

<https://doi.org/10.32782/2786-9067-2023-25-21>

УДК 614.841

## ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ ХІМІЧНОГО ПРЕСИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ НАСЛІДКІВ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ЛЮДЕЙ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ, ПОВ'ЯЗАНОГО З ВЕДЕННЯМ БОЙОВИХ ДІЙ В УКРАЇНІ

Колінковський О.М.

*Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, м. Львів, Україна*

*Анотація. На основі літературних даних встановлений перелік переважних забруднюючих атмосферу речовин безпосередньо при застосуванні військової зброї. В повітря надходять сполуки наступних хімічних елементів металічної природи - Залізо (Fe) Алюміній (Al) Мідь (Cu) Хром (Cr) Вольфрам (W) Уран (U) Свинець (Pb) Берилій (Be) Цинк (Zn) Ртуть (Hg); компоненти палива - нітроцелюлоза, нітрогліцерин, динітротолуол, нітрокванідин, перхлорат амонію; вибухові речовини – тринітротолуол, гексоген, октоген, тетранітрат пентаеритриту, динітроанізол, нітротріазолон; інші піротехнічні складові – гексахлоретан, антрацен, білий фосфор, червоний фосфор. Високонебезпечними компонентами ракетного палива є гептил і нітрозодиметиламін, що є високотоксичними сполуками та володіють політропним впливом та чисельними специфічними віддаленими ефектами впливу на здоров'я. На основі аналізу вітчизняних законодавчих документів запропоновані алгоритми оцінки забруднення атмосферного повітря та методологія прогнозування наслідків для здоров'я людини від забруднення атмосферного повітря, в тому числі від військових дій.*

**Ключові слова:** *військові дії, забруднення повітря, оцінка забруднення атмосфери, важкі метали, гептил, і нітрозодиметиламін*

**Вступ.** Під час військової агресії та ведення бойових дій зазвичай основна увага сконцентрована на проблемі збереження й захисту життя від безпосередньої вражаючої дії набоїв, уламків і супутніх термічних та гіпербаричних пошкоджень. Питання хімічного забруднення довкілля, яке неодмінно супроводжує застосування зброї, розглядаються переважно пізніше в контексті віддалених наслідків та реабілітації ветеранів військових операцій.

Російська збройна агресія з повномасштабним вторгненням в Україну з 24 лютого 2022 року щоденно завдає значної шкоди не лише економіці та культурній спадщині, а й довкіллю нашої країни, про що свідчать численні факти навмисних пошкоджень, що спричиняють техногенні аварії та загрожують екологічній безпеці тисяч людей.

**Метою дослідження** були огляд та узагальнення літературних даних щодо присутніх хімічних сполук, сучасних можливостей оцінки та прогнозування наслідків хімічного

забруднення повітря внаслідок застосування військової зброї.

**Матеріали та методи дослідження:** аналіз національних законодавчих документів, вітчизняних та зарубіжних наукових публікацій з використанням пошукових баз в тому числі Scopus, PubMed, огляд доступних в Україні методів оцінки та прогнозування забруднення атмосферного повітря.

#### **Результати та їх обговорення.**

Відомо, що атмосферне повітря - життєво важливий компонент навколишнього природного середовища, який являє собою природну суміш газів, що знаходиться за межами жилих, виробничих та інших приміщень. В той же час зміни хімічного складу повітря може відбуватися найшвидше, досягаючи критичних для життя та здоров'я людини значень, в порівнянні з іншими природними середовищами для людини.

Державна екологічна інспекція України (Держекоінспекція) є центральним органом виконавчої влади, діяльність якого спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України через Міністра захисту довкілля та природних ресурсів і який реалізує державну політику із здійснення державного нагляду (контролю) у сфері охорони навколишнього природного середовища та атмосферного повітря зокрема. З 1 березня 2022 року в межах екоінспекції створили оперативний штаб, який фіксує шкоду довкіллю в результаті збройної агресії, самостійно паралельно відстежують екологічну шкоду від війни різні громадські організації, такі як, наприклад, «Екодія».

В нашій країні моніторинг стану навколишнього природного середовища проводить Український гідрометеорологічний центр. Спостереження за якістю повітря також належить до компетенцій територіальних підрозділів цієї установи. У кожному місті розташовується певна кількість стаціонарних постів, залежно від розміру міста та наявних джерел забруднення. Обмежені можливості такого моніторингу очевидні: проби беруть у ручному режимі, а виконувати таку роботу в умовах війни не завжди можливо; регламентована перевірка повітря здійснюється на вміст лише певних шкідливих речовин (пилу, діоксиду сірки, оксиду вуглецю, діоксиду азоту та свинцю). Так що певні нетипові забруднюючі речовини, що виділяються від вибухів бомб чи ракет не зафіксовані існуючим регламентом, тому і не відстежуються. Крім введення нових речовин в регламент ще необхідне забезпечення реактивами, розхідними матеріалами, потрібне надшвидке опанування нових відповідних методів контролю.

Таким чином в Україні створюється об'єктивна ситуація відсутності результатів фактичних навіть епізодичних замірів, не кажучи про складніші моніторингові дослідження якості та безпечності атмосферного повітря. Власне тому залишається можливим проведення оцінки забруднення повітря за результатами розрахункових моделей. Таку ціль переслідує

наказ Міністерства Захисту довкілля та природних ресурсів України № 175 від 13.04.2022 «Про затвердження Методики розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди». Методика містить дані для нескладних розрахунків усередненого валового забруднення з акцентом на обчислення завданої матеріальної шкоди.

Зрозуміло, що стан повітря погіршується через бойові дії як у прямий, так і непрямий способи. Під прямим впливом бойових дій найчастіше розуміють викиди у довкілля при застосуванні стрілецької, артилерійської зброї, залпових систем вогню, детонування набоїв та авіабомб.

За даними Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) протягом місяців війни на території України знешкоджено сотні тисяч вибухонебезпечних предметів, зокрема тисяч авіаційних бомб та ракет. У деяких випадках ці ракети влучали в українські склади боєприпасів, які теж детонували. Від таких вибухів в атмосферне повітря викидаються чадний газ, вуглекислий газ, водяна пара, бурий газ, сполуки сірки, фосфору, свинець, мідь, залізо, нікель, стибій, ртуть, сажа, вуглець й інші шкідливі речовини.

Уявити ймовірні обсяги викидів у довкілля можуть дати порівняння з іншими збройними конфліктами на планеті. Дані оцінювання забруднення повітря при бойових діях в Перській затоці 1990–1991 років свідчать, що основними забруднювачами, що викидаються під час наземних і повітряних операцій, були вуглекислий газ - близько 71 мільйона тонн, загальна кількість твердих частинок (дим/сажа) - близько 6959 тонн (з них елементарний вуглець становив близько 4911 тонн), монооксид вуглецю - 42 160 тонн, оксиди азоту - 107 086 тонн, діоксид сірки (у вигляді сірчаної кислоти) - 270 тонн, толуол - 44 тонни, антрацен - 43 тонни, флуоратен - 9 тонн, пірен - 11 тонн, а також велика, але невідома кількість токсичних металів та інших органічних речовин [1]. Більшість цих забруднюючих речовин було викинуто в атмосферу впродовж приблизно 2-3 тижнів лютого 1991 року. Це свідчить про те, що концентрації деяких із цих забруднюючих речовин могли бути підвищені в кілька разів, ніж усереднені рівні за весь період. За експертними оцінками, загалом у війні в Перській затоці було використано близько 120 000 тонн набоїв, у тому числі понад 84 000 тонн бомб, скинутих на іракські об'єкти в Кувейті та Іраку. Більшість забруднюючих речовин, пов'язаних з війною, викинуто лише за 43 дні, тоді як викиди від пожеж у Кувейті тривали вісім місяців. Автори роблять висновки, що навіть відносно короткий період війни та велика кількість забруднювачів могли мати більший негативний вплив на якість повітря, ніж нафтові пожежі в Кувейті [1].

Дані досліджень забруднення атмосферного повітря при оцінці впливів на довкілля

експлуатації військових полігонів дозволяє з'ясувати перелік пріоритетних забруднювачів. Кожен набій є джерелом багатьох потенційно небезпечних речовин. Усі боєприпаси важкої зброї містять металеві частини. Це, здебільшого, метали, які широко зустрічаються в навколишньому середовищі, такі як залізо та алюміній, але є інші, більш токсичні метали, такі як мідь, хром, свинець, вольфрам, уран і берилій. Під час пострілу займається порох. Традиційні компоненти палива створені на основі нітроцелюлози (NC) з іншими сполуками, такими як нітрогліцерин (NG), динітротолуол (DNT) і нітрогуанідин (NQ) [2]. Для підвищення швидкості горіння додають окислювач, наприклад перхлорат амонію[3].

Підсумовуючи дані публікації [2,3,4,5] при військових навчаннях із застосуванням різноманітної зброї в повітря надходять сполуки наступних хімічних елементів металічної природи - Залізо (Fe) Алюміній (Al) Мідь (Cu) Хром (Cr) Вольфрам (W) Уран (U) Свинець (Pb) Берилій (Be) Цинк (Zn) Ртуть (Hg); компоненти палива - нітроцелюлоза, нітрогліцерин, динітротолуол, нітрокванідин, перхлорат амонію; вибухові речовини – тринітротолуол, гексоген, октоген, тетранітрат пентаеритриту, динітроанізол, нітротриазолон; інші піротехнічні складові – гексахлоретан, антрацен, білий фосфор, червоний фосфор [3,4,5].

Дані досліджень забруднення довкілля після пожеж та вибухів боєприпасів на військових складах в Україні в 2000-х підтверджує наявність тих самих небезпечних компонентів у набоях вітчизняного та колишнього радянського виробництва. Автори публікації ідентифікували та кількісно визначили в атмосферному повітрі, ґрунті, водних джерелах та крові ліквідаторів аварії підвищений вміст свинцю, ртуті, міді, цинку, нікелю, хрому, марганцю, визначення вольфраму, урану та берилію не проводилося [5,6].

Окрему небезпеку становлять ракетні обстріли. Наприклад, ракета X-101 за своїми технічними характеристиками має близько 500 кг ракетного палива. Слід розуміти, що ракета повністю заправлена паливом має дальність польоту близько 5000 км, але, коли вона пролетіла тисячу кілометрів, велика частина палива залишається в ракеті, що впала чи влучила в об'єкт. Відомими високонебезпечними компонентами ракетного палива є гептил і нітрозодиметиламін. Гептил належить до речовин I класу токсичності, володіє канцерогенним, ембріотоксичним, гонадотоксичним, алергенним ефектами. Ця сполука викликає отруєння при будь-яких шляхах надходження в організм. Політропність її токсичної дії включає ураження нервової системи, імунотоксичність, порушення кровотворення, викликає токсичний цукровий діабет, ураження печінки. Нітрозодиметиламін – токсична речовина I класу, утворюється при окисненні гептилу. В свою чергу перетворюється в довкіллі з утворенням диметиламіну, аміаку, формальдегіду. Для нітрозодиметиламіну притаманні політропність (нейротоксичність, нефротоксичність, гепатотоксичність, вплив на кровотворення) та віддалені ефекти (канцерогенність,

ембріотоксичність). Ця сполука може спричинювати не лише інгаляційні отруєння, але і при надходженні через слизові оболонки та шкірні покриви [7].

Непрямий вплив бойових дій – це пожежі в екосистемах, вибухи нафтобаз, атаки на промислові об'єкти та склади небезпечних відходів, таких як пінополіуретан, мінеральні добрива, лакофарбові вибори, аміачна селітра тощо. Серед безлічі промислових підприємств, пошкоджених у результаті бойових дій, виявилися найбільш екологічно небезпечні виробництва - Ясинуватський, Авдіївський і Єнакіївський коксохімічні заводи, Єнакіївський металургійний завод, Лисичанський нафтопереробний завод, Донецький казенний завод хімічних виробів, Слов'янська, Луганська і Курахівська теплові електростанції, севєродонецький «Азот» і горлівський «Стирол». Наприклад, в результаті артилерійського обстрілу на Авдіївському коксохімічному заводі сталася пожежа і витік коксового газу з великим вмістом бензолу, толуолу, нафталіну, сірководню, меркаптану, синильної кислоти і аміаку.

У випадках надзвичайних ситуацій на промислових підприємствах для оцінки аварійного забруднення, прогнозування наслідків та прийняття оперативних рішень щодо захисту населення можна застосовувати офіційну методику прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті затверджену наказом МВС № 1000 від 29.11.2019 р. Методика придатна для швидкого застосування і передбачає можливість оцінки аварійного викиду для багатьох різних небезпечних промислових речовин. Також більш точні розрахункові прогностичні дані аварійного забруднення повітря можна отримати з використанням програмних комплексів AERMOD, ЕОЛ, ЕОЛ+ чи інших.

Для прогнозу впливу хімічних речовин атмосферного повітря на здоров'я людини проводять порівняння фактично виміряних чи розрахункових величин з нормативами. Перелік гранично допустимих концентрацій для атмосферного повітря затверджений наказом МОЗ України №52 від 14.01.2020 року «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць». Рівні забруднення атмосферного повітря нижче величин гігієнічних нормативів не становить загрози для здоров'я населення ні в найближчому, ні у віддаленому періоді. Чим більша кратність перевищення гранично допустимих концентрацій у повітрі, тим вищий ризик розвитку негативних ефектів для здоров'я.

Прогнозування впливу аварійного забруднення можна проводити з врахуванням розрахункових різночасових аварійних ГДК згідно з методичними вказівками “Обґрунтування гігієнічних нормативів шкідливих хімічних речовин у різних середовищах на основі системного підходу” МВ 1.1.5.-088-02. Ця методика дозволяє оцінити відносно

безпечний час перебування в атмосфері з вмістом хімічних речовин, що перевищують ГДК.

В методичних рекомендаціях МР 2.2.12-142-2007 «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря», затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 13.04.2007 №184, наведені референтні концентрації для речовин в атмосферному повітрі, а також зазначені критичні органи, на які впливає атмосферне забруднення певним компонентом. Методика дозволяє оцінювати ризик виникнення специфічних та канцерогенних ефектів в тому числі від комбінованого забруднення атмосферного повітря.

Додаток 2 до правил безпеки та порядку ліквідації наслідків аварійних ситуацій з небезпечними вантажами при перевезенні їх залізничним транспортом, затверджених наказом Міністерства транспорту та зв'язку України № 1431 від 25.11.2008, містить перелік аварійних карток для переважної більшості промислових небезпечних речовин. Кожна картка містить важливу коротку інформацію про хімічні та фізичні властивості, аварійну небезпечність та токсичність для людини, наявні ефективні засоби індивідуального захисту, необхідні дії з ліквідації аварійного розливу чи викиду, заходи невідкладної допомоги при отруєнні. Це цінна довідкова інформація не лише для ліквідаторів, але й спеціалістів профілактичної ланки медицини.

#### **Висновки та перспективи.**

На основі літературних даних встановлений перелік переважних забруднюючих атмосферу речовин безпосередньо при застосуванні військової зброї.

Проведений аналіз національних документів, що містять критерії та методичні підходи для оцінки ризику негативних наслідків для здоров'я людини від забруднення атмосферного повітря, в тому числі від військових дій.

Відсутність результатів фактичних замірів та моніторингових досліджень вмісту хімічних речовин в атмосферному повітрі під час бойових дій не повинно обмежувати профілактичні заходи та обчислення величини матеріальної шкоди.

На основі аналізу вітчизняних законодавчих документів запропоновані алгоритми оцінки забруднення атмосферного повітря та методологія прогнозування наслідків для здоров'я людини від забруднення атмосферного повітря, в тому числі від військових дій.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Sadiq, M., McCain, J.C. "Air pollution from military operations." In: Sadiq, M., McCain, J.C. (eds) *The Gulf War Aftermath*, 1993, pp. 159–181, [https://doi.org/10.1007/978-94-011-1685-5\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-011-1685-5_5). Accessed 4 Apr. 2023.

2. Walsh, MR, ME Walsh, G Ampleman, S Thiboutot, S Brochu, and TF Jenkins. “Munitions propellants residue deposition rates on military training ranges,” *Propell, Explos, Pyrot.* 37(4): 393-406. (2012)
3. Hurley, P. 2013. Environmental Risks Arising from Changes in Ammunition Materials. *LEAD Action News* vol. 13 no. 4, June 2013
4. Arnemo JM, Andersen O, Stokke S, et al. Health and Environmental Risks from Lead-based Ammunition: Science Versus Socio-Politics. *Ecohealth.* 2016;13(4):618-622. doi:10.1007/s10393-016-1177-x
5. Сидоренко В. Л., Азаров С. Оцінка збитків у військових частинах при аварії на складі боєприпасів. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил.* 2007. № 3. С. 151–156.
6. Азаров С.І., Святун О.В., Сидоренко В.Л., Токаревський В.В. Оцінка хімічного забруднення довкілля в результаті аварії на складі боєприпасів у с. Новобогдановка Мелітопольського району Запорізької області (06.05. 2004 р.). *Гігієна населених місць.* 2005. Вип 46, С. 186-190
7. Станкевич В.В., Костенко А.І., Какура І.В. Проблема можливих впливів засобів вогневого ураження, що застосовуються на території України внаслідок воєнних дій. *Актуальні питання громадського здоров'я та екологічної безпеки України (вісімнадцяті марзєєвські читання)* : зб. тез доп. наук.–практ . конф. з міжнар. участю. Вип. 22, м. Київ, 21 жовт. 2022 р. Київ, 2022. С. 53–55.

## REFERENCES

1. Sadiq, M., McCain, J.C. “Air pollution from military operations.” In: Sadiq, M., McCain, J.C. (eds) *The Gulf War Aftermath*, 1993, pp. 159–181, [https://doi.org/10.1007/978-94-011-1685-5\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-011-1685-5_5). Accessed 4 Apr. 2023.
2. Walsh, MR, ME Walsh, G Ampleman, S Thiboutot, S Brochu, and TF Jenkins. “Munitions propellants residue deposition rates on military training ranges,” *Propell, Explos, Pyrot.* 37(4): 393-406. (2012)
3. Hurley, P. 2013. Environmental Risks Arising from Changes in Ammunition Materials. *LEAD Action News* vol. 13 no. 4, June 2013
4. Arnemo JM, Andersen O, Stokke S, et al. Health and Environmental Risks from Lead-based Ammunition: Science Versus Socio-Politics. *Ecohealth.* 2016;13(4):618-622. doi:10.1007/s10393-016-1177-x
5. Sydorenko VL, Azarov S. Assessment of losses in military units during an accident at an ammunition warehouse. *Zbirnyk naukovykh prats' Kharkivs'koho universytetu Povitryanykh syl.* 2007;(3):151-6.

6. Azarov S.I., Sviatun O.V., Sydorenko V.L., Tokarevsky V.V. Assessment of chemical pollution of the environment as a result of the accident at the ammunition warehouse in the village of Novobohdanovka, Melitopol district, Zaporizhia region (May 6, 2004). *Hihiyena naselenykh mistis'*. 2005. Issue 46, pp. 186-190
7. Stankevich V.V., Kostenko A.I., Kakura I.V. The problem of possible effects of incendiary means used on the territory of Ukraine as a result of military operations. In: Current issues of public health and environmental safety of Ukraine (eighteenth Marzeev readings); October 21 2022; Kyiv, Ukraine. Kyiv: VC "Prosvita"; 2022. p. 329-32.

**PROBLEMS OF CHEMICAL POLLUTION ASSESSMENT AND FORECASTING OF HUMAN HEALTH CONSEQUENCES FROM AIR POLLUTION ASSOCIATED WITH THE CONDUCT OF COMBAT ACTIONS IN UKRAINE**

Kolinkovskyi O.M.

*Abstract. The most important list of atmospheric polluting substances was estimated in using military weapons on the basis of literary data. Compounds of the following chemical of metallic elements enter the air - Iron (Fe) Aluminum (Al) Copper (Cu) Chromium (Cr) Tungsten (W) Uranium (U) Lead (Pb) Beryllium (Be) Zinc (Zn) Mercury (Hg) ; fuel components - nitrocellulose, nitroglycerin, dinitrotoluene, nitroguanidine, ammonium perchlorate; explosives - trinitrotoluene, hexogen, octogen, pentaerythritol tetranitrate, dinitroanisole, nitrotriazolone; other pyrotechnic components - hexachloroethane, anthracene, white phosphorus, red phosphorus. The highly dangerous components of rocket fuel are heptyl and nitrosodimethylamine, which are highly toxic compounds with polytropic effects and numerous specific remote health effects. On the basis of the analysis of Ukrainian legislative documents, the algorithms for the assessment of atmospheric air pollution and a methodology for forecasting the consequences for human health from atmospheric air pollution, including the military actions, are proposed.*

**Key words:** *military operations, air pollution, assessment of atmospheric pollution, heavy metals, heptyl, nitrosodimethylamine*

Колінковський Олександр Миколайович <https://orcid.org/0000-0002-1163-1882>,  
тел. +38(050)8124847, [kolinkovskyy.o@gmail.com](mailto:kolinkovskyy.o@gmail.com)

Надійшла до редакції / Receiv: 30.11.2022