атмосферному повітрі
мкг/м ³	мкг/м ³	мкг/м ³	мкг/м ³	мкг/м ³	мкг/м ³	мкг/м ³
0	0	0	0	0	0	0
40	500	50	1000	10	10	10
40	500	50	1000	10	10	10
90	1000	100	200	20	25	20
90	1000	100	200	20	25	20
120	3000	130	350	35	40	30
120	3000	130	350	35	40	30
230	5000	240	500	50	100	50
230	5000	240	500	50	100	50
340	8000	380	750	100	200	100
340	8000	380	750	100	200	100
1000	10000	800	1250	300	500	300

Забруднююча речовина	Час усереднення	Проміжні цілі ВООЗ			
		1	2	3	4
Пріоритетний перелік ВООЗ поширених					
PM _{2,5}	за рік	35	25	15	10
	за 24 год. ⁹¹	75	50	37,5	25
PM ₁₀	за рік	70	50	30	20
	за 24 год.	150	100	75	50
O ₃ (10028-15-6)	у піковий сезон ⁹²	100	70	-	-
	за 8 год.	160	120	-	-
	за 1 год.	-	-	-	-
NO ₂ (10102-44-0)	за рік	40	30	20	-
	за 24 год.	120	50	-	-
	за 1 год.	-	-	-	-
SO ₂ (7446-09-5)	за 24 год.	125	50	-	-
	за 1 год.	-	-	-	-
	за 10 хв.	-	-	-	-
CO (630-08-0)	за 24 год.	7000	-	-	-
	за 8 год.	-	-	-	-
	за 1 год.	-	-	-	-
	за 15 хв.	-	-	-	-
Інші поширені та важливі					
Формальдегід (50-00-10)	30 хв.	-	-	-	-
Бензол (71-43-2)	за рік (за кожні 24 години)	-	-	-	-
Свинець (7439-92-1)		-	-	-	-

Додаток 2. Таблиця порівняння стандартів якості атмосферного повітря^{83,84}

Рекомендований безпечний рівень ВООЗ		Стандарти якості повітря			
AQG 2021 ⁸⁵	AQG 2005 ⁸⁶	NAAQS US EPA ⁸⁷	EU AQS EEA EU ⁸⁸	ГВО ПКМУ ⁸⁹	ГДК ГН МОЗ ⁹⁰
забруднюючих речовин у повітрі					
5	10	12-25	20	23 (25)	-
15	25	35	-	-	-
15	20	-	40	37 (40)	-
45	50	150	50	47 (50)	-
60	-	-	-	-	-
100	100	140 (70 ppb)	120	112 (120)	28 (30)
-	-	-	-	168 (180)	149 (160)
10	40	101 (53 ppb)	40	37 (40)	-
25	-	-	-	186 (200)	37 (40)
-	200	191 (100 ppb)	200	-	186 (200)
40	20	-	125	117 (125)	47 (50)
-	-	200 (75 ppb)	350	-	466 (500)
-	500	-	-	-	-
4000	-	-	-	-	2795 (3000)
10000	-	10480 (9 ppm)	10000	9317 (10000)	-
35000	-	40760 (35ppm)	-	-	4659 (5000)
10000	-	-	-	-	-
забруднюючі речовини у повітрі^{93, 94}					
100	-	-	-	-	33 (35)
-	-	-	5	4,7 (5)	93 (100)
0,5	-	0,15	0,5	0,47 (0,5)	0,28 (0,3)

АМІАК (NH₃): НАСЛІДКИ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я



ДОСИТЬ ТРІІТИ
КРИВИЙ РІГ!

Інфографіка підготовлена за фінансової підтримки Європейського Союзу. Її зміст є виключною відповідальністю ГС «Досить трііти Кривий Ріг» і не обов'язково відображає позицію Європейського Союзу.

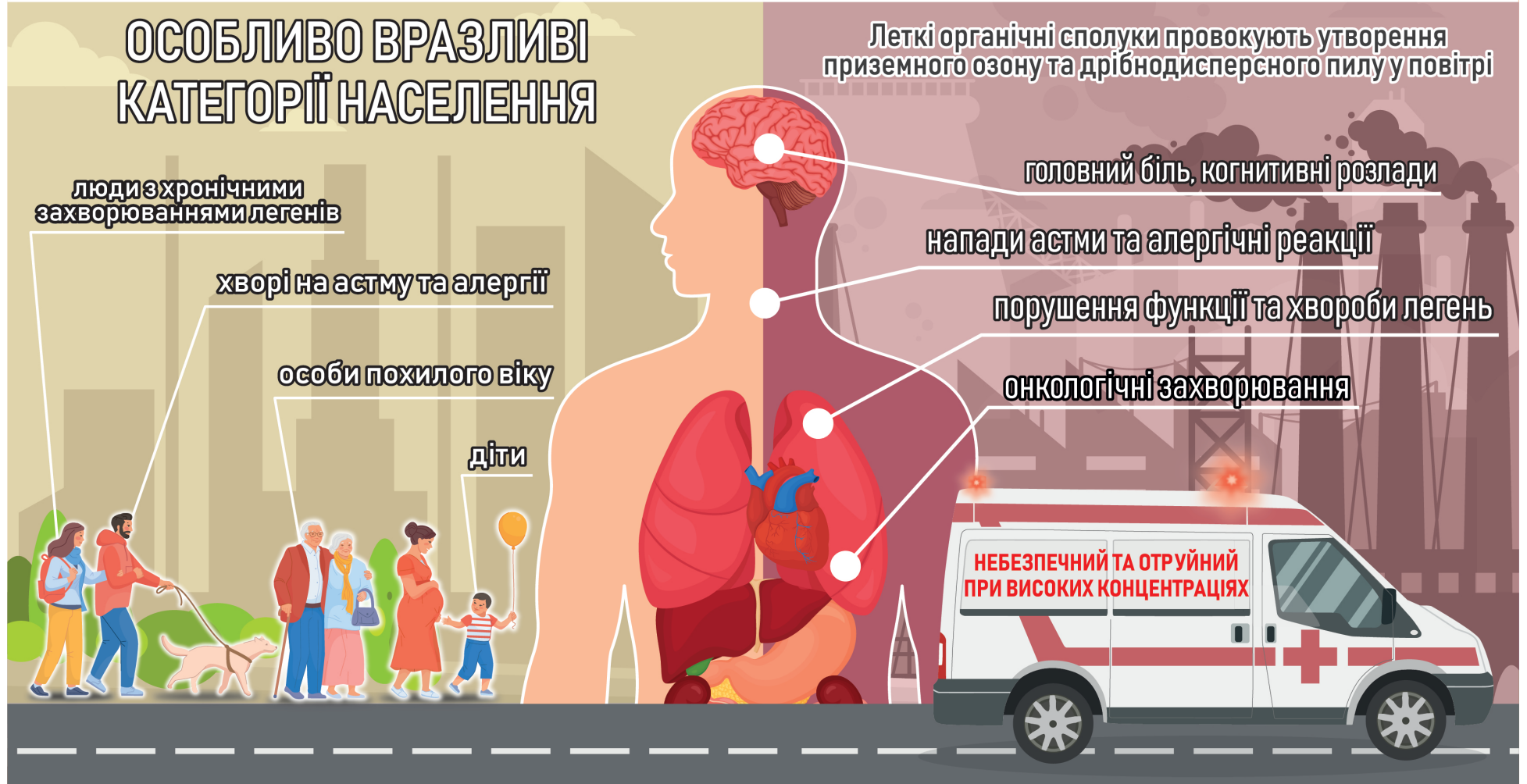
Категорії якості повітря згідно УАQІ	NH ₃ концентрації у повітрі, мкг/м ³		Категорії якості повітря згідно УАQІ	NH ₃ концентрації у повітрі, мкг/м ³	
	0	10		100	200
Добра якість повітря	0	10	Дуже погана якість повітря	100	200
Задовільна якість повітря	10	15	Надзвичайно погана якість повітря	200	500
Якість повітря несприятлива для чутливих до забруднення повітря груп населення	25	40	Якість повітря тимчасово невідома, причини технічного характеру		
Погана якість повітря	40	100	Якість повітря невідома, моніторинг не здійснюється		



© ГС «Досить трііти Кривий Ріг» 2023р.

Додаток 3. Дія інших забруднюючих речовин, опис яких не включено у це дослідження

ЛЕГКІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ (VOC): НАСЛІДКИ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я



ДОСИТЬ ТРУЇТИ
КРИВИЙ РІГ!

Інфографіка підготовлена за фінансової підтримки Європейського Союзу. Її зміст є виключною відповідальністю ГС «Досить труїти Кривий Ріг» і не обов'язково відображає позицію Європейського Союзу.

Категорії якості повітря згідно УАQI	VOC		Категорії якості повітря згідно УАQI	VOC	
	концентрація у повітрі, мкг/л*			концентрація у повітрі, мкг/л*	
Добра якість повітря	0	10	Дуже погана якість повітря	50	100
Задовільна якість повітря	10	20	Надзвичайно погана якість повітря	100	300
Якість повітря несприятлива для чутливих до забруднення повітря груп населення	20	35	Якість повітря тимчасово невідома, причини технічного характеру		
Погана якість повітря	35	50	Якість повітря невідома, моніторинг не здійснюється		



© ГС «Досить труїти Кривий Ріг» 2023р.

Додаток 4. Дія інших забруднюючих речовин, опис яких не включено у це дослідження

