

УДК 612.1:504.064:612.017

DOI 10.31654/2786-8478-2025-BN-2-71-78

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

ВПЛИВ ЕКОЛОГІЧНИХ СТРЕСОРІВ НА ГЕМАТОЛОГІЧНИЙ ПРОФІЛЬ ЛЮДИНИ

Метою роботи було визначення екологічних стресорів та механізму їх впливу на показники гематологічного профілю людини як індикативних маркерів стану здоров'я. У дослідженні застосовано теоретичні методи наукового пізнання, зокрема контент-аналіз, порівняльний аналіз, узагальнення та систематизацію наукових джерел на основі публікацій, розміщених у наукометричних базах даних Scopus, Web of Science, PubMed. Узагальнено, що основні гематологічні показники, які складають основу загально-клінічного аналізу крові та є початковим етапом в діагностиці різних порушень здоров'я, в сукупності дають комплексну картину стану кровотворної та імунної систем, що дозволяє виявити хвороботворні процеси (анемію, запальні процеси, інфекції, порушення згортання крові), що можуть бути наслідком впливу екологічних стресорів. Визначено, що основними екологічними стресорами, які впливають на гематологічний профіль людини, є забруднювачі атмосферного повітря, водних ресурсів та ґрунту: гази (окис азоту, оксиди сірки), пил, тверді частинки, важкі метали (свинець, кадмій, ртуть, миш'як), пестициди, нафтопродукти та інші токсичні речовини. Встановлено, що механізмами впливу екологічних стресорів на показники крові є стресова відповідь із активацією гіпоталамо-гіпофізарно-наднирникової осі, гормональні та імунні зміни, пряма цитотоксична дія, реакція запалення. Аналіз літератури підкреслив домінування досліджень впливу твердих частинок, важких металів, бензолу та оксидів вуглецю, що обґрунтовує необхідність комплексного міждисциплінарного вивчення проблеми. Окремо розглянуто вплив військових дій, зокрема забруднення довкілля внаслідок розривів боеприпасів, які містять небезпечні речовини – збіднений уран та його оксиди, сполуки свинцю, алюмінію та інші токсиканти. Загалом, моніторинг гематологічних показників у контексті впливу екологічних стресорів дає можливість оцінити ступінь адаптації організму до факторів навколишнього середовища та вчасно застосувати профілактичні чи лікувальні заходи.

***Ключові слова:** гематологічні показники, екологічні стресори, техногенне забруднення, лейкоцити, еритроцити, тромбоцити.*

Вступ. Сучасний стрімкий розвиток технологій та урбанізація супроводжується перманентно зростаючим антропогенним тиском на навколишнє середовище. Діяльність промисловості, зокрема хімічної, відходи транспортної галузі, машинобудування тощо. З повномасштабним вторгненням російської федерації на територію України у лютому 2022 року, особливе місце посідають забруднення навколишнього середовища унаслідок детонації боеприпасів різного виду з подальшим їх потраплянням в атмосферу, водойми, ґрунти. Негативні фактори навколишнього середовища можуть мати значний вплив на здоров'я людини. Зокрема, одна з найбільш чутливих систем організму, що реагує на такі зовнішні впливи, є кровоносна система. Зміни у

функціональному складі віддзеркалюють загальний стан здоров'я та вказують на приховані проблеми, спричинені екологічними стресорами [1, 2, 5].

Мета статті: визначити екологічні стресори та механізми їх впливу на показники гематологічного профілю людини.

Методи та організація досліджень. У межах дослідження було застосовано теоретичні методи наукового пізнання: контент-аналіз, порівняльний аналіз, систематизація та узагальнення наукових джерел. Інформаційну базу склали наукові публікації, звіти міжнародних організацій, результати емпіричних досліджень, розміщені у відкритому доступі у наукометричних базах даних (Scopus, PubMed, Web of Science, DOAJ), що висвітлюють екологічний стан навколишнього середовища та його вплив на стан системи крові людини. До аналізу були включені джерела, опубліковані у період 2000–2025 років, які відповідають тематиці впливу екологічних стресорів (важкі метали, пестициди, продукти нафтохімії, атмосферні аерозолі тощо) на гематологічні показники та адаптаційні реакції організму людини. Пріоритет надавався матеріалам, які містять клінічні, експериментальні або аналітичні дані щодо змін формули крові, механізмів токсичної дії та адаптивних фізіологічних реакцій. Огляд структуровано відповідно до типів екологічних чинників, характеру їхнього впливу, а також особливостей гематологічних змін, що виникають у відповідь на дію цих стресорів.

Результати досліджень та їх обговорення. Розуміння взаємозв'язку показників крові та впливу навколишнього середовища є критично важливим для розробки ефективних стратегій моніторингу, профілактики та лікування захворювань, пов'язаних з екологічним стресом, а також для збереження здоров'я людей в умовах постійних змін навколишнього середовища.

Аналіз літературних джерел засвідчив, що поняття «екологічний стресор» трактується як будь-який чинник навколишнього середовища, негативний вплив якого призводить до відхилень у нормальному функціонуванні організму та спричиняє розвиток стресового стану [4]. До таких чинників насамперед відносять техногенні забруднювачі – фізичні, хімічні або біологічні агенти, що потрапляють до екосистем унаслідок антропогенної діяльності. Серед них – гази, газоподібні речовини, пил, що надходять у навколишнє середовище в результаті викидів хімічних сполук і нафтопродуктів від об'єктів енергетики, промислових підприємств, транспортної інфраструктури, а також аграрного виробництва (зокрема, внаслідок використання пестицидів та мінеральних добрив). Окрім того, до екологічних стресорів належать електромагнітне, радіоактивне та теплове випромінювання, побутові й комунальні відходи, а також промислові стічні води [4].

Серед хімічних стресорів, що є наслідком діяльності промисловості, транспорту та процесів спалювання відходів, виокремлюють низку забруднювачів атмосферного повітря. До них належать: оксиди сірки й азоту (NO , NO_2 , N_2O), чадний газ (CO), аміак (NH_3), діоксид сірки (SO_2), сірководень (H_2S), сірковуглець (CS_2), а також сполуки хлору та фтору, і тверді зважені частинки ($\text{PM}_{2.5}$, PM_{10}) [5]. Значний вплив на якість води та стан ґрунтів справляють важкі метали (свинець, ртуть, кадмій), нафтопродукти, мінеральні добрива, пестициди, а також промислові стічні води. За даними досліджень, щороку в атмосферу викидається близько 22 млрд тонн вуглекислого газу, понад 150 млн тонн сірчистих сполук унаслідок спалювання палива; у річки скидається приблизно 160 км³ промислових стоків, тоді як у ґрунти надходить до 500 млн тонн мінеральних добрив і близько 4 млн тонн пестицидів [2].

Таким чином, згадані вище чинники формують негативний кумулятивний ефект, що проявляється у комплексному впливі на біотичні та абіотичні компоненти довкілля. Такий вплив створює стійке навантаження у вигляді екологічного стресу, який є багатофакторним за своєю природою. Сформований комплекс екологічних стресорів справляє безпосередній та опосередкований вплив на організм людини, зокрема на функціонування кровотворної системи. Зміни у гематологічному профілі можуть

слугувати чутливими індикативними маркерами впливу несприятливих факторів навколишнього середовища, що підкреслює необхідність подальших досліджень у напрямі екологічної безпеки та превентивної медицини.

У науковій літературі «гематологічний профіль» трактується як сукупність кількісних і якісних показників, що відображають склад та функціональні властивості крові. Ці показники є важливими діагностичними критеріями, які дають змогу оцінити стан системи кровотворення, імунного захисту та загального гомеостазу організму. До ключових компонентів гематологічного профілю належать:

1. *показники еритроцитарної ланки*: кількість еритроцитів (RBC) у певному об'ємі крові, рівень гемоглобіну (Hb), гематокрит (Hct), середній об'єм еритроцита (MCV), середній вміст гемоглобіну в еритроциті (MCH), середня концентрація гемоглобіну в еритроциті (MCHC), ширина розподілу еритроцитів за об'ємом (RDW);
2. *показники лейкоцитарної ланки*: загальна кількість лейкоцитів (WBC), лейкоцитарна формула (диференційний підрахунок лейкоцитів);
3. *показники тромбоцитарної ланки*: кількість тромбоцитів (PLT), середній об'єм тромбоцитів (MPV);
4. *швидкість осідання еритроцитів* (ШОЕ / ESR) – як неспецифічний маркер запального процесу [3].

Варто зауважити, що система кровотворення – одна із найбільш чутливих систем організму людини до впливу зовнішніх та внутрішніх факторів. Стан кровоносної системи відображає рівень загального гомеостазу, адаптаційні можливості організму та наявність/відсутність патологічних процесів. Зміни в одному або кількох показників гематологічного профілю, як правило, свідчать про вплив екзогенних стрес-факторів, у тому числі екологічного характеру, та широко використовуються у якості інформативних маркерів таких станів як: анемії, лейкомії, запальні процеси, інфекції, захворювання кісткового мозку, адаптаційні реакції [6].

Отже, розгорнутий аналіз крові з визначенням лейкоцитарної формули є малоінвазивним та доступним лабораторним дослідженням, результати якого дають змогу оцінити функціональний стан організму та оперативно провести первинну діагностику захворювань, що супроводжуються змінами показників крові. Так, зміни в еритроцитарній ланці можуть вказувати на анемію, дефіцит заліза, захворювання кісткового мозку, вірусні інфекції, аутоімунні захворювання; високі рівні окремих груп лейкоцитів – на інфекцію, запалення, онкологічні захворювання. Маркером системного запалення є показник швидкості осідання еритроцитів (ШОЕ), що, у свою чергу, вказує на наявний хронічний запальний процес. Клітини крові мають високу чутливість до токсичних речовин, радіації та інших стресорів. Зміни в лейкоцитарній формулі одночасно відображають і порушення імунної функції, що призводить до підвищеної вразливості організму до інфекційних захворювань, злоякісних новоутворень та інших патологічних станів [5].

Згідно з аналізом наукової літератури, вплив екологічних стресорів на організм людини, зокрема на показники гематологічного профілю, реалізується через складні нейрогуморальні та клітинні механізми регуляції, що порушують гомеостаз та функціональну активність кровотворної системи. Провідними серед них є стресова відповідь та гормональні зміни, зумовлені активацією гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової осі. Цей каскад нейроендокринних реакцій мобілізує фізіологічні ресурси організму для адаптації до дії стресора. Одним із ключових маркерів такого впливу є підвищення рівня кортизолу, що, як зазначають дослідники, спричинює стресову лейкоцитарну реакцію – збільшення вмісту нейтрофілів та зниження кількості лімфоцитів, а також зміни процесів еритропоезу [14].

Іншим важливим механізмом впливу екологічних стресорів є безпосередня цитотоксична дія токсичних речовин на клітини крові та органи кровотворення. Зокрема, важкі метали (свинець, Pb; ртуть, Hg; кадмій, Cd), пестициди, промислові токсиканти (бензол, феноли, формальдегід, поліароматичні вуглеводні) здатні

проникати в організм інгаляційним, пероральним або трансдермальним шляхом, акумулюватися в тканинах і впливати на процеси кровотворення у кістковому мозку – пригнічувати проліферацію та диференціацію гемопоетичних стовбурових клітин і, як наслідок, призводити до зниження рівнів еритроцитів, лейкоцитів і тромбоцитів або їх функціональної недостатності. Важкі метали, такі як Pb, Cd, Hg, потрапляючи кров, зв'язуються з білком гемоглобіном, що знижує його здатність переносити кисень і спричиняє кисневе голодування тканин. Також важкі метали порушують метаболічні процеси, впливаючи на активність ферментів в червоній крові [8]. Наслідком дії свинцю, ртуті, миш'яку (As) може бути і зниження загальної кількості лейкоцитів та пригнічення їх біологічної активності, адже ці елементи пошкоджують ДНК та викликають мутації [9; 12].

Серед екологічних стресорів з групи хімічних забруднювачів повітря найбільш небезпечними є мікрочастинки ($PM_{2.5}$, PM_{10}), оскільки вони здатні проникати в глибокі відділи дихальних шляхів і надходити в системний кровообіг. Механізм їх впливу на гематологічний профіль наступний: при вдиху, мікрочастинки осідають у дрібних бронхіолах і альвеолах, де викликають реакції місцевого запалення. Відповідно, в місці ураження збільшується кількість лейкоцитів, особливо нейтрофілів, клітин "першої лінії захисту" проти чужорідних антигенів, а також еозинофілів та лімфоцитів, тобто відбуваються зміни у співвідношенні різних типів клітин крові. Наступні реакції організму залежать значною мірою від стану системи імунного захисту людини [5].

Згідно з даними китайських дослідників із Пекінського університету (Peking University, Beijing, China), тривалий вплив твердих частинок призводить до змін у гематологічному профілі: знижується кількість еритроцитів та середня концентрація гемоглобіну (MCHC), спостерігається збільшення середнього корпускулярного об'єму еритроцитів (MCV), кількості тромбоцитів (PLT) і гематокриту тромбоцитів (PCT). Такі зміни вказують на пригнічення нормального еритропоезу та активацію тромбоцитарної ланки як реакції на хронічне запалення, пошкодження судинного ендотелію або оксидативні ушкодження [17].

У низці досліджень виявлено зв'язок між впливом $PM_{2.5}$ та анемією, особливо в дітей. Розвиток запального процесу внаслідок потрапляння пилу в легеневу тканину супроводжується вивільненням прозапальних цитокінів, які здатні пригнічувати диференціювання та проліферацію клітин-попередників еритроїдного ряду, що і провокує розвиток анемічного синдрому. За умов тривалого впливу $PM_{2.5}$ може сформуватися резистентність до еритропоетину, функцією якого є стимуляція вироблення еритроцитів [11]. Слід зазначити, що окрім тривалості дії, вагомим чинником є хімічний склад пилу, особливо наявність у повітрі важких металів, летких органічних сполук, токсичних речовин, що потенційно мають більш виражений гематотоксичний ефект [8].

За даними дослідників Жіночого університету Іхва (Ewha Womans University, Seoul, Korea), тверді частинки пилу є причиною окислювального стресу, при якому структури клітин (клітинні мембрани, білки та ДНК) руйнуються через збільшення утворення активних форм кисню. Авторами доведено, що реактивні форми кисню здатні пошкоджувати клітинні мембрани еритроцитів та структуру гем-частини, чим провокують розвиток анемії. Окрім того, встановлено, що леткі органічні сполуки, проникаючи в організм разом із пилом, можуть ушкоджувати ДНК лейкоцитів і тому розглядаються як можливий фактор гематологічних зловиясних новоутворень, зокрема лейкоемій [18].

Іншим агресивним екологічним стресором вважаються пестициди, що широко застосовуються в агросфері. Потрапляючи в організм людини разом із продуктами харчування, пестициди можуть викликати зміни гематологічних показників та проявлятися у формі анемії, лейкопенії та тромбоцитопенії. Згідно з даними дослідників, органофосфати та карбамати асоціюються зі зниженням рівня гемоглобіну, кількості еритроцитів, лімфоцитів, тоді як хлоровані вуглеводні та піретроїди викликають

гемоліз еритроцитів, зменшують кількість та активність лейкоцитів. Деякі пестициди можуть порушувати гомеостаз заліза та призводити до порушень синтезу гемоглобіну та нормального функціонування еритроцитів у цілому [7; 16].

Забруднення довкілля внаслідок військових дій (вибухів, руйнування промислових об'єктів, аварій на інфраструктурі тощо) призводить до масового викиду токсичних речовин у повітря, ґрунти та водні ресурси. Військові конфлікти, окрім прямого руйнівного впливу на життя людей, спричиняють значні екологічні наслідки, які створюють додаткові ризики для здоров'я населення. Слід зазначити, що дослідження впливу екологічних загроз, спричинених військовими діями, на стан здоров'я людини набувають особливої актуальності у сучасних умовах України. Аналіз наукової літератури свідчить, що вибухові снаряди містять комплекс небезпечних речовин: радіоактивний пил збідненого урану, його оксиди, сполуки ртуті, свинцю, азоту та сірки [1]. За даними науковців з Інституту радіаційного захисту та ядерної безпеки (Франція), збіднений уран, потрапляючи в кров, пригнічує процеси еритропоезу у кістковому мозку та впливає на морфологічні характеристики еритроцитів [12]. Нафтопродукти, що потрапляють у навколишнє середовище, зокрема у водні ресурси та питну воду, внаслідок обстрілів – толуол, бензол та ксилоли – здатні погіршити або блокувати імунну відповідь через спровокований окислювальний стрес та зменшення кількості лейкоцитів [13].

Зважаючи на вищевикладене, зазначимо, що проблематика впливу екологічних стресорів на гематологічний профіль має важливе прикладне значення, оскільки сприяє глибшому розумінню взаємозв'язків між станом навколишнього середовища та здоров'ям людини. Вплив екологічних факторів може призводити до зниження кількості еритроцитів і рівня гемоглобіну внаслідок пригнічення еритропоезу, гемолізу або дефіциту заліза, що є основою розвитку анемії. Водночас, підвищення цих показників може виступати як адаптивна реакція організму на гіпоксію. Лейкоцитарні індекси варіюють залежно від наявності запальних процесів або інфекцій, що викликає лейкоцитоз, а також можуть знижуватися внаслідок токсичного впливу на кістковий мозок із розвитком лейкопенії. Зміни в тромбоцитарних показниках пов'язані з впливом забруднювачів повітря, що підвищує ризик тромбоцитозу або, навпаки, призводить до тромбоцитопенії, зумовлюючи порушення гомеостазу системи кровообігу.

Висновки. У результаті аналізу літературних джерел визначено основні екологічні стресори, які суттєво впливають на гематологічний профіль людини. До них належать хімічні забруднювачі повітря (мікроскопічні частки, важкі метали, леткі органічні сполуки), пестициди, а також продукти забруднення, що виникають внаслідок військових дій, зокрема збіднений уран та нафтопродукти. Механізми впливу екологічних стресорів на показники крові охоплюють гормональні, токсичні, клітинні та метаболічні реакції. Екологічні стресори мають значний вплив на гематологічний профіль людини, що відображається у змінах кількості, морфології та функцій клітин крові. Дослідження таких показників дає можливість оцінити стан здоров'я організму, ступінь його адаптації до впливу умов середовища. Вплив екологічних чинників може бути як прямим (токсична дія на клітини крові шляхом пригнічення еритропоезу, гемоліз, порушення синтезу гемоглобіну, пошкодження ДНК, зниження функціональної активності клітин), так і опосередкованим (активація стресової відповіді, запалення, оксидативний стрес). Розуміння цих механізмів має ключове значення для оцінки ризиків для здоров'я людини в умовах зростаючого антропогенного та військового навантаження на довкілля.

Література

1. Ангурець О., Хазан П., Колесникова К., Куц М., Чернохова М., Гавранек М. Наслідки для довкілля війни росії проти України. 2023. 83 с. URL: <https://lcp.ndu.edu.ua/index.php/bn/about/submissions#authorGuidelines>. (дата звернення: 31.05.2025).

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. Гуцаленко О. О. *Гематологія*. Полтава, 2012. 696 с.
4. Древаль О. М., Янчик О. Г. *Основи екології*. Харків: НТУ «ХПІ». 2017. 146 с.
5. Журавльова Л. В., Янкевич О. О. Клінічна гематологія. Част. 1. Анемії. Харків. ХНМУ, 2015. 44 с.
6. Загальний розгорнутий аналіз крові (35 показників: геманалізатор з морфологічним вивченням крові). Медична лабораторія ДІЛА. URL: <https://lkr.ndu.edu.ua/-index.php/bn/about/submissions#authorGuidelines> (дата звернення: 02.05.2025).
7. Тимошук Т. М. Класифікація пестицидів. Силабус з дисципліни "Агрофармакологія". Лекція №8. Мелітополь: Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2017. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/rosl/course/988/> (дата звернення: 31.05.2025).
8. Мусінкевич І. В., Трач І. А. Вплив важких металів на навколишнє середовище та організм людини. Вінниця. 2020.
9. Параняк Л. П., Васильцева Л. П., Макух Х. І. Шляхи надходження важких металів в довкілля та їх вплив на живі організми. *Біологія тварин*. 2017. Т. 9, № 1–2. С. 83–89.
10. 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*. 2015. №. 3. С. 25-33. URL: <https://surl.li/mcvdol> (дата звернення: 02.05.2025).
11. 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»* (Ottawa, 16-18 Febr. 2024). Ottawa, Canada, 2024. Ст. 291-306.
12. Слівінська Л. Г., Левченко В. І. Вміст важких металів в крові корів та стан еритроцитопоезу в умовах антропогенного навантаження. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького*. 2008. Т. 10, № 2 (37), Ч. 1 ст. 300-308.
13. *Чи можна пити воду, яка містить нафтопродукти?* ТОВ «Судова незалежна експертиза України». URL: <https://ekspertiza.com.ua/uk/tse-korisno-znati/767-chy-mozhna-pyty-vodu-iaka-mistyt-naftoproduktu> (дата звернення: 31.05.2025).
14. Al-Hatamleh M. A. I., Ismail I., Alshajrawi O. M. Effect of stress on alteration of haematological parameters: A preliminary study on preclinical medical students in Malaysia. *Journal of Cellular Neuroscience and Oxidative Stress*. 2019. Vol. 11, no 2. P. 852-860. URL: <https://doi.org/10.37212/jcnos.683403> (date of access: 05.05.2025).
15. Berradi H., Bertho J.-M., Dudoignon N., Mazur A., Grandcolas L. et al. Renal Anemia Induced by Chronic Ingestion of Depleted Uranium in Rats. *Toxicological Sciences*. 2008. Vol. 103, Is. 2. P. 397-408. URL: <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfn052> (date of access: 30.05.2025).
16. Gerald F., O'Malley R. Organophosphate Poisoning and Carbamate Poisoning. *MSD Manual for the Professional*. 2022. URL: <http://surl.li/smrth> (date of access: 30.05.2025).
17. Wang W., Guo T., Guo H., Chen X., Ma Y. et al. Ambient particulate air pollution, blood cell parameters, and effect modification by psychosocial stress: Findings from two studies in three major Chinese cities / *Environmental Research*. 2022. Vol. 210. P. 112932. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112932> (date of access: 13.06.2025).
18. Kwag Y., Ye S., Oh J., Lee D.-W., Yang W., Kim Y., Ha E. Direct and Indirect Effects of Indoor Particulate Matter on Blood Indicators Related to Anemia. *Environ Res Public Health*. 2021. Vol. 18, no. 24. P. 12890. URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph182412890> (date of access: 31.05.2025).

References

1. Angurets, O., Khazan, P., Kolesnykova, K., Kushch, M., Chernokhova, M., & Havranek, M. (2023). *Naslidky dlia dovkillia viiny rosii proty Ukrainy* [Environmental

consequences of Russia's war against Ukraine]. Retrieved from: <https://lcp.ndu.edu.ua/index.php/bn/about/submissions#authorGuidelines> [in Ukrainian].

2. Viter, N. H. (2019). *Promyslova ekolohiia* [Industrial ecology]. Vinnytsi [in Ukrainian].
3. Hutsalenko, O. O. (2012). *Hematolohiia* [Hematology]. Poltava [in Ukrainian].
4. Dreval, O. M., & Yanchyk, O. H. (2017). *Osnovy ekolohii* [Basics of ecology]. Kharkiv [in Ukrainian].
5. Zhuravlova, L. V., & Yankevych, O. O. (2015). *Klinichna hematolohiia. Chastyna 1. Anemii* [Clinical hematology. Part 1. Anemias]. Kharkiv [in Ukrainian].
6. *Zahalni rozhornuti analiz krovi (35 pokaznykiv: hemanalizator z morfolohichnym vyvchenniam krovi)* [Complete blood analysis (35 indicators: hematology analyzer with morphological examination)]. (n.d.). *Medychna laboratoriya DILA*. Retrieved from: <https://lcp.ndu.edu.ua/index.php/bn/about/submissions#authorGuidelines> [in Ukrainian].
7. Klasyfikatsiia pestytsydiv [Classification of pesticides]. (2017). Tavriyskyi derzhavnyi ahrotekhnolohichniy universytet imeni Dmytra Motomoho. Melitopol [in Ukrainian].
8. Musinkevych, I. V., & Trach, I. A. (2020). *Vplyv vazhkykh metaliv na navkolyshnie seredovyshe ta orhanizm liudyny* [Impact of heavy metals on the environment and human body]. Vinnytsia: Vinnytskyi natsionalnyi tekhnichniy universytet [in Ukrainian].
9. Paraniak, L. P., Vasyli'tseva, L. P., & Makukh, Kh. I. (2017). Shliakhy nadkhodzhennia vazhkykh metaliv v dovkillia ta yikh vplyv na zhyvi orhanizmy [Pathways of heavy metals entering the environment and their impact on living organisms]. *Biolohiia tvaryn*, 9(1–2), 83–89 [in Ukrainian].
10. Prodanchuk, M. H., Balan, H. M., & Bobylova, O. O. (2015). Potentsiinyi ryzyk dlia navkolyshnoho seredovyscha i zdorov'ia liudyny 1,1-dimethylhidrazynu (heptylu) – vazhlyva problema khimichnoi ta ekolohichnoi bezpeky Ukrainy v umovakh zrostannia viiskovykh, dyversiinykh ta terorystichnykh zahroz [Potential risk for the environment and human health of 1,1-dimethylhydrazine (heptyl) – a critical issue of chemical and environmental safety in Ukraine amid growing military and terrorist threats]. *Suchasni problemy toksykolohii, kharchovoi ta khimichnoi bezpeky*, (3), 25–33. Retrieved from: <https://surl.li/mcvdol> [in Ukrainian].
11. Riabka, Yu. A., & Vinnikov, A. I. (2024). Osoblyvosti zmin biokhimichnykh pokaznykiv krovi pry aortokoronarnomu shuntuvanni u patsientiv, yaki prozhyvaiut u promyslovomu misti [Changes in blood biochemical indicators in patients undergoing coronary artery bypass grafting in an industrial city]. In Proceedings of the 15th International Scientific and Practical Conference «Scientific Research in XXI Century» (February 16–18, 2024). Ottawa (Canada) [in Ukrainian].
12. Slivinska, L. H., & Levchenko, V. I. (2008). Vmist vazhkykh metaliv v krovi koriv ta stan erytrocytopoezu v umovakh antropohennoho navantazhennia [Heavy metals in cow blood and erythropoiesis under anthropogenic load]. *Naukovyi visnyk LNUVMBT im. S.Z. Hzhyskoho*, 10(2/1) [in Ukrainian].
13. *Sudova nezalezna ekspertyza Ukrainy*. (n.d.). Chy mozhna pity vodu, yaka mistyt naftoprodukty? [Is it safe to drink water contaminated with petroleum products?]. TOV «Sudova nezalezna ekspertyza Ukrainy». Retrieved from <https://ekspertiza.com.ua/uk/tse-korisno-znati/767-chy-mozhna-pyty-vodu-iaka-mistyt-naftoprodukty> [in Ukrainian].
14. Al-Hatamleh, M. A. I., Ismail, I., Al-Shajrawi, O. M., & Ariff, T. M. (2019). Effect of stress on alteration of haematological parameters: A preliminary study on preclinical medical students in Malaysia. *Journal of Cellular Neuroscience and Oxidative Stress*, 11(2), 852–860. <https://doi.org/10.37212/jcnos.683403>. [in English].
15. Berradi, H., Bertho, J.-M., Dudoignon, N., Mazur, A., Grandcolas, L., Baudelin, C., Grison, S., Voisin, P., Gourmelon, P., & Dublineau, I. (2008). Renal Anemia Induced by Chronic Ingestion of Depleted Uranium in Rats. *Toxicological Sciences*, 103(2), 397–408. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfn052>. [in English].
16. Gerald, F., & O'Malley, R. (2022). Organophosphate poisoning and carbamate poisoning. *MSD Manual for the Professional*. Retrieved from: <http://surl.li/smrth>. [in English].
17. Wang, W., Guo, T., Guo, H., Chen, X., Ma, Y., ... Wu, S. (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*, 210, 112932.

<https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112932>. [in English].

18. Kwag, Y., Ye, S., Oh, J., Lee, D.-W., Yang, W., Kim, Y., & Ha, E. (2021). Direct and indirect effects of indoor particulate matter on blood indicators related to anemia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), 12890. <https://doi.org/10.3390/ijerph182412890>. [in English].

Karnaushenko D. P.

Postgraduate student of the Department of Human Biology
and Chemistry Teaching Methods
Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko
Dimonkark@ukr.net
orcid.org/0009-0000-0244-3866

INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL STRESSORS ON THE HUMAN HEMATOLOGICAL PROFILE

The aim of the work was to determine environmental stressors and the mechanism of their influence on the indicators of the human hematological profile as indicative markers of health status. The study applied theoretical methods of scientific knowledge, in particular content analysis, comparative analysis, generalization and systematization of scientific sources based on publications placed in the scientometric databases Scopus, Web of Science, PubMed. It is summarized that the main hematological indicators, which form the basis of general clinical blood analysis and are the initial stage in the diagnosis of various health disorders, together provide a comprehensive picture of the state of the hematopoietic and immune systems, which allows to identify pathogenic processes (anemia, inflammatory processes, infections, blood clotting disorders), which may be a consequence of the influence of environmental stressors. It was determined that the main environmental stressors that affect the hematological profile of a person are pollutants of atmospheric air, water resources and soil: gases (nitrogen oxide, sulfur oxides), dust, particulate matter, heavy metals (lead, cadmium, mercury, arsenic), pesticides, petroleum products and other toxic substances. It was established that the mechanisms of influence of environmental stressors on blood parameters are the stress response with activation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis, hormonal and immune changes, direct cytotoxic action, inflammatory reaction. Analysis of the literature highlighted the dominance of studies on the influence of particulate matter, heavy metals, benzene and carbon oxides, which justifies the need for a comprehensive interdisciplinary study of the problem. The impact of military operations, in particular environmental pollution due to explosions of ammunition containing hazardous substances – depleted uranium and its oxides, lead compounds, aluminum and other toxicants, is separately considered. In general, monitoring of hematological indicators in the context of the impact of environmental stressors makes it possible to assess the degree of adaptation of the body to environmental factors and apply preventive or therapeutic measures in a timely manner.

Key words: hematological indicators, environmental stressors, technogenic pollution, leukocytes, erythrocytes, platelets.

**Стаття до редакції надійшла 14.05.2025 року
Рецензія на статтю надійшла 04.06.2025 року**