

УДК 616.15:504.5

DOI 10.31654/2786-8478-2024-BN-1-2-52-64

Карнаушенко Д. П.

аспірант кафедри біології людини та методики навчання хімії
Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка
dimonkark@ukr.net
orcid.org/0009-0000-0244-3866

Вакал Ю. С.

доктор філософії, старший викладач
кафедри біології людини, хімії та методики навчання хімії
Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка
julia.vakal@sspu.edu.ua
orcid.org/0000-0002-8722-7683

**ЗМІНА ГЕМАТОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КРОВІ ПІД ВПЛИВОМ
ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ (ОГЛЯД ПРОБЛЕМИ)**

У статті розглядається вплив техногенного забруднення на гематологічні показники крові людини. Аналіз літературних джерел дозволив встановити, що в Україні за останні п'ять років рівень захворюваності серед дитячого та дорослого населення є найвищим за всіма основними класами хвороб. Особливе занепокоєння викликає зростання хвороб крові та кровотворних органів. Встановлено, що техногенне забруднення негативно впливає на гематологічні показники крові людини. Основними гематологічними маркерами, які використовуються для діагностики змін в організмі людини під впливом техногенних факторів, є рівень гемоглобіну, кількість еритроцитів, лейкоцитів та тромбоцитів. Визначено основні типи техногенних забруднень та забрудників основних компонентів навколишнього середовища – атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунту, серед яких: газоподібні речовини, тверді частинки пилу, важкі метали, оксиди азоту, сірки, сполуки хлору, фтору, нафтопродукти, радіоактивне випромінювання, промислові стоки, використання пестицидів. Проведено аналіз наукових робіт, баз даних медико-біологічного профілю та виявлено, що більшість робіт присвячені забрудненню атмосферного повітря твердими частинками (PM_{2.5} та PM₁₀), діоксидами азоту і сірки, ароматичними вуглеводнями (бензолом) та оксидами вуглецю. Також наведені результати досліджень тривалого та системного впливу іонізуючого випромінювання, важких металів, присутніх у питній воді та у ґрунті (звідки згодом через колообіг речовин потрапляють в організм людини), стоків очисних споруд, пестицидів та добрив. Особливу увагу приділено дослідженням впливу збройної агресії росії, адже через ракетні та артилерійські обстріли відбувається викиди небезпечних хімічних речовин: збідненого урану, його оксидів, гептилу, сполук ртуті, свинцю, стронцію, алюмінію. Відображено зв'язок між викидом небезпечних речовин та хворобами крові – досліджено праці українських та зарубіжних науковців та описано вплив техногенного тиску на гематологічні показники крові (лейкопенія та лейкоцитоз, рак крові та підвищення ризиків виникнення інфекцій унаслідок послаблення імунної відповіді організму; критичне зменшення тромбоцитів, що призводить до анемії, гемолізу або збільшення еритроцитів (еритроцитозу) зміна їх форми, порушення функцій).

Ключові слова: техногенне забруднення, техногенний забрудник, забруднення атмосферного повітря, важкі метали, лейкоцити, лейкоцитоз, лейкоз, еритроцити, анемія, еритроцитоз.

Вступ. Упродовж останнього десятиліття чітко простежується тенденція до погіршення стану здоров'я населення, що, ймовірно, пов'язано з посиленням антропогенного впливу на довкілля та, як наслідок, послабленням захисних механізмів організму.

Внаслідок активної людської діяльності, зокрема, розвитку атомної енергетики, хімізації виробництва та сільського господарства, а також систематичних обстрілів з боку російської федерації, довкілля зазнає значних змін. Це призводить до міграції речовин у біосфері, формуючи так званий "технологічний" кругообіг, що негативно впливає на різні компоненти екосистеми, включаючи й організм людини.

Важливо усвідомлювати, що екологічні проблеми, спричинені людською діяльністю, мають безпосередній вплив на стан здоров'я людей, що підтверджується змінами гематологічних показників крові. Це проявляється у зниженні рівня гемоглобіну та еритроцитів, зміною лейкоцитарної формули, а також у деяких випадках, збільшенням рівня тромбоцитів. Гематологічні показники крові людини є насамперед важливими маркерами загального стану здоров'я людини та можуть слугувати цінним інструментом для діагностики та моніторингу різних захворювань, пов'язаних з кров'ю.

За оприлюдненими даними (2018) Всесвітньої організації охорони здоров'я ((ВООЗ, англ. World Health Organization) 4,2 мільйона людей щороку передчасно помирають від хвороб, спричинених забрудненням навколишнього повітря [26].

В Україні за останні п'ять років спостерігається стійке зростання захворюваності серед дитячого та дорослого населення, причому за всіма основними класами хвороб. Дослідники вважають, що таке зростання може бути пов'язане з погіршенням екологічної ситуації в Україні, зокрема, з підвищенням рівня забруднення повітря, водних ресурсів, ґрунтів. Особливе занепокоєння викликає зростання хвороб крові та кровотворних органів. [20].

Згідно з даними Щорічного звіту про стан здоров'я населення України та епідемічну ситуацію за 2022 рік, майже у кожній шостій вагітній жінки виявляють анемію, що характеризується зменшенням вмісту гемоглобіну та/або еритроцитів (показників червоної крові) в одиниці об'єму крові. Це може бути обумовлене у більшості випадків соціально-економічною ситуацією родини та техногенним впливом на територію, де проживає жінка [20].

Техногенне забруднення також негативно може впливати на рівень лейкоцитів (показників білої крові), які є важливою складовою імунної системи, відповідальною за захист організму від патогенів (збудників інфекційних захворювань) та чужорідних тіл.

У зв'язку з погіршенням екологічної ситуації та зростанням захворюваності населення, особливо важливо досліджувати вплив техногенних факторів на гематологічні показники крові. Аналіз відкритих наукових баз даних, включаючи медико-біологічного профілю, виявив, що існуючі наукові роботи здебільшого зосереджені на оцінці стану навколишнього середовища та впливі важких металів, але недостатньо уваги приділено впливу на показники крові людини забрудненого повітря, води та ґрунтів. Таким чином, дослідження у цьому напрямі є вкрай необхідними для виявлення потенційних ризиків та розробки заходів для збереження здоров'я населення.

Метою статті є дослідження впливу техногенних факторів, таких як забруднене повітря, вода та ґрунти, на зміни гематологічних показників крові у населення; виявлення взаємозв'язків між рівнем забруднення навколишнього середовища та змінами у гематологічних параметрах, а також оцінці потенційних ризиків для здоров'я. Об'єктом дослідження є наукові тексти теоретичного та експериментального спрямування, опубліковані в національних і міжнародних наукових журналах, доступних у відкритих базах даних.

Методи та організація дослідження: Для досягнення мети були використані методи теоретичного рівня наукового пізнання: аналіз наукової літератури, синтез, формалізація наукових джерел, опис, методи аналізу.

Результати досліджень та їх обговорення. До основних гематологічних показників крові людини, на основі яких можна діагностувати різні захворювання або патологічні стани та які можуть змінюватись під впливом техногенного забруднення, належать: гемоглобін (Hb), еритроцити (червоні кров'яні клітини, RBC), лейкоцити (білі кров'яні клітини, WBC), тромбоцити (PLT) тощо.

Техногенними забрудниками довікля є: гази, газоподібні речовини, аерозолі, пил, які потрапляють в атмосферу через: викиди шкідливих хімічних сполук, нафтопродуктів від об'єктів енергетики, промисловості, транспорту, агрогалузі (передусім пестицидів й мінеральних добрив); електромагнітні, радіоактивні теплові випромінювання; промислові стоки, комунальні й побутові відходи [5].

За статистичними даними 2021 року [20] в навколишнє середовище потрапляє понад 7 тис. хімічних сполук, і це лише в процесі промислового виробництва, більшість з яких є токсичними, мутагенними й канцерогенними. Найпоширенішими і найнебезпечнішими забруднювачами повітря є діоксид азоту, бензол; забруднювачами води – нітрати (солі азотної кислоти) та пестициди; забруднювачами ґрунту – соляна кислота та поліхлоровані дифеніли.

Особливо небезпечними вважають важкі метали, які накопичуються в ґрунті, воді та продуктах харчування. Зазвичай термін «важкі метали» використовується для металів, питома вага яких більше 5 г/см^3 або порядковий номер атома більше 20. Найбільш небезпечними є: свинець, ртуть, кадмій, миш'як, фтор [11].

Щорічно систематично в атмосферу викидається близько 22 млрд. тонн вуглекислого газу й 150 млн. тонн сірчистих сполук в результаті згоряння палива; промислові скиди в річки – 160 км^3 шкідливих стоків; у ґрунті – 500 млн тонн мінеральних добрив, 4 млн. тонн пестицидів [3].

Найчастіше екологи користуються класифікацією техногенних забруднювачів та забруднення за їх походженням. Механічні забруднювачі – тверді частинки, пил, відпрацьовані предмети. Хімічні забруднювачі – тверді, газоподібні і рідкі хімічні речовини, сполуки шутчного походження. Фізичні забруднення – це шуми, вібрації, зміни теплових, електромагнітних, гравітаційних, радіаційних полів, які створює людина у природному середовищі.

Найбільш поширеними і небезпечними забруднювачами довікля є: оксид вуглецю (чадний газ – CO) (міститься в повітрі), оксиди азоту (NO, NO₂), аміак (NH₃), вуглеводні (ароматичні, бензопірени, парафіни, нафтени, які містяться у вихлопних газах авто), діоксид сірки (SO₂), сірководень (H₂S) і сірковуглець (CS₂), сполуки хлору і фтору, свинець (Pb), ртуть (Hg). Серед синтетичних забрудників виділяють: поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), поліхлорбіфеніли (ПХБ) та полібромні біфеніли (ПББ), які містяться у плівках, поліетиленових виробках, пральних порошках [5].

Однією із найгостріших екологічних проблем сьогодення є забруднення атмосферного повітря. З точки зору хімічної небезпеки, воно залишається провідним фактором ризику для здоров'я людини. Показники забруднення повітря у багатьох великих містах та промислових регіонах залишаються неприпустимо високими. Дослідження свідчать про те, що населення, яке проживає на територіях з неякісним повітрям (не відповідає гігієнічним нормативам), має значно вищі показники загальної захворюваності [13].

У Національній доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні (2021) зазначено наступне: щороку забруднення повітря обумовлює до 7 мільйонів передчасних смертей і призводить до втрати мільйонів здорових років життя – за оцінками експертів ВООЗ [20]. Через активні воєнні дії на території України, дані про стан довікля за останні роки є обмеженими.

Отже, вплив техногенного забруднення на здоров'я людини є однією з найактуальніших проблем сучасності. Нами було проведено аналіз сучасних досліджень іноземних науковців, присвячених впливу техногенного забруднення на гематологічні показники крові. Розглянемо деякі з них.

Пакистанськими науковцями з Інституту біохімії університету Белуджистану (Institute of Biochemistry, University of Balochistan, Quetta, Pakistan) та факультету хімії Жіночого університету Сардар Бахаду Хан (Sardar Bahadur Khan Women's' Universit y, Quetta, Pakistan) досліджувались зміни гематологічних показників крові (гемоглобін, гематокрит (Ht), кількість еритроцитів і лейкоцитів,) у осіб, які проживають на техногенно забруднених територіях. У дослідженнях брали участь 2 групи людей, в яких були діти та вагітні, які мешкали близько 10 років у районних центрах (із високим рівнем забруднення повітря сажею, діоксидом азоту та свинцем) та у районах з низьким рівнем забруднення повітря. Дослідження акцентувало увагу на впливі дрібного пилу (PM10) – твердих частинок розміром від 3 до 10 мкм. Ці частинки здатні осідати в носі, гортані та легенях, негативно впливаючи на дихальну систему людини. Середня кількість еритроцитів і концентрація гемоглобіну дітей, які дихали цим забрудненим повітрям, була низькою у порівнянні із показниками крові дітей, які не піддавалися впливу забруднення. У вагітних спостерігалась анемія. Підтверджено зв'язок «доза-реакція», тобто чим триваліша та сильніша дія забруднення, тим вищий ризик захворювання крові [25].

У працях корейських дослідників кафедри екологічної медицини Жіночого університету Іхва (Ewha Womans University, Seoul, Korea) та Науково-дослідного інституту безпеки та гігієни праці Корейського агентства з безпеки та гігієни праці (Occupational Safety and Health Research Institute, Korea Occupational Safety and Health Agency, Incheon, Korea) досліджується прямий і непрямий вплив твердих часток у приміщеннях на показники крові, пов'язані з анемією (включають гемоглобін (Hb), гематокрит (Hct), середній корпускулярний об'єм (MCV), середній корпускулярний Hb (MCH) і середню корпускулярну концентрацію Hb (MCHC). Зазначається, що вплив забрудненого повітря може збільшити окислювальний стрес при якому клітина та її структури руйнуються через збільшення виділення активних форм кисню. Такий стрес впливає на кровотворну активність, робить клітини більш вразливими та може блокувати утворення еритроцитів і гемоглобіну, викликаючи анемію. Крім того, вплив летких забруднюючих речовин негативно впливаючи на лейкоцити може провокувати лейкемію [28].

Вплив твердих частинок, особливо PM2.5 (це найбільш шкідливі частинки дрібнодисперсного пилу, які утворюються в результаті процесу горіння) викликають зміни в метилюванні ДНК через запалення та окислювальний стрес. Вдихання людиною твердих частинок, таких як PM10, може призвести до розвитку запальних процесів у легенях. Ці запальні реакції спричинюють окислювальний стрес, який характеризується надмірним утворенням активних форм кисню, таких як пероксиди, гідроксильні радикали та оксид азоту, негативно впливаючи на еритроцити та викликаючи анемію [24].

Також групою вчених (Zhong, J., Karlsson, O., Wang, G., Li, J., Guo, Y., Lin, X.C., Zemplenyi, M., USA) досліджено вплив твердих частинок на концентрацію фолієвої кислоти, компонентом, пов'язаним з окислювальним стресом (<6,6 нмоль/л (<3,0 нг/мл) вважається дефіцитом та спричинює анемію). При дефіциті фолієвої кислоти порушується процес кровотворення та змінюється еритроцитарний індекс і, як наслідок, з'являються аномальні форми еритроцитів та змінюються їх якісні показники [33].

Дослідження, проведені протягом чотирьох років медичними та науковими фахівцями Пекінського університету (Peking University, Beijing, China), виявили значний зв'язок між короткочасним впливом забрудненого повітря та периферичним розподілом лейкоцитів у дорослого чоловічого населення (понад 11 тисяч осіб віком 22-45 років). Параметри моніторингу забруднення навколишнього середовища включали тверді частки розміром ≤ 10 мкм (PM10), PM2,5 та діоксид азоту (NO₂), діоксид сірки (SO₂), оксид вуглецю (CO) та озон (O₃) збиралися щодня. Короткочасний і кумулятивний вплив забруднювачів повітря спричинив до підвищення кількості нейтрофілів, лімфоцитів і моноцитів периферичної крові учасників і знизив кількість

еозинофілів і базофілів. Результати показали, що забруднене повітря викликало запалення в чоловіків [32].

Вченими Пекінського університету (Peking University, Beijing, China) досліджувалася також взаємозв'язок між впливом твердих частинок та параметрами клітин крові у трьох містах Китаю з використанням перехресного (Пекін, 425 учасників) та панельного дослідження (Тяньцзінь і Шанхай, 92 учасники з 361 повторним вимірюванням). Збільшення впливу твердих частинок РМ, зокрема РМ_{2,5}, було суттєво пов'язане зі зниженням кількості еритроцитів і середньої концентрації гемоглобіну (МСНС), а також збільшенням середнього корпускулярного об'єму (МСV), кількості тромбоцитів (PLT) і гематокриту тромбоцитів (РСТ) в обох дослідженнях [28].

Серед фізичних забруднень, згубний вплив на показники крові має радіаційне випромінювання. Науковцями Гуандунського фармацевтичного університету (Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou, China) досліджено вплив низьких доз іонізуючого випромінювання на показники тромбоцитів у медичних працівників, які працюють близько 10 років. Дослідження показало, що кількість тромбоцитів у чоловіків збільшувалася у кумулятивних дозах опромінення після низьких доз іонізуючого опромінення, тоді як у жінок суттєвих змін не спостерігалось. Це вказує на те, що стать може бути визначальним фактором зміни кумулятивної дози опромінення на тромбоцити у гематологічних параметрах.

Загалом кількість тромбоцитів спочатку збільшувалася, а потім зменшувалася нелінійно в міру кумулятивної дози опромінення. У жінок спостерігалась тромбоцитопенія (патологічний стан при якому дефіцит тромбоцитів призводить до виникнення точкових крововиливів) та менорагію (наднормове виділення крові у менструальні дні).

Унаслідок тривалого системного опромінення спостерігається гемопоетичний синдром, який може призвести до анемії та променево-індукованого раку крові. Основною причиною гемопоетичного синдрому є індукція апоптозу в гемопоетичних стовбурових клітинах і гемопоетичних клітинах-попередниках, що викликає гостре ураження кісткового мозку, залежно від доз іонізуючого випромінювання [25].

Унаслідок техногенної діяльності людини відбувається забруднення водних ресурсів територій: річкових басейнів, прибережних вод, водосховищ. Основними причинами забруднення природних вод є: ненормовані викиди з промислових об'єктів, неналежний стан очисних споруд та об'єктів водовідведення, змиви та дренажу токсичних речовин на землях сільськогосподарського призначення. Основні речовини-забрудники – це важкі метали, сполуки азоту та фосфору, нафтопродукти, сульфати, феноли тощо [13].

За умови постійного споживання води, в якій містяться важкі метали, спостерігається відхилення гематологічних параметрів крові (гемоглобін (Hb), еритроцити, об'єм клітинної тканини (PCV), середній корпускулярний гемоглобін і середня концентрація корпускулярного гемоглобіну) від норми. Як наслідок, фіксується зниження еритроцитів, гематокриту та гемоглобіну. Людина скаржиться на втому, запаморочення та слабкість [30].

Також стоки очисних споруд, які потрапляють у поверхневі води, містять фосфатовмісні сполуки (хімічні речовини, що містять фосфор). За умови потраплення в організм людини, зокрема кров, вони зв'язуються із залізом в еритроцитах, що призводить до зниження рівня гемоглобіну. Це може спричинити анемію. Фосфатовмісні сполуки пригнічують активність «білої» крові, що у свою чергу, ослаблює захист організму від інфекцій. Більш вразливими до впливу фосфатовмісних сполук є діти, літні люди та особи з хронічними захворюваннями [1; 4].

Унаслідок викидів недостатньо-очищених (по факту забруднюючих) зворотніх вод промисловими підприємствами у водойми потрапляють сульфати, фтор, залізо, хлориди. За умови споживання людиною такої води з часом спостерігаються зміни в організмі людини: підвищений вміст хлоридів призводить до набухання та гемолізу (руйнування) еритроцитів; значний вміст сульфатів призводить до зменшення

розміру еритроцитів, зниження їх здатності переносити кисень; пригнічуючи активність лейкоцитів [14].

Техногенне забруднення має також негативний вплив і на ґрунтовий покрив. Відповідно до Земельного кодексу України глави 27 статті 169 (редакція від 26.01.2024) техногенно забрудненими землями називають землі, які зазнали негативного впливу господарської діяльності людини. Відтак виділяють землі за вмістом забруднювача: радіаційно небезпечні та радіоактивно забруднені; забруднені хімічними елементами, зокрема важкими металами. Для таких земель вводиться особливий режим їх використання [6].

Важкі метали істотно знижують якість ґрунту, особливо на ділянках підвищеного техногенного впливу, наприклад, поблизу промислових підприємств (теплових електростанцій, металургійних, нафтопереробних заводів), автомобільних доріг, вихлопних газів автомобілів (останній чинник є основним джерелом свинцю у навколишньому середовищі) тощо. Ще одним джерелом потрапляння важких металів у землю є агродобрива при виробництві яких були порушені важливі технологічні процеси [11].

Такі елементи з металічними властивостями, коли потрапляють у кров, можуть скоротити тривалість життя еритроцитів, знизити гемоглобін, а впливаючи на лейкоцити – призводять до порушення імунної відповіді організму. Зокрема, свинець викликає порушення нервової та кровотворної систем організму людини. Важкі метали можуть бути причиною гальмування гемопоетичної функції кісткового мозку, як наслідок виникає анемія, відповідно блокуються кровотворні процеси [16].

Важкі метали, зокрема свинець, кадмій та ртуть, коли потрапляють в кров, зв'язуються з гемоглобіном, транспортним білком, який переносить кисень, гальмують його транспортування і цим самим спричинюють кисневе голодування тканин. Мідь та алюміній можуть пошкоджувати мембрану еритроцитів та призводити до гемолізу – виходу цитоплазми еритроциту у навколишню рідину, до прикладу, у плазму крові. Важкі метали мають вплив на активність ферментів у червоній крові, що порушує метаболічні процеси. Поруч з цим варто відмітити симптоми, які має людина, коли еритроцити не виконують свою функцію: швидка втома, задишка, запаморочення, холодні кінцівки. Не всі важкі метали мають однаковий вплив на еритроцити. Рівень ризику залежить від типу металу, способу та інтенсивності впливу [9].

Важкі метали також негативно впливають на лейкоцити: пригнічують їх активність, роблячи їх слабоефективними у боротьбі з інфекціями, що у свою чергу це призводить до зниження захисної здатності організму від інфекцій; викликають лейкопенію (зниження кількості лейкоцитів); провокують аутоімунні реакції. Такі метали як свинець, ртуть, миш'як мають здатність: пошкоджувати ДНК лейкоцитів та спричинювати мутації, рак, спричинювати лейкопенію, лімфоцитопенію. Кадмій – викликає апоптоз лейкоцитів, блокує активність нейтрофілів і макрофагів [16; 10].

На показники еритроцитів та лейкоцитів крові людини також мають вплив результати обробки ґрунту пестицидами, внесення добрив. Пестициди є стійкими токсичними речовинами, які дослідники часто порівнюють із радіоактивними ізотопами і оцінюють їх по періоду напіврозпаду – час, за який концентрація речовини зменшується у 2 рази [19].

Вказані речовини потрапляють у колообіг речовин у природі і, відповідно людина, до організму якої вони можуть потрапити як через дихальні шляхи, шкіру (у процесі здійснення обробки землі чи насаджень, особливо у вітряну погоду), шлунково-кишковий тракт (при вживанні рослинної їжі, яка зазнала надмірної обробки пестицидами або при вживанні м'яса жуйних тварин, яких кормили рослинністю із високим вмістом пестицидів).

Дослідники Gerald, F. та O'Malley, R. [7] класифікують пестициди за хімічним складом та умовно об'єднують у класи, серед яких основними є: хлорорганічні; фосфорорганічні; похідні карбамінової, тіо- і дитіокарбамінової кислот; карбонові кислоти та

їх похідні (хлорфеноксіоцтові кислоти; арилалкілкарбонові кислоти); фторовмісні сполуки; сірка та її похідні препарати.

Науковці Shah, S., Shah, S., Ahmad, L. підтвердили у своїх дослідженнях, що органофосфати, карбамати призводять до зниження рівня гемоглобіну, еритроцитів, лімфоцитів, їх форми та тривалості життя. Хлоровані вуглеводні, піретроїди пошкоджують мембрани еритроцитів (призводять до гемолізу), знижують кількість та активність лейкоцитів [23].

Деякі похідні карбамінової кислоти, зокрема дитіокарбаміл, можуть викликати метгемоглобінемію – це захворювання, при якому підвищується рівень метгемоглобіну. Він є однією із форм окисленого гемоглобіну, який не може вступати в зворотну реакцію з киснем та переносити його [15].

Окрім промислового, транспортного забруднення важливу роль, на жаль, в умовах збройної агресії російської федерації, відіграє забруднення довкілля унаслідок розривів боєприпасів будь-якого калібру, адже відбувається часткова хімічна реакція, яка призводить до забруднення як атмосфери, так і ґрунтів, потім ґрунтових вод і згодом потрапляє до харчових ланцюгів тварин і людей.

Кожен випущений снаряд містить суміш небезпечних речовин, а саме: збіднений уран (а точніше його радіоактивний пил) та його оксиди, сполуки ртуті, свинцю, стронцій, алюміній, сполуки азоту та сірки, які протрапляють в атмосферу, водні ресурси, ґрунт, а згодом і в організм людини з повітрям, водою та їжею [2].

Дослідження впливу збідненого урану проводились французькими дослідниками Інституту радіаційного захисту та ядерної безпеки. Такий побічний продукт виробництва ядерного палива, потрапляючи в кров, призводить до анемії, адже пригнічує процеси вироблення еритроцитів у кістковому мозку, та може впливати на зміну форми еритроцитів (ускладнити транспорт кисню до тканин) [22].

Уран, який містить менше радіоактивного ізотопу урану-235, може пошкоджувати ДНК лейкоцитів, призводити до мутацій і бути причиною розвитку лейкозу. Про це зазначається у дослідженнях працівників Науково-дослідного інституту радіобіології збройних сил Вашингтонського університету військової служби (США) [27].

У процесі окиснення 1 кг вибухівки у повітря потрапляє, окрім CO₂, кілька десятків куб. метрів токсичних газів: оксиди азоту, оксиди сірки, монооксид вуглецю. До прикладу, монооксид вуглецю зв'язується з гемоглобіном в еритроцитах з більшою афінністю, аніж кисень, що призводить до зниження транспортування кисню до тканин і може призвести до гіпоксії; згубно впливає на лейкоцити: пригнічує їх функції та пригнічує імунну відповідь організму [18].

Під час детонації боєприпасу у повітря вивільняється низка хімічних елементів. Першочергово це оксиди азоту, чадний газ, сірка, вуглекислий газ, свинець, сажа та гептил [8]. Останній є одним із найбільш шкідливих сполук, адже здатен спричинювати загальнотоксичну, шкірно-подразнюючу і канцерогенну дію, окрім печінки, центральної нервової, серцево-судинної вражає кровотворну систему [12].

У результаті обстрілів нафтобаз, промислових об'єктів у навколишнє середовище виділяються нафтопродукти. Вони є складною сумішшю вуглеводнів – ароматичних та аліфатичних. Летючими органічними сполуками (ЛОС), компонентами нафтопродуктів, є толуол, бензол та ксилоли, поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), які у високій концентрації є токсичними не тільки для центральної нервової системи, але й можуть погіршити або блокувати імунну систему через окислювальний стрес та, відповідно, зменшення кількості лейкоцитів [17]. Бензол може пошкоджувати ДНК лейкоцитів, призвести до мутацій і збільшити ризик розвитку раку – неходжкінської лімфоми. Також бензол може бути причиною анемії та тромбоцитопенії [21].

Дослідження науковців неодноразово підтверджують, що погіршення екологічної ситуації, зокрема забруднення повітря, води та ґрунтів, має суттєвий негативний вплив на здоров'я населення, що підтверджується змінами у гематологічних показниках крові та потребує подальших досліджень та невідкладних дій.

Висновки. Існує стійка тенденція до погіршення показників здоров'я населення в останнє десятиріччя, що пов'язано з активною діяльністю людини, як наслідок антропогенною трансформацією біосфери, яка призводить до зростання рівня забруднення навколишнього середовища та чинить негативний вплив на стан здоров'я населення планети. Це, в свою чергу, негативно впливає на захисні механізми організму, роблячи його більш схильним до дії шкідливих факторів, включаючи забруднювачі.

Гематологічні показники крові людини є важливими маркерами загального стану здоров'я. Зміна гематологічних показників крові під впливом техногенного забруднення може призвести до розвитку ряду серйозних захворювань, таких як анемія, лейкопенія, тромбоцитопенія, а також до порушення функцій імунної системи. Це, в свою чергу, може призвести до зниження працездатності, погіршення якості життя та навіть до летальних випадків.

Проаналізувавши ряд досліджень українських та зарубіжних науковців про вплив техногенного забруднення основних компонентів навколишнього середовища на гематологічні показники крові людини було визначено, що ключовими забруднювачами повітря є: оксиди азоту, сірки, вуглецю, леткі органічні сполуки, тверді частинки пилу, рівень радіації; водних та ґрунтових ресурсів – важкі метали, сполуки хлору, фтору, азоту, фосфору, пестициди, нафтопродукти, стічні води. Не менш важливим фактором забруднення є вплив воєнних дій на території України, адже унаслідок розривів боеприпасів в атмосферу, воду та ґрунт потрапляє низка токсичних хімічних елементів та сполук, особливо нафтопродуктів, збідненого урану та важких металів. Зокрема, через обстріли промислових підприємств здійснюються масові викиди азотної кислоти, хлору та аміаку. Відповідно, сумарний вплив техногенного навантаження спричиняє наступний негативний вплив на гематологічні показники крові. Знижується або збільшується кількість, форма та розміри еритроцитів або гемоглобіну, що спричинює порушення функції «червоної крові», анемію, еритроцитоз або еритремія, порушення транспорту кисню до тканин. У свою чергу кількість лейкоцитів зменшується, змінюється співвідношення їх типів, відбуваються процес мутації «білої крові», підвищуються ризики лейкемії, інфекційних захворювань унаслідок зниження захисних функцій імунітету людини.

Подальші дослідження вбачаємо у оцінці стану здоров'я населення та екологічного стану на техногенно забруднених територіях України, зокрема в Сумській, Харківській, Дніпропетровській областях тощо.

Література

1. Ангурець О., Хазан П., Колесникова К., Куш М., Чернохова М., Гавранек М. Наслідки для довілля війни росії проти України. Електронне науково-популярне видання. 2022. URL: <http://surl.li/kgblg> (дата звернення: 17.05.2024).
2. Вітер Н.Г. *Промислова екологія*. Методичні рекомендації для проведення практичних та самостійних робіт студентів факультету агрономії та лісівництва денної та заочної форми навчання галузь знань 10 «Природничі науки» зі спеціальності 101 «Екологія» освітнього ступеня «Магістр». Вінниця: ВНАУ – 2019. 126 с.
3. Вплив хімічного складу та мікроелементів води питної на організм людини. *Чернігівський обласний центр контролю та профілактики хвороб*. 2022. URL: <http://surl.li/smrsm> (дата звернення: 19.05.2024).
4. Грушанська Н.Г., Костенко В.М., Обруч М.М., Цвіліховський М.І. Вміст важких металів у крові корів північно-східної біогеохімічної зони за різних технологій утримання. *Вісник ЖНАЕУ*, 2017, № 1 (58), т. 1. URL: <http://surl.li/cbvjbu> (дата звернення: 21.04.2024).
5. Древаль О.М., Янчик О. Г. *Основи екології*. Навчально-методичний посібник. Харків: НТУ «ХПІ». 2017. 146 с. (дата звернення: 18.05.2024).
6. Земельний кодекс України №2768-III. 2002. Редакція від 26.01.2024. URL: <http://surl.li/tvnld> (дата звернення: 17.05.2024).

7. Мезенцева І., Самко Я. Як війна впливає на якість повітря? *Хмарочос – головне інтернет-видання сучасних киян*. 2024. URL: <http://surl.li/tvljh> (дата звернення: 15.05.2024).
8. Мусінкевич І.В., Трач І.А. Вплив важких металів на навколишнє середовище та організм людини. Вінницький національний технічний університет. Вінниця. 2020. URL: <http://surl.li/nakeuf> (дата звернення: 05.05.2024).
9. Параняк Л. П., Васильцева Л.П., Макух Х. І. Шляхи надходження важких металів в довкілля та їх вплив на живі організми. Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. *Біологія тварин*. Т. 9, №1–2. 2017. С. 83–89.
10. Писаренко П., Самойлік М., Галицька М., Диченко О., Тараненко С. Дослідження впливу техногенного забруднення внаслідок воєнних дій на показники ґрунту агроценозів. *Меліорація, землеробство, рослинництво*. Полтавський державний аграрний університет. 2022. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.14> (дата звернення: 16.05.2024).
11. Проданчук М.Г., Балан Г.М., Бобильова О.О. Потенційний ризик для навколишнього середовища і здоров'я людини 1,1–диметилгідразину (гептилу) – важлива проблема хімічної та екологічної безпеки України в умовах зростання військових, диверсійних та терористичних загроз. *Сучасні проблеми токсикології, харчової та хімічної безпеки*. Вип. 3, 2015. С.25-33
12. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року: Закон України №2697-VIII від 28.02.2019. URL: <http://surl.li/akoef> (дата звернення: 20.05.2024).
13. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Сумській області у 2022 році. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. 2023. URL: <http://surl.li/hfgsf> (дата звернення: 18.05.2024).
14. Рябка Ю.А., Вінніков А.І. Особливості змін біохімічних показників крові при аортокоронарному шунтуванні у пацієнтів, які проживають у промисловому місті. *Proceedings of the 15th International Scientific and Practical Conference «Scientific Research in XXI Century»* (February 16-18, 2024). Ottawa, Canada. URL: <http://surl.li/fpoqwk> (дата звернення: 21.04.2024).
15. Судова незалежна експертиза України. Чи можна пити воду, яка містить нафтопродукти? ТОВ «Судова незалежна експертиза України». Київ. 2018. URL: <http://surl.li/tuzsg> (дата звернення: 14.05.2024).
16. Ткачишин В.С., Фоменко К.С. Вплив порохових газів на організм людини. *Науковий огляд. Медицина невідкладних станів*. №6 (77). Національний медичний університет імені О.О. Богомольця. Київ. 2016.
17. Шкідливість пестицидів на організм людини. Головне управління Держпродспоживслужби в Чернівецькій області. 2019. URL: <http://surl.li/byftx> (дата звернення: 15.05.2024).
18. Щорічний звіт про стан здоров'я населення України та епідемічну ситуацію за 2022 рік. Міністерство охорони здоров'я України. Київ. 2023. URL: <http://surl.li/rebhj> (дата звернення: 20.05.2024).
19. Benzene and Cancer Risk. *American Cancer Society medical information is copyrighted material. For reprint requests, please see our*. 2023. URL: <http://surl.li/tvoda> (дата звернення: 21.05.2024).
20. Gerald, F. & O'Malley, R. (2022). Organophosphate Poisoning and Carbamate Poisoning. *MSD Manual for the Professional*. 2022. URL: <http://surl.li/smrth> (дата звернення: 20.05.2024).
21. Honda T., Pun V.C., Manjourides J., Suh H. Anemia prevalence and hemoglobin levels are associated with long-term exposure to air pollution in an older population. *Environ. Int.* 2017. P.101:125–132.
22. Ibrahim M., Noor S., Lashari Y., Rizwan S., Rehman A., Shahzad F. Effects of Environmental Pollution on Changes in Blood Biochemical Parameters. *Pak-Euro Journal of Medical and Life Sciences*; Volume 1, № 1 (2018). 2019. URL: <http://surl.li/tuszv> (дата звернення: 19.05.2024).

23. Liu N., Peng Y., Zhong X., Ma Z., He S., Li Y., Zhang W., Gong Z., Yao Z. Effects of exposure to low-dose ionizing radiation on changing platelets: a prospective cohort study. *Environ Health Prev Med.* 2021 Jan 25;26(1). URL: <http://surl.li/tujhj> (дата звернення: 18.05.2024).
24. Shah S.F.H., Shah S.H.H., Ahmad L.. A study on various pollutants in water and their effect on blood of the consumers. *Appl Water Sci* 11, 164 (2021). URL: <http://surl.li/algzqe> (дата звернення: 16.05.2024).
25. Wanzhou W., Tongjun G., Huaqi G., Xi Ch. Ambient particulate air pollution, blood cell parameters, and effect modification by psychosocial stress: Findings from two studies in three major Chinese cities. *Environmental Research.* Volume 210, July 2022. URL: <http://surl.li/tuibi> (дата звернення: 16.05.2024).
26. World Health Organization: Air quality, energy and health. 2018 URL: <http://surl.li/xxewnd> (дата звернення: 10.05.2024).
27. Xue Y., Cong J., Bai Y., Zheng P., Hu G., Kang Y., Wu Y., Cui L, Jia G., Wang T. Associations between Short-Term Air Pollution Exposure and the Peripheral Leukocyte Distribution in the Adult Male Population in Beijing, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2023 URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph20064695> (дата звернення: 21.05.2024).
28. Youngrin K., Shinhee Ye., Jongmin O., Dong-Wook L., Wonho Y., Yangho K., Eunhee H. Direct and Indirect Effects of Indoor Particulate Matter on Blood Indicators Related to Anemia. *Environ Res Public Health.* 2021 Dec; 18(24). URL: <http://surl.li/tufku> (дата звернення: 21.05.2024).
29. Zhong J., Karlsson O., Wang G., Li J., Guo Y., Lin X.C., Zemplenyi M., Sanchez-Guerra M., Trevisi L., Urch B. B vitamins attenuate the epigenetic effects of ambient fine particles in a pilot human intervention trial. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2017. URL: <http://surl.li/ejuite> (дата звернення: 16.05.2024).

References

- Anhurets, O., Khazan, P., Kolesnykova, K., Kushch, M., Chernokhova, M. & Havranek, M. (2023). Naslidky dlia dovkillia viiny rosii proty Ukrainy [Consequences for the environment of Russia's war against Ukraine]. *Elektronne naukovo-populiarne vydannia. Vidnovleno z <http://surl.li/kgblr>* [in Ukrainian].
- Arkipova, H. I., Mudrak, T. O. & Zavertana D. V. (2010). Vplyv nadlyshkovoho vmistu vazhkykh metaliv u pytnii vodi na orhanizm liudyny [The influence of excessive content of heavy metals in drinking water on the human body]. *Visnyk NAU.* 2010. № 1. S. 232-235 [in Ukrainian].
- Benzene and Cancer Risk (2023). *American Cancer Society medical information is copyrighted material. For reprint requests, please see our.* Retrieved from <http://surl.li/tvoda> [in English].
- Dreval, O.M. & Yanchyk, O. H. (2017). *Osnovy ekolohii [Basics of ecology]. Navchalno-metodychnyi posibnyk.* Kharkiv: NTU «KhPI», 146 s. [in Ukrainian].
- Gerald, F. & O'Malley, R. (2022). Organophosphate Poisoning and Carbamate Poisoning. *MSD Manual for the Professional.* 2022. Retrieved from <http://surl.li/smrth> [in English].
- Honda, T., Pun, V.C., Manjourides, J. & Suh, H. (2017). Anemia prevalence and hemoglobin levels are associated with long-term exposure to air pollution in an older population. *Environ. Int.* 2017;101:125–132 [in English].
- Hrushanska N.H., Kostenko V.M., Obruch M.M., Tsvilikhovskiy M.I. Vmist vazhkykh metaliv u krovii koriv pivnichno-skhidnoi bioheokhimichnoi zony za riznykh tekhnolohii utrymannia [The content of heavy metals in the blood of cows of the northeastern biogeochemical zone under different technologies of keeping.]. *Visnyk ZhNAEU,* 2017, № 1 (58), t. 1. Vidnovleno z <http://surl.li/cbvjbu> [in Ukrainian].
- Ibrahim, M., Noor, S., Lashari, Y., Rizwan, S., Rehman, A. & Shahzad, F. (2019). Effects of Environmental Pollution on Changes in Blood Biochemical Parameters. *Pak-Euro Journal of Medical and Life Sciences;* Volume 1, № 1 (2018). Retrieved from <http://surl.li/tuszv> [in English].

9. Klasyfikatsiia pestytsydiv (2017) [Classification of pesticides]. Materialy dlia dystantsiinoho navchannia. Lektsiia. Tavriiskyi derzhavnyi ahrotekhnolohichniy universytet imeni Dmytra Motornoho. Melitopol [in Ukrainian].
10. Liu, N., Peng, Y., Zhong, X., Ma, Z., He, S., Li, Y., Zhang, W., Gong, Z. & Yao, Z. (2021) Effects of exposure to low-dose ionizing radiation on changing platelets: a prospective cohort study. *Environ Health Prev Med.* 2021 Jan 25;26(1). Retrieved <http://surl.li/tujhj> [in English].
11. Mieziatseva, I. & Samko, Ya. (2024). Yak viina vplyvaie na yakist povitria? [How does war affect air quality?]. *Khmarochos – holovne internet-vydannia suchasnykh kyian.* Vidnovleno z <http://surl.li/tvljh> [in Ukrainian].
12. Musinkevych, I.V., Trach, I.A. (2020). Vplyv vazhkykh metaliv na navkolyshnie seredovyshe ta orhanizm liudyny [Impact of heavy metals on the environment and the human body]. *Vinnytskyi natsionalnyi tekhnichniy universytet. Vinnytsia* [in Ukrainian].
13. Prodanchuk, M.H., Balan, H.M. & Bobylova, O.O. (2015). Potentsiinyi ryzyk dlia navkolyshnoho seredovyscha i zdorovia liudyny 1,1-dymetylhidrazynu (heptylu) – vazhlyva problema khimichnoi ta ekolohichnoi bezpeky Ukrainy v umovakh zrostannia viiskovykh, dyversiynykh ta terorystychnykh zahroz [The potential risk for the environment and human health of 1,1-dimethylhydrazine (heptyl) is an important problem of chemical and ecological security of Ukraine in the conditions of high growth, diversity and terrorist threats]. *Suchasni problemy toksykolohii, kharchovoi ta khimichnoi bezpeky* [Modern problems of toxicology, food and chemical safety]. Vyp. 3 [in Ukrainian].
14. Pysarenko, P., Samoilik, M., Halytska, M., Dychenko, O. & Taranenko, S. (2022). Doslidzhennia vplyvu tekhnogennoho zabrudnennia vnaslidok voienykh dii na pokaznyky gruntu ahrotsenoziv [Studies of the impact of technogenic pollution as a result of military operations on soil indicators of agrocenoses]. *Melioratsiia, zemlerobstvo, roslynnystvo* [Reclamation, agriculture, plant breeding]. *Poltavskiy derzhavnyi ahraryi universytet* [in Ukrainian].
15. Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha v Sumskii oblasti u 2022 rotsi (2023) [Regional report on the state of the natural environment in the Sumy region in 2022]. *Ministerstvo zakhystu dokillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy.* Vidnovleno z <http://surl.li/hfgsf> [in Ukrainian].
16. Riabka, Iu.A. & Vinnikov, A.I. (2024). Osoblyvosti zmin biokhimichnykh pokaznykiv krovi pry aortokoronarnomu shuntuvanni u patsientiv, yaki prozhyvaiu u promyslovomu misti [Peculiarities of changes in biochemical blood parameters during coronary artery bypass grafting in patients living in an industrial city]. *Proceedings of the 15th International Scientific and Practical Conference «Scientific Research in XXI Century»* (February 16-18, 2024). Ottawa, Canada [in Ukrainian].
17. Shah, S.F.H., Shah, S.H.H., Ahmad, L. et al. (2021) A study on various pollutants in water and their effect on blood of the consumers. *Appl Water Sci* 11, 164 (2021) [in English].
18. Shchorichnyi zvit pro stan zdorovia naseleння Ukrainy ta epidemichnu sytuatsiiu za 2022 rik (2023) [Annual report on the state of health of the population of Ukraine and the epidemic situation for 2022]. *Ministerstvo okhorony zdorovia Ukrainy.* Kyiv. Vidnovleno z <http://surl.li/rebhj> [in Ukrainian].
19. Shkidlyvist pestytsydiv na orhanizm liudyny (2019) [Pesticides are harmful to the human body]. *Holovne upravlinnia Derzhprodsposhyvsluzhby v Chernivetskii oblasti.* Vidnovleno z <http://surl.li/byftx> [in Ukrainian].
20. Sudova nezalezna ekspertyza Ukrainy. Chy mozna pyty vodu, yaka mistyt naftoprodukty? [Independent forensic examination of Ukraine. Is it possible to drink water containing petroleum products?]. *TOV «Sudova nezalezna ekspertyza Ukrainy».* Kyiv. 2018. Vidnovleno z <http://surl.li/tuzsg> [in Ukrainian].
21. Tkachyshyn, V.S. & Fomenko, K.S. (2016). Vplyv porokhovykh haziv na orhanizm liudyny [The effect of powder gases on the human body]. *Naukovi ohliad. Medytsyna nevidkladnykh staniv* [Emergency medicine]. №6 (77). *Natsionalnyi medychniy universytet imeni O.O.Bohomoltsia.* Kyiv [in Ukrainian].
22. Viter, N.H. (2019). Promyslova ekolohiia [Industrial ecology]. *Metodychni rekomendatsii dlia provedennia praktychnykh ta samostiinykh robot studentiv fakultetu ahronomii*

ta lisivnytstva dennoi ta zaochnoi formy navchannia haluz znan 10 «Pryrodnychi nauky» zi spetsialnosti 101 «Ekolohiia» osvithnoho stupenia «Mahistr». Vinnytsia: VNAU – 2019. – 126 s. [in Ukrainian].

23. Vplyv khimichnoho skladu ta mikroelementiv vody pytnoi na orhanizm liudyny (2022) [The influence of the chemical composition and trace elements of drinking water on the human body]. *Chernihivskiyi oblasnyi tsentr kontroliu ta profilaktyky khvorob*. Vidnovleno z <http://surl.li/smrsm> [in Ukrainian].

24. Wanzhou, W., Tongjun, G., Huaqi, G., Xi, Ch. et al. (2022) Ambient particulate air pollution, blood cell parameters, and effect modification by psychosocial stress: Findings from two studies in three major Chinese cities. *Environmental Research*. Volume 210, July 2022. Retrieved <http://surl.li/tuibi> [in English].

25. World Health Organization: Air quality, energy and health (2018) URL: <http://surl.li/xxewnd> [in English].

26. Xue, Y., Cong, J., Bai, Y., Zheng, P., Hu, G., Kang, Y., Wu, Y., Cui, L., Jia, G & Wang, T. (2023). Associations between Short-Term Air Pollution Exposure and the Peripheral Leukocyte Distribution in the Adult Male Population in Beijing, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/ijerph20064695> [in English].

27. Youngrin, K., Shinhee, Ye., Jongmin, Oh. Dong-Wook, L., Wonho, Y., Yangho, K. & Eunhee, H. (2021). Direct and Indirect Effects of Indoor Particulate Matter on Blood Indicators Related to Anemia. *Environ Res Public Health*. 2021 Dec; 18(24). Retrieved from <http://surl.li/tufku> [in English].

28. Zakon Ukrainy «Pro Osnovni zasady (stratehiiu) derzhavnoi ekolohichnoi polityky Ukrainy na period do 2030 roku» №2697-VIII vid 28.02.2019 (2019) [The Law of Ukraine "On the Basic Principles (Strategy) of the State Environmental Policy of Ukraine for the Period Until 2030"]. Vidnovleno z <http://surl.li/akoef> [in Ukrainian].

29. Zemelnyi kodeks Ukrainy №2768-III (2002) [Land Code of Ukraine]. Vidnovleno z <http://surl.li/tvnld> [in Ukrainian].

30. Zhong, J., Karlsson, O., Wang, G., Li, J., Guo, Y., Lin, X.C., Zemplenyi, M., Sanchez-Guerra, M., Trevisi, L., Urch, B. et al. (2017). B vitamins attenuate the epigenetic effects of ambient fine particles in a pilot human intervention trial. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 114, 3503–3508 [in English].

Karnaushenko D.

graduate student of the
department of human biology and methods of teaching chemistry
Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko
dimonkark@ukr.net
orcid.org/0009-0000-0244-3866

Vakal Y.

senior lecturer, doctor of philosophy
department of human biology and methods of teaching chemistry
Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko
julia.vakal@sspu.edu.ua
orcid.org/0000-0002-8722-7683

CHANGE OF HEMATOLOGICAL INDICATORS OF BLOOD UNDER THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL POLLUTION (OVERVIEW OF THE PROBLEM)

The article examines the effect of man-made pollution on the hematological indicators of human blood. The analysis of literary sources made it possible to establish that in Ukraine over the past five years, the level of morbidity among children and adults is the highest for

all main classes of diseases. Of particular concern is the growth of diseases of the blood and blood-forming organs. It has been established that man-made pollution has a negative effect on the hematological indicators of human blood. The main hematological markers used to diagnose changes in the human body under the influence of technogenic factors are the level of hemoglobin, the number of erythrocytes, leukocytes and platelets. The main types of man-made pollution and pollutants of the main components of the environment – atmospheric air, water resources, soil – were determined, including: gaseous substances, solid dust particles, heavy metals, nitrogen oxides, sulfur, chlorine compounds, fluorine, petroleum products, radioactive radiation, industrial effluents, use of pesticides. The analysis of scientific works, databases of medical and biological profile was carried out and it was found that most of the works are devoted to atmospheric air pollution by solid particles (PM2.5 and PM10), nitrogen and sulfur dioxides, aromatic hydrocarbons (benzene) and carbon oxides. The results of research on the long-term and systemic effects of ionizing radiation, heavy metals present in drinking water and soil (from where they later enter the human body through the circulation of substances), sewage treatment plant effluents, pesticides and fertilizers are also presented. Special attention is paid to the study of the impact of Russia's armed aggression, because rocket and artillery fire releases hazardous chemicals: depleted uranium, its oxides, heptyl, compounds of mercury, lead, strontium, and aluminum. The connection between the emission of dangerous substances and blood diseases is reflected – the works of Ukrainian and foreign scientists are studied and the influence of man-made pressure on hematological indicators of blood is described (leukopenia and leukocytosis, blood cancer and increased risks of infections due to the weakening of the body's immune response; a critical decrease in platelets, which leads to anemia, hemolysis or an increase in erythrocytes (erythrocytosis, change in their shape, impaired functions).

Key words: technogenic pollution, technogenic pollutant, atmospheric air pollution, heavy metals, leukocytes, leukocytosis, leukemia, erythrocytes, anemia, erythrocytosis.

**Стаття до редакції надійшла 10.06.2024 року
Рецензія на статтю надійшла 24.06.2024 року**