Карнаушенко Дмитрій Павлович
аспірант кафедри біології людини, хімії та методики навчання хімії
Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка, Україна

Науковий керівник: Вакал Юлія Сергіївна
доктор філософії, ст. викладач кафедри біології людини, хімії та МНХ
Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка, Україна

ВПЛИВ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РФ НА ГЕМАТОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ КРОВІ: АНАЛІЗ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ

Техногенне забруднення навколишнього середовища є ключовим фактором при визначенні стану здоров'я населення, зумовлюючи широкий спектр негативних впливів, від безпосередньої токсичної дії до опосередкованих ефектів, що проявляються через порушення екологічних систем та ланцюгів живлення [2].

Одним із найгостріших питань сьогодення є вплив та наслідки повномасштабного вторгення російської федерації на територію України, зокрема забруднення навколишнього середовища продуктами детонації боєприпасів. Перманентні обстріли з боку рф створюють екологічний тиск на біотичні та абіотичні компоненти довкілля.

Кожен боєприпас містить суміш небезпечних речовин: збіднений уран (а точніше його радіоактивний пил) та його оксиди, сполуки азоту та сірки, сполуки ртуті, свинцю, а також стронцій, алюміній. Останні протрапляють в атмосферу, воду, ґрунт, а невдовзі і в організм людини з повітрям, водою та їжею [1].

Збіднений уран є побічним продуктом виробництва ядерного палива і при потраплянні в кров чинить інгібуючий вплив на еритропоез у кістковому мозку, що може призвести до розвитку анемічного синдрому [12]. Окрім того, існують дані про потенційну канцерогенну дію збідненого урану, зокрема щодо індукції лейкозу. Механізм цього явища пов'язують з генотоксичним впливом урану, навіть за умови зниженої концентрації радіоактивного ізотопу урану-235, що зумовлює пошкодження ДНК лейкоцитів та сприяє виникненню мутацій, які можуть ініціювати лейкемічний процес [14].

Під час окиснення 1 кг вибухівки у повітря потрапляють токсичні гази: оксиди азоту, оксиди сірки, монооксид вуглецю. Останній зв'язується з гемоглобіном в еритроцитах з більшою афінністю, що знижує

транспортування кисню до тканин – призводить до гіпоксії; пригнічує функції лейкоцитів [10].

Під час детонації боєприпасу у повітря вивільняється гептил [3]. Він здатен спричинювати загальнотоксичну, шкірно-подразнюючу і канцерогенну дію, зокрема вражає кровотворну систему [6].

Наслідком обстрілів об’єктів промисловості є потрапляння у навколишнє середовище різноманітних забруднюючих речовин, зокрема нафтопродуктів, летких органічних сполук, таких як толуол, бензол та ксилоли, а також поліциклічних ароматичних вуглеводнів. За умови досягнення значних концентрацій, зазначені сполуки здатні індукувати окислювальний стрес, що може призвести до дисфункції імунної системи та розвитку різноманітних патологій [8].

Серед продуктів неповного згоряння палива є ароматичні вуглеводні, зокрема *бензол*, який науковці відносять до групи кров’яних отрут. Ця летка рідина за умови хронічної інтоксикації викликає пригнічення кістковомозкового кровотворення з розвитком гіпопластичної або апластичної анемії. Атиповою формою хронічної бензольної інтоксикації є розвиток бензольного лейкозу [9; 11].

Одним із наслідків вибуху є інтоксикація продуктами вибуху через дихання, проковтування або контакту шкіри з токсичними речовинами. Достатньо багато токсичних речовин мають імуносупресивну дію – пригнічують імунну систему, що у свою чергу призводить до зниження гематологічних показників крові, зокрема лімфоцитів.

Продукти вибуху та горіння уламків можуть викликати окислювальний стрес у клітинах організму – утворення великої кількості вільних радикалів – високореактивних молекул, які можуть призвести до гемолізу, зниження здатності еритроцитів переносити кисень. Також порушується функція імунних клітин, що знижує опірність організму до інфекцій, знижується кількість лейкоцитів.

Найбільш поширеними токсичними речовинами, які містяться у вибухівці та потрапляють у навколишнє середовище унаслідок детонації, є наступні: *оксиди азоту (*NO, NO_2), *оксид вуглецю* (чадний газ), що зв'язується з гемоглобіном тим самим блокує транспорт кисню до тканин; *цианіди* – зв’язуються з ферментом цитохромоксидазою, який бере участь у останній стадії клітинного дихання, тобто є причиною кисневого голодування тканин. Відповідно еритроцити не можуть віддавати кисень тканинам, що призводить до їх накопичення в крові. Завдяки компенсаторним механізмам організму,

збільшується вироблення еритроцитів, що може бути причиною поліцитемії.

Також бойовою частиною снарядів є потужний, дешевий і популярний ТНТ (*2-метил-1,3,5-тринітробензол*), або *тринітротолуол*, або тротил, який є бризантною вибуховою речовиною. До організму потріпляє у вигляді пилу або парів через органи дихання, шкіру і травний тракт, викликаючи окислювальний стрес, імуносупресію, гемоліз, анемію.

Наступною вибуховою речовиною є *гексоген*, що може вплинути на склад крові, зокрема пошкодити клітини кісткового мозку і як наслідок порушити процеси кровотворення, знизити вироблення еритроцитів, призвести до кисневого голодування [15].

Тверді частинки дрібнодисперсного пилу PM2.5, які утворюються в результаті процесу горіння, через запалення та окислювальний стрес викликають анемію та еритропоез [13].

Серед речовин, які вивільняються при вибуху боєприпасів, можуть бути присутні важкі метали – свинець, кадмій та ртуть тощо. У крові зв'язуються з гемоглобіном і спричинюють кисневе голодування тканин. Мідь та алюміній пошкоджують еритроцити і, як наслідок, призводять до гемолізу [4].

Важкі метали пригнічуть активність лейкоцитів, що призводить до зниження захисної здатності організму від інфекцій, провокують аутоімунні реакції. Свинець, ртуть, миш'як можуть спричинювати мутації, рак [2; 7].

Висновки. Техногенне забруднення навколишнього середовища, спричинене збройною агресією Російської Федерації, має катастрофічні наслідки для здоров'я населення та екологічної безпеки України. Вибухи та обстріли призводять до вивільнення небезпечних токсичних речовин, які потрапляють у повітря, воду та ґрунт, викликаючи серйозні порушення в екосистемах і загострюючи проблеми зі здоров'ям. Зокрема, забруднення продуктами детонації боєприпасів, такими як збіднений уран, оксиди азоту та сірки, негативно впливає на кровотворну систему, викликаючи анемію та знижуючи імунну відповідь організму.

Наслідки цих екологічних катастроф є довготривалими і можуть призвести до зниження біорізноманіття, порушення ланцюгів живлення та деградації природних ресурсів. Важкі метали, які вивільняються під час бойових дій, не лише отруюють навколишнє середовище, але й здатні викликати мутації та рак у людей. В умовах постійного екологічного тиску від військових дій, збереження здоров'я населення стає дедалі складнішим завданням.

Таким чином, війна проти України не лише є гуманітарною трагедією,

але й серйозною екологічною кризою. Важливо вжити термінових заходів для оцінки та відновлення пошкоджених екосистем, а також для захисту здоров'я населення від наслідків техногенного забруднення. Відновлення довкілля і забезпечення екологічної безпеки мають стати пріоритетними завданнями для майбутніх поколінь.

Список використаних джерел:

1. Ангурець О., Хазан П., Колесникова К., Кущ М., Чернохова М., Гавранек М. Наслідки для довкілля війни росії проти України. Електронне науково-популярне видання. 2023. URL: http://surl.li/kgblr (дата звернення: 16.09.2024).
2. Карнаушенко Д., Вакал Ю. Зміна гематологічних показників крові під впливом техногенного забруднення. Наукові записки. Біологічні науки (Ніжинський державний університеті імені Миколи Гоголя). № 1-2, 2024. С.52-64. DOI https://doi.org/10.31654/2786-8478-2024-BN-1-2-52-64 (фахова стаття у журналі категорії Б).
3. Мєзєнцева І., Самко Я. Як війна впливає на якість повітря? *Хмарочос – головне інтернет-видання сучасних киян*. 2024. URL: http://surl.li/tvljh (дата звернення: 05.01.2025).
4. Мусінкевич І.В., Трач І.А. Вплив важких металів на навколишнє середовище та організм людини. Вінницький національний технічний університет. Вінниця. 2020.
5. 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.
6. 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.
7. 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. Ґжицького.* Том 10 № 2(37) Частина 1. 2008.
8. Судова незалежна експертиза України. Чи можна пити воду, яка містить нафтопродукти? ТОВ «Судова незалежна експертиза України». Київ. URL: http://surl.li/tuzsg (дата звернення: 16.01.2025).
9. Ткачишин В.С. Інтоксикація бензолом. *Журнал «Медицина невідкладних станів» Том 17, № 7.* Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, 2021.
10. 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.
11. 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: 14.01.2025).
12. Berradi H., Bertho J.-M., Dudoignon N., Mazur A., Grandcolas L., Baudelin C., Grison S, Voisin P., Gourmelon P., Dublineau I. Renal Anemia Induced by Chronic Ingestion of Depleted Uranium in Rats. *Toxicological Sciences*, Volume 103, Issue 2, June 2008, pages 397-408. URL: https://doi.org/10.1093/toxsci/kfn052 (дата звернення: 14.01.2025).
13. 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;101:125–132.
14. Miller A.C., Stewart M., Rivas R. DNA methylation during depleted uranium-induced leukemia. *Biochimie*. 2009 Oct;91(10). URL: http://surl.li/tvnuo (дата звернення: 14.01.2025).
15. RDX. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/RDX (дата звернення: 15.01.2025).
16. ToxFAQs ™ для 2,4,6-тринітротолуолу (тротил). Портал токсичних речовин. Агентство реєстру токсичних речовин і захворювань. URL: http://surl.li/qfqaba (дата звернення: 16.01.2025).