

Оцінка впливу збройної агресії Росії на стан атмосферного повітря в Україні

Олена Долженкова , Діана Назаренко 

Purpose. The article is aimed at identifying the sources of the negative impact of Russia's armed aggression on the atmospheric air in Ukraine and the consequences of the influx of harmful substances from them on the health of the population and the state of ecosystems. **Design / Method / Approach.** The study is based on the analysis of official data on the number of destroyed military equipment, in particular, cruise missiles of various types and drones. The method of calculating unorganized pollutant emissions from non-stationary sources into atmospheric air is applied. **Findings** It was revealed that only during the period of military operations during September-October 2024, emissions into the atmosphere increased by 7.3%. Possible manifestations of the adverse effect of pollutants coming from the main sources of influence are considered. The long-term consequences of air pollution with fine dust, ammonia, and dioxins were analyzed. It was established that 56.4% of atmospheric pollution is related to the destruction of Kh-555/101, Iskander M/KN and S-300/400 missiles. The mass of harmful substances that entered the air during the downing of cruise missiles was determined and the resulting environmental damage was calculated. **Theoretical Implications.** The study provides insight into how the downing of rockets leads to environmental damage to the atmosphere, mainly caused by nitrogen and carbon oxides. **Practical Implications** Practical recommendations have been provided regarding the participation of every citizen of Ukraine in recording the damage caused to atmospheric air as a result of military actions. **Originality / Value.** The article contains an original analysis of real cases of negative consequences of the impact of armed aggression on atmospheric air and is a valuable source for further assessment of its condition. **Research Limitations / Future Research.** The study is limited to the analysis of specific data and does not cover all possible aspects of the impact on atmospheric air. Future studies can expand the understanding of the long-term effects of pollutants on people and ecosystems. **Article type.** Applied Research.

Keywords:

atmospheric air pollution, Russia's armed aggression, impact on the environment, health of the population, harmful substances

Contributor Details:

Olena Dolzhenkova, Cand.Sc., Assoc.Prof., Oles Honchar Dnipro National University: Dnipro, UA, dolzhenkova_o@365.dnu.edu.ua

Diana Nazarenko, Undergraduate Student, Oles Honchar Dnipro National University: Dnipro, UA, nazarenko_d@365.dnu.edu.ua

Під час війни, спричиненою Росією, в нашій країні як ніколи гостро поставили екологічні питання. Адже це просто неприпустимо, щоб у двадцять першому столітті, в період коли в світі є ще стільки невирішених проблем, одна країна почала збройний конфлікт на території іншої, і тим самим створила загрозливу екологічну ситуацію, яку людство намагалося покращити не один десяток років. Російська агресія проти України є суцільним екоцидом, занотувати всі прояви якого практично неможливо, в тому числі, і передбачити всі наслідки. Нашій країні прийдеться докласти багато зусиль, для того, щоб юридично довести очевидні речі – загибель мирних жителів, руйнування енергосистем, інфраструктури, промислових підприємств, мінування територій, знищення лісів, полів, крадіжки та знищення обладнання. На жаль, цей перелік можна продовжувати дуже довго. Всі українці сподіваються на успішне завершення воєнного конфлікту і разом з тим розуміють, що наслідки його впливу на навколишнє середовище будуть відчувати на собі не тільки нинішнє покоління, а й декілька прийдешніх.

Формулювання проблеми

Серед усіх компонентів природного середовища атмосферне повітря, мабуть, в найбільшому ступеню піддається негативним змінам від війни, тому що внаслідок ворожих ударів по великих промислових підприємствах, нафтобазах, гідроелектростанціях, інфраструктурі, житловим будівлям й іншим важливим об'єктам в нього надходять у величезних кількостях шкідливі речовини, в тому числі токсичні, які впливають на здоров'я і життя людей і тварин, знищують унікальні екосистеми, що розташовані на території України. Предметом даного дослідження є забруднення атмосфери шкідливими речовинами

Дані та методи

Негативний вплив забруднюючих речовин вивчали методом статистичного аналізу, екологічну шкоду визначали за методикою 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. (Міністерство..., 2022).

Результати негативного впливу воєнних дій на атмосферне повітря

Третій рік поспіль Росія нещадно винищує мешканців України та робить непридатним для життя навколишнє середовище і використовує для цього всі можливі види озброєння. Навіть попри санкції, ворог закуповує воєнну техніку та її складові частини через треті країни, має постачання з Іраку, Китаю та країн, які підтримують воєнну агресію.

В табл. 1 представлено інформацію про знищену ворожу техніку за період з 2022 року по нинішній час та надходження викидів у атмосферне повітря. Але ж багато техніки ще залишається воювати і спричиняти трагічні наслідки. Якщо ж додати до наведених значень дані про наше понівечене озброєння, то вплив виявиться набагато болючішим.

Таблиця 1 – Кількість знищеної наземної та авіаційної ворожої техніки, завдані збитки (Джерело: ЕкоЗагроза, 2024)

Знищена техніка	Кількість, шт. 10 вересня	Кількість, шт. 10 жовтня	Вага відходів, т	Викиди в атмосферу, т
Танки	8518	8940	399418	32766
ББМ	16521	17740	238994	24797
Артсистеми	17156	19203	284531	31476
РСЗВ	1166	1223	49379	2774
Засоби ППО	926	973	34092	1734
Літаки	367	368	6790	15308
Гелікоптери	328	328	2263	1505
Автотехніка	23142	26185	370680	13132
Цистерни з паливом	77	77	1925	3054
БПЛА ОТР	13864	16686	763	232
Крилаті ракети	2438	2618	1166	8
Всього	84503	94341	1452738	129504

Тільки за останній місяць (з 10 вересня по 10 жовтня) середній приріст ліквідації техніки склав~ 9 %, при цьому в найбільшому ступеню зросло знищення БПЛА (на 20,95%), автотехніки (на 13%) та артсистем (на 11,9 %), вага відходів зросла на 8,9 %, а викиди в атмосферу підвищились на 7,3%. Заручниками знищення техніки стають атмосферне повітря, потім ґрунти та водні об'єкти, на яких осідають забруднюючі речовини (ЗР), що випадають внаслідок очищення атмосфери, люди та компоненти екосистем.

Шкода, завдана атмосферному повітрю за час війни, досягла за підрахунками Міндовкілля значення у 779,63 млрд. грн. (табл. 2).

Таким чином, найбільших втрат атмосферному повітрю завдають горіння нафти, лісових і інших насаджень.

Таблиця 2 – Збитки атмосферному повітрю за час війни, завдані збитки (Джерело: ЕкоЗагроза, 2024)

Джерело впливу	Шкода, млрд. грн	Кількість нафто-продуктів та газу, що згоріли, т	Площа об'єктів, що згоріли, га	Викиди в атмосферу, т
Горіння нафти	138,36	3 071 820	-	10781960,0
Викиди ЗР у повітря	0,00708	-	-	260,0
Лісові пожежі та інші насадження	635,38		85 911,0	61 354 454,0
Знищення об'єктів	5,88		192,9 38	216608,0
Всього	779,63		78754,452	112860417,0

Основними джерелами забруднення повітря та надходження шкідливих речовини від них під час воєнних дій є знищення бойової техніки, руйнування та горіння промислових підприємств, дизельні та паливні генератори, детонація боєприпасів, застосування заборонених міжнародними конвенціями боєприпасів, розмінування територій.

В умовах руйнування та пошкодження джерел електрогенерації України прийшлося закупити 670 тис. дизельних та паливних генераторів. Вони стали локальними джерелами шумового впливу (до 95 дБ залежно від потужності) та забруднення повітря оксидами вуглецю, азоту, сірки, дрібними частками PM_{2,5} та PM₁₀. Дизельні генератори у найбільшому ступеню ніж паливні генерують саме PM_{2,5} та PM₁₀, які настільки малі та рухливі, що при вдиханні потрапляють до альвеол легень та можуть за тривалої дії спричинити хронічний бронхіт, хронічне обструктивне захворювання легень (ХОЗЛ) та астму, можуть приводити до виникнення серцево-судинних захворювань і навіть до раку (2023).

Руйнування промислових об'єктів як, наприклад, 5 червня 2023 р. пошкодження трубопроводу Тольятті – Одеса з аміаком у Куп'янському районі Харківської області внаслідок російських обстрілів, призвело до його розгерметизації та витоку 134 т аміаку. Надмірна концентрація аміаку в атмосфері веде до негативного впливу на здоров'я людей, такого як подразнення очей та дихальних шляхів, бронхіт, пневмонія, набряк легень і раптова смерть. Дія аміаку на навколишнє середовище обумовлена його лужним характером – в результаті реакції молекул аміаку з кислотними компонентами, такими як діоксид сірки (SO₂) утворюються атмосферні аерозолі, які погіршують якість повітря (Ангурець et al., 2022).

Під час горіння промислового електрообладнання на підприємствах утворюються поліхлоровані біфеніли та діоксини –токсичні хімічні речовини, які провокують в організмі людей генетичні порушення, появу злоякісних пухлин, прискорюють процеси старіння, пригнічують імунітет, нервову систему (Козій et al., 2017).

Сердечник багатьох бронебійних снарядів виготовляють зі збідненого урану під час вибуху та згоряння якого утворюється аерозоль радіотоксичних оксидів урану (U₃O₈, UO₂) із частками від 0,5 до 5 мкм. Значна кількість диспергаційних аерозолів тривалий час знаходиться в повітрі, поступово осідає на поверхні та згодом мігрує в ґрунти та ґрунтові води.

Основна небезпека від збідненого урану виникає у випадку його потрапляння в організм у вигляді пилових часток. Такі частки нерозчинного урану можуть залишатися в легених тканинах, особливо в лімфатичних вузлах, до кількох років. Уран, що потрапив до шлунково-кишкового тракту, погано всмоктується до кров'яного русла. Оскільки збіднений уран є переважно альфа-випромінювачем, небезпечним є саме його осідання в тканинах організму, де від альфа-випромінювання немає ніякого захисту. Також уран – це важкий метал, накопичення якого в організмі може призводити до порушення роботи нирок, печінки та інших органів.

У ряді регіонів, таких як Харківщина, Донбас, Сумщина, Херсонщина росіяни застосовували заборонені у 1977 додатковими протоколами до

Женевської конвенції боєприпаси з білим фосфором.

Температура горіння фосфору вкрай висока – близько 800°C. Такий фосфор залишає на одязі ледь помітні дірки, а на шкірі під ним – обвуглені органічні тканини; можуть бути пошкоджені кістки та навіть кістковий мозок. У разі вдихання розжареної суміші відбувається випалювання легень.

Усе це призводить до тяжких та болісних каліцтв, а якщо фосфор у будь-якому вигляді потрапить всередину організму, це веде до болісної смерті. Для людини летальна доза – 0,05-0,15 грама фосфору. Летальний випадок може наступити, навіть якщо опіки від фосфору покрили не більше 10% шкіри людини – смерть настає через гіпокальціємію (вимивання кальцію з крові) через 1–2 доби після події.

Значну небезпеку для атмосферного повітря становлять ракетні удари.

За даними головнокомандувача ЗСУ Олександра Сирського з 24 лютого 2022 р. по 20.08.2024 російські війська запустили по Україні 9627 ракет (2429 з них вдалось збити), близько 14 тис БПЛА (збито 9266) та 33 тис. керованих авіабомб (КАБів).

Розрахуємо масу шкідливих речовин, що надійшли у повітря з урахуванням маси бойової частини ракет різного типу (табл. 3).

Найбільшу небезпеку атмосферному повітрю спричинили збиті крилаті ракети Х-555/101, балістичні ракети Іскандер М/КН та ракети С-300/400, які численно переважали в загальній структурі ракетного озброєння і становили 63,9 %, їх частка у забрудненні повітря складала 56,4 %.

Таблиця 3 – Надходження шкідливих речовин від знищених ракет в атмосферне повітря з початку війни (Джерело: Створено авторами)

Тип повітряної зброї	Випущено Росією під час війни	Знищено	Маса бойової частини, кг	Маса шкідливих речовин ,г
Іскандер К та М/КН	1502	132	480	504,7
Х-555/101	1846	1441	410	529,8
Х-22/32	362	2	960	243,3
Х-35	15	1	145	1,5
Х47М2 Кинжал	111	28	500	38,85
ЗМ-55 Онікс470	211	12	300	44,31
Калібр	894	443	450	281,61
Циркон	6	2	400	1,7
С-300/400	3008	19	180	379,0
Точка-У	68	6	482	22,9
Х-25/29/31/35/58/59/60	1547	343	170	184,1
Інші ракети	57	0	200	7,98
Всього ракет	9627	2429		2239,75
Дрон	13977	9266	15	147,0
Всього				2386,75

Спалювання або утилізація підривом балістичного – твердого ракетного палива на основі нітрату целюлози та нітроефірних розчинників, що часто

застосовують у ракетних двигунах військового призначення, супроводжується утворенням ряду токсичних компонентів (залежно від виду палива, на якому працює конкретна ракета), а саме: CO до 416,2 г/кг; C до 86,4 г/кг; Pb до 6,7 г/кг; PbO до 1,8 г/кг; NO до 161,6 г/кг; NO₂ до 2,9 г/кг; CH₄ до 55,0 мг/кг; NH₃ до 0,3 г/кг; HNO₂ до 0,4 г/кг; HCN до 5,2 г/кг, таким чином, токсична частина складає до 70 %. До цих викидів слід додати суміш продуктів, які застосовують для підриву вибухової речовини бойової частини ракети, а також токсичні продукти горіння електронного обладнання ракети (Ангу-рець et al., 2023).

Проведемо розрахунок екологічної шкоди $P_{ш}$ для атмосферного повітря від збитих ракет за формулою (Міністерство..., 2022).

$$P_{ш} = M_{i \text{ викид}} \times C_{п} \times K_{неб} \times K_{в} \times K_{мп} \times K_{пп} \quad (1)$$

де $M_{i \text{ викид}}$ – маса викиду, т; $C_{п}$ – ставка податку за неорганізовані викиди забруднюючих речовин, грн/т; $K_{неб}$ – коефіцієнт класу небезпеки забруднюючих речовин; $K_{в}$ – коефіцієнт впливу на довкілля в залежності від тривалості події; $K_{мп}$ – коефіцієнт, що залежить від масштабу події; $K_{пп}$ – коефіцієнт, що залежить від характеру походження події.

Коефіцієнти $K_{в}$, $K_{мп}$, за умов невизначеності подій приймали такими, що дорівнюють 3 та 1,2 відповідно. $K_{пп}$ становив 10 для воєнних умов.

Результати розрахунків наведено у табл. 4.

Таблиця 4 – Розмір екологічної шкоди для атмосфери від згоряння бойових частин ракет за період з 24.02.2022 р. по 20.08.01.2024 р.

(Джерело: Створено авторами)

Шкідлива речовина	Маса згорілої речовини, Мі, т	Екологічний податок, грн/т	Коефіцієнт класу небезпеки	Розмір шкоди, грн
CO	0,041	96,99	2	954,38
Pb та його сполуки	0,0000695	109127,84	5	23,11
PM ₁₀ +PM _{2,5} (сажа)	0,00062	96,99	3	16,19
NO _x	0,42	2574,43	2	277493,76
CO ₂	85,04	30,0	2	306144,26

Велика кількість оксидів азоту після ракетних атак обумовлена застосуванням рідинних окиснювачів ракетного пального на основі азотної кислоти (речовини 1-го класу небезпечності) – АТ та АК-27І. Азотні окиснювачі, потрапляючи в ґрунтовий покрив, взаємодіють з присутніми в ґрунті лугами та утворюють нітрати і нітрити, які накопичуються у рослинах і потім завдають метгемоглобінемії (кисневого голодування органів) людині (Dolzhenkova, 2024).

Внаслідок того, що у більшості сучасних вибухових речовин використовують складі азотні сполуки, які окислюються під час вибуху, саме ці продукти чинять разом з діоксидом вуглецю та оксидом вуглецю найбільшу екологічну шкоду.

Висновки

На сьогодні 44 країни з трьох континентів стали учасниками Реєстру збитків, завданих агресією Росії проти України. Але ніякі розрахунки не показують істинного стану атмосферного повітря і тих довгострокових змін, що очікують населення нашої країни, флору та фауну у найближчий період поки тривають воєнні дії, і після їх закінчення.

Необхідно збирати всі факти виявлених екологічних злочинів для сьогоденного прийняття управлінських рішень на всіх рівнях – від політичного керівництва держави, правоохоронців, екологічних інспекторів до пересічних громадян щодо їх подолання. Кожен українець у разі виявлення екологічних злочинів не має залишатися байдужим та має їх фіксувати для подальшого підрахунку заподіяних збитків та отримання репарацій.

Посилання

- Dolzhenkova, O. (2024). The consequences of the influence of missile strikes on the atmospheric air condition in Ukraine. *Ecological Sciences*, 1(1 (52)), 16–21. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.1.2>
- Ангурець, О., Хазан, П., Колесникова, К., Куш, М., Чернохова, М., & Гавранек, М. (2022). *Наслідки для довкілля війни росії проти України*. Clean Air. <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-war-damages-ua-version-04-low-res.pdf>
- ЕкоЗагроза. (2024). *Завдані збитки. Атмосферне повітря*. Офіційний ресурс Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. <https://ecozagroza.gov.ua/damage/air>
- Козій, О. І., Петрук, М. П., Витрикуш, Н. М., & Вахула, О. М. (2017). Діоксинова проблема сміттєспалювання. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Хімія, технологія речовин та їх застосування*, (868), 291-297. <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2018/aug/14417/1709523p7-p13.pdf>
- Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. (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*. Офіційний вебпортал парламенту України. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0433-22>