



ВПЛИВ РОСІЙСЬКОЇ ВІЙНИ В УКРАЇНІ НА КЛІМАТ

24 лютого 2022 – 23 лютого 2023

Ініціатива з обліку викидів парникових газів
внаслідок війни

1 червня 2023 року

АВТОРИ:

Ленард де Клерк (провідний автор)

Микола Шлапак

Анатолій Шмурак

Олексій Михайленко

Ольга Гасан-Заде

Адріан Кортуїс

Євгенія Засядько

ПОДЯКИ

За співпрацю й ідеї хочемо подякувати таким організаціям
(а також окремим людям):

Міністерству захисту довкілля та природних ресурсів України

Національному центру обліку викидів парникових газів

Київській школі економіки

Національному університету біоресурсів і природокористування України

One Click LCA

Ember

Energy Charter

Bruegel Institute

Екологічній мережі Зої

Обсерваторії конфліктів і довкілля (CEOBS)

Консалтинговій групі А-95

ТОВ «КТ-Енергія»

Графічний дизайнер: Даша Курінна

Фото обкладинки: Вероніка Євтушенко

Контакти: Ленард де Клерк,
lennard@klunen.com, +36 30 3662983



Ministry
of Environmental Protection
and Natural Resources
of Ukraine

екодія
ecoaction.org.ua

ФІНАНСУВАННЯ:

ТЦей звіт створений завдяки підтримці Європейського кліматичного фонду (ECF) та «Ініціативи з розвитку екологічної політики й адвокації в Україні» (EPAIU). Редагування й переклад здійснено за фінансування Федерального міністерства економіки та кліматичних дій Німеччини в рамках проєкту Міжнародної Кліматичної Ініціативи (IKI).

Мета EPAIU — розвиток організацій громадянського суспільства, інституційно спроможних, прозоро керованих, підзвітних та суспільно визнаних, які діють у сфері охорони довкілля та сприяють підвищенню якості й інклюзивності розроблення та реалізації екологічної політики через посилення участі громадянського суспільства у створенні, підтримці, впровадженні та моніторингу екологічної політики та заходів на всіх рівнях, а також підвищення обізнаності громадськості та попиту на проблемно-орієнтований, більш інклюзивний, ґрунтований на правах людини та конфліктно-чутливий підхід до екологічної політики й ухвалення рішень. Проєкт EPAIU реалізується Міжнародним фондом «Відродження» (МФВ) за фінансової підтримки Швеції.

Європейський кліматичний фонд (ECF) — це провідна благодійна ініціатива, яка працює над подоланням кліматичної кризи, сприяючи розвитку суспільства з нульовим рівнем викидів на національному, європейському та світовому рівнях. Ініціатива допомагає понад 700 партнерським організаціям проводити заходи задля реалізації нагальної та масштабної політики на підтримку цілей Паризької угоди, вести громадські обговорення кліматичних дій та забезпечувати соціально відповідальний перехід до економіки з нульовим рівнем викидів та сталого суспільства в Європі та в усьому світі.

Погляди, висновки чи рекомендації належать авторам цього звіту і не обов'язково відображають офіційну позицію МФВ та/або Уряду Швеції та/або ECF. Усю повноту відповідальності за зміст цього звіту несуть його автори.



ЛІЦЕНЗІЇ

Опубліковано на умовах ліцензії Creative Commons Share Alike Attribution License (CC BY-SA 4.0). Ми всіляко заохочуємо вас поширювати й адаптувати звіт, але при цьому ви маєте вказувати авторів і назву, а також поширювати будь-який створений вами матеріал за тією самою ліцензією.

Присвячується світлій пам'яті Олексія Хабатюка

(19 серпня 1977 року – 4 травня 2023 року)



Олексій Хабатюк, провідний український експерт з питань енергетики та клімату, присвятив понад двадцять років життя справі розвитку України й українського енергетичного сектору. Інженер-енергетик за фахом, він згодом пішов на державну службу, щоб працювати над питаннями зміни клімату, а потім трудився у найбільшій енергетичній компанії України, де разом із урядом і громадськістю реформував енергетичний сектор. Він був одним із перших експертів із обліку викидів парникових газів в Україні, у 2010–2012 роках був керівником національної системи обліку парникових газів. У 2007 році керував підготовкою України до оцінки відповідності вимогам Кіотського протоколу, завдяки якій країна була залучена до використання механізмів Кіотського Протоколу.

Він завжди був готовий до публічних обговорень і зробив неоціненний внесок у розвиток держави та демократії, міжнародних відносин у сфері енергетики та кліматичної освіти. Власним прикладом застосування малої сонячної енергетики надихнув багатьох на впровадження енергетичних інновацій в Україні. Він був надзвичайно талановитою й доброю людиною і великим патріотом України.

Майже відразу після початку повномасштабного вторгнення Росії Олексій вступив до лав Збройних Сил України і трагічно загинув 4 травня 2023 року в бою під Бахмутом. У нього залишилися три чудові доньки та дружина Ольга, із якою вони були разом понад двадцять років.

Ти завжди був найкращим — і у цивільному житті, і у військових справах.
І ти назавжди залишатимешся у наших серцях.

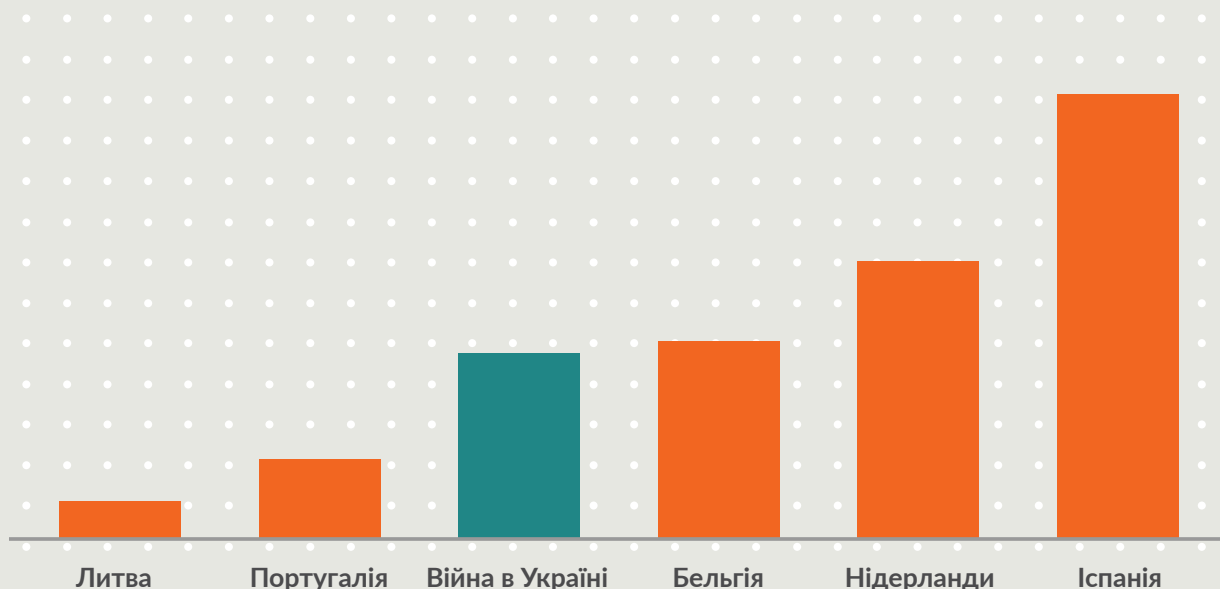
ЗМІСТ

Подяки	2
In Memoriam	4
Резюме	6
1. Вступ	14
2. Бойові дії	16
3. Пожежі.....	35
4. Біженці та ВПО	41
5. Європейський енергетичний сектор.....	43
6. Цивільна авіація.....	50
7. Цивільна інфраструктура.....	53
8. Загальний вплив на викиди в Україні	59
9. Висновки та подальші кроки	64
Додаток	70

РЕЗЮМЕ

Війна Росії проти України завдала значних спустошень, зокрема руйнувань або пошкоджень будинків, шкіл, лікарень та інших важливих громадських об'єктів, позбавила громадян необхідних ресурсів, як-от води, електроенергії та медичного обслуговування. Війна також завдала значної шкоди довкіллю та негативно вплинула на клімат планети, спричинивши викиди в атмосферу значної кількості вуглекислого газу й інших парникових газів.

Викиди внаслідок війни у порівнянні із викидами європейських країн



Це друге проміжне оцінювання показало, що викиди парникових газів за дванадцять місяців війни склали 120 млн тонн CO₂ екв. Це рівнозначно загальному обсягу викидів парникових газів, утворених за той самий період у Бельгії. Порівняно з першим оцінюванням, яке охоплювало сім місяців війни, викиди не зростали такими ж темпами через обмежене пересування лінії фронту та зимовий період. Крім того, друге оцінювання допомогло отримати додаткові дані для розуміння ситуації в Україні, що дозволило внести певні корективи у попередні розрахунки.

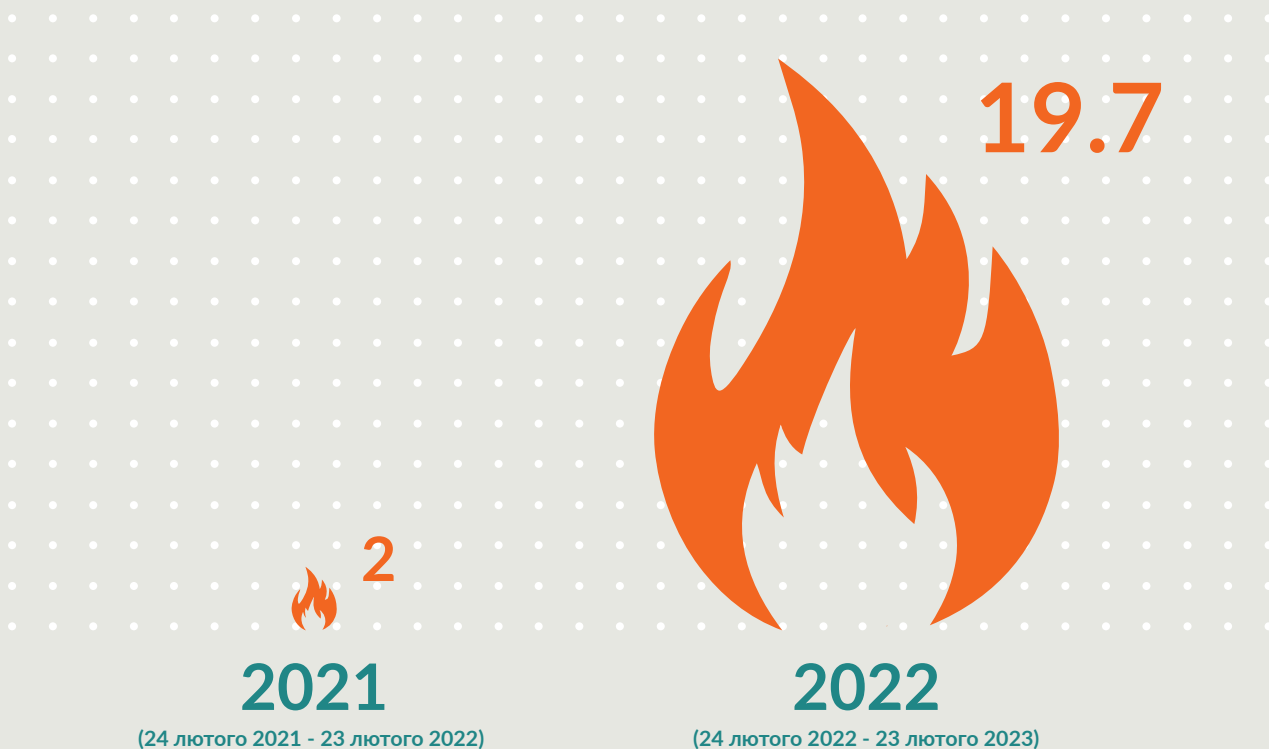
Викиди, спричинені бойовими діями, залишаються неконтрольованими, хоча й не становлять найбільшу частину всіх оцінених викидів. З кожним місяцем війни неухильно зростає споживання пального, а велика кількість використаних боєприпасів вимагає значного нарощування їх виробництва в Росії, Україні й інших країнах, щоб поповнювати виснажені запаси. В очікуванні на можливий контрнаступ України Росія збудувала кілометри укріплень вздовж лінії фронту й за нею, використовуючи бетон як будівельний матеріал, що призвело до збільшення викидів вуглецю.

Викиди від бойових дій (млн тонн CO₂ екв.)



Кількість пожеж площею понад один гектар порівняно з довоєнним 12-місячним періодом зросла в 36 разів. Ці пожежі переважно спостерігаються безпосередньо поруч із лінією фронту, і багато з них призводять до знищення лісових масивів. Хоча взимку пожежі вщухли, очікується, що навесні з підвищенням температури вони посиляться. Загальний обсяг викидів: 17,7 млн тонн CO₂ екв.

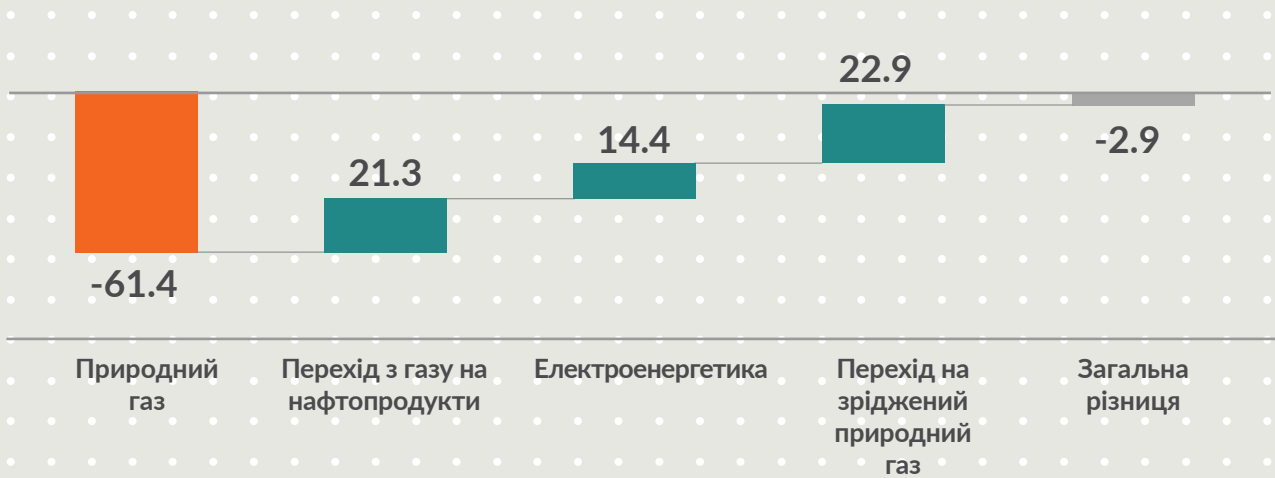
Викиди парникових газів від пожеж (млн тонн CO₂ екв.)



У 2022 році Європа пережила небувалу енергетичну кризу, яка призвела до стрімкого зростання цін на природний газ та електроенергію. Хоча з того часу енергетичний ринок стабілізувався, криза викликала низку втручань з боку урядів та суб'єктів ринку. Хоча не всі причини кризи можна пов'язати з поточною війною, це дослідження стверджує, що деякі її прояви призвели до збільшення викидів вуглецю у Європі, а інші сприяли скороченню викидів. Проте сумарний вплив цих факторів незначний.

У довгостроковій перспективі криза стала каталізатором переходу на відновлювану енергетику в Європі. Очікується, що ця тенденція збережеться не лише в Європейському Союзі, а й у повоєнний період відбудови України.

Річні зміни в енергетичному секторі ЄС, пов'язані з війною (млн тонн CO₂ екв.)



Війна, яка триває в Україні, спричинила падіння економіки країни на майже 30% у 2022 році, а це призвело до відповідного скорочення викидів. Проте очікується, що скорочення викидів були меншими ніж рівень падіння. Проте, хоч скорочення й були значними, у цьому звіті стверджується, що більша частина викидів просто перемістилася за межі України. Мільйони біженців були змушені тікати від війни, несучи вуглецеві викиди із собою у Європу й інші частини світу. Крім того, через дефіцит енергоресурсів, порушені ланцюжки постачання та зруйновані заводи виробництво споживчих товарів перемістилося до Європи, внаслідок чого збільшився обсяг викидів на території інших країн. До того ж, на високо глобалізованому металургійному ринку виробництво перебрали на себе конкуренти, у такий спосіб збільшивши викиди у своїх регіонах. Тобто скорочення викидів в Україні значною мірою компенсується збільшенням викидів в інших регіонах, і суттєвого покращення для клімату не відбувається.

ЄВРОПА



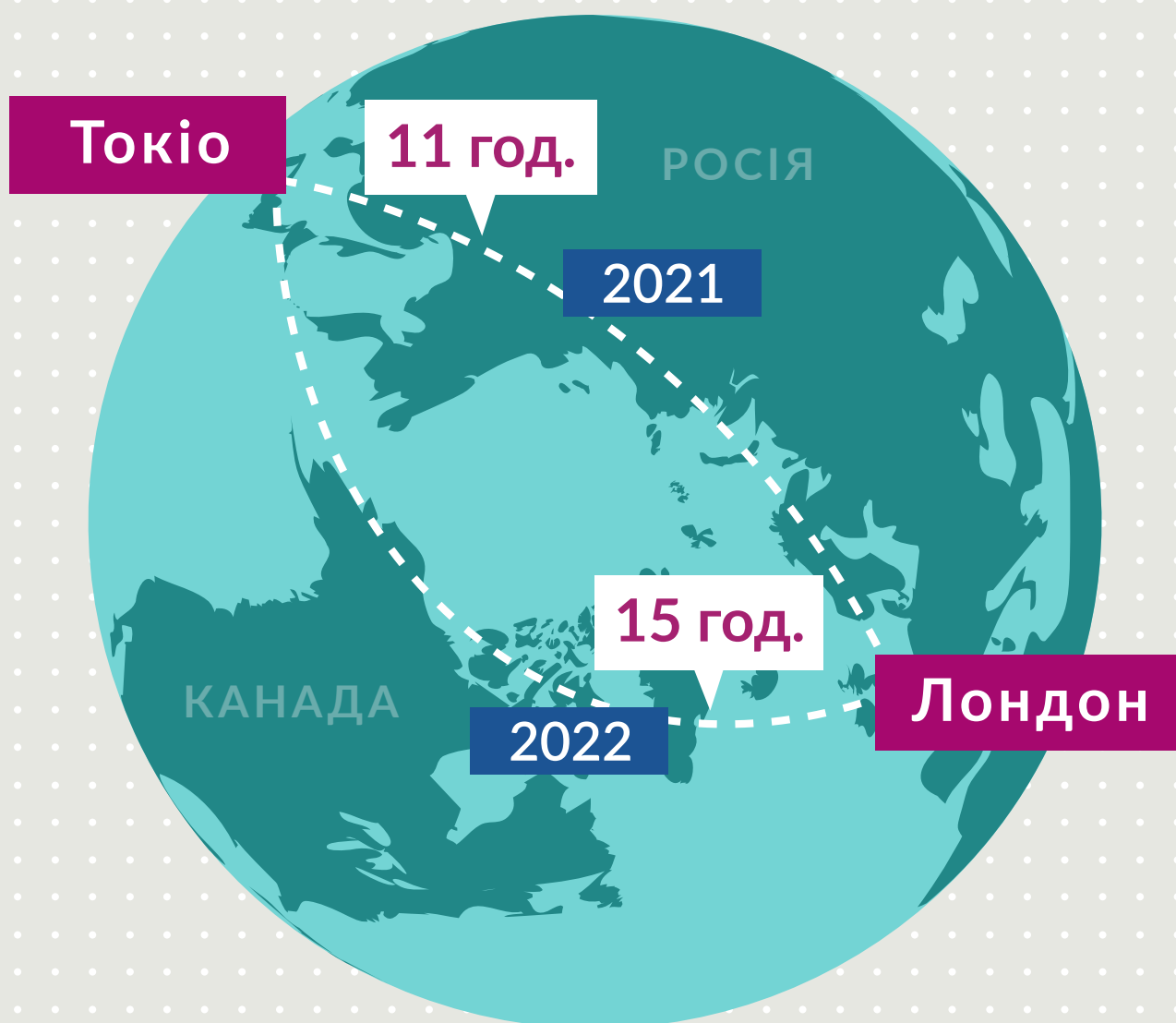
УКРАЇНА



СВІТ

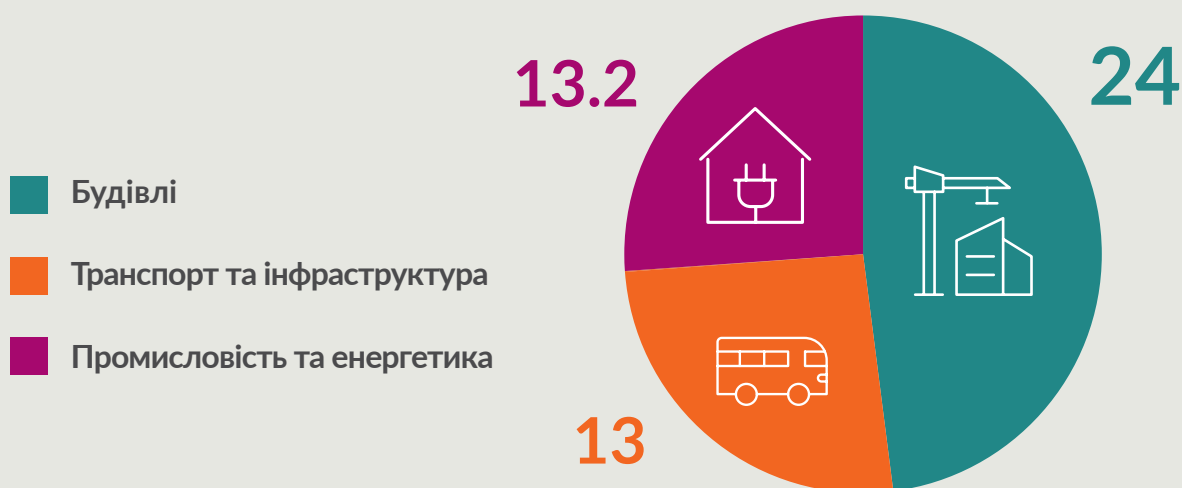


Через закриття повітряного простору України для комерційних польотів і різні заборони на польоти, введені західними країнами і Росією, для багатьох західних перевізників були перекриті важливі повітряні шляхи зі сходу на захід між Європою і Азією. Перевізники були змушені обирати на маршрутах до Східної та Південно-Східної Азії обхідні шляхи, тож час польотів збільшився, як і додаткові витрати пального й обсяги викидів парникових газів. **Загальний обсяг викидів: 12 млн тонн CO₂ екв.**



Найбільшим джерелом викидів стане повоєнне відновлення пошкодженої та зруйнованої цивільної інфраструктури. Як зазначалося в нашому попередньому оцінюванні, відбудова будівель та іншої інфраструктури дуже вуглецевоємна, особливо з огляду на значні пошкодження, завдані під час війни. Хоча лінія фронту в останні місяці залишається відносно стабільною, загальний обсяг пошкоджень будівель продовжує зростати, хоча й повільніше, ніж на попередніх етапах війни. Зокрема, атаки на об'єкти енергетичної інфраструктури в осінньо-зимовий період значно збільшили викиди, пов'язані з відновленням у цьому секторі. Водночас промисловість та комерційний сектор також серйозно постраждали, і це ще відчутніше підвищило рівень викидів від відновлювальних робіт у цих секторах. **Загальний обсяг викидів: 50,2 млн тонн CO₂ екв.**

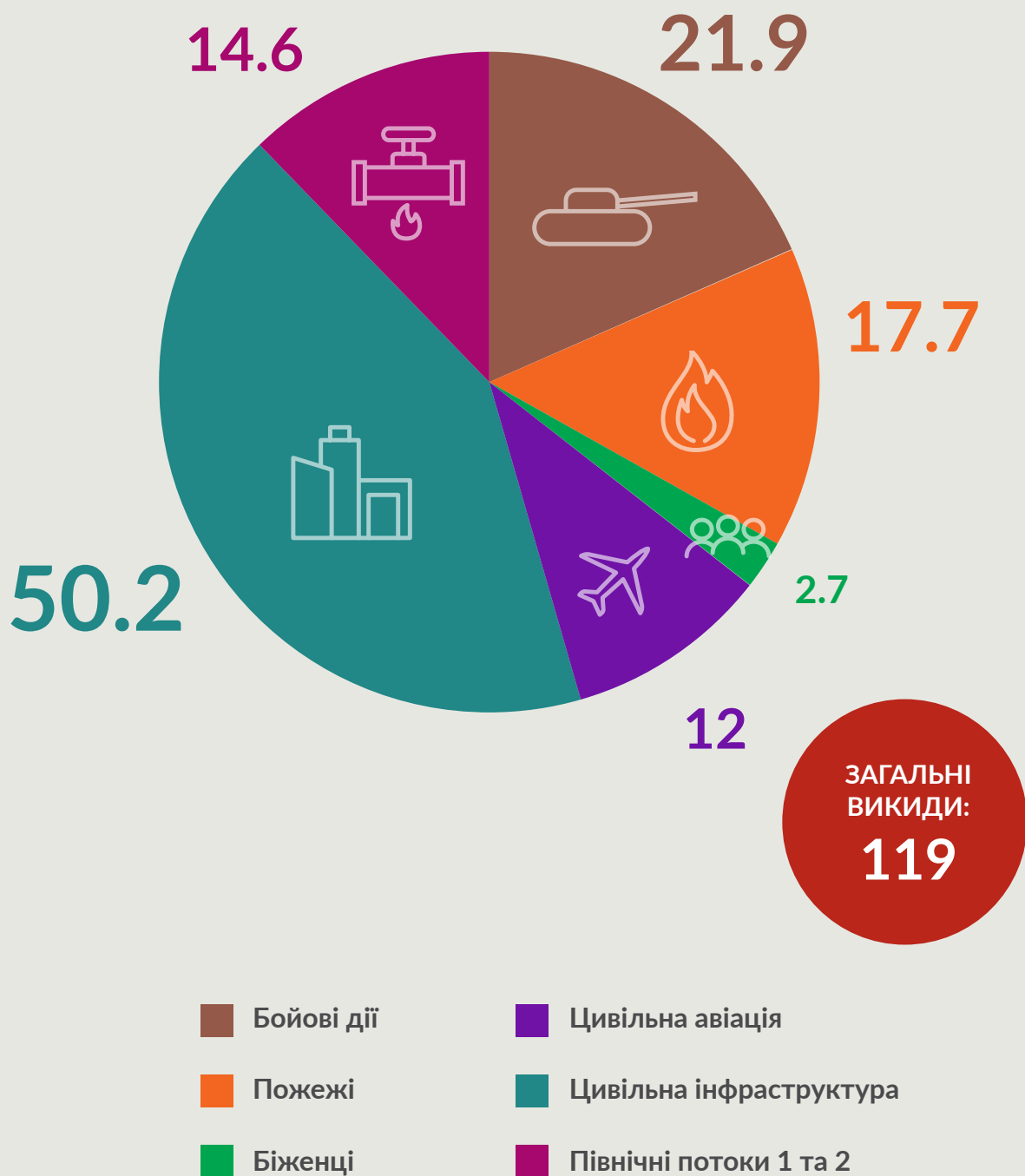
Викиди парникових газів внаслідок відбудови цивільної інфраструктури (млн тонн CO₂ екв.)



Війна, що триває й нині, значно погіршила безпекову ситуацію в Європі. У короткостроковій перспективі зросло виробництво боєприпасів — для постачання Україні та поповнення виснажених запасів в Європі й інших частинах світу. Проте і у довгостроковій перспективі Європі доведеться підтримувати вищий рівень військових витрат, щоб інвестувати в нове обладнання і покривати збільшені операційні витрати, необхідні для стримування подальших актів агресії з боку Росії.

На жаль, військова галузь лише розпочинає розглядати питання декарбонізації, і в цій сфері потрібно провести ще чимало роботи. Переозброєння Європи та інших частин світу — для клімату новина не добра, і найближчими роками, ймовірно, спричинятиме зростання відповідних викидів.

Загальні викиди парникових газів у різних секторах (млн тонн CO₂ екв.)



1. ВСТУП

24 лютого 2022 року Росія розпочала неспровоковане широкомасштабне вторгнення в Україну й відтоді війна триває вже майже півтора року, спричинивши гуманітарну кризу, внаслідок якої багато людей загинули, отримали поранення чи були змушені покинути свої домівки. Війна також пошкодила або зруйнувала цивільну інфраструктуру, зокрема будівлі, заводи та дороги. Війна не лише порушила життя людей, а й зруйнувала природні екосистеми та забруднила довкілля. Кожен вибух ракети чи снаряда забруднює повітря, воду та ґрунт токсичними речовинами. Постраждало чимало промислових об'єктів, через що сталися неконтрольовані хімічні викиди. Скалічені ліси та природні заповідники.

Для відстеження шкоди, завданої довкіллю, започатковано низку ініціатив. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України створило сайт¹, на якому збираються дані про шкоду для довкілля на основі звітів місцевих органів влади та цивільних осіб, які можуть повідомляти про пошкодження через відповідний застосунок. Міжнародні організації Обсерваторія конфліктів і довкілля (Conflict and Environment Observatory) та Екологічна мережа Зої (Zoë Environment Networ) регулярно публікують огляди для оцінювання різних видів екологічної шкоди, як-от радіаційна небезпека, забруднення води або промислова діяльність². Дані про потенційну шкоду довкіллю, збираються через медіаресурси, далі їх за допомогою інтерактивної мапи обробляє Центр екологічних ініціатив «Екодія»³, співпраця спільно Greenpeace⁴.

Окрім забруднення та деградації довкілля на території України, війна спричинила значні викиди парникових газів (ПГ) в атмосферу. Тоді як світ бореться за суттєве скорочення викидів ПГ, щоб обмежити зростання глобальної середньої температури в межах 1,5°C, ці додаткові викиди через війну ще більше ускладнюють досягнення цілей Паризької угоди. Війна також заважає заходам щодо пом'якшення наслідків зміни клімату в Україні, оскільки перенаправляє фінансові потоки на відбудову, а на Європейському континенті – на безпеку й оборону.

Цим дослідженням ми прагнемо привернути увагу до того, що російська агресія впливає не лише на українських громадян та українське довкілля, але й на решту світу: збільшуючи викиди ПГ та ускладнює намагання зупинити глобальне потепління. По-друге, викиди ПГ, пов'язані з бойовими діями та конфліктами, часто ігнорують, замовчують або занижують як військові, так і фахівці з питань зміни клімату. Нинішня війна привертає увагу до цього недооціненого питання, і останнім часом у відкритому доступі з'явилося чимало публікацій⁵. По-третє, Росія має бути притягнута до відповідальності за агресію, насамперед за злочини проти людяності. Вона повинна відшкодувати всі заподіяні збитки, зокрема, для довкілля та клімату. Перший крок у цьому процесі – фіксація цих збитків. По-четверте, це дослідження має на меті надати чітке розуміння щодо майбутніх викидів на етапі відбудови. Усвідомлюючи обсяги цих викидів, можна буде їх мінімізувати.

1. <https://ecozagroza.gov.ua/en>

2. Обсерваторія конфліктів і довкілля (<http://www.ceobs.org/publications/>) та Мережа Зої (<https://zoinet.org> та <https://ecodozor.org/index.php?lang=en>).

3. <https://en.ecoaction.org.ua/warmap.html>

4. https://maps.greenpeace.org/maps/gpcee/ukraine_damage_2022/

Перше оцінювання шкоди для клімату⁶ було представлено на Конференції ООН з питань зміни клімату COP27 в Шарм-ель-Шейху (Єгипет) 9 листопада 2022 року⁷, воно охоплювало перші сім місяців війни. Оцінювання містило чотири розділи: викиди від переміщення біженців, викиди від бойових дій, викиди від неконтрольованих пожеж у лісах і містах, а також майбутні викиди внаслідок відновлення пошкоджених і зруйнованих будівель, доріг і заводів.

Це друге оцінювання шкоди для клімату доповнює дані згаданих чотирьох причин викидів, охоплюючи перші 12 місяців війни, тобто з 24 лютого 2022 року по 23 лютого 2023 року. Окрім зазначених сфер, ми розглянули також інші, на які вплинула російська агресія. Це європейський енергетичний сектор, зміна маршрутів польотів через закриття повітряного простору, а також загальний вплив на викиди в Україні. Щодо додаткових джерел викидів цей звіт охоплює період до 31 грудня 2022 року.

У цьому звіті обсяги викидів парникових газів були оцінені на основі наявних джерел даних, як, наприклад, показники споживання викопного палива та кількість пошкоджених багатоквартирних будинків. Війна й досі триває, і чимало джерел даних недоступні або ж доступ до них обмежений із міркувань безпеки. Візуальний огляд часто неможливий через безпекові проблеми, мобілізацію кваліфікованих кадрів для захисту країни або через окупацію території. Тому часто єдиний доступний варіант — дистанційний моніторинг за допомогою супутників. Оцінки ґрунтуються на багатьох припущеннях, які з часом можуть бути переглянуті з надходженням додаткової інформації. Такі припущення можна буде перевірити тільки після припинення бойових дій, тобто коли війна закінчиться.

Під час підготовки аналізу ми спиралися на інформацію з відкритих джерел — із соціальних мереж, наукових досліджень і розвідок на основі відкритих джерел (OSINT), із інтерв'ю з експертами, галузевих звітів, офіційних публікацій, рецензованих статей та інших доступних джерел інформації. Зважаючи на невизначеність оцінок, ми поклалися на консервативні припущення, використовували декілька джерел інформації та порівнювали результати кількох альтернативних підходів, де це було можливо. Оцінка викидів вуглецю, спричинених великою війною, ніколи раніше не проводилася, не кажучи вже про війну, що триває, тож ми розробляємо відповідну методологію в процесі роботи. Відсутність даних не означає, що кліматичних збитків немає, просто робота ще не завершена. Ми вдячні всім експертам, які взяли участь в опитуваннях і дискусіях на різні теми, висвітлені у звіті, й надали корисні ідеї та матеріали. Ми також закликаємо всіх зацікавлених долучатися до процесу оцінювання кліматичних збитків, надаючи галузеві дослідження та пропозиції щодо збору даних та оцінювання викидів ПГ.

Деякі викиди, про які йдеться у цьому звіті, сталися на території України, або під контролем українського уряду, або на окупованих територіях, а інші — в інших місцях. Деякі викиди вже відбулися, інші відбудуться в майбутньому (наприклад, під час відбудови). З погляду кліматичної шкоди їхнє географічне розташування не має значення: кожна тонна викинутого CO₂ екв. у будь-якій точці світу однаково впливає на зміну клімату.

6. Climate Damage caused by Russia's war in Ukraine. Англійською: <https://en.ecoaction.org.ua/climate-damage-caused-by-russias-war.html>. Українською: <https://ecoaction.org.ua/vplyv-ros-vijny-na-klimat.html>

7. Запис додаткового заходу: <https://www.youtube.com/watch?v=yQbzwxTnBw>

2. БОЙОВІ ДІЇ

Достовірних оцінок викидів ПГ, спричинених збройними силами в усьому світі, немає, а ініціативи щодо підвищення прозорості та оцінювання даних про вплив військ на клімат лише починають привертати увагу⁸.

Тим не менш, сучасні армії, як відомо, споживають багато викопного палива навіть у мирний час, адже використовують високотехнологічне обладнання (літаки, вертольоти, кораблі, танки, бойові машини) та різноманітну допоміжну інфраструктуру (злітно-посадкові смуги, дороги, машини постачання). Збройні сили споживають багато енергії через пріоритетність вищих бойових характеристик техніки, необхідність швидкого пересування військ, загальну високотехнологічну мілітаризацію збройних сил та збільшення їхньої чисельності, а не енергоефективності⁹.

Огляд досліджень викидів ПГ збройними силами різних країнах (див. Додаток) допомагає досягнути масштаб і склад військових викидів ПГ, які становлять щонайменше 1 % від загальних національних викидів ПГ. Аналіз цих досліджень дозволяє зробити такі висновки.

Перш за все, якщо припустити консервативну частку операційних викидів військових у національних кадастрах як 1%, то в мирний час російська армія, ймовірно, відповідатиме за викиди близько 20 млн тонн CO₂ екв¹⁰, а українська — приблизно за 3 млн тонн CO₂ екв. За деякими оцінками, Росія залучила до війни в Україні 80% своїх сухопутних сил, а Україна для протистояння російському вторгненню очевидно задіяла всі наявні та додатково залучені ресурси. Під час війни рівень викидів, безумовно, значно вищий і, найімовірніше, збільшується в багато разів через мобілізацію робочої сили, інтенсивніше використання палива, будівництво укріплень і розгалужені ланцюги постачання.

По-друге, найвагомніше з усіх джерел викидів парникових газів, пов'язаних із військовими операціями та веденням бойових дій, — це споживання палива. У мирний час на споживання палива може припадати до третини загальних викидів або ще більша частка, якщо враховувати лише операційні викиди (тобто без урахування викидів від ланцюгів постачання). Використання палива значно зростає під час активних військових операцій та бойових дій, а темпи зростання залежать від частки сил, задіяних у них. Найбільші обсяги витрат палива зазвичай пов'язані з використанням реактивного пального для авіації (воно може становити понад дві третини від загального споживання), а також дизельного пального (може становити близько 20% від загального споживання). Співвідношення між використанням авіаційного і дизельного пального залежатиме від типів операцій, які виконують військові, а також від інтенсивності використання авіації під час бойових дій, яка подекуди може бути відносно низькою.

8. Див., наприклад: A framework for military GHG emissions reporting, <https://ceobs.org/report-a-framework-for-military-greenhouse-gas-emissions-reporting/>; Climate of Change - Reshaping Military Emissions Reporting (2022), <https://www.osce.org/secretariat/529068>; та Submission to the UNFCCC Global Stocktake: military and conflict emissions (2023), <https://thefivepercentcampaign.files.wordpress.com/2023/02/gst-submission-military-emissions.pdf>

9. Brett Clark, Andrew K. Jorgenson & Jeffrey Kentor (2010), Militarization and Energy Consumption, International Journal of Sociology, 40:2, 23-43, DOI: 10.2753/IJS0020-7659400202

10. Така оцінка узгоджується з деякими обмеженими попередніми даними про річне споживання пального російськими військовими у 2016 році в обсязі понад 2 млн тон на рік, з яких приблизно дві третини припадало на авіацію (див. <https://tass.ru/armiya-i-opk/4031315>), що передбачає, що споживання палива зумовлює приблизно третину загальних викидів.

По-третє, споживання палива становить лише частину загального впливу на клімат, який виникає в ході поточної діяльності армії, мобілізації сил і ведення бойових дій. Інші фактори разом, зокрема, вуглецевий слід матеріалів, що використовуються для виробництва техніки і боєприпасів, будівельні матеріали й роботи, а також закупівля різних товарів і послуг, найімовірніше переважають вплив від використання пального. Викиди від ланцюгів постачання можуть бути у 2–5 разів вищими, ніж операційні військові викиди. Беручи до уваги те, що під час війни використовуються і виснажуються запаси, накопичені протягом багатьох років і навіть десятиліть, вплив таких попередніх викидів може бути ще значнішим.

Зрештою, через складність ланцюгів постачання та засекречення інформації, особливо під час активних бойових дій, відстежити всі види впливу на клімат неможливо, і тому слід застосовувати припущення високого рівня, зосереджуючись на найбільш значущих джерелах викидів ПГ (наприклад, реактивне паливо у разі споживання пального, артилерійські снаряди у разі використання боєприпасів тощо).

Крім того, вплив російської агресії виходить далеко за межі прямих викидів від споживання паливно-енергетичних ресурсів чи навіть викидів, пов'язаних із ланцюгами постачання. Для опису тактики ведення гібридної війни аналітики використовують поняття тотальної, глобальної та гібридної війни; ця тактика охоплює кібернетичні, економічні, інформаційні та секретні операції, які вважаються такою ж частиною російського підходу до війни, як і конвенційна війна. Приклади такої тактики: використання енергетичних ресурсів як зброї, блокада поставок зерна й інших продуктів харчування з України через Чорне море й навіть нанесення збитків для довкілля як зброї задля впливу на громадську думку союзників та міжнародної спільноти¹¹. Вплив таких методів гібридної війни слід також аналізувати як частину інших непрямих викидів ПГ, пов'язаних із військовими операціями та веденням бойових дій.

Поточне оцінювання зосереджене на прямих викидах Сфери 1 (наприклад, спалювання палива, використання боєприпасів та вибухових речовин), інших непрямих викидах Сфери 3 (наприклад, вуглецевий слід військової техніки та фортифікаційних споруд), а також на широкому спектрі інших непрямих викидів ПГ, пов'язаних із військовою сферою (викиди Сфери 3 плюс). Викиди Сфери 2 від закупленої енергії оцінюванням не охоплюються, оскільки вважається, що бойові дії здебільшого на них не впливають.

Шкода, завдана клімату, залежить від інтенсивності бойових дій і на різних етапах війни змінюється як за масштабом, так і за характером (див. Додаток).

11. War changes everything: Russia after Ukraine, edited by Marc Ozawa, <https://www.ndc.nato.int/news/news.php?icode=1798>

Викиди ПГ від спалювання виковного палива

Викопне паливо має важливе значення для військової діяльності, його використовують танки та бойові машини, літаки й інші військові транспортні засоби, а також логістичний транспорт для перевезення боєприпасів, палива, військових, продовольства, медикаментів та інших вантажів. Пальне використовується під час мобілізації сил, оперативних пересувань, передислокації і навіть у режимі очікування. Крім того, пальне споживають цивільні транспортні засоби, залучені до діяльності, пов'язаної з війною: аварійні служби, медичні автомобілі, транспорт для евакуаційних переміщень і відновлення ланцюгів постачання, «тракторні війська», які витягують покинуту та пошкоджену техніку тощо. Паливні сховища також часто стають об'єктами атак ракетами або безпілотниками заради підриву спроможності підтримувати військові операції.

Найпомітніша техніка, що використовує виковне паливо, — літаки й основні бойові танки, а також інша броньована техніка, але найбільша частка споживання палива під час війни, мабуть, пов'язана із менш очевидними споживачами палива за лінією фронту. Для розгортання танків та іншої бронетехніки на полі бою на периферії працює величезна військова інфраструктура, яка потребує ще більших обсягів пального й енергії. Це важкі транспортні засоби, що перевозять військову техніку, вантажні вертольоти і літаки, забезпечення діяльності передових баз, генератори, що використовуються на командних пунктах і тимчасових базах, а також інша логістика, необхідна для переміщення людей і вантажів до районів проведення операцій і по всьому театру воєнних дій. Залежність російської логістики від залізничної мережі, знищення Збройними Силами України передових складів пального та боєприпасів, а також ризик атак далекобійною артилерією та безпілотниками призвели до необхідності підвозити паливо й інші вантажі із залізничних станцій, розташованих на відстані 100 км і більше від лінії фронту¹² чи й із території Росії. Це також означає, що значні обсяги пального споживаються навіть у той період, коли на полі бою виникають оперативні паузи.

Великі обсяги споживання палива призвели до значних викидів ПГ і пов'язаного з війною впливу на зміну клімату. Проте кількісна оцінка споживання виковного палива дуже складна через обмеженість даних і високий рівень невизначеності. Метод висхідного аналізу для кількісної оцінки вимагає численних даних і припущень щодо кількості транспортних засобів, використовуваних у бойових діях і логістиці, характеристик різних типів транспортних засобів, відстаней перевезень і відстаней під час оперативного переміщення військ, структури ланцюгів постачання тощо. Такі військові дані рідко доступні в мирний час, а під час війни отримати їх майже неможливо. Дезагреговані дані про споживання пального, які б розкривали використання пального для військових цілей, також рідко доступні. Для розуміння масштабів витрат пального під час війни можуть бути використані лише непрямі опосередковані показники за допомогою методу спадного аналізу.

12. Див., наприклад, аналіз логістичних мереж у Луганській області, <https://twitter.com/NLwartracker/status/1627047617938223106>

Оцінка споживання пального російськими військами

Загалом, для оцінки потреб у паливі під час бойових дій та пов'язаних із ними викидів ПГ можна використовувати такі підходи, кожен з яких має певні проблеми щодо доступності даних:

- відстежувати загальний обсяг поставок палива для військових цілей (на основі офіційних даних або приблизних оцінок);
- використовувати контрольні показники з попередніх досліджень і збройних конфліктів (наприклад, витрата пального на типовий підрозділ на добу або витрата пального на одного солдата на добу);
- відстежувати дані про активність основного паливоспоживаючого обладнання та техніки.

Дані про використання палива на основі розрахунків поставок палива

Офіційних даних про постачання палива для військових цілей в Росії немає, тож можна застосовувати лише непрямі оцінки, наприклад, збільшення поставок палива до прифронтових регіонів.

Ще до вторгнення аналітики вказували на накопичення запасів палива в прикордонних з Україною регіонах Росії та Білорусі. Згідно з даними російських залізничних перевезень, проаналізованих компанією Energy Intelligence, у січні та лютому 2022 року значно збільшилися поставки пального до семи прикордонних з Україною областей та півдня Білорусі. Щоденні обсяги поставок пального – переважно авіаційного та дизельного палива, а також деяких видів бензину – в 4–5 разів перевищували середні показники за 2021 рік. Ці дані охоплюють поставки для Міністерства оборони Росії до семи областей на південному заході країни (Брянської, Белгородської, Воронежської, Курської, Ростовської, Краснодарської та Смоленської), а також до окупованого Криму¹³.

За підрахунками компанії Bloomberg, зробленими в жовтні 2022 року на основі аналогічного аналізу залізничних даних, постачання бензину, дизельного й авіаційного палива підрозділам Міноборони РФ у шести прикордонних з Україною регіонах, а також в окупованих Донецькій і Луганській областях у 2022 році суттєво зросло: з 0,465 млн тонн пального за 9 місяців 2021 року до 1 431 млн тонн пального за аналогічний період 2022 року¹⁴. Знов-таки, порівняно з показниками 2021 року, зафіксовано понад трикратне збільшення поставок. Цифри, про які повідомляє Bloomberg, стосуються поставок до чотирьох основних аеропортів на південному заході Росії, де цивільні рейси заборонені з першого дня вторгнення наприкінці лютого.

13. Russia Boosts Flow of Fuel to Troops at Border, <https://www.energyintel.com/0000017f-0ebd-dfa7-a5ff-9fbf3c920000>

14. Розраховано на основі даних Bloomberg: Russia Sends More Fuel to Army In Ukraine Amid Mobilization, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-10-12/russia-sends-more-fuel-to-army-in-ukraine-amid-mobilization>

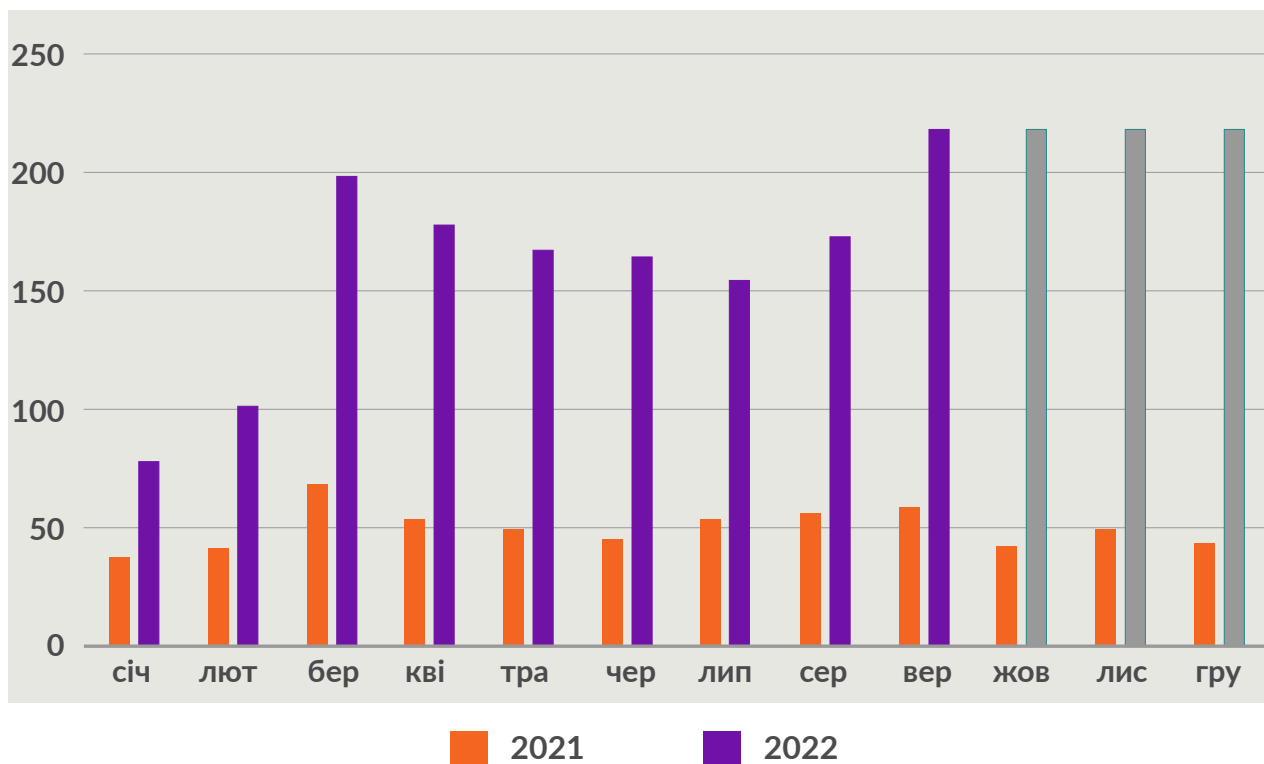


Рисунок 1. Зростання поставок палива в прикордонні з Україною регіони за місяцями, тис. тонн

(попередні обсяги постачання у IV кварталі 2022 року розраховано на основі даних за вересень і позначено сірим кольором; це консервативна оцінка, враховуючи мобілізацію додаткового особового складу та ресурсів)

Оцінки на основі даних про залізничні поставки не відображають повної картини, адже могло постачатися додаткове паливо: морським транспортом до Криму; нафтопродуктопроводом, що експлуатується компанією «Транснефть», у Воронежській та Белгородській областях, які межують із Україною; іншим сторонам, які можуть бути залучені у воєнні дії; а також – на початкових етапах війни – із Білорусі на північ України. Для цілей аналізу було застосовано припущення про 30% додаткових поставок палива іншими маршрутами.

ПАРАМЕТРИ	Обсяг, тис.тонн
Заявлене додаткове постачання пального залізницею за 9 місяців 2022 року	966
Розрахунковий додатковий обсяг поставок палива залізницею протягом 2022 року	1,483
Орієнтовне постачання палива іншими маршрутами	30%
Розрахункове загальне споживання палива через війну у 2022 році	1,927
Розрахункове щомісячне середнє споживання палива через війну у 2022 році	161
Розрахункове щомісячне середнє споживання палива через війну (вер.-груд. 2022 року)	220
Розрахункове загальне споживання палива через війну – до лютого 2023 року	2,367

Таблиця 1. Дані та параметри, використані для оцінки споживання палива на основі постачання

Розрахункове збільшення поставок пального залізницею, а також припущення щодо поставок іншими маршрутами були використані як приблизні дані щодо поставок пального для військових потреб. Утім, через призупинення роботи цивільної авіації в прикордонних з Україною регіонах частка, що припадає на військові потреби, може бути навіть більшою, ніж різниця із попереднім роком. Розрахункові значення за вересень-грудень 2022 року були екстрапольовані на перші місяці 2023 року.

Споживання пального за перший рік війни з використанням підходу, що ґрунтується на постачанні, оцінюється на рівні **2,4 млн тонн**.

Дані про використання палива на основі задіяного особового складу

Другий підхід до оцінки споживання пального, пов'язаного з війною, ґрунтується на раніше опублікованих показниках використання пального на одного солдата на добу під час збройних конфліктів. Проте такі показники залежать від складу задіяних сил і застосування різних видів військової сили (зокрема, від активності використання авіації), а тому також містять високий рівень невизначеності.

У дослідженні компанії Deloitte, опублікованому у 2009 році, відзначається постійне зростання споживання пального під час збройних конфліктів через дедалі більшу механізацію технологій, що використовуються у воєнний час, динамічний характер конфліктів, що вимагає пересування на великі відстані, пересічену місцевість і нерегулярний характер бойових дій. Станом на 2007 рік середнє споживання пального оцінювалося в 22 галони на одного солдата на добу (що дорівнює 83,3 л на одного солдата на добу) й очікувалось його подальше зростання¹⁵. За іншими даними, щоденне споживання пального становить 16¹⁶ і 27,3¹⁷ галонів на одного солдата на добу (що дорівнює 61 і 103 л на одного солдата на добу) – так було під час збройних конфліктів в Іраку й Афганістані.

На початку вторгнення кількість російських військових, які брали участь у нападі, оцінювалася в 190 000 осіб¹⁸, а на початку 2023 року кількість солдатів, залучених до окупації української території, становила 326 000–350 000 осіб, оскільки після мобілізації, оголошеної у вересні 2022 року, було залучено додатковий особовий склад¹⁹.

Існує істотна невизначеність щодо чисельності військ та її змін протягом війни. Для цілей оцінювання було застосовано консервативні цифри в 190 000 військових та 83,3 л пального на одного солдата на добу. Станом на кінець лютого 2023 року розраховані за цим підходом обсяги споживання пального становлять **4,8 млн тонн**.

15. Deloitte, Energy Security. America's Best Defense, https://legacy-assets.eenews.net/features/documents/2009/11/11/document_gw_02.pdf

16. The World's Biggest Fuel Consumer, https://www.forbes.com/2008/06/05/mileage-military-vehicles-tech-logistics08-cz_ph_0605fuel.html

17. U.S. military in Iraq feels gouge of fuel costs, <https://www.nbcnews.com/id/wbna23922063>

18. Армія Лукашенка. Як організована армія Білорусі та які існують сценарії нападу на Україну з півночі, <https://www.pravda.com.ua/articles/2022/12/29/7382763/>

19. Див.: «В Україні воюють 326 тисяч російських військових, – ГУР», а також: «Сергій Наєв, командувач Об'єднаних сил ЗСУ, генерал-лейтенант: Кількість ворога, задіяного на території України і довкола неї, – трохи більше 350 тисяч осіб» <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3673121-sergij-naev-komanduvac-obednanih-sil-zsu-generallejttenant.html>

Загальне споживання палива російськими силами

Оцінки, отримані за допомогою двох розглянутих вище підходів, можуть бути використані як нижня і верхня межа споживання пального російськими загарбниками. За середньою оцінкою, це 3,6 млн т пального.

Дані	Розрахунки на основі поставок палива	Розрахунки на основі особового складу	Середнє
Витрати палива, тонн	2.4	4.8	3.6

Таблиця 2. Розрахунки витрат палива

Найбільше палива споживає наземна техніка, куди входять і бойові «зуби» армії, і допоміжний логістичний «хвіст» збройних сил (див. у Додатку орієнтовну висхідну оцінку споживання викопного палива під час війни).

Використання палива Україною

Що ж до України, то даних про споживання пального на військові цілі також немає, але дуже ймовірно, що його обсяг значно нижчий, як порівняти зі споживанням пального Росією, і значно вищий, як порівняти з минулими роками. Суттєво нижчі обсяги споживання пального Україною пояснюються перевагами внутрішньої лінії оборони для України і використанням легшої техніки й транспортних засобів, а також довшими відстанями ланцюгів постачання для країни-нападника. Це також узгоджується з різницею у кількості візуально підтверджених втрат основної техніки під час війни: тут російські втрати в 3,1 рази перевищують українські²⁰.

У національних звітах про викиди ПГ (в межах Рамкової конвенції ООН зі зміни клімату) викиди, пов'язані з військовою сферою, зокрема викиди від використання пального військами, включені до категорії 1.A.5 ІНШЕ (Не включене в інші розділи) загальної системи звітності²¹. Це найнадійніше джерело даних про використання рідкого палива у військових цілях, доступне для оцінювання масштабів викидів, пов'язаних зі збройними силами України до початку російського вторгнення.

Категорія кадастру	Викиди, тис. тонн CO ₂ екв.	Використання палива, ТДж	Використання палива, тис. тонн
1.A.5.b – Інше (мобільне спалювання)	448.03	6,159.43	140

Таблиця 3. Дані національного звіту про інвентаризацію викидів за 2020 рік

20. За даними відкритих джерел, станом на кінець квітня 2023 року Росія втратила 10 067 одиниць техніки, а Україна — 3 213 одиниць техніки. Див.: Attack On Europe: Documenting Russian Equipment Losses During The 2022 Russian Invasion Of Ukraine, <https://www.oryxspioenkop.com/2022/02/attack-on-europe-documenting-equipment.html> а також: Attack On Europe: Documenting Ukrainian Equipment Losses During The 2022 Russian Invasion Of Ukraine, <https://www.oryxspioenkop.com/2022/02/attack-on-europe-documenting-ukrainian.html>

21. Ukraine. 2022 National Inventory Report (NIR), <https://unfccc.int/documents/476868>

Від початку війни у лютому 2022 року споживання пального, пов'язане з військовими цілями, в Україні значно зросло. За консервативними припущеннями, воно збільшилося щонайменше втричі, що відповідає річному споживанню в 0,42 млн тонн пального. Разом зі споживанням пального різними цивільними транспортними засобами, які підтримують діяльність збройних сил (наприклад, перевезення транспортних засобів та інших вантажів на фронт тисячами волонтерів), споживання пального, пов'язаного з логістикою та іншими потребами, ймовірно, буде значно більшим.

Для цілей цього аналізу ми припускаємо, що споживання Україною палива, пов'язане з військовими цілями, коливається в діапазоні від 0,8 до 1,6 млн тонн із середнім значенням **1,2 млн тонн**. Для порівняння, у 2022 році Україна імпортувала 7,3 млн тонн нафтопродуктів²² (орієнтовне споживання палива становить 11–22 % від імпорту нафтопродуктів). Обсяги споживання палива в Україні, очевидно, можна буде перевірити після закінчення війни.

Викиди від використання викопного палива

Загальні розрахункові викиди ПГ, пов'язані зі спалюванням палива, становлять **18,8 млн тонн CO₂ екв.**

ДАНИ	РОСІЙСЬКІ СИЛИ	УКРАЇНСЬКІ СИЛИ	РАЗОМ
Очікуване використання палива, метричних тонн	3.6	1.2	4.8
Прямі викиди ПГ від спалювання палива (оцінені з використанням коефіцієнта викидів за замовчуванням для дизельного палива), тонн CO ₂ екв.	11.4	3.8	15.2
Попередні викиди ПГ, пов'язані зі спалюванням палива ²³ , тонн CO ₂ екв.	2.7	0.9	3.6
Загальні викиди ПГ від спалювання палива, тонн CO₂ екв.	14.1	4.7	18.8

Таблиця 4. Загальне споживання палива і викиди ПГ

22. Україна у січні скоротила імпорт нафтопродуктів та вугілля, <https://ua-energy.org/uk/posts/ukraina-u-sichni-skorotylya-import-naftoproductiv-ta-vuhillia>

23. Розраховано на основі коефіцієнту викидів 745,68 кг CO₂ екв. на тону мінерального дизельного палива за даними Департаменту навколишнього середовища, продовольства та сільських справ Сполученого Королівства — коефіцієнти викидів «від свердловини до бака» (тобто попередні) для палива у таблиці “Conversion factors 2022: full set (for advanced users)” (на аркуші “WTT-fuels”), аналіз доступний на сайті: <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2022>

Викиди ПГ від використання боєприпасів

Під час війни масово використовується ствольна артилерія калібру 152 мм (і Росією, і Україною) та 155 мм (Україною), здатна доставити снаряд вагою близько 40 кг на відстань 17–40 км. Якщо на початку війни обидві сторони використовували артилерійські снаряди калібру 152 мм, то пізніше Україна перейшла переважно на артилерію калібру 155 мм, надану західними партнерами. Наприкінці першого року війни розподіл використаних артилерійських снарядів становив 10 до 1 на користь артилерії 155-го калібру²⁴, а в середньому протягом 2022 року, за деякими оцінками, частка обох типів артилерійських боєприпасів була відносно рівною²⁵.

Найбільш значна кількість викидів ПГ припадає на виробництво боєприпасів та відповідної сировини, а додаткові викиди виникають на етапі використання внаслідок згоряння металевого заряду (пропеленту) під час стрільби та детонації бойової частини боєприпасу в місці попадання.

Запаси артилерійських боєприпасів, використаних під час війни, ймовірно, будуть відновлюватися та поповнюватися, і вже є численні повідомлення про інтенсифікацію виробництва та нові виробничі лінії. Тому для оцінювання впливу війни на клімат враховуються викиди, пов'язані з виробництвом боєприпасів.

Використання артилерії та інших видів зброї залежить від інтенсивності бойових дій на різних ділянках фронту і суттєво варіюється від початку російського вторгнення.

Під час проведення початкового проміжного оцінювання переглянуті оцінки кількості випущених снарядів значно коливалися в межах 5000–60 000 снарядів на добу. Також кількість змінювалася в часі залежно від інтенсивності обстрілів на різних ділянках фронту. У травні та червні 2022 року російська артилерія вела особливо інтенсивний вогонь. Пізніше поява на полі бою систем HIMARS дозволила розірвати ланцюги постачання артилерії та знищити багато складів — і в такий спосіб відсунути склади, що залишилися, на 80 км за лінію фронту²⁶. Велика кількість боєприпасів була знищена ударами по складах та місцях зберігання боєприпасів, що спричинило детонацію та вибухи боєприпасів (знищено понад 50 російських складів).

Згідно з припущеннями початкового проміжного оцінювання, рівень використання артилерії з боку Росії становив 0,9 млн артилерійських снарядів на місяць (30 000 снарядів на день) або 5,4 млн за шість місяців війни, і, крім того, з боку України — 0,2 млн снарядів на місяць (7 500 снарядів на день) або 1,35 млн за шість місяців війни. Ці оцінки можна вважати консервативними в умовах обмеженого доступу до інформації та високого рівня невизначеності, а також з огляду на оцінки інтенсивності застосування артилерії, надані різними аналітиками²⁷.

24. Комбриг 45-ої бригади Олег Файдюк: Нам однозначно треба більше гармат, <https://www.pravda.com.ua/articles/2023/02/7/7388192/>

25. Ukraine finally launches domestic ammunition production. How will this impact the war? <https://euromaidanpress.com/2023/01/10/ukraine-finally-launches-domestic-ammunition-production-how-will-this-impact-the-war/>

26. <https://twitter.com/TrentTelenko/status/1605644712458670080>

27. Згідно з доповіддю Королівського об'єднаного інституту оборонних досліджень, Росія випускала приблизно 20 000 152-мм артилерійських снарядів на день, а Україна — приблизно 6 000, і ще більшою була відповідна диспропорція щодо кількості випущених реактивних систем залпового вогню і ракет. Джерело: Ukraine at War Paving the Road from Survival to Victory, https://static.rusi.org/special-report-202207-ukraine-final-web_0.pdf. За даними інших аналітиків, з травня 2022 року й надалі інтенсивність вогню становила 1–1,5 млн пострілів на місяць (30 000–50 000 на добу), https://twitter.com/Volodymyr_D_/status/1560350883929620481. Представники Міністерства оборони України повідомили, що в період інтенсивних бойових дій Росія використовувала 40 000–60 000 снарядів на добу, <https://telegraf.com.ua/ukr/ukraina/2022-09-06/5715744-godovoe-proizvodstvo-snaryadov-raskhoduet-sya-zamesyats-okkupanty-istoshchayut-svoi-arsenaly-pomozhet-li-kndr>. Наводились підрахунки, що лише за пів року війни Росія використала 7 млн артилерійських снарядів, не враховуючи втрат через руйнування складів, <https://theins.ru/politika/254514>

З того часу почастишали повідомлення про дедалі більший дефіцит артилерії як для російських окупаційних сил²⁸, так і для української армії. Хоча Росія може мати величезні запаси артилерійських снарядів, накопичені за радянських часів, їхній вік і незадовільні умови зберігання призвели до псування пропеленту і зробили старі запаси непридатними для використання²⁹.

На початку 2023 року американські та українські чиновники зазначили, що інтенсивність артилерійського вогню з боку Росії суттєво впала, подекуди на 75% проти того високого рівня, що спостерігався у 2022 році. Зниження не було лінійним і відбувалося протягом тривалого часу, коли все ще залишалися періоди та ділянки фронту з дуже інтенсивним артилерійським вогнем. Проте різке зниження інтенсивності, а також використання старих і зношених артилерійських снарядів і спроби отримати боєприпаси з інших країн, як-от Північна Корея та Іран, свідчили про зменшення у Росії запасів зброї³⁰.

У звітах за лютий 2023 року зазначалося, що Україна просила збільшити постачання артилерійських снарядів через очікувану ескалацію, а середній рівень використання становив близько 5 000 снарядів на добу³¹. Водночас Росія, згідно з оцінками, використала в чотири рази більше артилерійських снарядів, намагаючись захопити територію на сході країни й задіяти десятки тисяч нещодавно мобілізованих військових^{32, 33}.

Припущення щодо показників використання артилерії, що застосовуються в розрахунках, подані у таблиці нижче.

28. Див., наприклад: Russia Struggles to Maintain Munition Stocks (Part One), <https://jamestown.org/program/russia-struggles-to-maintain-munition-stocks-part-one/>

29. Комбриг 45-ої бригади Олег Файдюк: Нам однозначно треба більше гармат, <https://www.pravda.com.ua/articles/2023/02/7/7388192/>

30. За даними американських фахівців, цей показник знизився з пересічно 20 000 снарядів на день до приблизно 5 000 на день, тоді як за оцінками України він знизився з 60 000 до 20 000 на день. Українська армія також була змушена нормувати використання артилерії протягом війни і в середньому випускала від 3 000 до 7 000 артилерійських снарядів на день. Див.: Russian artillery fire down nearly 75 %, US officials say, in latest sign of struggles for Moscow, <https://edition.cnn.com/2023/01/10/politics/russian-artillery-fire-down-75-percent-ukraine/index.html>. Див. також https://twitter.com/konrad_muzyka/status/1635923958036922368

31. Ukraine pleads for ammunition 'immediately' as Russia steps up attack, <https://www.ft.com/content/817b7e61-9f09-494c-8f96-934810033b62>

32. Nato is in ammunition race against Russia in Ukraine, says Stoltenberg, <https://www.ft.com/content/3d3c9102-b8ef-4b1c-a8dc-6c844de71981>

33. Станом на квітень 2023 повідомлялося, що Україна використовує 7 700 артилерійських снарядів на день, а Росія — втричі більше Ukraine. Див.: Facing critical ammunition shortage, Ukrainian troops ration shells, <https://www.washingtonpost.com/world/2023/04/08/ukraine-ammunition-shortage-shells-ration/>

ПЕРШЕ ПРОМІЖНЕ ОЦІНЮВАННЯ (6-місячний період із 24 лютого до серпня 2022 року)			
Дані	Снарядів на день	Снарядів на місяць	Снарядів за 6 місяців
Розрахункове використання снарядів Росією	30,000	900,000	5,400,000
Розрахункове використання снарядів Україною	7,500	225,000	1,350,000
Разом	37,500	1,125,000	6,750,000
ДРУГЕ ПРОМІЖНЕ ОЦІНЮВАННЯ (6-місячний період із вересня 2022 року до лютого 2023 року)			
Розрахункове використання снарядів Росією	20,000	600,000	3,600,000
Розрахункове використання снарядів Україною	5,000	150,000	900,000
Разом	25,000	750,000	4,500,000
ЗАГАЛЬНА КІЛЬКІСТЬ СНАРЯДІВ ПРОТЯГОМ ПЕРШОГО РОКУ ВІЙНИ			
Розрахункове використання снарядів Росією			9,000,000
Розрахункове використання снарядів Україною			2,250,000
Разом			11,250,000

Таблиця 5. Розрахункове використання артилерійських боєприпасів

Загальне використання артилерійських снарядів — понад 2 млн снарядів для України та 9 млн снарядів для Росії, або загалом понад 11 млн снарядів за 12 місяців війни. Якщо припустити, що вага артилерійського снаряда з контейнером становить 80 кг, то загальна їхня вага — 900 000 тонн.

Оскільки достовірної інформації про попередні та поточні залишки боєприпасів немає, виконані оцінки складно перевірити. Проте припущення вважаються обґрунтованими та консервативними, беручи до уваги інтенсивність використання боєприпасів і наявну інформацію про артилерійські запаси й постачання.

Зокрема, більша частина ймовірного обсягу для України можна відстежити через інформацію про допомогу, надану різними партнерами³⁴. Також Україна мала деякі запаси артилерійських снарядів калібру 152 мм. Запаси боєприпасів були виснажені періодичними вибухами на українських арсеналах внаслідок російських диверсій: за оцінками, близько 210 000 тонн було знищено під час 6 підривів із 2014 по 2018 рік. Крім того, близько 70 000 тонн було використано за п'ять років війни на Донбасі³⁵. Тим не менш, певні запаси зберігалися і протягом початкового періоду війни їх активно використовували. Крім того, наприкінці 2022 року Україна запустила власне виробництво артилерійських боєприпасів калібру 152 мм і, хоча виробничі потужності не розголошуються, можна припустити, що йдеться про тисячі снарядів на місяць³⁶.

За деякими оцінками, зробленими у грудні, до війни Росія мала близько 17 млн одиниць боєприпасів, із них, як повідомляється, було використано 10 млн. Потужність відновлення артилерії Росії до війни становила близько 1,7 млн одиниць на рік, а під час мобілізації потужність військової промисловості зросла і могла бути подвоєна³⁷. Деякі інші дослідження показують, що навіть імовірно переоцінені виробничі потужності є нижчими й зростали з 0,2 млн снарядів у 2015 році до 0,7 млн снарядів у 2021 році³⁸. Крім того, Росія також використовувала резерви з Білорусі — як повідомлялося, з березня по вересень 2022 року було поставлено 67 000 тонн³⁹.

Викиди від використання артилерійських боєприпасів охоплюють:

- 1 530 000 тонн CO₂ екв. від виробництва боєприпасів (сталевих корпусів і вибухових речовин);
- 30 825 тонн CO₂ екв. від викидів у точці ведення вогню;
- 2 138 тонн CO₂ екв. через викиди від детонації в місці удару снаряду.

Загальні викиди від використання боєприпасів становлять приблизно 1,6 млн тонн CO₂ екв.

Оскільки оцінки охоплюють лише артилерійські снаряди, припускається, що принаймні ще 30% викидів можуть бути пов'язані з використанням інших вибухових речовин і боєприпасів — снарядів малого калібру, мінометних мін середнього і важкого калібру, наземних мін, ручних гранат і гранат для безпілотників, боєприпасів для танкових гармат, артилерійських та авіаційних ракет тощо (зокрема, різноманітних боєприпасів, що вибухають під час руйнування техніки).

Загальні викиди, пов'язані з використанням боєприпасів та вибухових речовин, становлять щонайменше **2 млн тонн CO₂ екв.**

34. Згідно з FACT SHEET: One Year of Supporting Ukraine (<https://media.defense.gov/2023/Feb/20/2003164184/-1/-1/0/UKRAINE-FACT-SHEET-PDA-32.PDF>), лише США надали 160 155-міліметрових гаубиць і понад 1 000 000 артилерійських снарядів калібру 155 мм, а також понад 6 000 високоточних артилерійських снарядів калібру 155 мм, 45 000 артилерійських снарядів калібру 152 мм і 20 000 артилерійських снарядів калібру 122 мм. Артилерійські снаряди також надходили з інших країн, зокрема 50 000 снарядів калібру 152 мм надані Сполученим Королівством й отримані з Пакистану <https://euro-sd.com/2023/01/articles/29154/demand-and-supply-the-complexities-of-artillery-and-ammunition-supply-in-the-war-in-ukraine/>; 27 000 155-міліметрових снарядів — із Канади: <https://www.canada.ca/en/department-national-defence/campaigns/canadian-military-support-to-ukraine.html>; 18 500 снарядів — із Німеччини: <https://www.oryxspioenkop.com/2022/09/fact-sheet-on-german-military-aid-to.html>, понад 4 000 снарядів — із Чехії: <https://www.czdefence.com/article/czech-republic-donates-artillery-ammunition-worth-czk-366-million-to-ukraine>; тисячі снарядів — з Естонії: <https://www.euointegration.com.ua/eng/news/2023/01/23/7154651/>; та з інших країн: <https://www.kyivpost.com/post/11042>

35. In Five Years, Russian Agents Blew Up 210,000 Tons Of Ukrainian Ammo — And Nearly Silenced Kyiv's Artillery, <https://www.rusi.org/news-and-comment/in-the-news/five-years-russian-agents-blew-210000-tons-ukrainian-ammo-and-nearly-silenced-kyiv-artillery>

36. Ukraine finally launches domestic ammunition production. How will this impact the war? <https://euromaidanpress.com/2023/01/10/ukraine-finally-launches-domestic-ammunition-production-how-will-this-impact-the-war/>

37. Grosberg: Venemaal jätkub rüdevõimet veel kauaks, <https://www.err.ee/1608815563/grosberg-venemaal-jatkub-rundevoimet-veel-kauaks>

38. Russia Struggles to Maintain Munition Stocks (Part Two), <https://jamestown.org/program/russia-struggles-to-maintain-munition-stocks-part-two/>

39. Belarus has supplied Russia with 65,000 tons of ammunition, <https://finance.yahoo.com/news/belarus-supplied-russia-65-000-222500509.htm>

Викиди ПГ від зведення фортифікаційних споруд

Після звільнення значної частини української території восени 2022 року Росія стала готуватися до подальшого українського контрнаступу. Лінії оборони були розгорнуті як на території Росії вздовж кордону з Україною, так і на окупованих територіях України за лінією фронту.

Були споруджені численні укріплення вздовж лінії фронту, яка простяглася на сході та півдні країни приблизно на 1 000 км⁴⁰. Найдовші ділянки укріплених ліній являють собою траншеї різної глибини та ширини⁴¹. Траншеї копають як бойові позиції та засіб забезпечення захищеного зв'язку між бліндажами, укриттями й опорними пунктами. Вони можуть мати певний тип настилу з дерев'яних дощок або траншейних щитів, перекриття з дерев'яних рам, жердин і дощок, а також секції з верхнім перекриттям із колод або гілля і земляним укриттям. Траншеї копають за допомогою спеціалізованої військової техніки, цивільної будівельної техніки або ручних інструментів. Крім траншей, поширені також укріплення типу «зуби дракона», доти, що слугують вогневими позиціями, та інші фортифікаційні споруди з бетону і сталі. Такі споруди були зафіксовані на відео-, фото- та супутникових знімках як поблизу лінії фронту, так і в інших місцях на окупованих українських територіях і на території Росії.

У багатьох місцях укріплення будують кількома рядами захисних ліній, а навколо міст, аеропортів, логістичних центрів та інших важливих об'єктів споруджують додаткові лінії укріплень⁴². Крім того, траншеї зазвичай не прямолінійні, а мають восьмикутну або зигзагоподібну форму. Враховуючи все це, можна сказати, що довжина таких ліній значно перевищує довжину лінії фронту, і на основі аналізу супутникових знімків її оцінюють у 2 837 км (за попередньою оцінкою станом на 10 квітня 2023 року; деталі представлені на Рисунку 2 і в Додатку).

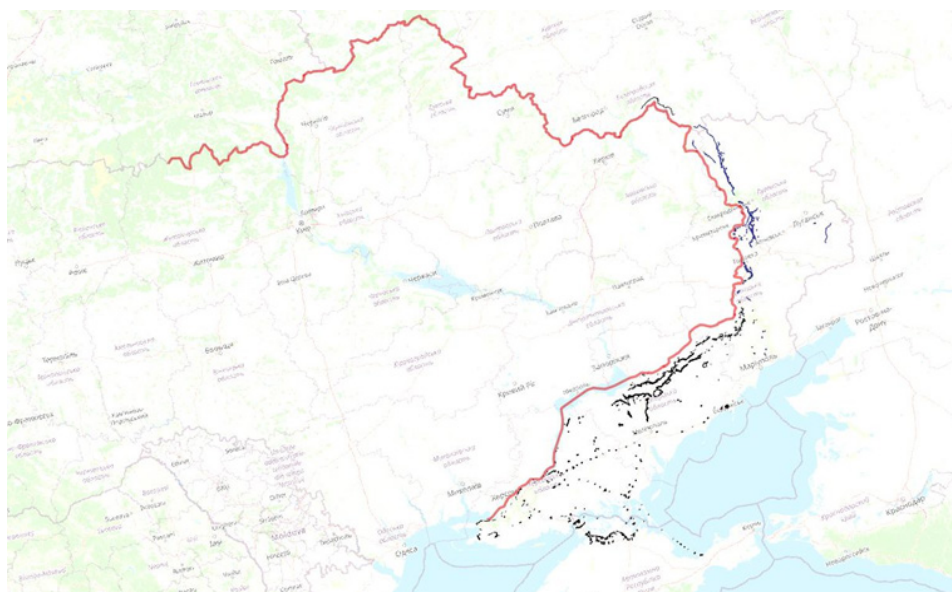


Рисунок 2. Розташування укріплень на окупованій території України та в Росії

40. Візуалізація розташування та довжини ліній укріплень подана у статті: Follow the 600-mile front line between Ukrainian and Russian forces, <https://www.washingtonpost.com/world/interactive/2023/russia-ukraine-front-line-map/>

41. Опис та візуалізація траншей та інших елементів фортифікаційних ліній подані у статті: Digging in. How Russia has heavily fortified swathes of Ukraine – a development that could complicate a spring counteroffensive, <https://www.reuters.com/graphics/UKRAINE-CRISIS/COUNTEROFFENSIVE/mopakddwbp/index.html>

42. Див. мапу фортифікацій, підготовлену Бреді Афірком (дослідник розвідувальних даних з відкритих джерел, аналітик Американського інституту підприємництва): <https://read.bradyafrick.com/p/russian-field-fortifications-in-ukraine>

Потенційні джерела викидів ПГ, спричинені будівництвом польових укріплень, охоплюють викиди, пов'язані з виробництвом і доставкою матеріалів (наприклад, деревини, цементу, бетону тощо), руйнуванням запасів вуглецю у ґрунті, споживанням палива під час роботи землерийної техніки, задіяної у створенні траншей, а також майбутніми роботами з демонтажу фортифікаційних споруд і відновленням ландшафту.

Існує спеціальна військова траншейна машина (БТМ-3), яку для будівництва траншей використовують моторизовані та механізовані піхотні підрозділи. Машина здатна копати траншеї глибиною до 1,5 м (шириною 1,1 м зверху і 0,5–0,6 м знизу) зі швидкістю розробки ґрунту 270–560 м/год (за меншої глибини швидкість вища). БТМ-3 має достатній запас пального для безперервного копання протягом 10–12 годин, а витрати пального складають 75 кг на годину⁴³. Швидкість копання і витрати пального залежать від характеристик ґрунту. Якщо припустити, що середня швидкість копання — 400 м на годину, то для того, щоб вирити 1 000 км траншей, знадобиться 2 500 годин і 187,5 тонн дизельного палива. На риття котлованів для укриттів і техніки знадобиться додаткова енергія. Проте, хоча одна траншейна машина і споживає значну кількість пального, загальне споживання не таке суттєве, як порівняти з усіма обсягами використання викопного палива під час війни: його можна оцінити у менше ніж 1 000 тонн. Аналогічний рівень споживання палива може бути і для демонтажних і відновлювальних робіт.

Спорудження польових укріплень потребує чималих обсягів бетону, дерева й інших будівельних матеріалів⁴⁴.

Для зведення «зубів дракона», різних інших протитанкових перешкод, укриттів і бункерів, захищених бойових позицій, вогневих позицій та інших залізобетонних конструкцій використовують бетон, який є вуглецевоємним матеріалом. Вуглецевий слід бетону прямо пропорційний частці цементу в ньому, оскільки процес виробництва цементу — дуже енерго- та вуглецевоємний, а основні викиди пов'язані зі споживанням викопного палива та процесом випалу під час виробництва клінкеру.

Укріплення «зуби дракона» — яскравий приклад використання бетону для фортифікаційних ліній на окупованих територіях України. Зазвичай їх встановлюють у два або три ряди, хоча трапляються і паралельні лінії із двома рядами бетонних пірамід у кожній⁴⁵.

Виходячи з характеристик бетонних загороджень і відстаней між ними, видимих на супутникових знімках, відео та фотографіях, можна вважати, що для облаштування 1 км захисної лінії потрібно приблизно 250–270 елементів «зубів дракона» (близько 4 м на елемент, припускаючи, що відстань між елементами становить приблизно 2 м). Якщо припустити, що зазвичай встановлюється щонайменше два ряди, то для будівництва 100 км захисних ліній потрібно приблизно 50 000 елементів (75 000 елементів, якщо встановлюють три ряди).

43. BTM-3 Trenching machine, http://www.military-today.com/engineering/btm_3.htm; див. також: <https://bmz.ru/high-speed-trench-digging-machine-btm-3>

44. Наприклад, колона з понад 75 вантажівок із будівельними матеріалами для фортифікаційних ліній поблизу Сватового: <https://twitter.com/DefMon3/status/1596507887572234241>

45. Див. аналізи супутникових знімків: Defenses Carved Into the Earth, <https://www.nytimes.com/interactive/2022/12/14/world/europe/russian-trench-fortifications-in-ukraine.html>, First on CNN: Russian mercenary group constructs anti-tank fortification, satellite images show, <https://edition.cnn.com/2022/10/22/europe/russia-anti-tank-fortification-intl/index.html>

Немає достовірних оцінок загальної довжини встановлених ліній «зубів дракона» і кількості бетонних пірамід, використаних для цього. Для цілей оцінювання вуглецевих викидів припускається, що було виготовлено щонайменше 100 000 одиниць, і цього достатньо для оборонної лінії загальною довжиною близько 200 км (з двома рядами «зубів дракона»). Таке припущення видається обґрунтованим і консервативним, беручи до уваги повідомлені початкові плани, підтверджені місця встановлення й обсяги виробництва. Тобто для спорудження конструкцій «зубів дракона» було використано щонайменше 120 000 тонн бетону.



Рисунок 3. Наочний приклад лінії «зубів дракона» у Запорізькій області

Зображення з високою роздільною здатністю ©Planet Labs 2023 | Надане Planet, 21 лютого 2023 року | 47.31386, 35.2461. Автор графічного зображення Бреді Афрік (@bradyafr)

Проте, це лише один із видів бетонних укріплень, які використовують на полі бою. Були також численні повідомлення про транспортування та встановлення збірних бетонних бункерів або дотів, зокрема на півдні України⁴⁶. Наприклад, вага невеликої вогневої позиції з бетону чи захищеної кулеметної позиції може становити від 1 до 2 тонн. Вага більших збірних або зібраних із секцій бетонних дотів — від 10 до 30 тонн. Великі опорні пункти можуть потребувати ще більших обсягів бетону. Для цілей оцінювання припускається, що для інших фортифікаційних споруд було використано щонайменше 60 000 тонн бетону. Це припущення потребує подальшої перевірки, але вважається консервативним, враховуючи значну довжину ліній укріплень (наприклад, це відповідає витраті близько 20 тонн бетону на кілометр траншей, тобто одному бетонному доту на кілометр).

Україна також зводить укріплення на звільнених територіях та інших територіях уздовж кордонів із Росією та Білоруссю. Залізобетонні окопи й укриття були встановлені у Київській⁴⁷, Житомирській⁴⁸ та Рівненській⁴⁹ областях. Крім того, на деяких ділянках кордону з Росією та Білоруссю зведені бетонні паркани⁵⁰. Польові фортифікаційні споруди на півночі України — це не тільки бетонні укріплення, а й укриття

46. Див., наприклад: <https://twitter.com/TrentTelenko/status/1588626918651621377>

47. Reinforced concrete fortifications being built in the Kyiv region, <https://mil.in.ua/en/news/reinforced-concrete-fortifications-being-built-in-the-kyiv-region/> та <https://mil.in.ua/uk/news/na-kyiyivshhyni-prodovzhuyut-rozbudovuvaty-fortyfikatsijni-sporudy/>

48. Держкордон на Житомирщині укріплюють «ДОТами» та габіонами, <https://mil.in.ua/uk/news/derzhkordon-na-zhytomyrshhyni-ukriplyuyut-dotamy-ta-gabionamy/>

49. На кордоні з Білоруссю в Рівненській області зводять фортифікаційні споруди, <https://mil.in.ua/uk/news/na-kordoni-z-bilorusyu-v-rivnenskiy-oblasti-zvydyat-fortyfikatsijni-sporudy/>

50. Україна будує стіну на кордоні з білоруссю. ФОТО, <https://vechirniy.kyiv.ua/news/74184/> та <https://mil.in.ua/uk/news/biloruski-prykordonnyku-pokazaly-stinu-yaku-buduye-ukrayina-na-kordoni/>

зі спеціальних сталевих модулів, які встановлюються під землею⁵¹. Також бетон використовують для укріплень уздовж кордонів на сході й півдні України (укриттів, вогневих позицій, опорних пунктів тощо). Крім того, в містах встановлюють бетонні укриття для захисту цивільних від обстрілів⁵². Невеликі укриття і фортифікаційні споруди можуть мати вагу близько 20 тонн, а більші укриття важать близько 70 тонн.

Інформації про кількість таких споруд немає, проте, беручи до уваги повідомлення в новинах і довжину кордону, можна припустити, що в містах було встановлено більше сотні укриттів, а для фортифікаційних споруд використано багато сотень бетонних конструкцій. Для цілей початкового оцінювання було зроблено припущення, що для фортифікаційних споруд та укриттів було використано щонайменше 60 000 тонн бетону.

Бетон, використаний для виробництва «зубів дракона», тонн	120,000
Бетон, використаний для інших фортифікаційних споруд російської армії, тонн	60,000
Бетон, використаний Україною для фортифікаційних споруд та укриттів, тонн	60,000
Загальний обсяг бетону, використаний для фортифікацій, тонн	240,000
Загальний обсяг бетону, використаний для фортифікацій, м ³	100,000
Коефіцієнт викидів для бетону ⁵³ , тонн/м ³	0.5
Викиди ПГ від виробництва бетону, тонн CO ₂ екв.	50,000

Таблиця 6. Припущення, використані для обчислення вуглецевих викидів

Крім бетону, вуглецеві викиди, пов'язані із будівництвом фортифікаційних споруд також включають вуглецевий слід інших матеріалів, як-от сталевих укриттів та різних сталевих елементів, які використовують для будівництва укріплень.

Щоб оцінити вуглецеві викиди від фортифікацій та укриттів більш точно, необхідна детальна інвентаризація типів фортифікаційних споруд і матеріалів, використаних для їх будівництва (наприклад, дані про обсяги матеріалів, використаних військовими для зведення укріплень, або детальний аналіз вибірки ліній укріплень із описом кількості та характеристик укриттів, опорних пунктів та інших параметрів укріплень із подальшою екстраполяцією на загальну довжину фортифікаційних ліній).

Попередній аналіз свідчить, що потенційні вуглецеві викиди від фортифікаційних споруд можуть становити до **0,1 млн тонн CO₂ екв.**

51. Інженери готують позиції за допомогою підземних модулів, <https://mil.in.ua/uk/news/inzhenery-gotuyut-pozytsiyi-za-dorogogoyu-pidzemnyh-moduliv/>

52. Див., наприклад, повідомлення про встановлення 10 бетонних укриттів у Тернополі: <https://te.20minut.ua/Podii/skilki-koshtiv-vitratili-na-betonni-ukrittva-bilya-zupinok-yak-u-inshi-11743891.html>

53. На основі технічної специфікації для бетону класу B40 (тобто 465 кг цементу, 1 750 кг крупнистих і дрібних заповнювачів та 180 кг води на м³ бетону), що використовується для фортифікаційних споруд, та коефіцієнтів викидів, розрахованих за допомогою програми Concrete Embodied Carbon Footprint Calculator з використанням даних із бази ICE: <https://circularecology.com/concrete-embodied-carbon-footprint-calculator.html>

Вуглецевий слід військової техніки

Виробництво кожної одиниці техніки та обладнання, що використовується під час війни, пов'язане з викидами ПГ від споживання енергії та різних видів сировини.

Широкомасштабна війна, розпочата вторгненням Росії в Україну, призвела до збільшення поставок військової техніки та необхідності нарощувати інвестування у виробництво нової техніки. Вже з'являються звіти, які показують, що виробництво військової техніки зростає, а промислові підприємства переорієнтовуються на випуск продукції військового призначення⁵⁴. З огляду на це, оцінювання шкоди для клімату охоплює і викиди, пов'язані з виробництвом обладнання.

Рівень вуглецевого сліду дуже залежить від конкретного типу техніки, а даних про викиди протягом життєвого циклу, пов'язаних із виробництвом військової техніки, наприклад основних бойових танків або іншої бронетехніки, майже немає. Виробники обладнання починають звітувати про вуглецеві викиди, але обмежують інформацію переважно викидами за Сферами 1 і 2, не звітуючи про ключові категорії викидів за Сферою 3, як-от викиди, пов'язані з виробництвом сировини та інших продуктів, які використовують під час виробництва. Тому для первинного оцінювання викидів, пов'язаних зі знищеною та пошкодженою військовою технікою, були використані індикативні значення (детальніше див. Додаток).

Виробництво всіх видів техніки потребує конструкційної сталі, легьованої сталі, литих матеріалів, легких сплавів, синтетичних матеріалів та інших ресурсів. Броня основних бойових танків та іншої бронетехніки виготовляється зі сталі та композитних матеріалів, а її вага може становити, наприклад, 30–50 % від загальної ваги танка. Обсяги енергії, матеріалів та викидів ПГ, пов'язаних із виробничим процесом, пропорційні вазі техніки.

Дані про цивільну техніку та обладнання (наприклад, трактори, сільськогосподарська техніка, вантажівки тощо) можуть слугувати аналогом і демонструвати масштаб викидів, пов'язаних із виробництвом військової техніки. Подібний підхід був застосований у дослідженні з оцінювання впливу на клімат оборонного сектору Норвегії: оскільки відповідні значення для військової техніки недоступні, для оцінювання коефіцієнтів викидів від виробництва військової техніки використали аналоги щодо найближчого цивільного типу техніки (навіть попри те, що розробка, виробництво та вартість у них різні)⁵⁵.

У дослідженні, присвяченому аналізу життєвого циклу сільськогосподарської техніки, обсяг енергії, необхідної на одиницю ваги сільськогосподарської техніки, оцінюється у 86,8 МДж/кг, а отриманий коефіцієнт викидів становить приблизно 6 кг CO₂ екв. на 1 кг техніки⁵⁶. Це значення було застосоване для цілей первинного оцінювання як індикативні вуглецеві викиди від виробництва військової техніки.

54. Див., наприклад: Russia Struggles to Maintain Munition Stocks (Part One), <https://jamestown.org/program/russia-struggles-to-maintain-munition-stocks-part-one/>

55. Magnus Sparrevik, Simon Utstøl, Assessing life cycle greenhouse gas emissions in the Norwegian defence sector for climate change mitigation, *Journal of Cleaner Production*, Volume 248, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119196>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619340661>. Детальніше див. у Додатку.

56. Carbon Dioxide Emissions Associated with the Manufacturing of Tractors and Farm Machinery in Canada, https://www.researchgate.net/publication/222979796_Carbon_Dioxide_Emissions_Associated_with_the_Manufacturing_of_Tractors_and_Farm_Machinery_in_Canada

Виробництво військової техніки — енерго- та ресурсоємний процес, що вимагає спеціалізованих виробничих потужностей, складних міжнародних ланцюгів поставання та корисних копалин (часто рідкісних), видобування й переробка яких також енергоємні. Компанії з більшою часткою військових замовлень зазвичай мають значно вищі показники викидів на одного працівника порівняно з компаніями із більшою часткою цивільної продукції. Це свідчить про більш капіталомісткий характер виробництва військової продукції, а також про те, що використання однакової інтенсивності викидів ПГ для військової і цивільної продукції — консервативний підхід, який, імовірно, знизить рівень вуглецевих викидів від виробництва військової техніки⁵⁷. Виробництво військової техніки, очевидно, більш вуглецевоємне, ніж виробництво цивільної техніки й обладнання.

Станом на кінець квітня 2023 року список втраченої техніки, складений на основі даних досліджень із відкритих джерел, налічував понад 10 000 візуально підтверджених втрат для Росії та понад 3 200 втрат для України. Понад дві третини (68–70 %) — це знищена та пошкоджена техніка, решта — захоплена або покинута⁵⁸.

Перелік візуально підтверджених втрат містить різні типи техніки, але під час оцінювання шкоди, завданої клімату, до уваги бралися лише такі основні категорії:

- Танки
- Бойові броньовані машини
- Бойові машини піхоти
- Бронетранспортери
- Бронеавтомобілі
- Самохідна артилерія
- Реактивні системи залпового вогню
- Вантажівки, автомобілі та джипи
- Літаки
- Гелікоптери
- Військові судна

Під час оцінювання шкоди, завданої клімату, враховувалася лише знищена та пошкоджена техніка. Для пошкодженого обладнання в обчисленнях була врахована лише третина оціненого обсягу вуглецевого сліду. Одинадцять категорій техніки, охоплених дослідженням, становлять 89% візуально підтвердженої знищеної та пошкодженої техніки для Росії та 83% для України. Більш детальну інформацію щодо індикативних припущень і результатів розрахунків викидів ПГ див. у Додатку.

Викиди ПГ, пов'язані з виробництвом військової техніки, знищеної та пошкодженої під час війни, оцінюються в **0,9 млн тонн CO₂ екв.**, зокрема 0,7 млн тонн CO₂ екв. для російських втрат і 0,2 млн тонн CO₂ екв. для українських.

57. The environmental impacts of the UK military sector, <https://www.sgr.org.uk/publications/environmental-impacts-uk-military-sector>
58. Див.: Attack On Europe: Documenting Russian Equipment Losses During the 2022 Russian Invasion of Ukraine, <https://www.oryxspioenkop.com/2022/02/attack-on-europe-documenting-equipment.html> та: Attack on Europe: Documenting Ukrainian Equipment Losses During the 2022 Russian Invasion of Ukraine, <https://www.oryxspioenkop.com/2022/02/attack-on-europe-documenting-ukrainian.html>

Загальні викиди від бойових дій

ДЖЕРЕЛО ВИКИДІВ	тонн CO ₂ екв.
Накопичення сил напередодні вторгнення ⁵⁹	0.1
Викиди від споживання пального російськими силами	14.11
Викиди від споживання пального українськими силами	4.7
Викиди від використання боєприпасів	2
Викиди від зведення фортифікаційних споруд	0.1
Викиди, пов'язані з виробництвом військової техніки	0.9
РАЗОМ	21.9

Таблиця 7. Загальні викиди ПГ від бойових дій

59. Згідно з оцінкою ТОВ «КТ-Енергія»; детальніше див. у презентації під назвою "GHG emissions of Russian military preparations across borders of Ukraine", доступної тут <https://kt-energy.com.ua/en/projects/ghg-emissions-of-russian-militarypreparations-across-borders-of-ukraine/>

3. ПОЖЕЖІ

Пожежі призводять до значних викидів ПГ від згоряння вуглецевмісних матеріалів (наприклад, біомаси у ландшафтних пожежах або різних будівельних матеріалів у міських). Пожежі регулярно виникають навіть у мирний час через природні фактори (наприклад, блискавки, падіння метеоритів, загоряння легкозаймистих матеріалів під час спеки та пожежонебезпечної погоди), а ще частіше через людей (наприклад, необережне поводження з вогнем або куріння в лісах та інших природних зонах, підпали, відкрите спалювання сільськогосподарських залишків на полях, технічні несправності обладнання тощо). Більшість пожеж зареєстровані в лісових масивах, на сільськогосподарських полях та інших природних територіях. За період війни кількість пожеж та площа постраждалих земель значно зросла, і більшість із них — наслідки вторгнення Росії в Україну. Пожеж, які могли бути спричинені необережністю під час відпочинку в природних зонах, стало значно менше через те, що з країни виїхало багато біженців, а також через різні обмеження. Водночас значні площі земель постраждали від пожеж, спричинених обстрілами, бомбардуваннями, вибухами, мінуванням території й іншими наслідками, пов'язаними з війною.

Наслідки війни також значно ускладнили можливості моніторингу та реагування на пожежі через руйнування дорожньої інфраструктури та мостів, перебої з електропостачанням, закриття неба для цивільної авіації, ризику для пожежників поблизу лінії фронту, відсутність ефективної системи реагування на пожежі на окупованих територіях та інші чинники, що обмежують можливості гасіння. Це призводить до того, що пожежі поширюються на більші площі, зростає рівень природних лих або руйнувань у міських районах.

Пожежі в природних екосистемах призводять до втрати запасів біомаси та викидів ПГ. Обсяги викидів залежать від площі, що постраждала від вогню, середнього обсягу надземної та підземної біомаси на цій площі, а також частки біомаси, втраченої внаслідок пожежі. Лісові пожежі впливають не лише на живу біомасу, а й на підстилку та мертву деревину, що є в лісі.

Для цілей оцінювання припускається, що всі втрати біомаси призводять до викидів у рік пожежі (підхід рівня 1 у рекомендаціях МГЕЗК), хоча деякі викиди вуглецю можуть виникати безпосередньо під час пожежі, а інша біомаса може додаватися до резервуарів мертвої органічної речовини і розкладатися протягом десятиліть, спричиняючи викиди ПГ, або спалюватися пізніше для обігріву чи інших цілей (заготовлені лісоматеріали).

Крім того, лісові пожежі знижують здатність лісів до поглинання, перетворюючи їх із природного поглинача на джерело викидів ПГ і ще більше ускладнюючи процес пом'якшення наслідків зміни клімату.

Для міських районів обсяги викидів залежать від кількості горючого матеріалу на уражених територіях і вмісту вуглецю в матеріалах (наприклад, у деревині, пластику тощо).

Площу, що постраждала від пожеж, ми оцінювали за допомогою інструментів дистанційного моніторингу на основі супутникових даних. Використовувати наземні

спостереження для збору більш достовірної інформації про рівень впливу пожеж під час війни було неможливо.

Дані про пожежі (кількість пожеж, час їх початку та закінчення, координати меж кожної пожежі, категорія земель для кожної пожежі) були отримані з відкритих інформаційних систем – американської Пожежної інформації для системи управління ресурсами (Fire Information for Resource Management System – FIRMS)⁶⁰ та Європейської інформаційної системи про лісові пожежі (European Forest Fire Information System European Forest Fire Information System – EFFIS)⁶¹. Система EFFIS стала публікувати цифрові дані про пожежі на території України тільки з 2020 року.

Оцінювання впливу війни проводилося методом порівняння площ пожеж за два періоди:

- довоєнний період: з 24 лютого 2021 року до 23 лютого 2022 року,
- перший рік війни: 365-денний період із 24 лютого 2022 року до 23 лютого 2023 року.

Оцінювання обмежувалося пожежами площею понад один гектар. Порівняння з тривалішим минулим періодом було неможливим через обмеженість даних (відсутність даних з EFFIS до 2020 року) та вплив дуже масштабних окремих подій протягом 2020 року.

Щоб оцінити вплив війни на пожежі, територію України було розділено на три зони (див. Рисунок 4):

- Зона 1 – охоплює 66,5% території України, де наземні військові операції не відбувалися – це блакитні частина на карті України;
- Зона 2 – зона активних бойових дій (наземні військові операції відбувалися протягом понад 24 години (дані про лінії фронту взято з відкритих джерел⁶²), що сягає 19,5% території України (застосовано 12-мильну зону по обидва боки поточних ліній фронту) – це жовті частина на карті України;
- Зона 3 – окуповані території (14,0% території України), на яких наземні військові операції відбувалися не більш ніж 24 години чи не мали місце взагалі – це червоні частини на карті України.

Наведені нижче мапи демонструють різке збільшення кількості та площі пожеж протягом першого року війни порівняно з аналогічним довоєнним періодом.

60. <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov>

61. <https://effis.jrc.ec.europa.eu>

62. <https://liveuamap.com/uk>

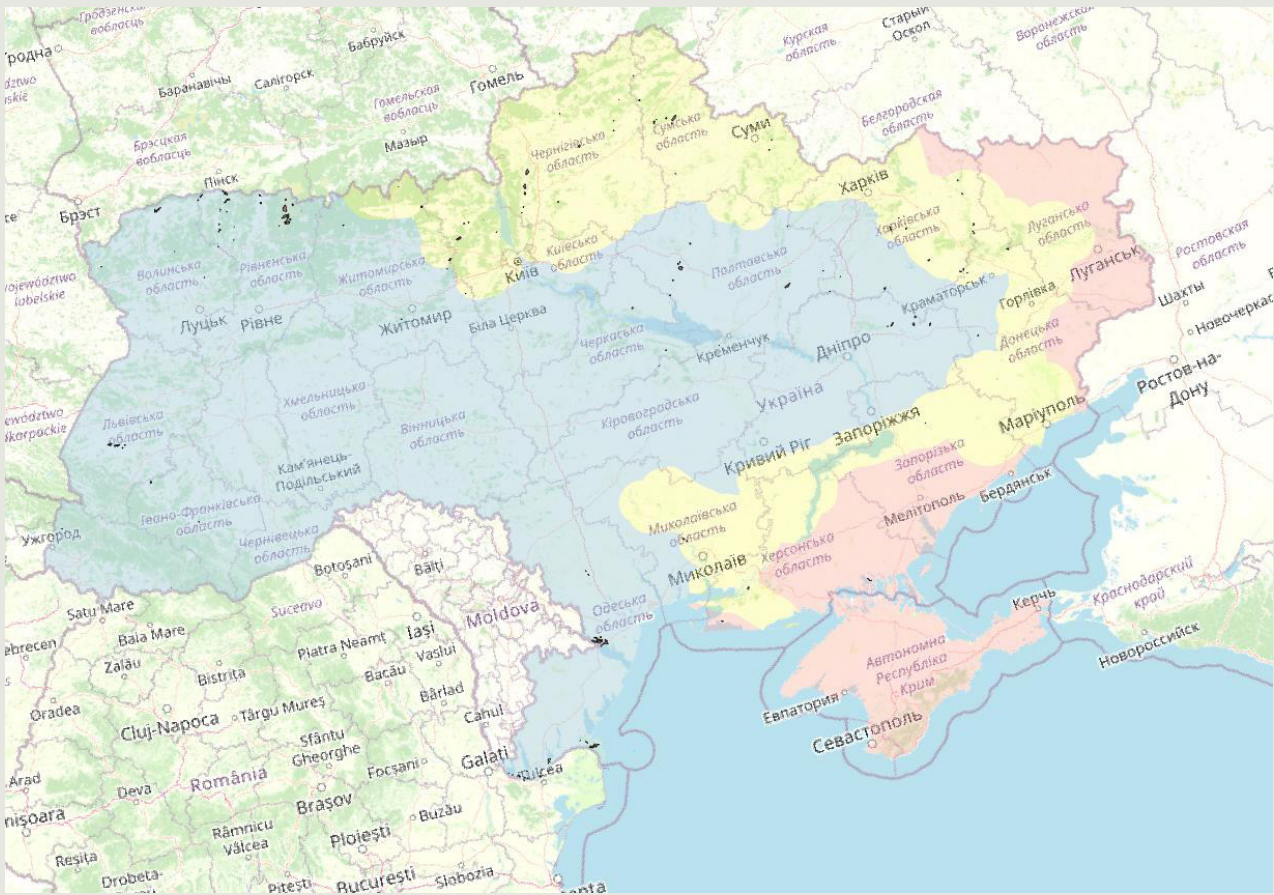


Рисунок 4. Місця пожеж у довоєнний період (за даними EFFIS)

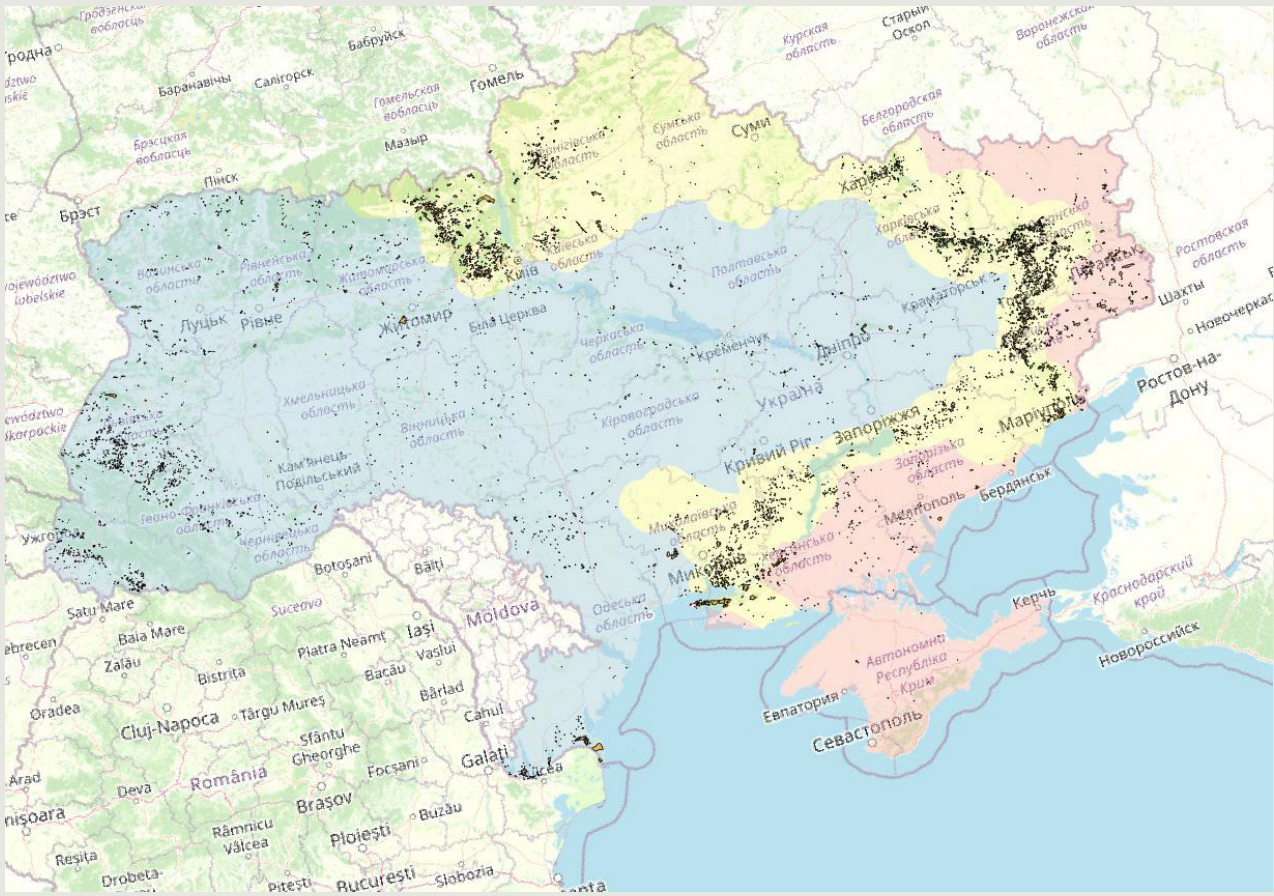


Рисунок 5. Місця пожеж у перший рік війни (за даними EFFIS)

Дані про кількість і площу пожеж у різних зонах і для різних категорій землекористування подані у Таблиці 8 нижче.

Зони	Кількість пожеж	Загальна площа пожеж, га	Площа лісових пожеж, га	Площа пожеж на с/г угіддях, га	Площа інших ландшафтних пожеж, га	Площа пожеж на забудованих територіях, га	Площа пожеж на інших категоріях землекористування*, га
ДОВОЄННИЙ ПЕРІОД							
Зона 1	120	24,865	7,084	5,851	11,784	43	102
Зона 2	53	10,489	763	4,778	4,794	49	102
Зона 3	4	262	0	126	109	0	27
Разом	177	35,616	7,847	10,755	16,687	92	235
ПЕРШИЙ РІК ВІЙНИ							
Зона 1	2,100	129,629	7,905	94,656	25,775	474	819
Зона 2	3,749	316,536	48,571	234,002	29,581	2,733	1,649
Зона 3	439	48,926	2,405	43,057	3,222	146	96
Разом	6,288	495,091	58,882	371,715	58,578	3,353	2,563

Таблиця 8. Пожежі в Україні у довоєнний період і протягом першого року війни (тільки площею понад 1 га)

* Пожежі на інших категоріях землекористування під час аналізу не враховувалися через високу невизначеність

Аналіз даних свідчить про значне збільшення як кількості, так і площі пожеж, спричинених бойовими діями. Від початку війни загальна кількість пожеж зросла у 36 разів, а загальна площа – у 14 разів. Найбільше зросла кількість пожеж у зоні активних бойових дій (Зона 2) та на окупованих територіях України (Зона 3). В абсолютному вираженні максимальне зростання відбулося у Зоні 2, що безпосередньо пов'язано з військовими операціями та веденням бойових дій. З погляду категорій землекористування, найістотніше площі постраждалих територій збільшилися на сільськогосподарських угіддях та забудованих територіях. Проте в абсолютному вираженні найбільше постраждали, крім сільськогосподарських угідь, лісові масиви й інші природні ландшафти.

Детальніший опис використаного методологічного підходу та коефіцієнтів викидів див. у Додатку, а результати підрахунків викидів ПГ у довоєнний період і протягом першого року війни подані у Таблиці 9 нижче.

Зони	Разом, тонн CO ₂ екв.	Лісові пожежі, тонн CO ₂ екв.	Пожежі на с/г угіддях, тонн CO ₂ екв.	Ландшафтні пожежі, тонн CO ₂ екв.	Пожежі на забудованих територіях, тонн CO ₂ екв.
ДОВОЄННИЙ ПЕРІОД					
Зона 1	1,676,008	1,493,469	66,016	82,491	34,032
Зона 2	287,330	160,880	53,901	33,559	38,990
Зона 3	2,184	0	1,422	762	0
Разом	1,965,522	1,654,349	121,339	116,811	73,022
ПЕРШИЙ РІК ВІЙНИ					
Зона 1	3,290,403	1,666,714	1,067,909	180,424	375,356
Зона 2	15,252,184	10,240,247	2,640,011	207,066	2,164,860
Зона 3	1,130,666	507,076	485,769	22,557	115,264
Разом	19,673,253	12,414,037	4,193,689	410,047	2,655,479
Збільшення викидів	17,707,730	10,759,688	4,072,349	293,236	2,582,457

Таблиця 9. Викиди ПГ від пожеж у довоєнний період і протягом першого року війни

Виходячи з наведеного вище аналізу, бойовими діями в Україні були спричинені приблизно **17,7 млн тонн CO₂ екв.** додаткових викидів ПГ від пожеж. Хоча три чверті земель, що постраждали від пожеж, – сільськогосподарські угіддя, більшість викидів ПГ пов'язані з лісовими пожежами.

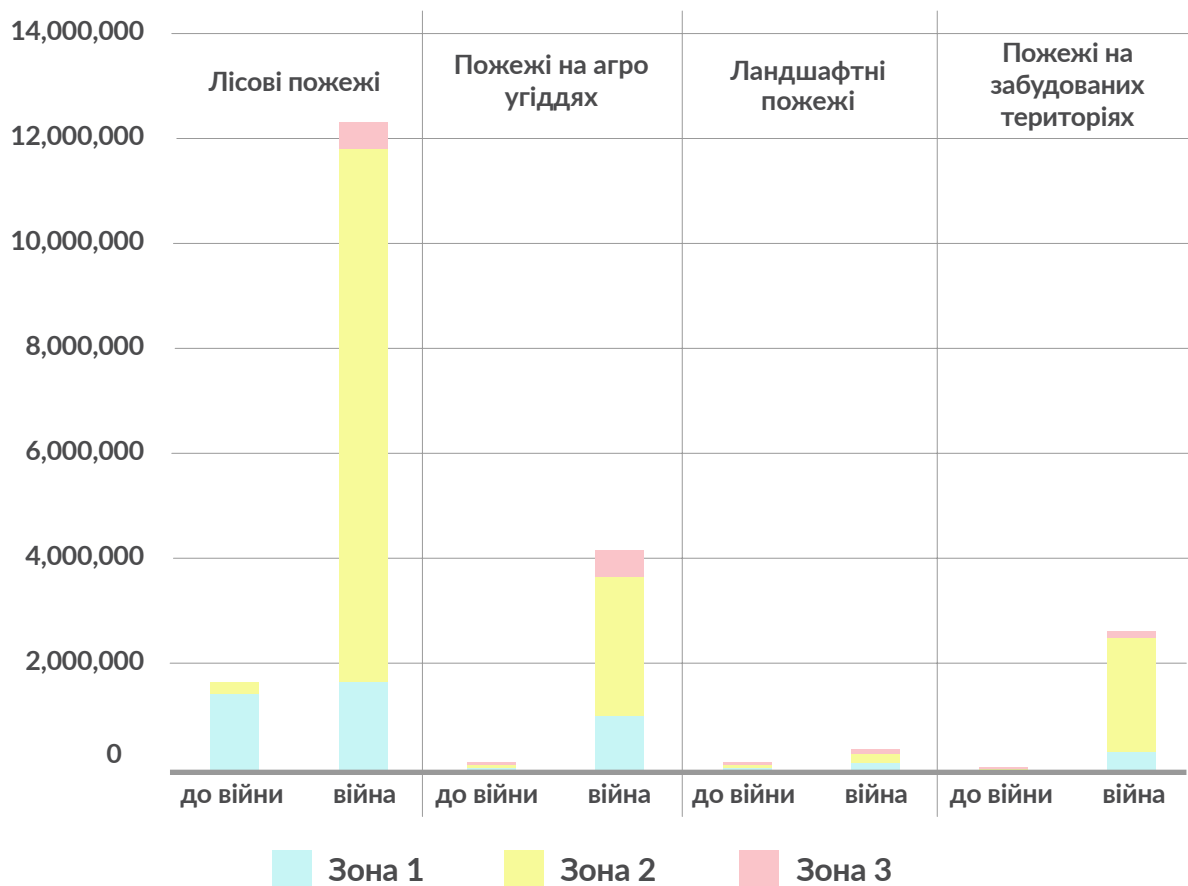


Рисунок 6. Зміни викидів ПГ для різних категорій землекористування

Найбільш значне зростання викидів ПГ відбулося у зоні активних бойових дій (Зона 2), яка охоплює близько 20% території України. Збільшення викидів ПГ в інших зонах також пов'язане зі впливом війни. У Зоні 1 – із обстрілами українських міст ракетами та безпілотниками й спричиненими війною обмеженнями можливостей реагування на пожежі в природних ландшафтах та в містах. Додатковий просторово-часовий аналіз причин загорянь показав, що більшість пожеж у цій зоні сталися в місцях і в періоди повітряної тривоги (детальніше див. Додаток). У Зоні 3, яка охоплює окуповані території, зв'язок із війною пояснюється відсутністю ефективних протипожежних заходів та додатковим впливом бойових дій.

4. БІЖЕНЦІ ТА ВПО

Одразу після вторгнення 24 лютого 2022 року багато українців були змушені покинути свої домівки. Люди тікали на захід, залишаючись в Україні як внутрішньо переміщені особи (ВПО), або виїжджали за кордон до інших європейських країн, чи навіть далі, як біженці. Чисельність біженців і ВПО, які в певний момент покинули свої домівки, становить 13,5 млн осіб, тобто близько 30% від загальної чисельності населення.

8,172,189

Біженців із України було зареєстровано в Європі (18 квітня)

5,044,039

Біженців із України зареєструвались для отримання тимчасового захисту чи в інших подібних національних програмах захисту в Європі (18 квітня)

5,352,000

Орієнтовна чисельність внутрішньо переміщених осіб (ВПО) в Україні (23 січня) Звіт про внутрішнє переміщення в Україні

Таблиця 10: Ключові цифри по біженцях і ВПО⁶³

Через кілька місяців після початку війни чимало біженців і ВПО вирішили повернутися до своїх домівок — з різних причин. Звільнення окупованих територій на північ від Києва, на схід від Харкова та навколо Херсона додавало людям відчуття безпеки. Хтось просто не хотів жити окремо від своїх друзів і родини ще довше (чоловікам віком від 18 до 60 років заборонено залишати країну), а деякі біженці чи ВПО не мали коштів, щоб залишатися в іншому місці.

Хоча точних даних про те, скільки біженців перебуває за кордоном і скільки повернулося, немає, відсоток можна вирахувати з різниці між усією чисельністю зареєстрованих біженців і загальною чисельністю біженців, які наразі охоплені національними програмами захисту. Відсоток становить приблизно 60%, тобто 40% біженців повернулися в Україну. Стосовно ВПО, ситуація менш зрозуміла, оскільки такі переміщення не передбачають перетину кордону чи іноземної реєстрації. Для спрощення, транспортні викиди, зумовлені поверненням додому ВПО, не враховувались.

Біженці, які вирішили залишитися за кордоном, час від часу відвідують свої родини. За нашими припущеннями, в середньому кожен біженець, який перебуває у Європі, одноразово відвідав Україну за перші 12 місяців війни.

63. <https://data.unhcr.org/en/situations/ukraine>, accessed 21 April 2023

Відтік людей із України спричинив викиди парникових газів. Щоб оцінити викиди ПГ, зумовлені переміщенням біженців, які їдуть за кордон, і ВПО, ми враховували три фактори:

- А) чисельність переміщених осіб; пункти їх відправлення та призначення
- Б) види транспорту
- С) викиди ПГ на людину-кілометр для кожного з цих видів транспорту.

Детальніша інформація щодо методології розрахунку представлена в Додатку.

Внутрішньо переміщені особи	0.09
Міжнародні біженці	0.74
Транспорт, що повертається порожнім	0.74
Повернення біженців	0.20
Тимчасове повернення біженців	0.69
РАЗОМ	2.46

Таблиця 11: Огляд транспортних викидів, пов'язаних із переміщенням біженців і ВПО, млн тонн CO₂ екв.

5. ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕКТОР

Російська Федерація використовувала своє домінуюче становище як постачальника на європейському газовому ринку, щоб тиснути на Європу і змусувати її відмовитись від підтримки України. Росія суттєво скоротила постачання природного газу ще в 2021 році, проте у 2022 році припинила його майже повністю, спричинивши безпрецедентну енергетичну кризу в Європі. Поставки газу до Європейського Союзу скоротилися більш як удвічі, тобто на 78 млрд м³ проти 2021 року. Шок постачання спричинив зростання середніх спотових цін до рекордно високого рівня в 120 євро/МВт-год у 2022 році, що майже у вісім разів перевищує середній п'ятирічний показник у 2016–2020 роках, тоді як максимальний показник досягав 340 євро/МВт-год наприкінці серпня⁶⁴.

Ціновий шок зумовив декілька наслідків, зокрема активне прагнення до скорочення споживання газу, заміну російського газу зрідженим природним газом (ЗПГ), підвищення цін на електроенергію та відновлення роботи законсервованих вугільних електростанцій. Зростання цін на енергоносії посилює кризу вартості життя, яка виникла внаслідок пандемії COVID-19.

У цьому розділі ми обговорюємо, як шок постачання газу вплинув на викиди ПГ у європейському енергетичному секторі у 2022 році порівняно з 2021 роком. Ми розглядаємо споживання природного газу побутовими споживачами та промисловістю, а також викиди від виробництва електроенергії. Інші фактори, не пов'язані з війною, теж вплинули на викиди в енергетичному секторі, і їх необхідно відокремлювати від впливів війни. Прикладами факторів, не пов'язаних із війною, є нижча генерація гідроенергії через значні посухи, тривалі періоди обслуговування французьких атомних електростанцій і дуже м'яка погода взимку.

Природний газ

Загальне споживання природного газу в Європейському Союзі значно скоротилося — на 55 млрд м³ (або 13%) у 2022 році проти 2021 року⁶⁵. У секторі будівель, що зазнав зниження споживання на 28 млрд м³, 18 млрд м³ скорочення були спричинені м'якою погодою — фактором, який, безперечно, не пов'язаний із війною. Решта 10 млрд м³ скорочення були зумовлені поєднанням заходів із енергоефективності та змін у поведінці, як-от зниження кімнатної температури або швидше приймання душу. Заходи з енергоефективності є частиною політики ЄС, а загрозлива криза вартості життя призвела б до скорочення споживання і за відсутності війни, втім враховуючи значне падіння попиту та вплив війни на ціни на енергоносії, вважаємо, що на половину скорочення зумовлене війною. У промисловості подорожчання газу спричинило скорочення виробництва (12,5 млрд м³) та привело до впровадження заходів із енергоефективності (5 млрд м³), що повністю відноситься до впливу війни. Деяким галузям вдалося

64. Natural gas supply-demand balance of the European Union in 2023, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/227fc286-a3a7-41ef-9843-1352a1b0c979/Naturalgasupply-demandbalanceoftheEuropeanUnionin2023.pdf>

65. Europe's energy crisis: What factors drove the record fall in natural gas demand in 2022? <https://www.iea.org/commentaries/europe-s-energy-crisis-what-factors-drove-the-record-fall-in-natural-gas-demand-in-2022>

перейти на інше паливо, замінивши 7,5 млрд м³ газу — переважно нафтопродуктами. Оскільки нафтопродукти є більш вуглецевоємними, така заміна призвела до зростання викидів ПГ. Беручи до уваги як скорочення споживання газу, так і збільшення викидів від нафтопродуктів, скорочення викидів, зумовлене війною, можна оцінити в приблизно 40 млн тонн CO₂ екв.

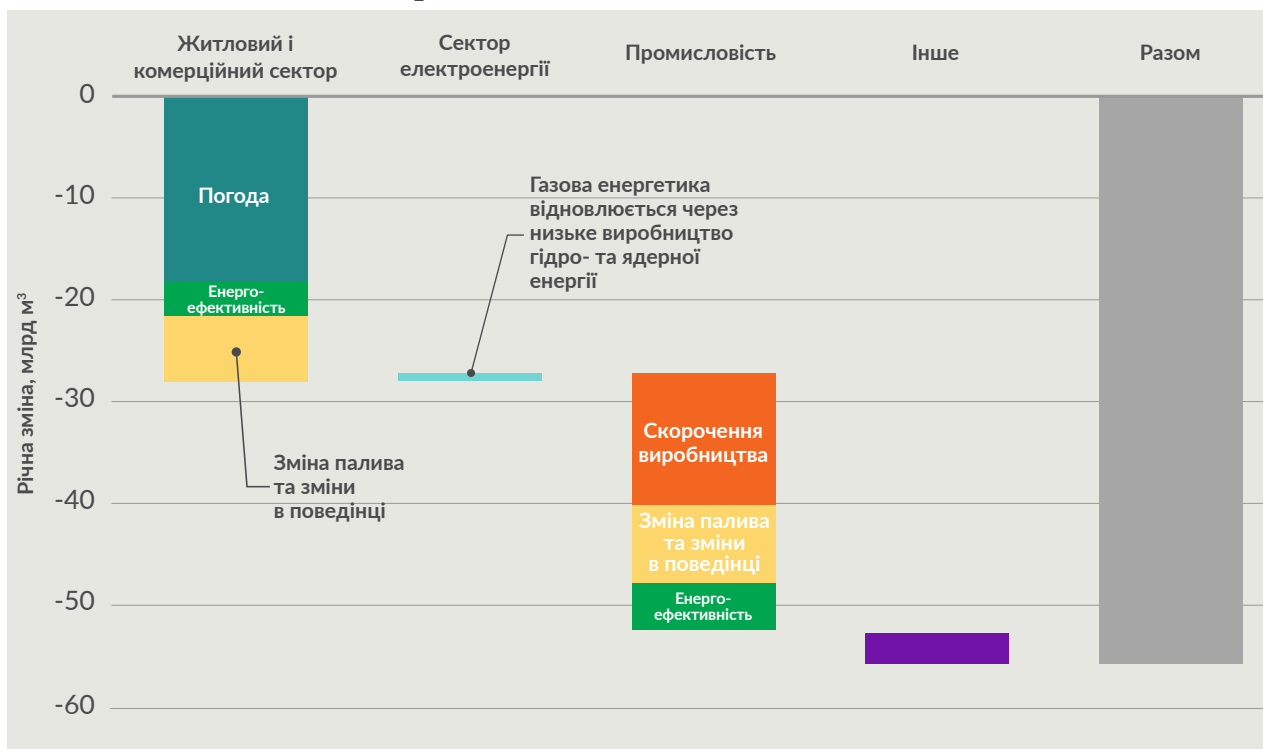


Рисунок 7: Річна зміна (2021–2022) попиту на природний газ у Європейському Союзі⁶⁶.

Джерело: Міжнародне енергетичне агентство (МЕА)

Сектор електроенергетики

У 2022 році, попри падіння попиту, викиди в енергетичному секторі ЄС зросли на 26 млн тонн CO₂ екв. (3,9%) проти 2021 року. Енергетика постала перед кількома кризами водночас: окрім стрімкого зростання цін на газ, спричиненого скороченням постачання газу Росією, багато атомних станцій у Франції вийшли з роботи через позаплановий ремонт, а Німеччина поступово згортала роботу своїх останніх атомних електростанцій. Історичні посухи у Європі призвели до рекордно низького рівня виробництва гідроенергії.

Побоюючись блекаутів взимку, країни ЄС відновили роботу законсервованих вугільних електростанцій, щоб мати змогу в крайніх випадках їх задіювати. Для своїх країн-членів ЄС встановив добровільні цілі скорочення попиту на електроенергію протягом зими.

Суттєвого зростання виробництва вугільної енергії зрештою не відбулося через сплеск виробництва енергії з відновлюваних джерел на фоні зниження попиту. Якщо й певне зростання генерації вугільної енергії і сталося, то це, насамперед, пов'язано з дефіцитом атомної та гідроенергії. Втім РФ почала скорочувати постачання газу вже 2021 року, і, як наслідок, виробництво вугільної електроенергії стало дешевшим за

66. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/227fc286-a3a7-41ef-9843-1352a1b0c979/Naturalgasupply-demandbalanceoftheEuropeanUnionin2023.pdf>

виробництво газової. У 2022 році повернення до газу не спостерігалось через подальше зростання цін на нього. Упродовж 2022 року фіксувалися відповідні додаткові викиди, і їх можна пояснити війною. (Наскільки наразі відомо, Росія навмисне обмежувала постачання газу перед початком повномасштабного вторгнення, аби посилити ефективність своєї газової «зброї». Намагання, проте, врешті виявились марними).

У 2022 році спостерігалось прискорення виробництва енергії з відновлюваних джерел (72 ТВт/год), зокрема сонячної енергії. Цьому сплеску сприяло чимало чинників, як-от місцева політика, зростання цін на електроенергію та прагнення споживачів стати незалежними від сторонніх постачальників електроенергії. Війна прискорила це зростання. Втім, враховуючи тривалість отримання дозволів і встановлення сонячних панелей на дахах, вплив війни у 2022 році можна вважати помірним.

Спостерігалось зниження попиту на електроенергію (на 79 ТВт/год або 2,6%), однак воно було менш суттєвим порівняно зі скороченням споживання природного газу. Подібно до факторів зменшення попиту на природний газ, інші фактори, як-от м'яка погода та загрозна криза вартості життя, також вплинули на попит на електроенергію. Виключивши вплив цих не пов'язаних із війною факторів, було підраховано, що через війну викиди вуглецю в секторі енергетики зросли на **15 млн тонн CO₂ екв.**

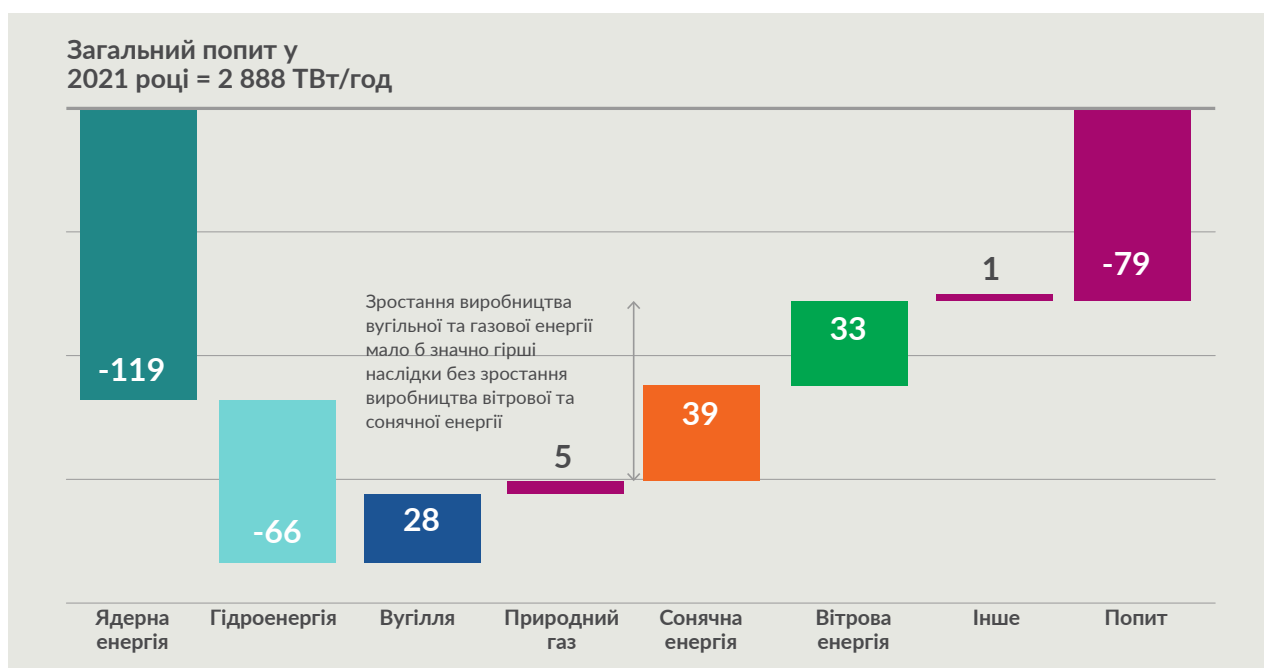


Рисунок 8: Річна зміна виробництва електроенергії у ЄС-27 у 2022 році, ТВт/год.

Джерело: Щомісячні дані по електроенергії, Ember

*Інше» охоплює біоенергію, інші відновлювані джерела енергії, інші види викопного палива та чистий імпорт
[*https://ember-climate.org/insights/research/european-electricity-review-2023/#supporting-](https://ember-climate.org/insights/research/european-electricity-review-2023/#supporting-)

Трубопровідний газ і ЗПГ

Газова криза змусила європейські країни шукати альтернативних постачальників. Виробники газу, підключені до європейської трубопровідної мережі (наприклад, Норвегія, Алжир), не мали можливості замінити весь російський газ, тому єдиним виходом було збільшити імпорт ЗПГ. У 2022 році Європа додатково імпортувала 55 млрд м³ ЗПГ, що на 70% більше, ніж 2021 року.

Зростання попиту призвело до збільшення виробництва ЗПГ, однак весь попит постачальники покрити не змогли. На відміну від трубопровідного газу, ринок ЗПГ є глобальним, оскільки танкери, що перевозять ЗПГ, подібно до нафтових, можуть дістатися до будь-якої точки світу. Перенаправлення потоків ЗПГ до Європи вплинуло на викиди в інших частинах світу. Частина покупців була змушена перейти на вугілля, що збільшило викиди. Повідомлялося навіть, що деякі країни Азії просто відключали електропостачання⁶⁷.

ЗПГ має вищі викиди на етапах видобутку та транспортування, ніж трубопровідний газ: газ потрібно зріджувати, для перевезення ЗПГ необхідні танкери, а транспортування ЗПГ передбачає значно більші відстані. За деякими оцінками, такі викиди в 10 разів перевищують аналогічні викиди від трубопровідного газу⁶⁸. Аналіз, проведений у Сполученому Королівстві, виявив меншу різницю, хоч і значну⁶⁹.

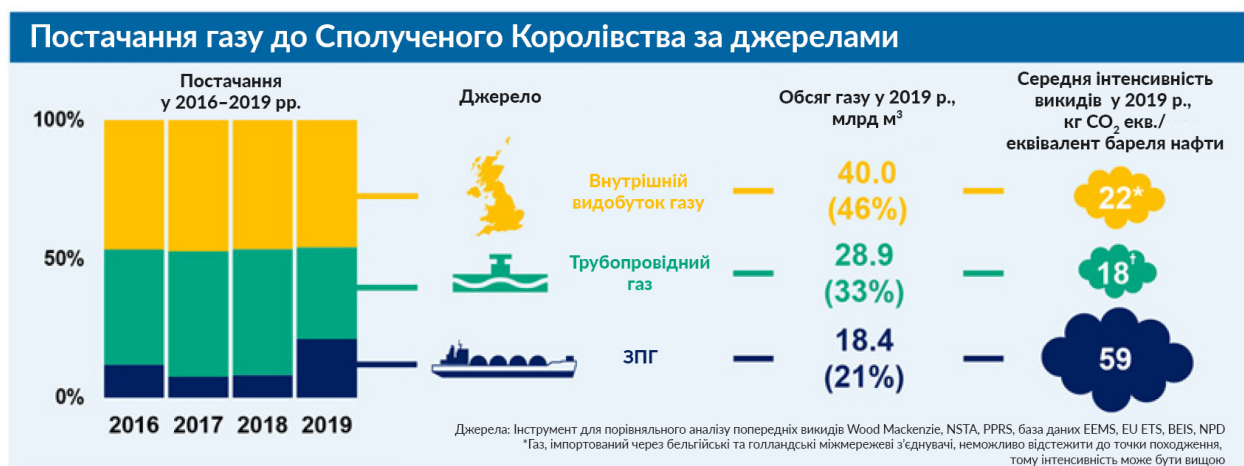


Рисунок 9: Попередні викиди ЗПГ порівняно з трубопровідним газом.

Джерело: North Sea Transition Authority (NSTA)

Збільшення попиту на ЗПГ призвело до зростання викидів на етапах видобутку та транспортування, яке, за оцінками, становить близько 20 млн тонн CO₂ екв.

Висновки щодо сектору енергетики

Споживання природного газу в секторі будівель та енергетики, а також промисловості значно скоротилося, як і викиди. Деякі з цих скорочень нівелюються зростанням споживання більш вуглецевоємних нафтопродуктів, а також у значній мірі збільшенням викидів від виробництва та транспортування ЗПГ.

У поєднанні зі зростанням викидів від електроенергії, зумовленим війною, зменшення викидів, спричинених споживанням природного газу, компенсується збільшенням викидів в інших частинах енергетичного сектору. У ЄС можна спостерігати зростання/зменшення викидів на 3 млн тонн CO₂ екв., що є незначною цифрою, враховуючи загальні викиди в європейському енергетичному секторі.

67. Analysis: Gas shortage exposes fragile South Asian economies to more pain, <https://www.reuters.com/markets/asia/gas-shortage-exposes-fragile-south-asian-economies-more-pain-2023-02-20/>

68. Climate change: Hidden emissions in liquid gas imports threaten targets, <https://www.bbc.com/news/science-environment-63457377>

69. Natural gas carbon footprint analysis, <https://www.nstauthority.co.uk/the-move-to-net-zero/net-zero-benchmarking-and-analysis/natural-gas-carbon-footprint-analysis/>

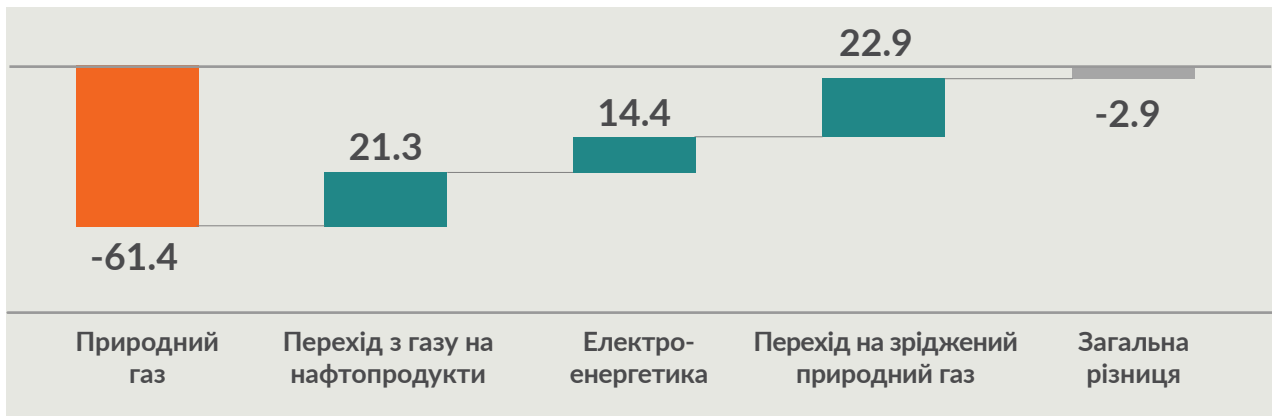


Рисунок 10: Річні зміни в енергетичному секторі ЄС, пов'язані з війною (млн тонн CO₂ екв.)

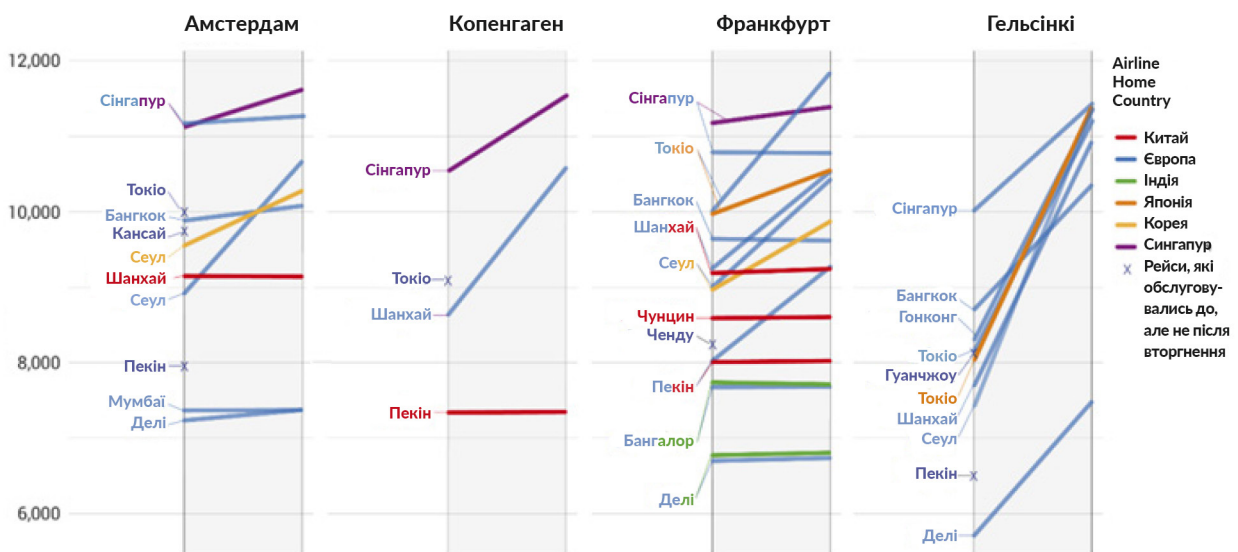
Війна матиме довгостроковий вплив на європейський енергетичний ринок. По-перше, поведінка Росії показала, що, всупереч попереднім переконанням, ненадійним джерелом енергії є саме викопне паливо, а не відновлювані джерела. Енергетичний шок зумовив суттєвий поштовх до розвитку сектору відновлюваної енергетики та наочно продемонстрував, що відмова від викопного палива є правильним рішенням. Незважаючи на тимчасове, хоча й помірне, зростання вугільної електроенергії та збільшення імпорту ЗПГ, ця війна прискорила енергетичний перехід, який Європа здійснює задля досягнення нульових викидів до 2050 року.

6. ЦИВІЛЬНА АВІАЦІЯ

Війна Росії в Україні суттєво вплинула на авіацію. Через закриття повітряного простору України для комерційних польотів і різні заборони на використання повітряного простору, введені західними країнами та Росією, для багатьох західних перевізників були перекриті важливі повітряні шляхи зі сходу на захід між Європою та Азією, зробивши майже 18 млн км² недоступними для польотів. Перевізники були змушені обирати обхідні шляхи на маршрутах до Східної та Південно-Східної Азії, тож час польотів збільшився, як і додаткові витрати на паливе й обсяги викидів парникових газів.

Хоча технічно тільки європейським і північноамериканським перевізникам прямо заборонено входити в повітряний простір Росії, всі азійські авіакомпанії, зокрема JAL, ANA, Korean Air, Cathay Pacific, Singapore Airlines і Asiana, теж уникають російського повітряного простору. Так само уникають російського повітряного простору австралійські авіакомпанії – як запобіжний крок.

Закриття повітряного простору вплинуло на авіакомпанії по-різному, залежно від розташування їхніх вузлових аеропортів і конкретних маршрутів. Дані Євроконтролю за квітень 2022 року свідчать про значне збільшення часу польотів з північних аеропортів до Азії⁷⁰.



Джерело: Flightradar24. ЄВРОКОНТРОЛЬ 2022 www.eurocontrol.int/forecasting

Рисунок 11: Перельоти до/з азійських міст: зміни в дальності польотів до/після вторгнення в Україну

Приклади, проаналізовані Євроконтролем, свідчать, що Гельсінкі виявилось найбільш постраждалим аеропортом відправлення з додатковими відстанями від 1 400 км (Сінгапур) до майже 4 000 км (Сеул) та додатковим часом польоту 1,25 години та 3,5 години відповідно проти початкових показників для рейсів в один бік. Переліт Гельсінкі ↔ Сеул туди й назад зріс аж на 7 годин. Для перельоту з Копенгагена до Сінгапура й Шанхаю тепер потрібно додатково пролетіти близько 1 500 км. Для рейсу Lufthansa в Пекін відстань тепер збільшилася приблизно на 1 200 км.

70. Eurocontrol data snapshot, 12 April 2022, <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2022-04/eurocontrol-data-snapshot-29.pdf>

Європейські перевізники прямують на південь через Грузію та Вірменію, а неєвропейські перевізники, які досі користуються повітряним простором Росії, обирають північніші обхідні шляхи, пролітаючи через Естонію та Латвію, а не Литву⁷¹. Рейси флагмана Qantas із Сіднея та Мельбурна до Лондона наразі здійснюються через Дарвін, причому від Дарвіна до Лондона переліт у середньому триває 17,5 годин, а іноді навіть довше⁷².

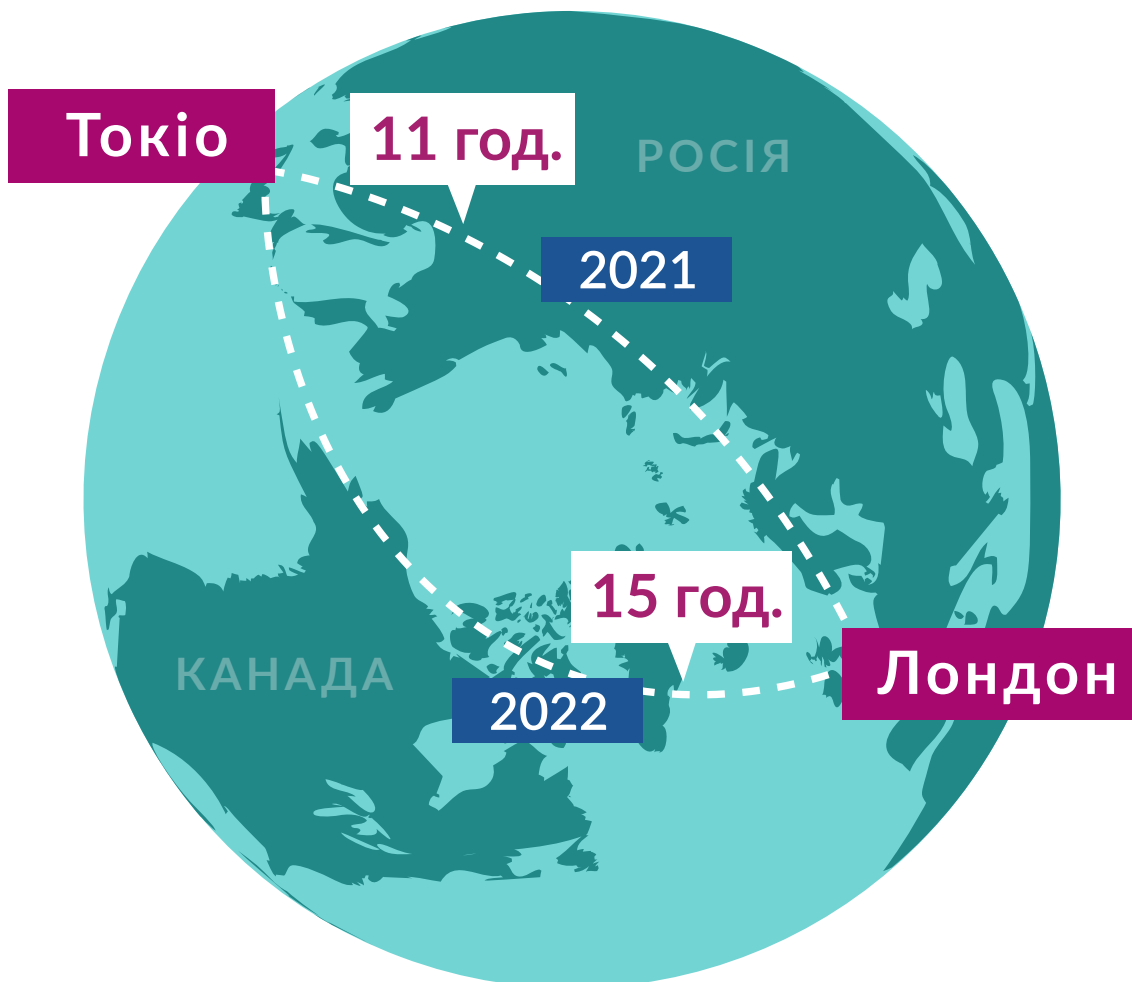


Рисунок 12: Маршрут польоту з Лондона до Токіо.

Значно більших наслідків через необхідність оминати російський повітряний простір зазнають Japanese Airlines (JAL). До війни два найбільших перевізники Японії, JAL і ANA, здійснювали близько 60 рейсів на тиждень через повітряний простір Росії між Токіо та Лондоном, Парижем, Франкфуртом і Гельсінкі⁷³. Рейси JAL між Токіо та Лондоном, наприклад, майже повністю проходили через Росію і зазвичай займали менше 11 годин. Необхідність оминати російський повітряний простір зробила подорож довшою щонайменше на 1 800 миль і чотири години польоту, оскільки політ тепер здійснюється у протилежному північно-східному напрямку: над Аляскою, Канадою, Гренландією та Ісландією. Час польоту в напрямку Сполученого Королівства відповідно зріс до майже 15 годин.

71. Eurocontrol data snapshot, 23 March 2022, <https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-data-snapshot-28-how-re-routing-around-ukraine-disrupting-traffic-flows>

72. Airlines chart new paths to avoid Russian airspace, <https://www.pointhacks.com.au/news/airlines-avoid-russian-airspace/>

73. Japanese Airlines Cancel, Reroute Flights Scheduled to Fly Over Russia, March 3, 2022, <https://www.travelpulse.com/News/Airlines-Airports/Japanese-Airlines-Cancel-Reroute-Flights-Scheduled-to-Fly-Over-Russia>

З іншого боку, перевізники Південно-Східної Азії постраждали менше через вигідніше розташування їхніх вузлових аеропортів. Рейси Singapore Airline до Лондона, наприклад, подовжили час польоту лише на 15 хвилин⁷⁴.

Вплив відчувається і на внутрішньоєвропейські рейси. Значно збільшився час польотів до/з Румунії, а також тривалість скандинавських та балтійських рейсів, які зараз оминають Україну.

Оскільки чимало рейсів тепер довші, ніж раніше, і споживають більше пального на фоні зростання цін на нафту, можна говорити про вплив багатьох факторів на довоєнні маршрути. Значні збої в розкладах польотів призвели до того, що деякі авіакомпанії були фізично не в змозі здійснювати рейси в тому обсязі, що й раніше. Так, маршрути Finnair до Азії базувалися на швидшому обороті, що дозволяло одному літаку відправлятися та повертатися з Гельсінкі протягом 24 годин. Тобто Finnair могли пропонувати щоденні рейси за багатьма маршрутами, не потребуючи такого великого флоту, на відміну від деяких інших авіакомпаній. Однак коли рейси Азія-Гельсінкі тривають до 14 годин в одну сторону, а також потребують часу на наземне обслуговування, літати в усі пункти призначення з частотою, з якою Finnair робили це раніше, стало неможливо. Перенесення витрат також вплинуло на попит пасажирів на далекомагістральні рейси до та з Азії.

Через ці проблеми деякі західні авіакомпанії відмовились від маршрутів до Східної Азії. У березні 2023 року, через логістичні наслідки, зумовлені обхідними шляхами, Virgin Atlantic офіційно відмовились від свого маршруту Лондон – Гонконг після майже 30 років його існування. Щоб рейс продовжував існувати, час польоту з Лондона до Гонконгу потрібно було б подовжити приблизно на 60 хвилин, а з Гонконгу до Лондона – на 1 годину 50 хвилин⁷⁵. Finnair припинили польоти з Гельсінкі до Пекіна, а SAS – з Копенгагена до Токіо. У багатьох випадках, якщо рейси не були скасовані, знизилась їх частота.

74. Там само.

75. Russia's war on Ukraine redrew the map of the sky – but not for Chinese airlines, CNN, 25 April, 2023, <https://edition.cnn.com/travel/article/china-europe-airlines-russia-ukraine-airspace/index.html>

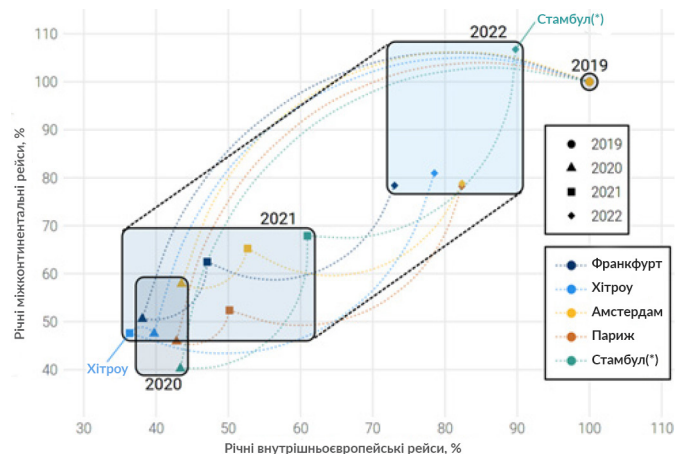


Рисунок 13: Шлях до відновлення 5 найбільших аеропортів (до рівнів у 2019 році)
Джерело: Eurocontrol

Деякі європейські дані також свідчать про потенційне перенаправлення пасажиропотоків. Так, у 2022 році кількість річних міжконтинентальних рейсів зі Стамбула порівняно з іншими європейськими вузловими аеропортами зроста непропорційно⁷⁶.

Складніше інтерпретувати вплив цих подій на викиди ПГ. До 24 лютого 2022 року повітряний трафік у Європі неухильно зростав і продовжував зростати у 2022 році, до кінця року досягнувши 83% допандемійного рівня. Загальна кількість рейсів у країнах-членах Євроконтролю до і після початку війни суттєво не змінилася. Рейси між Німеччиною та Китаєм навіть зросли на 10%⁷⁷. Частину цього зростання, імовірно, взяли на себе китайські авіакомпанії, які не постраждали від закриття повітряного простору.

З точки зору фактичних викидів, перерозподіл повітряного руху також відобразився на викидах CO₂, розподілених кожній державі відповідно до правил ІКАО, порівняно з даними за 2019 рік⁷⁸. Дані демонструють збільшення кількості рейсів із/до Сербії та Вірменії, двох країн, які разом із Туреччиною поглинули пасажиропотік із/до Росії в зоні Євроконтролю.

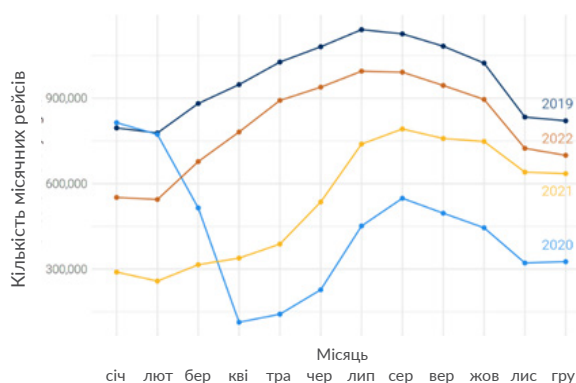


Рисунок 14: Мережевий трафік за результатами моніторингу в державах-членах Євроконтролю
Джерело: Eurocontrol

76. Eurocontrol data snapshot, 18 January 2023, <https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-data-snapshot-28-how-re-routing-around-ukraine-disrupting-traffic-flows>

77. Eurocontrol data snapshot, 23 March 2022, <https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-data-snapshot-28-how-re-routing-around-ukraine-disrupting-traffic-flows>

78. Eurocontrol, accessed May 2023, <https://ansperformance.eu/efficiency/emissions/>

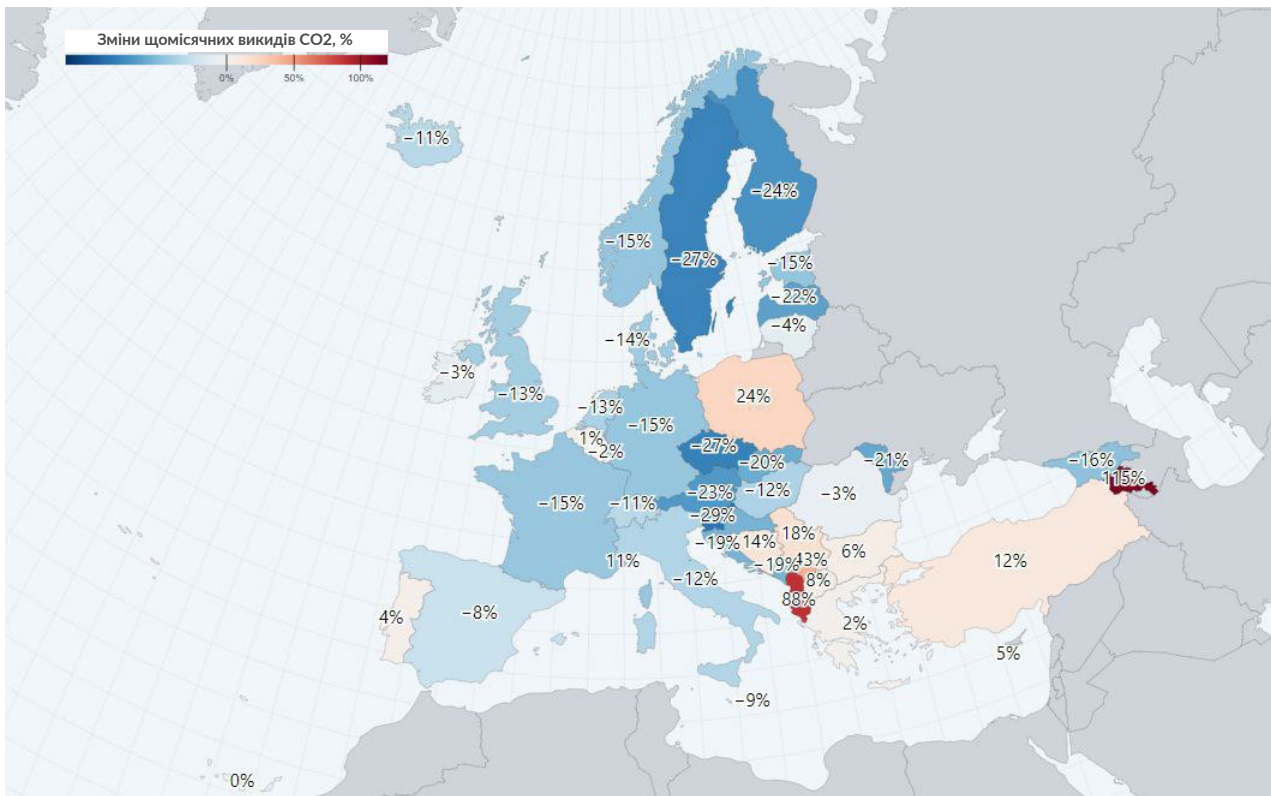


Рисунок 15: Зміни щомісячних викидів CO₂ з квітня 2019 року до квітня 2023 року, %
Джерело: Eurocontrol

Однак на загальні обсяги викидів у зоні Євроконтролю зміни, спричинені війною Росії, вплинули лише несуттєво. Між 2021 і 2022 роками загальні викиди зросли на 62 млн тонн CO₂ екв. (56,9%). Левова частка цього зростання зумовлена відновленням повітряного руху після пандемії, що між 2021 і 2022 роками зріс на 51,0%.

Складніше побачити за допомогою сукупних даних фактичний вплив додаткового споживання пального внаслідок зміни маршрутів конкретних рейсів, оскільки вплив зміни маршрутів прихований за скасуванням маршрутів і падінням пасажиропотоку до та з Росії, Білорусі та України, скасуванням деяких азійських маршрутів і зниженням частоти рейсів на деяких із постраждалих маршрутів. Крім того, зростання вуглецевої ємності європейських перевезень необхідно відокремлювати від зростання вуглецевої ємності в роки перед війною, коли через більшу кількість літаків і обслуговування довших відстаней викиди CO₂ зростали швидше, ніж авіаперевезення, а зростання викидів було достатньо значним, щоб нівелювати підвищення ефективності літаків і польотів.

Тим не менш, якщо припустити, що інтенсивність повітряного руху між 2021 і 2022 роками залишалась незмінною, поступове зростання, яке, серед інших факторів, потенційно можна пояснити зміною маршрутів, може сягнути лише трохи більше **12 млн тонн CO₂**, виходячи з даних Євроконтролю.

7. ЦИВІЛЬНА ІНФРАСТРУКТУРА

Зруйнована чи пошкоджена цивільна інфраструктура є важливою складовою кліматичної шкоди, спричиненої вторгненням Росії в Україну. Деякі ремонтні роботи вже проводяться, поки війна ще триває, наприклад, у звільнених районах на північ від Києва чи на схід від Харкова. Більшість же заходів із відбудови чи реконструкції, насамперед у східній і південній частині країни, буде проведена лише після закінчення бойових дій.

Невдовзі після початку повномасштабного вторгнення українська влада почала систематично збирати та оцінювати інформацію про пошкоджені чи зруйновані об'єкти. Київська школа економіки (KSE) збирає цю інформацію за даними різних українських міністерств та інших джерел. Якщо інформація недоступна або доступ до неї обмежений з міркувань безпеки, KSE використовує загальнодоступні джерела та оцінки, щоб отримати вичерпну картину.

Перша повна оцінка KSE охоплювала період із 24 лютого по 30 серпня 2022 року й лягла в основу нашого першого оцінювання вуглецевих викидів. У березні 2023 року було опубліковано другу повну оцінку за перші 12 місяців війни (24 лютого 2022 року – 23 лютого 2023 року)⁷⁹. Загальну оцінку збитків було проведено згідно з методологією Світового банку, а грошові збитки постають як відновна вартість. Цей звіт став основою наших оцінок.

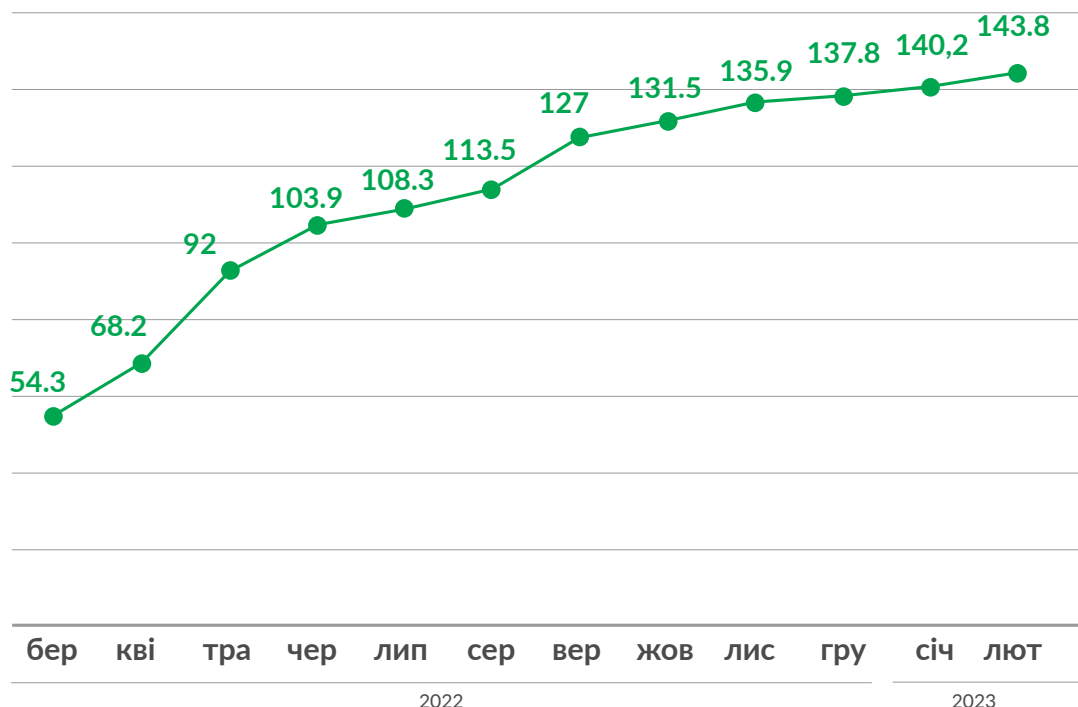


Рисунок 16: Динаміка сукупної оцінки прямих збитків, завданих економіці України, млрд дол. США

Джерело: Kyiv School of Economics

79. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії росії проти України за рік від початку повномасштабного вторгнення, Березень 2023, https://kse.ua/wp-content/uploads/2023/03/ENG_FINAL_Damages-Report_.pdf

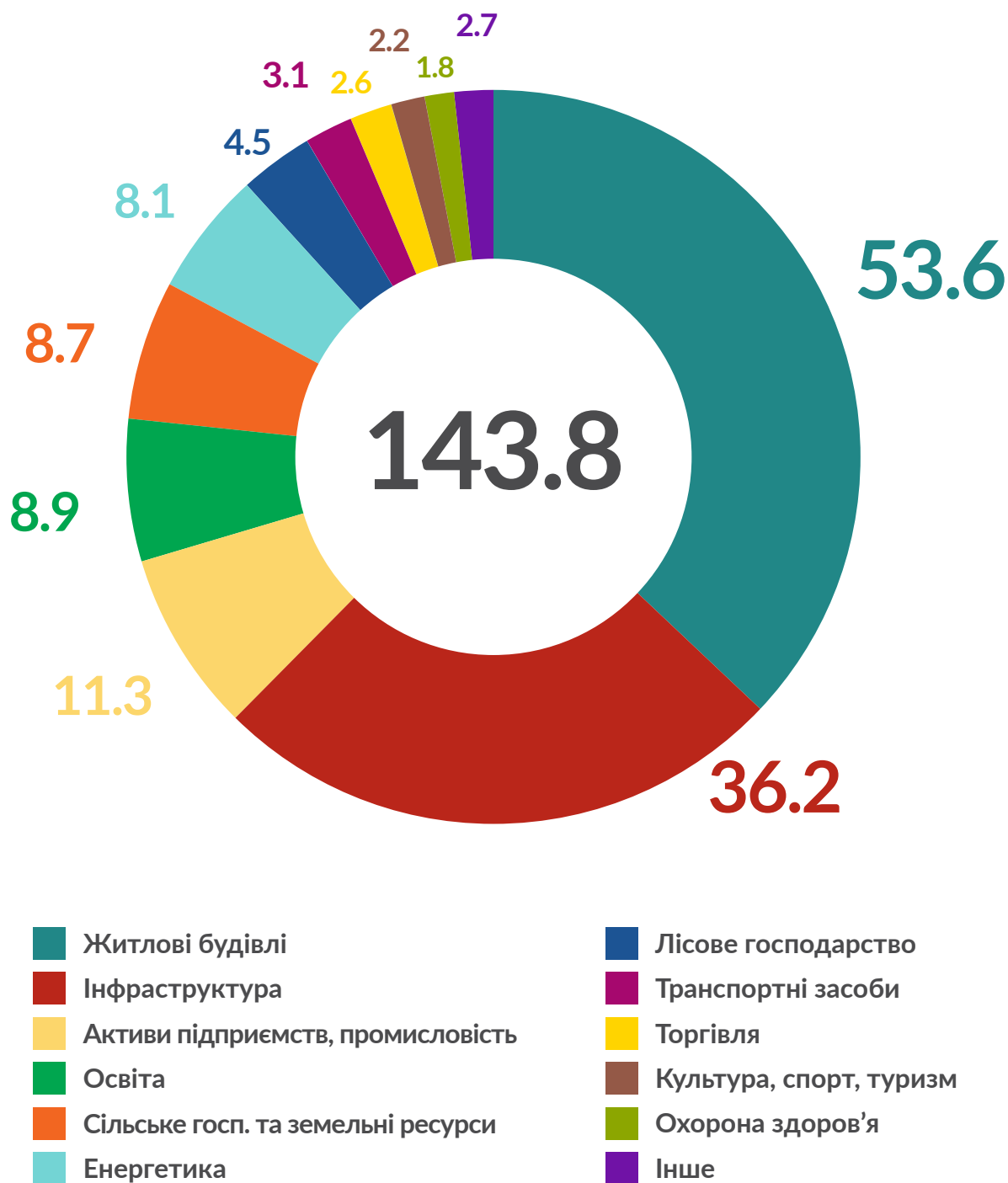


Рисунок 17: Прямі збитки за типами майна, млрд дол. США

Найбільших збитків у грошовому еквіваленті зазнав житловий сектор (житлові будівлі), а також інфраструктура. Збитки були завдані насамперед упродовж перших шести місяців війни, тоді як у другій половині року темпи зростання збитків зменшились, як показано на рисунку вище. Передовсім, це пов'язано з тим, що лінії фронту майже не рухались, а чимало об'єктів уже було зруйновано в перші місяці війни. Однак значне зростання збитків спостерігалось в енергетичному секторі та лісовому господарстві.

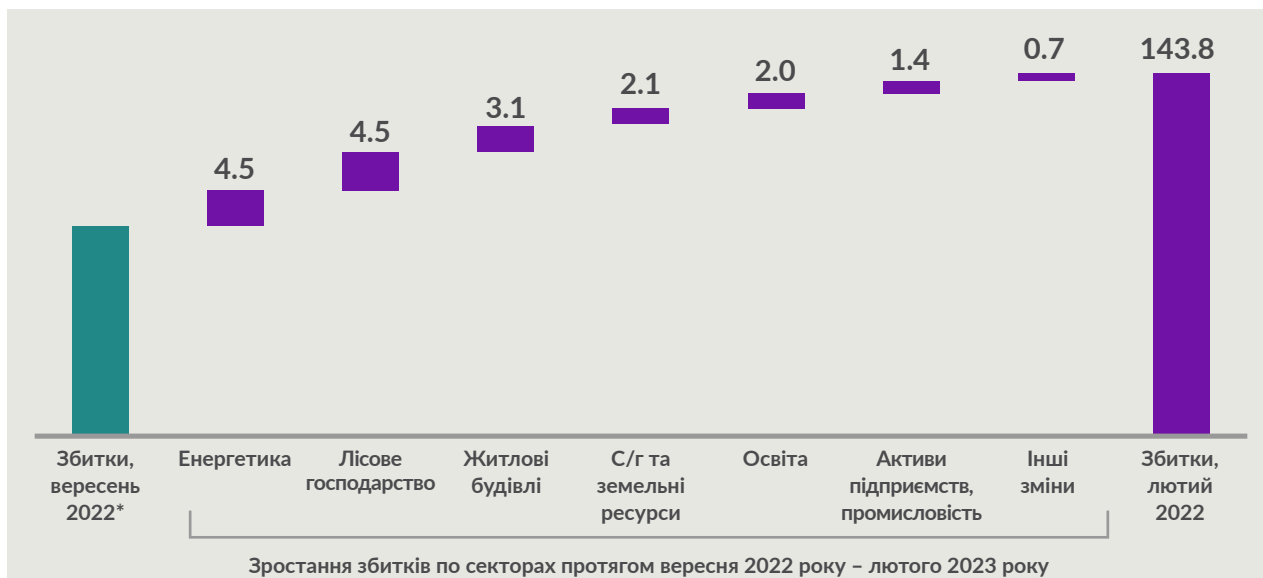


Рисунок 18: Зростання прямих збитків, млрд дол. США.
Джерело: Київська школа економіки

Так, нижче можна побачити дані про об'єкти житлового сектору, які існували в Україні до війни (перший стовпець), але потім були або пошкоджені (другий стовпець), або зруйновані (третій стовпець). Подібні списки надаються для кожного типу майна.

	Кількість об'єктів житлового фонду, од.	Кількість пошкоджених об'єктів, од.	Кількість зруйнованих об'єктів, од.
Багатоквартирні будинки	178,921	6,016	11,535
Приватні будинки	8,984,976	66,618	63,391
Гуртожитки	7,114	79	223

Таблиця 12: Огляд житлового фонду наявного до війни (базова лінія) та пошкоджених або зруйнованих об'єктів

Роботи з відбудови вимагатимуть значної кількості будівельних матеріалів, як-от цемент, сталь чи асфальт. Транспортування цих матеріалів до будівельних майданчиків і будівельні роботи вимагатимуть енергії. Загалом відбудова України спричинить значні обсяги викидів ПГ.

Задля проведення оцінки ми згрупували різні типи майна в три категорії:

- До першої категорії належать житловий сектор, охорона здоров'я, соціальний сектор, освіта і наука, культура, релігія, спорт, туризм і роздрібна торгівля. Ця категорія здебільшого охоплює будівлі.
- Друга категорія містить інфраструктуру, транспортні засоби та сільськогосподарську техніку. Ця категорія охоплює об'єкти цивільного будівництва, як-от мости та дороги, а також транспортні засоби різних типів.
- До третьої категорії належать енергетика, промисловість і бізнес-послуги, цифрова інфраструктура та комунальні послуги. Ці об'єкти насамперед стосуються машин та обладнання разом із будівлями, в яких ці машини розміщені.

Для визначення викидів ПГ внаслідок відбудови цивільної інфраструктури використовується підхід на основі врахування «вуглецевого сліду». Згідно з цим підходом, усі викиди, як прямі, так і непрямі, оцінюються протягом усього життєвого циклу об'єкта, за винятком, однак, експлуатаційних викидів. Експлуатаційні викиди зазвичай пов'язані з енергією, яка використовується для опалення будівель, бензином для заправки автомобілів або вугіллям, що спалюється на теплових електростанціях.

Для категорії будівель «вуглецевий слід» базується на середніх площах будівель, дані про які надала Київська школа економіки. Для кожного типу будівель (наприклад, багатоквартирних будинків або шкіл) було призначено конкретний коефіцієнт «вуглецевого сліду» (тонн CO₂ екв/м²) на основі поточних середніх значень нещодавно спроектованих будівель у Центральній та Східній Європі. Більш детальна інформація представлена в Додатку.

Для категорії транспорту та інфраструктури, на основі відкритих джерел, використовувались коефіцієнти «вуглецевого сліду» для різних типів об'єктів, як-от тонн CO₂ екв./км для пошкодженої дороги або тонн CO₂ екв для пошкодженого автомобіля.

Для категорії промисловості та комунальних послуг коефіцієнтів «вуглецевого сліду» немає та/або інформація агрегується на такому високому рівні, що неможливо виокремити різні типи обладнання. Для цієї категорії використовуються коефіцієнти викидів, що базуються на витратах, на основі екологічно розширеного аналізу витрат і результатів (Environmentally Extended Input Output – EEIO). Ці коефіцієнти відображають обсяги викидів вуглецю внаслідок купівлі певного товару чи послуги за певну вартість (тонн CO₂ екв./дол. США). Оскільки KSE розглядає збитки як відновну вартість, цей підхід застосовний до її даних. В ідеалі ці коефіцієнти на основі витрат мають визначатися на рівні країни, проте, на жаль, для України коефіцієнти недоступні. Натомість ми використовували коефіцієнти викидів на основі витрат для Сполученого Королівства⁸⁰. Для перевірки підхід, що базується на витратах, також було застосовано до категорії будівель, а відповідні загальні викиди порівнювались із викидами, розрахованими за допомогою коефіцієнтів «вуглецевого сліду».

Для оцінки викидів, зумовлених відбудовою, необхідно було зробити припущення щодо того, якою буде відбудова. Одне з припущень полягає в тому, що зруйнований або пошкоджений житловий фонд буде повністю відновлений до довоєнного стану. Очевидно, що відбудова України відбуватиметься з урахуванням змінених обставин і реальних потреб країни. Зокрема, ймовірно, не всі зруйновані квартири в житловому секторі будуть відновлені з огляду на скорочення населення України. З іншого боку, оскільки квартири, розміщені в радянській забудові, досить малі порівняно із сучасними стандартами, нові квартири, можливо, будуть більшими.

Оскільки було зроблено припущення, що повністю зруйновані об'єкти будуть повністю відновлені, застосовується 100% коефіцієнт «вуглецевого сліду» чи коефіцієнт, що базується на витратах. Для пошкоджених об'єктів було прийнято коефіцієнт «вуглецевого сліду» на рівні 33%, якщо на основі відновної вартості знищеного та пошкодженого майна не можна було здійснити пропорційне коригування.

80. UK Department for Environment, Food & Rural Affairs, Conversion factors by SIC code 2019, updating Table 13, <https://www.gov.uk/government/statistics/uks-carbon-footprint>

Порівняно з першою оцінкою, яка охоплювала перші сім місяців війни, слід зробити декілька зауважень. По-перше, як згадувалося раніше, загальний рівень пошкоджень і руйнувань уповільнився у наступні місяці, тоді як збитки в енергетичному секторі значно зросли. Середню площу багатоквартирних будинків (у м²) було відкориговано й зменшено на 21%. Крім того, у підході на основі «вуглецевого сліду» були здійснені деякі коригування коефіцієнтів викидів, які використовуються для будівель. Додано раніше випущену стадію будівництва А5 (монтаж будівлі). Водночас, етапи В4 і В5 (заміна й модернізація) були виключені з коефіцієнта «вуглецевого сліду»: оскільки за відсутності війни заміна і модернізація також здійснювалися б щодо будівель, охоплення етапів В4 і В5 може призвести до подвійного підрахунку викидів. Додаткова інформація представлена в Додатку.

Результати за перші дванадцять місяців війни подано в таблиці та на рисунку нижче. У зв'язку з вищезазначеним коригуванням, частка викидів вуглецю для будівель зменшилась із 70% до менш як 50%. Викиди транспорту й інфраструктури та промисловості й комунальних послуг значно зросли, зокрема в абсолютному вираженні, насамперед через пошкодження енергетичної інфраструктури восени та взимку. Конкретні дані, що оприлюднюються, дозволяють оцінити викиди від пошкодження мостів, шляхопроводів та залізничної інфраструктури.



Рисунок 19: Розподіл викидів внаслідок відбудови цивільної інфраструктури за секторами, млн тонн CO₂ екв.

Категорія	Викиди, млн тонн CO ₂ екв.	Частка (%)
Будівлі	24	48
Транспорт та інфраструктура	13	26
Промисловість і комунальні послуги	13.2	26
РАЗОМ	50.2	100

Таблиця 13: Огляд викидів внаслідок відбудови цивільної інфраструктури

8. ЗАГАЛЬНОНАЦІОНАЛЬНИЙ ВПЛИВ НА ВИКИДИ В УКРАЇНІ

Вторгнення Росії призвело до значного економічного спаду. У 2022 році ВВП України впав на майже 30%, а найбільше скорочення відбулося в промисловості, металургії, гірничодобувній промисловості, енергетиці, сільському господарстві та транспортній галузі⁸¹. Як наслідок, викиди ПГ також значно скоротилися, хоча офіційні дані щодо цього відсутні. Однак ми вважаємо, що скорочення викидів є меншим за скорочення валового внутрішнього продукту. Викиди від автомобільного транспорту, ймовірно, зменшувались нижчими темпами через перехід логістики з морського транспорту на автомобільний, збільшення перевезень військових вантажів та переміщення біженців і внутрішньо переміщених осіб. Споживання природного газу для опалення також скорочувалося нижчими темпами порівняно з економічним спадом, оскільки часто централізоване опалення не регулюється на рівні окремої квартири, а потреби домогосподарств у опаленні не залежать від економічної діяльності. Викиди від сільського господарства знизилися за рахунок меншого використання мінеральних добрив; але, ймовірно, звична тенденція щодо викидів, пов'язаних із кишковою ферментацією і використанням гною, збережеться. Так само викиди від управління відходами зазнали нижчого впливу порівняно з економічним спадом. На підставі попередніх оцінок ми вважаємо, що протягом 2022 року загальні викиди ПГ в Україні могли скоротитися приблизно на 60–80 млн тонн CO₂ екв., з яких 28 млн тонн CO₂ екв. — в енергетичному секторі.

Такий вплив економіки на викиди матиме довгострокові наслідки, оскільки, навіть якщо припустити поступове відновлення економіки з 2023 року, принаймні впродовж кількох років викиди ПГ будуть нижчими, як порівняти зі звичайним довоєнним сценарієм. Викиди від сільського господарства, наприклад, можуть відновитися відносно швидко — разом із відновленням використання мінеральних добрив і врожайності. Інші ж сектори потребуватимуть більше часу для відновлення або навіть залишаться на нижчих рівнях у майбутньому через повне знищення деяких промислових об'єктів. Втім, після закінчення війни відновлення економіки та нові інвестиції призведуть до відновлення викидів.

Скорочення викидів ПГ в Україні, однак, не означають загального скорочення викидів на планетарному рівні, оскільки значна частина викидів просто перемістилася в інші країни. Близько 8,6 млн. українців були змушені залишити країну та оселилися в інших країнах як біженці. Вони споживають електроенергію, природний газ та інші енергоносії в різних країнах, переважно в Європі. Лише у сфері споживання електроенергії та природного газу обсяги переміщених викидів оцінюються в 5 млн тонн CO₂ екв. (див. кейс нижче). Біженці також користуються транспортом, живуть у квартирах, купують їжу, одяг та інші товари й послуги, пов'язані з певними викидами вуглецю. Викиди вуглекислого газу, пов'язані зі споживанням у ЄС, у 2019 році становили 6,8 тонн на одиницю населення, з яких 5,7 тонн були викидами в межах європейських географічних кордонів. Оскільки біженці загалом живуть скромно та

81. Державна служба статистики України, <https://www.ukrstat.gov.ua>

не інвестують, наприклад, у нерухомість чи нові автомобілі, ми застосовуємо 50% від сліду середньостатистичного європейського громадянина. Якщо припустити, що через 6 місяців 40% біженців повернулися в Україну (див. Розділ 4), а решта 60% залишалися за кордоном усі 12 місяців, то біженці призвели до переміщення **20 млн тонн CO₂ екв.** до Європи⁸².

Подібний ефект застосовний і до промислових викидів. Виробництво вуглецевоємних експортно-орієнтованих товарів, як-от металургійних виробів, ймовірно, було заміщено іншими країнами по всьому світу. Виробництво сталі в 2022 році скоротилося на 70% проти 2021 року, що призвело до скорочення викидів на 34,5 млн тонн CO₂ екв. в Україні та їх переміщення в інші країни в рамках високоглобалізованого ринку сталі.

Споживана в Україні продукція, яка раніше вироблялася на місцевих підприємствах, тепер часто виробляється в інших країнах та імпортується в Україну. Є приклади різноманітної української продукції, що виробляється під тим самим брендом, але на закордонних потужностях. Крім того, великі обсяги гуманітарної допомоги, що надається Україні, також замінюють продукцію, яка раніше вироблялася в Україні. Обсяг супутніх викидів становить кілька мільйонів тонн CO₂, якщо не більше.

Врахування такого «витоку» може нівелювати скорочення викидів в Україні — якщо не повністю, то значну їх частку.

Війна також підриває можливості інвестування у проекти та ініціативи з адаптації до зміни клімату та пом'якшення її наслідків. Інвестиції, необхідні для переходу до низьковуглецевої економіки відповідно до затвердженого Національного визначеного внеску України (НВВ), оцінювалися в 102 млрд євро на період до 2030 року⁸³. При цьому прямі збитки, завдані інфраструктурі України під час війни, станом на кінець березня 2023 року вже сягнули 63 млрд дол. США, а загальні економічні втрати України від війни з урахуванням непрямих втрат (падіння ВВП, припинення інвестицій, відтік робочої сили, додаткові витрати на оборону та соціальну підтримку тощо) коливаються від 543 до 600 млрд дол. США⁸⁴. Десятки мільярдів доларів, які можна було б витратити на скорочення викидів ПГ на мільйони тонн CO₂ екв., тепер будуть потрібні для післявоєнної реконструкції та відбудови, щоб відновити довоєнний рівень економічної діяльності.

82. Викиди CO₂, зумовлені споживанням у ЄС, у 2019 році становили 6,8 тони на душу населення. Це охоплює 1,6 тони на душу населення прямих викидів приватними домогосподарствами (наприклад, для опалення та приватного транспорту) та 5,2 тони на душу населення опосередкованих викидів, утворених вздовж виробничих ланцюгів кінцевої продукції, що була спожита чи в яку інвестували в ЄС-27. Останнє здебільшого — 4,1 тони на душу населення — є результатом внутрішньої виробничої діяльності, фактично розташованої в ЄС-27. Детальніше див.: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Greenhouse_gas_emission_statistics_-_carbon_footprints#Carbon_dioxide_emissions_associated_with_EU_consumption

83. Уряд схвалив цілі кліматичної політики України до 2030 року, <https://www.kmu.gov.ua/news/uryad-shvaliv-cili-klimatichnoyi-politiki-ukrayini-do-2030-roku>

84. Прямі збитки, нанесені інфраструктурі України в ході війни, складають майже \$63 млрд. Загальні втрати економіки \$543-600 млрд, <https://kse.ua/ua/about-the-school/news/zbitki-naneseni-infrastrukturi-ukrayini-v-hodi-viyni-skladayut-mayzhe-63-mlrd/>

Кейс: Викиди від споживання енергії

Вплив російського вторгнення на споживання енергії можна оцінити через зміну в споживанні викопних джерел палива. Попит на енергоносії значно впав через зниження економічної активності, міграцію та втрату контролю над територіями.

У секторі електроенергії через війну споживання скоротилось більш як на третину. Цьому сприяв ряд факторів: зниження економічної активності, знищення комерційних об'єктів, зниження попиту через перебої з постачанням та зниження попиту через міграцію. Блекаути, спричинені невпинними ракетними обстрілами з жовтня 2022 року, призвели до подальшого падіння споживання електроенергії та змусили деяких споживачів перейти на генератори, автономні від мережі.

Зміни в джерелах електропостачання були зумовлені втратою контролю над електростанціями в зонах бойових дій і ракетними ударами, які тимчасово вивели з ладу деякі електростанції. У поєднанні зі зниженням попиту та зміною погодинного навантаження структура виробництва електроенергії на електростанціях у 2022 році змінилася. За нашими оцінками, частка теплової генерації у виробництві електроенергії зменшилась із 30,3% у 2021 році до 27,2% у 2022 році. Якщо порівнювати з прогнозом балансу електроенергії на 2022 рік, то це зниження ще відчутніше: з очікуваних 33,3% до 27,2%, або на 6,1 відсоткових пунктів. Це призвело до зміни викидів від сектору електроенергетики.

Щоб визначити вплив російського вторгнення на викиди в секторі електроенергетики, ми оцінюємо зміни на початкових етапах виробництва електроенергії, коли вугілля та газ спалюються на теплових електростанціях. Далі розрахункове виробництво електроенергії тепловими електростанціями⁸⁵ порівнюється із базовим припущенням на 2022 рік, представленим прогнозним балансом електроенергії на 2022 рік, затвердженим Міністерством енергетики⁸⁶. Ми порівнюємо лише останні 10 місяців 2022 року з базовим рівнем, аби виключити потенційні розбіжності між прогнозними й фактичними даними за січень-лютий 2022 року⁸⁷, які не пов'язані з війною. Для репрезентативних цілей ми не враховуємо споживання електроенергії в металургії, яке оцінюється окремо.

Ми також враховуємо споживання енергії домогосподарствами, які переїхали з України в інші країни, припускаючи, що за кордоном вони споживають такі ж обсяги електроенергії, як і в Україні. Ми використовували дані Агентства ООН у справах біженців (УВКБ ООН) стосовно чисельності українських біженців, які проживають у країнах Європи⁸⁸, щоб розподілити споживання електроенергії, що «мігрувала», по кожній країні. Далі визначається додатковий обсяг електроенергії, який має бути вироблений у кожній енергосистемі, щоб покрити додатковий попит, в тому числі додаткові втрати у мережі⁸⁹. Для кожної з країн⁹⁰ застосовано коефіцієнти викидів CO₂, щоб отримати загальні викиди, пов'язані з українськими мігрантами, які споживають електроенергію поза межами України.

85. <https://gmk.center/ua/news/metalurgi-ukraini-u-2022-roci-skorotili-spozivannya-elektroenergii-na-52-r-r/>

86. <https://vse.energy/balance-ee-2022>

87. <https://map.ua-energy.org/uk/resources/8998f2ed-379f-4fa9-9076-88782b32ee4f/>

88. <https://data.unhcr.org/en/situations/ukraine>

89. <https://www.ceer.eu/documents/104400/-/-/fd4178b4-ed00-6d06-5f4b-8b87d630b060>

90. https://www.carbonfootprint.com/docs/2023_02_emissions_factors_sources_for_2022_electricity_v10.pdf

Загалом падіння попиту на електроенергію через російське вторгнення призвело до скорочення викидів CO₂ на 16,9 млн тонн порівняно з базовими очікуваннями (без урахування споживання в металургії).

У газовому секторі, за нашими оцінками, споживання також впало на 23% проти 2021 року. Зменшенню сприяло зниження економічної діяльності, знищення металургійних комбінатів, скорочення побутового споживання, а також зменшення попиту на централізоване опалення.

Щоб визначити вплив російського вторгнення на викиди в газовому секторі, ми оцінюємо зміну попиту кінцевих споживачів на природний газ, коли газ спалюється. Ми використовуємо історичні дані щодо постачання газу з газотранспортної системи до кінцевих споживачів та розподільних мереж, опубліковані раніше Оператором газотранспортної системи України⁹¹. Далі ми оцінюємо зміну попиту в 2022 році на основі загальнодоступних даних про падіння попиту. Зміна викидів від спалювання природного газу внаслідок воєнних дій є різницею між базовим попитом на газ (взято на рівні 2021 року) та розрахунковим попитом за 2022 рік. Ці цифри коригуються на споживання газу тепловими електростанціями, яке вже враховано в секторі електроенергетики, та споживання в металургійній промисловості.

Ми також враховуємо споживання енергії домогосподарствами, які переїхали з України в інші країни, припускаючи, що вони споживають за кордоном такі ж обсяги природного газу, як і в Україні. За нашими оцінками, в інших країнах українські мігранти спалюють природний газ тієї ж якості та з таким самим коефіцієнтом викидів.

Загалом падіння попиту на природний газ через російське вторгнення призвело до скорочення викидів CO₂ на 6,2 млн тонн порівняно з базовими очікуваннями (без урахування споживання в металургії).

Що стосується **нафтопродуктів**, наш звіт охоплює розрахункові викиди, зумовлені покриттям попиту на електроенергію невеликими генераторами під час блекаутів, а також викиди, спричинені нафтопродуктами, згорілими внаслідок ракетних обстрілів нафтобаз і АЗС.

Попит малих генераторів на бензин і дизельне паливо визначено на основі аналізу незалежної консультаційної групи A-95⁹², і перевірено за допомогою наших власних оцінок щодо кількості імпортованих у 2022 році генераторів та ряду припущень щодо інтенсивності їх використання. Наші розрахунки базуються на даних із відкритих джерел – різних публікаціях у ЗМІ, – щоб оцінити загальну доступну електропотужність дизельних і бензинових генераторів за жовтень-грудень 2022 року. Генератори використовувались під час блекаутів, які відбувались нерівномірно по країні та могли тривати від 1–2 годин до 4–8 годин у деяких регіонах. Бензинові генератори зазвичай мають меншу потужність, до 10 кВт, і використовуються для енергозабезпечення житлових приміщень або на малих підприємствах протягом обмеженої кількості робочих годин. Дизельні генератори здебільшого більш потужні й використовуються середнім бізнесом (бізнес-центри, готелі, промислові процеси тощо), а також лікарнями, комунальними підприємствами та іншими об'єктами громадської інфраструктури. Зазвичай вони ефективніші, виробляють менше викидів і працюють довше.

91. <https://tsoua.com/prozorist/test-platformy/>

92. https://enkorrr.ua/uk/news/aktivne_vikoristannya_generatorv_ne_prizvede_do_destablzac_palivnogo_rinku_a-95/253194

Попри уявлення, що обсяги електроенергії, заміненої автономними генераторами, мають бути значними, насправді внесок останніх у загальні викиди таким не є. Тим не менш, викиди на МВт-год електроенергії, виробленої малими дизельними та бензиновими генераторами, в 2,6 рази перевищували середні викиди при виробництві електроенергії у 2022 році в Україні. За нашими оцінками, електроенергія, вироблена невеликими генераторами, становила близько 2,4% генерації в жовтні, 3,5% у листопаді та близько 5,5% у грудні 2022 року, або близько 1% проти усього виробництва 2022 року.

Дані про згорілі нафтобази та АЗС взято з офіційної платформи Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України ЕкоЗагроза⁹³.

Загалом додатковий попит на нафтопродукти, разом із втратою запасів нафтопродуктів через російське вторгнення, призвів до зростання викидів CO₂ на 1,1 млн тонн.

Загальні зміни у споживанні енергії, спричинені російським вторгненням, зумовили чисте скорочення викидів на 21,9 млн тонн CO₂ екв.

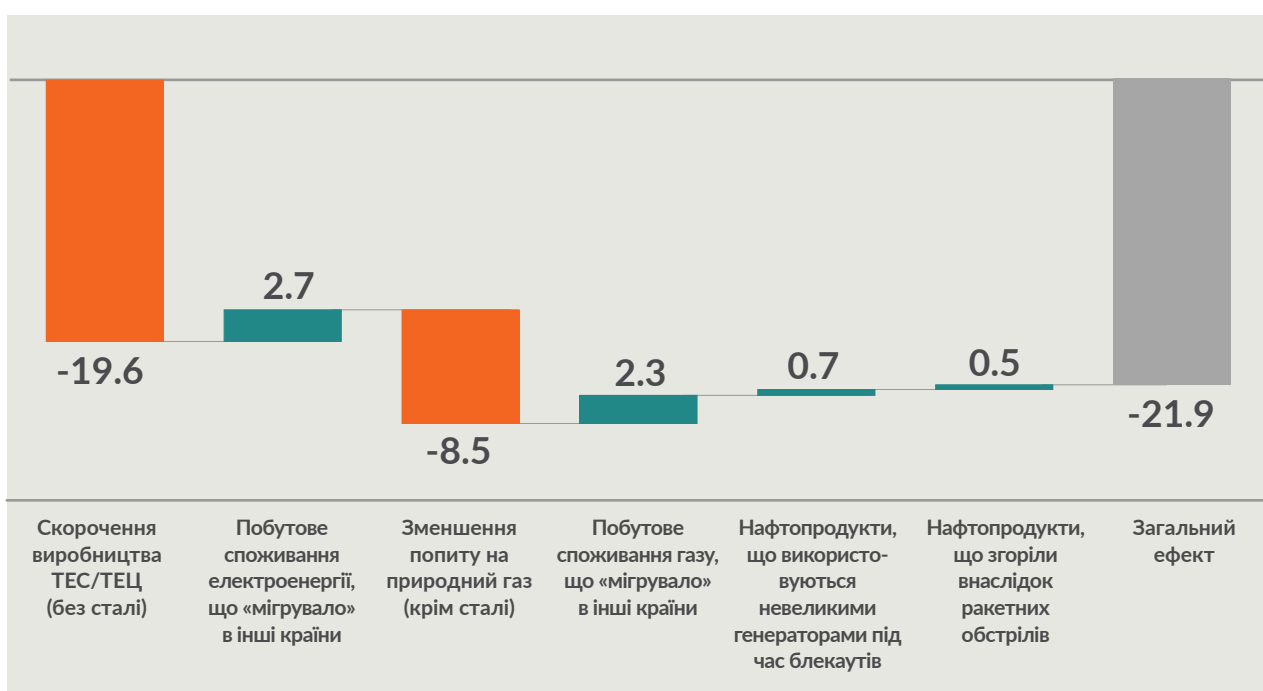


Рисунок 20. Викиди CO₂ екв. в енергетиці, млн тонн

93. <https://ecozagroza.gov.ua/>

9. ВИСНОВКИ ТА ПОДАЛЬШІ КРОКИ

Повномасштабне вторгнення Російської Федерації в Україну триває уже другий рік. Чимало житлових кварталів і різні промислові підприємства були пошкоджені чи повністю зруйновані, а Росія продовжує завдавати ударів по цивільних об'єктах. Починаючи з жовтня минулого року, під особливий удар потрапила енергетична та водна інфраструктура, аби ще більше ускладнити умови життя в Україні взимку (проте їм це не вдалося).

Вплив цієї війни є значним насамперед в Україні, проте наслідки можуть відчуватись і за її межами — починаючи від мільйонів українців, які шукають прихистку в Європі, до Росії, що намагається використовувати газ як зброю, щоб послабити Європу. Енергетична криза, що виникла внаслідок такої ситуації, посилила загрозову кризу вартості життя в Європі та навіть спричинила блекаути в деяких країнах Азії.

Оскільки світова економіка все ще покладається на викопне паливо, такі збурення безпосередньо впливають на викиди ПГ. У нашій першій оцінці ми розглянули найбільш очевидні впливи на викиди ПГ, як-от викиди внаслідок війни, викиди внаслідок лісових пожеж і пересування біженців та ВПО, а також викиди внаслідок післявоєнної відбудови. Через зимові умови (менше пожеж) і обмежений рух лінії фронту (менше руйнувань) рівень викидів вуглецю був нижчим, ніж на ранніх етапах війни. Деякі коригування раніше наданих даних зумовили певні виправлення. Викиди від бойових дій не припинялися.

У цьому першому оновленні звіту було розглянуто два нових сектори впливу, обидва з яких географічно розташовані не в Україні. Було оцінено вплив війни на європейський енергетичний сектор (газ і енергетика) й виявлено, що деякі впливи збільшували викиди, а інші — зменшували, нівелюючи одне одного (тобто вплив на викиди незначний). Через закриття російського повітряного простору довгими стали авіамаршрути між містами Європи та Азії.

Війна є руйнівною для української економіки: промисловість поблизу лінії фронту розбита, 30% населення переміщено, велика частка робочої сили воює проти російських військ, а перебої з електроенергією призводили до зупинок економіки взимку. Очевидно, що скорочення економіки зумовлює скорочення викидів. Але, як стверджується у відповідному розділі, велика частка цих викидів просто перемістилася за кордон — або безпосередньо через українців, які проживають за кордоном, чи виробництво експортної продукції (сталі), яку перебирають інші виробники, або через імпорт продукції (гуманітарна допомога та продукти харчування) в Україну.

У таблиці нижче наведено огляд викидів ПГ чотирьох секторів, дані по яких ми оновили, і двох нових секторів. Подібно до нашого першого звіту, тут також містяться одноразові викиди від саботажу газопроводів «Північний потік-1» і «Північний потік-2»⁹⁴.

94. The possible climate effect of the gas leaks from the Nord Stream 1 and Nord Stream 2 pipelines, Danish Energy Agency, <https://ens.dk/en/press/possible-climate-effect-gas-leaks-nord-stream-1-and-nord-stream-2-pipelines>

СЕКТОР	ВИКИДИ ЗА 12 МІСЯЦІВ, млн тон CO ₂ екв.	ЧАСТКА (%)
Бойові дії	21.9	19
Пожежі	17.7	15
Переміщення біженців	2.7	2
Цивільна авіація	12	10
Відбудова цивільної інфра-структури	50.2	42
Витік із трубопроводів «Пів-нічний потік-1» і «Північний потік-2»	14.6	12
Європейський енергетичний сектор	nihil	0
РАЗОМ	119	100

Таблиця 14: Огляд викидів ПГ за 12 місяців війни

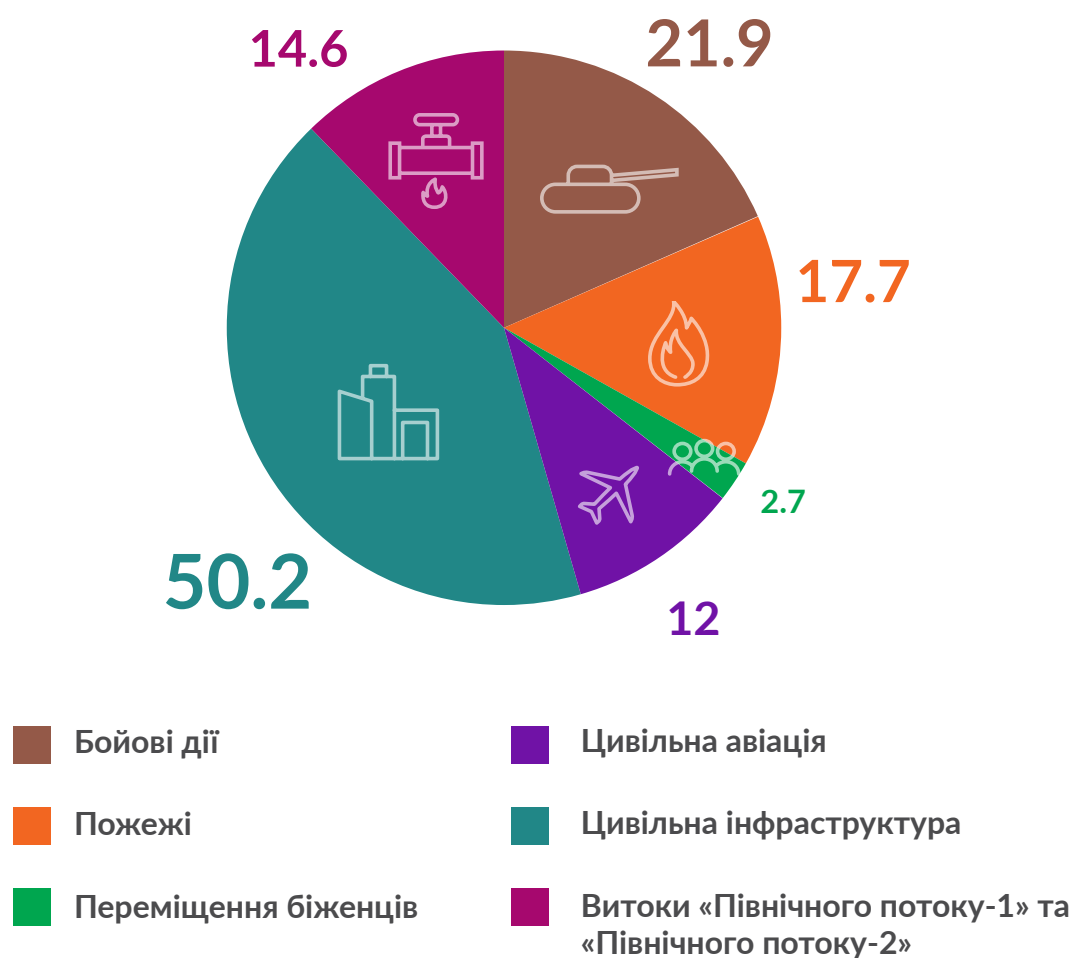


Рисунок 21: Розподіл викидів ПГ за 12 місяців війни, млн тонн CO₂ екв.

Як видно з таблиці і рисунка вище, найбільша частка викидів припадає на відбудову цивільної інфраструктури – майже половина загального обсягу викидів. Майже 20% викидів зумовлюється бойовими діями, а викиди від пожеж як у лісах, так і в населених пунктах, становлять до 15%. Цікаво, що витіки із газопроводів «Північний потік-1» і «Північний потік-2» призвели до викиду значних обсягів природного газу (який складається з метану, потужного парникового газу), що спричинило значні викиди ПГ, обсяги яких майже дорівнюють викидам від пожеж.

Після дванадцяти місяців повномасштабної війни загальні викиди складають приблизно такий же обсяг, який щорічно викидає Бельгія.

Російське вторгнення в Україну матиме довготривалий вплив на зміну клімату та викиди ПГ. Вже зараз у Європі спостерігається прискорення переходу до відновлюваної енергетики та переосмислення ролі природного газу як перехідного палива. Війна в Україні також може призвести до зміни політики в багатьох країнах Європи та світу.

Україна прагне долучитися до такої “зеленої” трансформації під час післявоєнного відновлення. Україна розуміє, що такий перехід необхідний для приєднання до Європейського Союзу. Однак, окрім переваг для довкілля, українці усвідомили, що енергетичні системи, які не залежать від викопного палива, посилюють національну безпеку і цей безпековий аргумент буде потужним драйвером у процесі прийняття політичних рішень в Україні⁹⁵.

Перехід може відбуватися лише тоді, коли територіальна цілісність України буде відновлена і Україна увійде до європейської безпекової архітектури. Довгострокова стабільність необхідна для інвестицій у “зелений” перехід. Призупинення бойових дій та заморожування війни у тривалий конфлікт може призвести лише до короткострокового полегшення в частині вуглецевих викидів. Однак, у довгостроковій перспективі це буде згубним для клімату, оскільки Україна буде змушена фокусувати увагу на збільшенні мілітаризації економіки та суспільства замість впровадження “зелених” трансформацій.

Подальші кроки: Закриття прогалів

Обсяги і повнота оцінки розширилися, як порівняти з початковим звітом, однак і вона розглядає не всі впливи на клімат. Приклади додаткових джерел викидів ПГ, спричинених війною Росії в Україні, такі:

- знищення інших резервуарів вуглецю, ніж ті, що пов’язані з великими пожежами, зокрема нестале використання та знищення біомаси (як-от лісів, захисних смуг вздовж полів тощо) для опалення і будівництва укріплень та інших потреб, пошкодження дерев та іншої рослинності внаслідок вибухів та інших впливів (наприклад, внаслідок прямого механічного пошкодження та створення умов для подальшого поширення шкідників);

95. Accelerating the green transition is a matter of national security for Ukraine, says German Galushchenko, Governmental Portal of Ukraine, accessed 20 May 2023, <https://www.kmu.gov.ua/en/news/herman-halushchenko-pryskorennia-zelenoho-perekhodu-pytannia-natsionalnoi-bezpeky-ukrainy>

- згоряння різноманітних товарів внаслідок обстрілів промислових об'єктів і логістичних центрів (як-от харчових продуктів, хімічної продукції, різноманітних будівельних матеріалів, склопластикових композитних виробів тощо), а також викиди, пов'язані з атаками на агропромислові об'єкти⁹⁶, зокрема знищення азотних мінеральних добрив;
- інші джерела викидів, пов'язані з руйнуванням інфраструктури, як-от витік елегазу (SF₆) з пошкоджених та зруйнованих електричних трансформаторів, викиди HFC та PFC від засобів пожежогасіння тощо;
- вуглецевий слід, зумовлений постачанням і розподілом гуманітарної допомоги.

Наступні кроки: Військові викиди за межами України

Досі наша оцінка викидів, зумовлених воєнними діями, зосереджувалась на викидах, безпосередньо пов'язаних із діями Росії як агресора та Україною, яка захищає свою територіальну цілісність. Вплив викидів ПГ виходить за межі географічних кордонів України, як було показано на прикладі зміни маршрутів цивільної авіації. Активізація військової авіації спостерігається і за межами України. Так, НАТО збільшили кількість спостережних польотів уздовж свого східного кордону⁹⁷. Також частина важкої військової техніки, що надається Україні для захисту від російської агресії, постачається повітряним транспортом через Атлантичний океан⁹⁸.

Довгостроковим наслідком вторгнення Росії є переозброєння Європи: агресія Росії показала, що мир на європейському континенті не можна сприймати як даність. Навіть коли ця війна закінчиться, Європа постане перед питанням послабленої безпеки і буде змушена захищати свою демократію та цінності від недружнього сусіда на сході. Перші ознаки зростання військових витрат уже задокументовані⁹⁹ та призведуть до значного збільшення кількості використовуваних платформ, а також навчання, тренувань і патрулювання, що, врешті, призведе до зростання попиту на паливо та викидів ПГ.

Оновлене оцінювання також підкреслює важливість обліку військових викидів за допомогою загальних міжнародно визнаних систем. Як зазначено в Оцінці зміни клімату та її впливу на безпеку НАТО¹⁰⁰, зміна клімату вже стала «мультиплікатором загрози», і її вплив буде посилюватися, виявляючи нові сфери стратегічної конкуренції та породжуючи нові конфлікти щодо доступу до ресурсів. Хоча існує певний простір для підвищення енергоефективності та використання відновлюваних джерел енергії військовими, пріоритетною залишатиметься воєнна ефективність. Тому моніторинг викидів ПГ, зумовлених воєнними діями, є важливим для можливості керувати таким потенційно значним впливом на зміну клімату та відстежувати досягнення цілей скорочення викидів, коли Європа прагне на планетарному рівні досягти нульових чистих викидів вуглецю до 2050 року.

96. Research: Bombing of agro-industry in Ukraine poses serious environmental health risks, <https://paxforpeace.nl/news/overview/research-bombing-of-agro-industry-in-ukraine-poses-serious-environmental-health-risks>

97. NATO deploys AWACS surveillance jets to Romania, NATO, <https://ac.nato.int/archive/2022/nato-awacs-to-ROU>

98. RAF transport aircraft flies Canadian Military Assistance supplies to Europe for Ukraine, RAF, <https://www.raf.mod.uk/news/articles/raf-transport-aircraft-flies-canadian-military-assistance-supplies-to-europe-for-ukraine/>

99. World military expenditure reaches new record high as European spending surges, SIPRI, <https://www.sipri.org/media/press-release/2023/world-military-expenditure-reaches-new-record-high-european-spending-surges>

100. NATO releases its Climate Change and Security Impact Assessment, https://www.nato.int/cps/en/natohq/news_197241.htm

Подальші кроки: “зелене” відновлення та кліматичне фінансування

Оновлене оцінювання засвідчило значні обсяги викидів ПГ, які можуть виникнути внаслідок післявоєнної відбудови. Водночас такий масштаб впливу виявляє потенціал мінімізації шкоди клімату в разі застосування сталих і низьковуглецевих технологій і матеріалів для відбудови.

«Вуглецевий слід» матеріалів є найважливішим джерелом викидів, пов'язаних із будівельним сектором, який часто ігнорується при оцінці вуглецевих викидів та потенційного скорочення викидів ПГ. «Вуглецевий слід» містить, зокрема, викиди ПГ, що виділяються під час видобутку, виробництва, транспортування та збирання матеріалів, що використовуються для будівництва, а отже, вплив залежить від вибору таких матеріалів і технологій. Вплив, пов'язаний із «вуглецевим слідом», виникає під час будівництва та реконструкції і потім його не можна зменшити, що підкреслює важливість проєктних рішень на ранніх етапах.



Рисунок 22: Можливості скорочення «вуглецевого сліду» на етапі проєктування.

Джерело: HM Treasure: Infrastructure Carbon Review, 2013

Порівняння коефіцієнтів викидів для багатоквартирних будинків у межах типової забудови в регіоні (тобто 575 кг CO₂/м² для Центральної та Східної Європи) із сучасними технологіями та стандартами свідчить про значний потенціал скорочення викидів. П'ять європейських країн (Данія, Фінляндія, Франція, Нідерланди та Швеція) нещодавно запровадили нормативи щодо викидів вуглецю за весь термін служби, що стосуються як експлуатаційних викидів, так і «вуглецевого сліду» матеріалів. У Франції, наприклад, стандарт передбачає скорочення «вуглецевого сліду» до 490 кг CO₂ екв./м² з 2031 року¹⁰¹. Беручи до уваги різницю в 15% і масштаб відбудови, потенційні скорочення викидів за допомогою низьковуглецевих технологій порівняно

101. Embodied carbon: What it is and how to tackle it, <https://www.gresb.com/nl-en/embodied-carbon-what-it-is-and-how-to-tackle-it/>

з використанням типових будівельних матеріалів з високим вмістом вуглецю можна оцінити в мільйони тонн CO₂ екв. Використання місцевих матеріалів і розвиток локальних ланцюгів постачання також сприятиме відновленню економіки та створенню робочих місць.

Ринкові інструменти, подібно до тих, що визначені статтею 6 Паризької угоди, могли б створити основу для спрямування додаткової міжнародної підтримки на заходи з відбудови у формі кліматичного фінансування. Розробка таких програм вимагає підтвердження зацікавленості з боку потенційних партнерів і покупців, широких консультацій із зацікавленими сторонами та створення відповідних систем вимірювання, звітування та верифікації (MRV). Відповідно до наявних стандартів і програм, для будівельного сектору вже є методики, які можуть стати основою та джерелом натхнення для розробки майбутніх програм і оцінки скорочення викидів вуглецю. На рівні міста або регіону програми слід розробляти за участю зацікавлених сторін, зокрема міжнародних фінансових організацій і партнерів з розвитку. Такі програми можуть передбачати створення локальних ланцюгів постачання для виробництва будівельних матеріалів, що додатково зменшить вплив на клімат і сприятиме відновленню економіки. Також слід вивчати та вводити в національне законодавство потенційно необхідні допоміжні політичні заходи.

Наступні кроки: судові процеси щодо завданої клімату шкоди

Україна разом зі своїми міжнародними партнерами прагне притягнути Російську Федерацію до відповідальності за її акт агресії, зокрема за шкоду, завдану довкіллю¹⁰². В рамках постконфліктних репарацій уже є прецеденти розгляду заподіяної довкіллю шкоди, як-от компенсація, виплачена Іраком після вторгнення в Кувейт — за рішенням Компенсаційної комісії ООН¹⁰³. Це підтверджує важливість комплексного документування екологічної шкоди та збору доказів. Очікуючи на майбутні судові процеси, Україна реєструє всі збитки, завдані країні, разом зі збитками, завданими українському довкіллю¹⁰⁴.

Додаткові викиди ПГ шкодять клімату. Судові процеси щодо шкоди клімату, зокрема внаслідок військового конфлікту, — terra incognita. Від початку 2000-х правові рамки для боротьби зі зміною клімату стають все доступнішими через законодавство, і все більше судових справ створюють міжнародний звід законів, поєднуючи кліматичні заходи з правовими проблемами, пов'язаними з конституційним, адміністративним і приватним правом, законом про захист прав споживачів чи правами людини¹⁰⁵. У наступному оновленому звіті ми розглянемо, зокрема, відповідні механізми в рамках мирних договорів і практики Міжнародного суду ООН і Компенсаційної комісії ООН. Оскільки кліматична шкода впливає не лише на Україну, а й на клімат усієї планети, ми досліджуватимемо, які сторони, окрім України, можуть мати право подати позов у зв'язку з актом агресії Росії.

102. Environmental accountability, justice and reconstruction in the Russian war on Ukraine, SIPRI, <https://www.sipri.org/commentary/topical-backgrounder/2023/environmental-accountability-justice-and-reconstruction-russian-war-ukraine>

103. United Nations Compensation Commission, <https://uncc.ch/state-kuwait>

104. Див. дашборд Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, <https://ecozagroza.gov.ua/>

105. Climate change litigation, Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Climate_change_litigation#:~:text=Climate%20litigation%20typically%20engages%20in,other%20organizations%20for%20negligence%2C%20nuisance%2C

ДОДАТОК:
Методологічні компоненти

Ключові поняття

Адаптовано з «Основ звітності про викиди парникових газів військового сектору», запропонованих СЕОBS

Військові викиди ПГ – всі джерела прямих і непрямих викидів ПГ, пов'язаних із військовими операціями та веденням бойових дій.

Прямі викиди ПГ зі Сфери 1 – викиди ПГ, пов'язані з експлуатацією військових об'єктів, використанням техніки, використанням та утилізацією боєприпасів, а також витоками.

Непрямі викиди ПГ зі Сфери 2 – викиди від використання закупленої енергії.

Операційні викиди охоплюють джерела викидів зі Сфер 1 і 2; їх можна розділити на стаціонарні та пересувні джерела викидів.

Інші непрямі викиди ПГ зі Сфери 3 (викиди від ланцюгів постачання) – викиди від розгалужених і складних ланцюгів постачання, зокрема викиди, пов'язані з використанням основних фондів, придбаних товарів і послуг, веденням будівельно-монтажних робіт та інших джерел.

Викиди ПГ протягом життєвого циклу – всі операційні викиди та викиди від ланцюгів постачання.

Інші непрямі викиди ПГ, пов'язані з військовим сектором (Сфера 3 плюс) – викиди, пов'язані з військовими операціями та веденням бойових дій, зокрема викиди від спалювання бункерного палива, незафіксовані в рамках Сфери 1 або 2, викиди від будівництва в районі ведення операцій, викиди від ландшафтних пожеж, пожеж та пошкоджень інфраструктури (наприклад, витік метану), викиди, пов'язані з поводженням та утилізацією уламків, деградацією ґрунтів, змінами у землекористуванні, потребами у відновленні довкілля, медичним обслуговуванням, переміщенням людей та гуманітарною допомогою, а також реконструкцією після конфліктів (іноді їх називають «вуглецевим слідом» військових).

ВОЄННІ ДІЇ:

Етапи війни та вплив на клімат



Друга половина 2021 –
24 лютого 2022

ПІДГОТОВЧИЙ ЕТАП

Переміщення військової техніки та військових із баз постійної дислокації до бази зосередження поблизу кордонів України. Навчання й нарощування сил.



ВПЛИВ НА КЛІМАТ



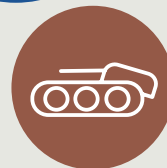
24 лютого –
середина квітня 2022

ПОВНО- МАСШТАБНЕ ВТОРГНЕННЯ

Повітряні удари, ракетні атаки та наземне вторгнення з декількох напрямків. Переміщення сотень танків та іншої військової техніки, рух вантажівок, літаків та гелікоптерів. Окупація українських територій на півночі, сході та півдні. Опір з боку Збройних Сил України, груп територіальної оборони, інших підрозділів і волонтерів. Контрнаступ і звільнення територій на півночі України (Київська, Чернігівська та Сумська області) і відносна стабілізація лінії фронту в інших областях.



ВПЛИВ НА КЛІМАТ



2

ФАЗА

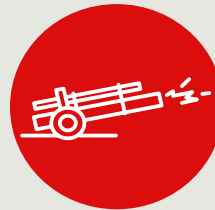
середина квітня –
червень 2022

ФОКУС НА СХІДНОМУ ФРОНТІ

Передислокація російських військ на східний фронт та зосередження зусиль на окупації Донецької та Луганської областей України. Масові бомбардування та руйнування Маріуполя. Окупація додаткових територій на сході України. Продовження ракетних атак на українські міста. Звільнення Україною додаткових територій у Харківській області та острова Зміїний у Чорному морі.



ВПЛИВ НА КЛІМАТ



3

ФАЗА

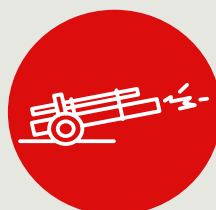
липень –
вересень 2022

СТАБІЛІЗАЦІЯ ФРОНТУ ТА ПОЧАТОК УКРАЇНСЬКОГО КОНТРНАСТУПУ

Відносна стабілізація фронту на сході України. Знищення складів і логістичних вузлів Збройними Силами України. Український контрнаступ у Херсонській та Харківській областях з незначними здобутками на півдні та звільнення майже всієї Харківської області. Саботаж на нафтогоні «Північний потік». Значний вплив на економіку та логістику та перенаправлення зернових та інших видів вантажів на автотранспорт через тривалу блокаду українських морських портів.



ВПЛИВ НА КЛІМАТ



4

ФАЗА

жовтень –
листопад 2022

ПРОДОВЖЕННЯ УКРАЇНСЬКОГО КОНТРНАСТУПУ

Мобілізація додаткових людських ресурсів і техніки російськими збройними силами. Масштабні атаки на енергетичну інфраструктуру України. Часткова руйнація Кримського мосту з серйозними наслідками для російської логістики на півдні України. Звільнення Херсона та частини Херсонської області на правому березі Дніпра. Руйнування теплозабезпечення, енергетичної та іншої інфраструктури російською армією перед відходом.



ВПЛИВ НА КЛІМАТ



5

ФАЗА

грудень 2022 –
січень 2023

СТАБІЛІЗАЦІЯ ФРОНТУ

Відносна стабілізація ліній фронту, але серйозні бої на сході України. Поступове знищення техніки та складів на півдні України Збройними Силами України. Повторювані атаки на енергетичну інфраструктуру України. Широке використання дизельних і бензинових генераторів через тривалі та часті періоди підключення електроенергії. Обстріли й ракетні атаки на українські міста.



ВПЛИВ НА КЛІМАТ



6

ФАЗА

лютий 2023 –
квітень 2023

ВІДНОВЛЕННЯ НАСТУПУ

Хоча лінія фронту лишалася відносно стабільною, російські сили відновили регулярні атаки на сході України з незначними територіальними здобутками. Застосування артилерії стало менш інтенсивним і зосередилось на кількох напрямках із найзапеклішими боями. Безперерйне постачання електроенергії було переважно відновлено в середині лютого. Обстріли й ракетні атаки на українські міста.



ВПЛИВ НА КЛІМАТ



Умовні позначення



викиди від споживання палива під час операційних переміщень військової техніки та іншої допоміжної техніки



викиди від споживання палива для транспортування боєприпасів, палива, продуктів, медикаментів та інших вантажів



викиди від виробництва та використання артилерійських снарядів, ракет, боєприпасів та вибухівки



викиди, пов'язані із виробництвом знищеної та пошкодженої військової техніки



викиди, пов'язані із відбудовою цивільної інфраструктури (будинків, доріг, мостів, аеропортів, електростанцій, тощо)



викиди, пов'язані із пожежами в лісах та інших екосистемах, а також пожежами в населених пунктах



викиди, пов'язані із масовим переміщенням біженців із регіонів бойових дій на західну Україну та в Європу



викиди від спалювання бензину та дизельного палива в генераторах

Воєнні дії: Огляд досліджень, що оцінюють викиди внаслідок діяльності військових дій

Існує низка наукових досліджень, що намагаються оцінити викиди, пов'язані з бойовими діями та збройними силами в різних країнах і на планетарному рівні.

Наприклад, нещодавнє дослідження глобальних військових викидів¹⁰⁶ виявило приголомшливий рівень світових вуглецевих викидів, зумовлених військовими, що становить 2 750 млн тонн CO₂ екв. або 5,5% усіх викидів на планеті. Ця цифра охоплює експлуатаційні викиди, що дорівнюють 500 млн тоннам CO₂ екв. або 1% усіх світових викидів ПГ, і викиди від ланцюгів постачання, на які припадає решта. Під час дослідження використовувалася низка припущень на основі аналізу даних про військові викиди США, Сполученого Королівства та деяких країн ЄС. Базові дані містили припущення щодо:

- постійних експлуатаційних викидів на одного військовослужбовця (напр., як для України, так і для Росії на одного військового за припущеннями припадає 12,0 тонн CO₂ екв. за аналогією із США);
- кількості активних військовослужбовців;
- співвідношення експлуатаційних викидів між мобільними джерелами (використання авіації, морських суден, наземного транспорту) і стаціонарними джерелами (між 0,7 та 2,6 залежно від рівня залежності від авіації та морських сил); мультиплікатора ланцюга постачання, що фіксує викиди від масштабних і складних ланцюгів постачання, які складають значну частку вуглецевих викидів збройних сил(припускається, що він становить 5,8).

Велика кількість припущень, варіацій та екстраполяцій, що стосуються регіонального й світового рівня, обмежують точність будь-яких глобальних розрахунків. Втім, такі оцінки можуть слугувати орієнтовним показником глобальних військових викидів.

Для Норвегії¹⁰⁷ викиди парникових газів від оборонного сектору із урахуванням всього життєвого циклу оцінюється на рівні 0,8 млн тонн CO₂ екв., що відповідає приблизно 1,1% національних викидів (розрахованих на основі обсягів споживання). Використання палива для роботи військової техніки та систем (транспортних засобів, кораблів та авіації) є найбільшим фактором викидів ПГ у секторі та, за оцінками, відповідає за приблизно 31% викидів. Проте головним фактором загальних викидів було визнано постачання різноманітних матеріалів та продуктів (68%); при цьому вважається, що найбільший вплив мають будівлі та будівництво, зокрема «вуглецевий слід» будівельних матеріалів (18% від загального обсягу); закупівля товарів і матеріалів, необхідних для операційних цілей (12%); а також закупівля активів, необхідних для перевезень і транспортних послуг, пов'язаних із бізнес-подорожами, особливо авіа-подорожами (8% і 7%, відповідно).

106. Stuart Parkinson, Scientists for Global Responsibility (SGR) with Linsey Cottrell, Conflict and Environment Observatory (CEOBS). Estimating the Military's Global Greenhouse Gas Emissions, <https://www.sgr.org.uk/publications/estimating-military-s-global-greenhouse-gas-emissions>

107. Magnus Sparrevik, Simon Utstøl, Assessing life cycle greenhouse gas emissions in the Norwegian defence sector for climate change mitigation, Journal of Cleaner Production, Volume 248, 2020, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619340661>

У 2017–2018 фінансовому році, у межах військово-промислового сектору Сполученого Королівства, викиди виробників військового обладнання та інших постачальників Міністерства оборони становили орієнтовно 6,5 млн тонн CO₂ екв. Якщо застосувати підхід до підрахунку викидів на основі споживання (тобто враховуючи всі викиди життєвого циклу), орієнтовні викиди ПГ зростають приблизно до 11 млн тонн CO₂ екв.¹⁰⁸. Оцінки викидів збройних сил охоплюють викиди від нерухомості (військові бази та цивільні споруди) й техніки (морські судна, авіація та наземний транспорт) і складають понад 3 млн тонн CO₂ екв., або майже половину всіх виробничих викидів військово-промислового сектору. Викиди військової / оборонної промисловості Сполученого Королівства (зокрема від робіт та експорту, орієнтованих на Міністерство оборони) були оцінені приблизно в 1,5 млн тонн CO₂ екв. Решта викидів припадає на ланцюг постачання в межах Сполученого Королівства (елементи ланцюга постачання поза СК не враховувались). Загальні виробничі викиди склали понад 1,4% загальних національних викидів.

Вуглецеві викиди, пов'язані із військовими видатками Європейського Союзу в 2019 році, склали приблизно 24,8 млн тонн CO₂ екв.¹⁰⁹. Оцінка базувалась на аналізі даних викидів ПГ для об'єднаних секторів збройних сил і військових технологій шести країн, які були об'єктом дослідження (Франція, Німеччина, Італія, Нідерланди, Польща й Іспанія), та екстраполяції результатів на ЄС у цілому. Розрахункове значення відповідає понад 0,7% викидів ПГ у ЄС, проте автори звіту підкреслюють, що через брак даних, оцінка має вважатися консервативною.

Що стосується США, то за консервативними оцінками, військові викиди у період 2001–2018 фінансових років становили 1 267 млн тонн CO₂ екв. Викиди від операцій у надзвичайних ситуаціях за кордоном (пов'язані з війною викиди від операцій в основних зонах ведення воєнних дій, зокрема в Афганістані, Пакистані, Іраку та Сирії) становили орієнтовно понад 440 млн тонн CO₂ екв., або приблизно 35% від усіх викидів¹¹⁰. Середнє річне значення упродовж цих 18 років становить 70,4 млн тонн CO₂ екв., зокрема 24,4 млн тонн CO₂ екв. у середньому від операцій у надзвичайних ситуаціях за кордоном. Загальне значення відповідає приблизно 1% середніх викидів ПГ США за цей період¹¹¹, проте ці оцінки не враховують викиди, пов'язані з ланцюгом постачання. Викиди, враховані в оцінці, охоплюють експлуатаційне споживання енергії військовим транспортом, технікою і платформами (приблизно 70% споживання енергії), а також споживання енергії (електроенергія, природний газ та інші) військовими об'єктами (приблизно 30% споживання енергії). У межах експлуатаційного споживання енергії приблизно 70% спожитого палива зазвичай припадає на реактивне паливо, що використовується військовою авіацією, тоді як іншу значну частину — до 20% — складає дизель. Хоча споживання палива певною мірою обумовлене умовами ведення бойових дій, воно все одно використовується переважно всередині країни, тож армія США була б найбільшим інституційним споживачем нафти у світі навіть без ведення операцій з використанням нафтопродуктів за кордоном¹¹².

108. The environmental impacts of the UK military sector, <https://www.sgr.org.uk/publications/environmental-impacts-uk-military-sector>

109. Under the radar. The carbon footprint of Europe's military sector. A scoping study, https://ceobs.org/wp-content/uploads/2021/02/Under-the-radar_the-carbon-footprint-of-the-EUs-military-sectors.pdf

110. Pentagon Fuel Use, Climate Change, and the Costs of War. Neta C. Crawford, Boston University, <https://watson.brown.edu/costsofwar/files/cow/imce/papers/Pentagon%20Fuel%20Use%2C%20Climate%20Change%20and%20the%20Costs%20of%20War%20Revised%20November%202019%20Crawford.pdf>

111. GHG data are available at the EPA web-site <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks> and the average value during 2001-2018 is about 7 billion tCO₂e.

112. Hidden carbon costs of the "everywhere war": Logistics, geopolitical ecology, and the carbon boot-print of the US military, Oliver Belcher, Patrick Bigger, Ben Neimark, Cara Kennelly, <https://doi.org/10.1111/tran.12319>

Бойові дії: Де згорає паливо? Висхідна оцінка витрат палива

Оцінка споживання палива на основі висхідного підходу дуже складна і, ймовірно, неможлива без детального вивчення військових логістичних систем і військових операцій, що проводяться під час війни. Такі оцінки потребують повної інформації про типи та кількість задіяної самохідної військової техніки, типові схеми роботи ключових типів військової техніки (наприклад, відстань, пройдена за день, відсоток часу, коли техніка задіяна в активних операціях тощо), а також витрати палива конкретною технікою. Для цілей цього оцінювання були визначені індикативні цифри щодо авіаційної та наземної військової техніки, щоб продемонструвати масштаб споживання різними системами.

Споживання палива авіацією

Авіація часто вважається єдиним основним споживачем палива під час бойових дій. Однак під час вторгнення Росії в Україну авіація використовується обмежено, і, ймовірно, тому на неї припадає невелика частка викидів ПГ від споживання палива. Відповідно до всебічного аналізу використання авіації під час війни, проведеного RUSI¹¹³, для дій в Україні Росія розгорнула сили з близько 350 сучасних бойових літаків. Інтенсивність, цілі й напрямки застосування авіації в різні періоди війни були різними. На початку вторгнення «фронтний бомбардувальник» Су-34 і багатоцільові винищувачі Су-30СМ і Су-35С здійснювали близько 140 бойових вильотів на добу дальністю до 300 км всередині території України, вражаючи українську авіацію та наземні цілі за маршрутами вторгнення. Згодом дії української ППО зробили російські операції на середній та великій висоті надто небезпечними на київському та харківському напрямках, і пріоритет використання авіації змінився на підтримку сухопутних військ і потужне бомбардування українських міст (наприклад, Чернігова, Сум, Харкова, Маріуполя тощо). Через постійні втрати повітряні операції часто проводились у районі лінії фронту й без входу в контрольований Україною повітряний простір. Починаючи з вересня 2022 року, завдяки успішному українському контрнаступу в Херсонській і Харківській областях, російська авіація все більше змушена була займати оборонну позицію. Повітряно-космічні сили Росії розділили українсько-російські напрямки на вісім зон, у кожній з яких вони регулярно розміщують пару винищувачів Су-35С або перехоплювачів Міг-31БМ Мікоян, що вимагає щонайменше 96 вильотів на день. Окрім авіації, для ударів по землі Росія активно використовує гелікоптери (Ка-52 «Алігатор», Мі-28, Мі-24/35). Протягом перших днів вторгнення ударні вертольоти супроводжували транспортні вертольоти Мі-8/17, що перевозили повітряно-десантні війська, а також, протягом перших місяців війни, виконували вильоти на низькій висоті на відстань до 50 км вглиб контрольованої Україною території. Зазнавши значних втрат на початку повномасштабної війни, з квітня по липень російські вертольоти брали участь майже виключно в атаках некерованими ракетами з-за лінії російського фронту під час російського наступу на Донбасі, а також, із вересня, в оборонних операціях проти українських контрнаступальних сил на Херсонщині та Харківщині.

113. Royal United Services Institute for Defence and Security Studies. Justin Bronk with Nick Reynolds and Jack Watling, The Russian Air War and Ukrainian Requirements for Air Defence, <https://static.rusi.org/SR-Russian-Air-War-Ukraine-web-final.pdf>

За іншими даними, кількість вильотів на початкових етапах війни була ще більшою і досягала 200¹¹⁴ – 300¹¹⁵ вильотів на добу, але до кінця 2022 року скоротилася до десятків вильотів на добу. У липні 2022 року командування ВПС України ЗСУ повідомили, що кількість вильотів оперативної авіації Росії перевищила 6 400¹¹⁶ (в середньому близько 50 вильотів на добу). Втім російські джерела повідомляли про 34 000 вильотів, здійснених у період із лютого по жовтень 2022 року із середнім значенням близько 150 вильотів на добу¹¹⁷.

Для порівняння, на початку війни українська авіація здійснювала 5–10 вильотів на добу¹¹⁸, а за перший рік війни винищувачі здійснили понад 5 300 вильотів¹¹⁹ (у середньому приблизно 15 вильотів на добу).

Крім винищувачів і вертольотів, під час війни для ракетних пусків активно використовуються стратегічні бомбардувальники. Ракети стратегічних бомбардувальників — це Х-101, Х-555/ 55СМ і Х-22/32. Станом на початок 2023 року, від початку війни, по Україні було випущено 824 таких ракет¹²⁰. У 2023 році (станом на 28 квітня) під час п'яти хвиль атак стратегічні бомбардувальники запустили додатково 132 ракети, що довело їх загальну кількість до 956 ракет. Кількість пусків за один виліт залежить від типу задіяного стратегічного бомбардувальника, типів використовуваних ракет, навантаження озброєння на борту та інших факторів (наприклад, Ту-95МС може нести шість або вісім ракет залежно від їх типу¹²²). Кількість пусків, однак, може бути значно меншою за максимальну вантажопідйомність. Так, під час атаки 9 березня 7 Ту-22М3 і 10 стратегічних бомбардувальників Ту-95МС випустили 34 ракети (тобто в середньому по дві ракети на літак). Крім того, значна кількість вильотів може здійснюватись без пусків — як у навчальних цілях, так і з метою імітації пусків для інших цілей. Для цілей цього аналізу було застосовано припущення про загальну кількість у 1 000 вильотів стратегічних бомбардувальників.

114. Pentagon highlights the way the Ukrainians organized air defense during the war with Russia, <https://mil.in.ua/en/news/pentagon-highlights-the-way-the-ukrainians-organized-air-defense-during-the-war-with-russia/>

115. Defence Intelligence, <https://twitter.com/DefenceHQ/status/1599656741381328896>

116. Понад 70 % російських некерованих снарядів та керованих авіаракет не досягають цілей, <https://armyinform.com.ua/2022/07/07/ponad-70-rosijskyh-nekerovanyh-snaryadiv-ta-kerovanyh-aviaraket-ne-dosyagayut-czilej/>

117. Despite Modernization Drive, Russia's Air Force Struggles for Superiority in Ukraine, <https://www.themoscowtimes.com/2022/10/25/despite-modernization-drive-russias-air-force-struggles-for-superiority-in-ukraine-a79158>

118. Pentagon highlights the way the Ukrainians organized air defense during the war with Russia, <https://mil.in.ua/en/news/pentagon-highlights-the-way-the-ukrainians-organized-air-defense-during-the-war-with-russia/>

119. Командування Повітряних Сил ЗСУ, <https://www.facebook.com/kpszsus/posts/pfbid0Yu8ga2bNGzkVmqDA5Co5YMxa2qViwncJH8FBB1jrNZEfwwXxNFRmSGiCfRezVUwGI>

120. Див. інфографіку, поширену Міністром оборони, <https://twitter.com/oleksiireznikov/status/1611449870040109058>

121. Див. <https://twitter.com/MassDara/status/1634300311744438272> для оцінок станом на 10 березня 2023 року. 28 квітня 2023 року було запущено 23 ракети.

122. What Is Special About the Tu-95MS Strategic Bomber, And Why This Aircraft Is Chosen For Strikes On Ukraine, https://en.defence-ua.com/analysis/what_is_special_about_the_tu_95ms_strategic_bomber_and_why_this_aircraft_is_chosen_for_strikes_on_ukraine-5261.html

ПАРАМЕТРИ	ВИНИЩУВАЧІ	СТРАТЕГІЧНІ БОМБАРДУВАЛЬНИКИ	ВЕРТОЛЬОТИ
Кількість ви-льотів	100 вильотів на добу	1 000 вильотів усьо-го	50 вильотів на добу
Відстань за виліт	1 000 км	2 000 км	200 км
Коментар	Орієнтовний радіус дії — 500 км (відстань від основних авіабаз до українського кордону — 200–300 км, бойова дальність — >1000 км)	Припущення зроблене на основі приблизної відстані від баз до типових районів запуску (близько 1000 км)	Припущення зроблене виходячи з необхідності захисту тимчасових пунктів базування від ударів далекобійною високоточною артилерією (на 100+ км)
Питома витрата палива ¹²³	5,6 л/км	10,1 л/км	3,2 кг/км
Розрахункова витрата палива на виліт	4442 кг (тобто приблизно 40% внутрішнього запасу палива Су-34)	16 044 кг (тобто приблизно 20% внутрішнього запасу палива обсягом у 84 т для Ту-95МС)	647 кг (тобто приблизно 40% внутрішнього запасу палива Ка-52)
Витрата палива	163 916 тонн	16 044 тонни	11 928 тонн

Таблиця 15. Орієнтовні дані про авіаційну діяльність і розрахункове споживання палива*

* Усі припущення є індикативними й зроблені задля демонстрації потенційних обсягів споживання палива

Загальне споживання палива авіацією на основі обмежених доступних даних та індикативних припущень, описаних вище, оцінюється приблизно в 192 000 тонн, тоді як відповідні викиди ПГ становлять приблизно 604 000 тонн. Це дорівнює менш ніж 10% загального розрахункового споживання палива для військових операцій під час війни, що можна пояснити відносно обмеженим використанням авіації під час цієї війни.

123. На основі даних для аналогічних літаків США (тобто значення для винищувача-бомбардувальника F-35 використовувались як орієнтовні для винищувачів, а значення для бомбардувальника B-2 — як орієнтовні для стратегічних бомбардувальників; значення були переведені в л/км). Див. Neta C. Crawford, Pentagon Fuel Use, Climate Change, and the Costs of War, <https://watson.brown.edu/costsofwar/files/cow/imce/papers/Pentagon%20Fuel%20Use%2C%20Climate%20Change%20and%20the%20Costs%20of%20War%20Revised%20November%202019%20Crawford.pdf>; припущення щодо витрат палива вертольотами здійснено на основі внутрішнього завантаження паливом і дальності польоту вертольота Ка-52 (див. <https://weaponsystems.net/system/494-Kamov+Ka-52+Alligator>)

Споживання палива наземною технікою

Лева частка палива споживається сухопутними військами; однак дуже складно повністю і чітко визначити, на що саме йде більша частина палива.

Навіть на оперативному рівні оцінити споживання палива непросто через значну різноманітність типів транспортних засобів, рівня споживання, рельєфу місцевості та годин використання, і тому потрібен детальний аналіз схем маневру, застосованих під час операцій¹²⁴. Для великомасштабної війни це ще складніше зробити через великі обсяги задіяних сил і значну кількість різноманітних оборонних і наступальних операцій, що проводяться на різних ділянках фронту в різні періоди часу.

Збройні сили Росії, які брали участь у війні, принаймні на початкових етапах були організовані в батальйонні тактичні групи (БТГ), які формуються в полках і бригадах як напівпостійні оперативні групи, здатні діяти і вести бойові дії самостійно протягом декількох днів. БТГ складається із мотострілецького батальйону або танкового батальйону з різним складом бойового забезпечення залежно від поставлених завдань.

Найпоширенішим варіантом БТГ є мотострілецький батальйон із приданою танковою ротою, гаубичним самохідним дивізіоном, взводом ППО, інженерно-саперною бригадою та логістичними одиницями. БТГ розроблялися так, аби вони могли працювати на великій відстані від баз і мати значні логістичні засоби, зокрема автомобільний транспорт (для великих вантажів, палива та води), можливості технічного обслуговування, евакуації транспортних засобів тощо. Більшість БТГ мають по 700–800 осіб особового складу, але деякі — близько 900. Залежно від тяжкості бою, БТГ, ймовірно, можуть витримати 1–3 дні в бойових умовах, перш ніж їм знадобиться додаткова логістична підтримка. Перша БТГ 200-ї ОМСБр налічувала понад 60 одиниць бронетехніки, понад 70 одиниць колісної техніки для перевезення людей і вантажів, близько 30 логістичних одиниць (наприклад, автоцистерни АТМЗ-5,5 та/або Ац-7,0, технічні та ремонтні машини, пересувні кухні тощо), понад 20 різних артилерійських машин (самохідні гаубиці, машини РСЗВ, машини управління та керування вогнем, бойові машини підтримки), понад 10 інженерних машин, близько 10 машин зв'язку та інших машин (медична, радіоелектронна боротьба тощо) — загалом понад 200 одиниць техніки, яка потребує палива для пересування та роботи¹²⁵.

Типові структури БТГ мають меншу кількість техніки й транспортних засобів, якими БТГ користується. Загальна їх кількість коливається у межах 122–142 одиниць техніки, зокрема іноді дві, а зазвичай три–п'ять, автоцистерни для палива¹²⁶.

За оцінками, палива, яке перевозить БТГ, вистачає для однієї заправки й підтримки бойових дій протягом одного дня. Російські логістичні канали мають постачати пальне понад 100 БТГ та ще й ряду парамілітарних груп¹²⁷.

124. Michael Johnson and Lt. Col. Brent Coryell, Logistics forecasting and estimates in the brigade combat team, <https://alu.army.mil/alog/2016/NOVDEC16/PDF/176881.pdf>. Показники для помірного клімату були переведені в літри.

125. Getting to Know the Russian Battalion Tactical Group, <https://rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/getting-know-russian-battalion-tactical-group>

126. Див. типові структури БТГ на <https://www.globalsecurity.org/military/world/russia/army-btg.htm> and <https://www.thefivecoatconsultinggroup.com/the-coronavirus-crisis/ukraine-context-d60>. Як зазначалося вище, типовий розмір паливного танкера становить 5,5 або 7 м³.

127. Ukrainian Military Is Targeting Russian Fuel Supply Lines As Winter Approaches, <https://www.forbes.com/sites/vikrammittal/2022/12/11/ukrainian-military-is-targeting-russian-fuel-supply-lines-as-winter-approaches/?sh=3e3b43353e2d>

Великі обсяги палива витрачаються під час виконання бойових маршів БТГ і маневрування під час наступальних і оборонних операцій (наприклад, охоплення, оточення, прориву, лобової атаки, ухилення)¹²⁸.

ДАНІ	1 БТГ	100 БТГ	150 БТГ
Паливо в паливних цистернах, т ¹²⁹	24	2,400	3,600
Річна витрата палива із щоденною заправкою, т	8,760	876,000	1,314,000
Річна витрата палива із заправкою через день, т	4,380	438,000	657,000

Таблиця 16. Розрахункове споживання палива БТГ*

* Усі припущення є індикативними й зроблені задля демонстрації потенційних обсягів споживання палива

Залежно від припущень про кількість БТГ, задіяних у вторгнення в різні періоди, їх структуру та оснащення, а також частоту поповнення запасів палива, річна потреба в паливі коливатиметься в межах 0,4–1,3 млн тонн.

Танки та БМП є найбільшими споживачами палива на полі бою. Кожна БТГ може мати близько 10 танків і 40 БМП¹³⁰, а у випадку 150 БТГ, задіяних у бою, ця кількість зростає до щонайменше 1 500 танків і 6 000 БМП на полі бою. Для порівняння, згідно зі списком Орух станом на квітень 2023 року, візуально підтверджені втрати техніки для Росії охоплюють, зокрема, 1 905 танків і 3 151 БМП і БМП разом¹³¹.

Витрата палива військовою технікою суттєво залежить від конкретних умов маневрування та відповідної середньої швидкості. Характеристики техніки часто містять запас ходу в кілометрах, який техніка здатна проїхати, використовуючи пальне з власного повного паливного баку під час руху по дорозі з твердим покриттям. Маневрування на польових дорогах значно збільшує витрату палива та зменшує середню швидкість і запас ходу. Складніші умови маневрування ще більше знижують швидкість і збільшують витрату палива в два-три рази порівняно з витратами на дорогах із твердим покриттям¹³².

Варто зазначити, що танки і бронемашини споживають пальне не тільки під час маневру в бою, а й під час простою. За деякими оцінками, під час простою транспортних засобів витрачається приблизно 10–14% спожитого палива (для роботи датчиків, систем зв'язку та інших засобів підтримки на майданчиках), і під час наземних бойових дій армії ці періоди простою можуть бути тривалими. Так, деяким транспортним засобам потрібно декілька хвилин, щоб прогрітися, перш ніж вони зможуть рухатися, а оскільки несподівані ворожі засідки чи артилерійський вогонь часто становлять загрозу, безпечніше, щоб двигун продовжував працювати, а не глушити його, коли транспорт стоїть¹³³. Крім того, старі танки та бойові броньовані машини не мають допоміжних блоків живлення для підзарядки акумуляторів, тому періодично потрібно запускати основні двигуни.

128. Márk Takács, Short Study: Describing the Major Features of the Russian Battalion Tactical Group, <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/aarms/article/view/5045/4782>

129. Assumed based on the average number of four fuel tankers of a BTG (28 m3 of fuel or approximately 24 tonnes). Corresponds to daily fuel consumption with daily refuelling cycle.

130. Nicolas J. Fiore, Defeating the Russian Battalion Tactical Group, <https://www.benning.army.mil/Armor/eARMOR/content/issues/2017/Spring/ARMOR%20Spring%202017%20edition.pdf>

131. Attack On Europe: Documenting Russian Equipment Losses During The 2022 Russian Invasion Of Ukraine, <https://www.oryxspioenkop.com/2022/02/attack-on-europe-documenting-equipment.html>

132. В.В. Брехин, В.С. Дорогин, С.В. Дорогин, Е.В. Калинина-Иванова, Приближенная оценка расхода топлива и запаса хода ВГМ. «Вестник бронетанковой техники». 1991. № 2.

133. Endy M. Daehner, John Matsumura, Thomas J. Herbert, Jeremy R. Kurz, Keith Walters, Integrating Operational Energy Implications into System-Level Combat Effects Modeling. Assessing the Combat Effectiveness and Fuel Use of ABCT 2020 and Current ABCT, https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR879.html

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ОСНОВНИЙ БОЙОВИЙ ТАНК Т-72Б3	БОЙОВА МАШИНА ПІХОТИ БМП-2
Вага, тонн	46.5	14.3
Обсяг внутрішнього паливного баку, л	1,200	462
Витрата палива на дорогах із твердим покриттям, л/100 км	240	77
Запас ходу по дорогах із твердим покриттям, км	500	600
Витрата палива на польових дорогах, л/100 км	260-450	80-110
Запас ходу по польових до-рогах, км	270-460	420-575

Таблиця 17. Ефективність використання палива типовою військовою технікою¹³⁴

Окрім транспортних засобів і техніки, що входять до складу БТГ, існують також інші споживачі палива, зокрема транспортні засоби, залучені до логістичних операцій за межами фронту (на додаток до логістичних одиниць БТГ).

У військовій літературі іноді вживають поняття бойових «зубів» армії і допоміжного логістичного «хвоста». Розмір і потреби «зубів» бойових сил безпосередньо впливають на розмір і потреби «хвоста», що здійснює забезпечення. Елементи забезпечення бойових підрозділів вимагають регулярного поповнення запасів уздовж «хвоста» для підтримки військових дій¹³⁵.

Для армії США з 1945 року частка «хвоста» постійно зростала, тоді як частка «зубів» зменшувалась як відсоток від загального обсягу сил (наприклад, з 39% у 1945 році в межах військових дій у Європі до 28% у 2005 році в Іраку). Частки логістики та забезпечення зросли до майже трьох чвертей активних сухопутних сил^{136, 137}.

Хоча співвідношення «зубів» до «хвоста» буде різним для кожної армії та операції, важливий висновок полягає в тому, що «хвіст» логістичного забезпечення зазвичай більший, ніж бойові «зуби». Якщо застосовувати співвідношення 3 до 1, то на кожен мільйон тонн палива, спаленого бойовими «зубами», потрібно додатково три мільйони тонн для логістичного «хвоста». Звичайно, це дуже індикативні цифри, проте вони все ж демонструють масштаб потенційного попиту на паливо.

134. За матеріалами: T-72B3 Fourth generation T-72 tank, <https://weaponsystems.net/system/1410-T-72B3>; BMP-2, <https://weaponsystems.net/system/329-BMP-2>

135. Samaras, Constantine; Nuttall, William J.; Bazilian, Morgan (2019), Energy and the military: Convergence of security, economic, and environmental decision-making, Carnegie Mellon University, Journal contribution, <https://doi.org/10.1184/R1/10087334.v1>

136. James M. Berry, The 'Tooth-to-Tail' Ratio and Modern Army Logistics, <https://dalecentersouthernmiss.wordpress.com/2021/11/03/the-tooth-to-tail-ratio-and-modern-army-logistics/>

137. John J. McGrath, The Other End of the Spear: The Tooth-to-Tail Ratio (T3R) in Modern Military Operations, <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA472467.pdf>

Викиди від використання боєприпасів

<p>ФУНКЦІОНАЛЬНА ОДИНИЦЯ – АРТИЛЕРІЙСЬКИЙ СНАРЯД</p>	<p>Загальна маса боєприпасів калібру 152/155 мм для різних типів снарядів становить від 42,6 до 46,9 кг, а маса вибухової речовини – від 5,85 до 11,30 кг (не враховуючи ваги пропеленту)¹⁸. Артилерійські боєприпаси (постріли) складаються з бойової частини, пропеленту (метального заряду) та детонатора. Типовий боєприпас калібру 155 мм, щодо якого підготовлено звіт із оцінки впливу на довкілля протягом життєвого циклу, має загальну вагу 77 кг разом із контейнером:</p> <ul style="list-style-type: none"> • бойова частина – 44,5 кг, зокрема 35,5 кг сталеві оболонки та 8,5 кг вибухової речовини складу В; • пропеленту (метального заряду) – 9,67 кг, зокрема 9,5 кг триосновного пороху; • детонатор – 1 кг; • сталевий контейнер – 22 кг (багаторазовий). <p>Інформація про вуглецевий слід інших типів артилерійських боєприпасів (152-мм і 122-мм снарядів, що використовуються Росією) відсутня, і тому оцінка базується на даних для типових 155-мм боєприпасів.</p>
<p>ВИКИДИ ВІД ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ</p>	<p>Вплив на глобальне потепління енергетичних матеріалів, що використовуються у вибухових речовинах, коливається від 5,06 до 42,4 кг CO₂ екв. на кг матеріалу, причому більшість оцінок становить від 5,06 до 12,9 кг CO₂ екв. на кг матеріалу (зокрема, 5,06 кг CO₂ екв. для тротилу, 6,53 кг CO₂ екв. для нітроцелюлози, 8,59 кг CO₂ екв. для гексогену)¹⁹. Для вибухової речовини складу В, яка зазвичай використовується в артилерійських снарядах та інших боєприпасах (стандартний склад включає 59,5% гексогену, 39,4% тротилу та 1% флегматизованого парафіну), середньозважений вплив на глобальне потепління становитиме 7,1 кг CO₂ екв. на кг матеріалу.</p>
<p>ВИКИДИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ СНАРЯДІВ</p>	<p>Отже, вуглецевий слід матеріалів, що використовуються для виготовлення 155-мм снарядів, становить 136 кг CO₂ екв. і складається з:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 60,35 кг CO₂ екв. для виготовлення вибухової речовини складу В; • 75,62 кг CO₂ екв. для виготовлення сталевих корпусу²⁰.
<p>ВИКИДИ В МОМЕНТ ПОСТРІЛУ</p>	<p>Викиди вуглекислого газу в момент пострілу (пов'язані з типовим 155-мм боєприпасом) становлять 2,74 кг CO₂ екв.</p>
<p>ВИКИДИ ПІД ЧАС ДЕТОНАЦІЇ</p>	<p>Викиди вуглекислого газу під час детонації (пов'язані з типовим 155-мм боєприпасом) становлять 0,19 кг CO₂ екв. на один 155-мм снаряд.</p>

Таблиця 18: конкретні коефіцієнти викидів, що стосуються боєприпасів

* Explosive weapon effects – final report, GICHD, Geneva, February 2017, <http://characterisationexplosiveweapons.org/studies/annex-b-152-155-artillery-version/>

** Carlos Miguel Baptista Ferreira, Extended environmental Life-cycle assessment of munitions: Addressing chemical toxicity hazard on human health, <https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/42309/4/Extended%20environmental%20life-cycle%20assessment%20of%20munitions%3A%20addressing%20chemical%20toxicity%20hazard%20on%20human%20health.pdf>

*** Assuming emission factor of 2.13 kg CO₂e per kg from ICE Database (cradle to gate, A1-A3 modules), embodied carbon value for Steel seamless tube, World average. <https://circularecology.com/embodied-carbon-footprint-database.html>

Дані про фортифікаційні споруди

Станом на початок квітня 2023 року, за результатами аналізу супутникових знімків, загальна протяжність ідентифікованих фортифікаційних споруд становила 2 837 км.

Вони охоплюють 4 081 об'єкт (4 075 об'єктів полілінійного типу загальною довжиною 2 837 391 м або 2 837 км та 6 об'єктів полігонального типу загальною площею 2 501 991 м² або 2,5 км²). Усі об'єкти можна ідентифікувати та добре розрізнити на супутникових знімках Sentinel-2 L2A за мінімальної ширини траншеї 150 см.

Ідентифікацію проводили в періоди ясної погоди та відсутності хмар і опадів, як показано в таблиці нижче.

АДМІНІСТРАТИВНИЙ РЕГІОН	OBSERVATION PERIODS
Харківська область	2023-03-14, 2023-01-23
Луганська область	2022-10-15, 2022-12-19, 2023-01-03, 2023-01-11, 2023-01-23, 2023-03-14
Донецька область	2022-11-29, 2022-12-19, 2023-01-03, 2023-01-08, 2023-01-11, 2023-01-23, 2023-01-26, 2023-03-14
Запорізька область	2022-12-22, 2023-01-03, 2023-01-08, 2023-01-11, 2023-01-26, 2023-02-07, 2023-03-02, 2023-03-14, 2023-03-22
Херсонська область	2022-11-15, 2022-12-22, 2022-12-30, 2023-01-21, 2023-02-03, 2023-02-08, 2023-02-13, 2023-02-20, 2023-02-23, 2023-02-25, 2023-03-27
Автономна Республіка Крим	2023-01-01, 2023-01-11, 2023-01-16, 2023-01-21, 2023-02-20, 2023-02-25, 2023-03-05, 2023-03-22, 2023-03-27
Регіони Росії (Белгородська, Курська, Брянська області)	2023-01-11, 2023-01-23, 2023-01-24, 2023-01-26, 2023-03-14, 2023-03-15, 2023-03-18

Використані інструменти::

- EO Browser <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>; manual <https://www.sentinel-hub.com/explore/eobrowser/user-guide/>
- Google My maps <https://www.google.com/maps/d/u/0/>; manual <https://support.google.com/mymaps/?hl=en#topic=3188329>
- QGIS <https://qgis.org/ru/site/forusers/download.html>; manual https://docs.qgis.org/3.28/ru/docs/user_manual/index.html

Приклад аналізу наведено для наступної локації:

Запорізька область, Україна, широта: 47,21901, довгота: 35,50734

Дата супутникового знімка: 22.12.2022. URL-адреса Sentinel HUB:

https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/?zoom=14&lat=47.21901&lng=35.50734&themeld=DEFAULT-THEME&visualizationUrl=https%3A%2F%2Fservices.sentinel-hub.com%2Fogc%2Fwms%2Fbd86bcc0-f318-402b-a145-015f85b9427e&datasetId=S2L2A&fromTime=2022-12-22T00%3A00%3A00.000Z&toTime=2022-12-22T23%3A59%3A59.999Z&layerId=1_TRUE_COLOR&gain=1.7&demSource3D=%22MAPZEN%22

Крок 1 - Фрагмент супутникового знімка з Sentinel hub



Крок 2 – Відповідні векторні лінії на Картах Google (зображення) після векторизації



Крок 3 – Відповідні векторні лінії на Картах Google (карта) після векторизації



Лінії «зубів дракона»

Загальна довжина першої лінії «зубів дракона» на сході України, як озвучувалося, мала сягнути 200 км, з яких близько 12 км, як повідомлялося, було встановлено ще в жовтні 2022 року¹³⁹. Проте з того часу надходили дані про встановлення таких перешкод у багатьох інших місцях, зокрема в Белгородській області Росії, Херсонській, Запорізькій і Луганській областях і в Криму.

У Криму, наприклад, лінії укріплень із «зубами дракона» встановили біля усіх основних доріг на в'їзді на півострів, зокрема й дороги, що з'єднує Крим із Росією через Керченський міст.

Три лінії «зубів дракона» були встановлені на вузькій ділянці між Керченським

півостровом і основною частиною Кримського півострова, що простягається на понад 20 км між Азовським і Чорним морями¹⁴⁰. Подібні рубежі оборони були встановлені біля села Медведівка на північному сході півострова вздовж дороги E105, де ширина суші між водами Сиваша становить близько 3 км. У західній частині Криму біля села Вітіно були споруджені багатокілометрові укріплення, зокрема ділянки із «зубами дракона». Безліч «зубів дракона» також видно на супутникових знімках на північ від міста Армянськ на півночі Криму, де ширина смуги суші між Сивашем і Чорним морем становить близько 9 км. Крім того, вздовж Північно-Кримського каналу, зокрема біля сіл Маслове та Новоіванівка, встановлено додаткові оборонні рубежі

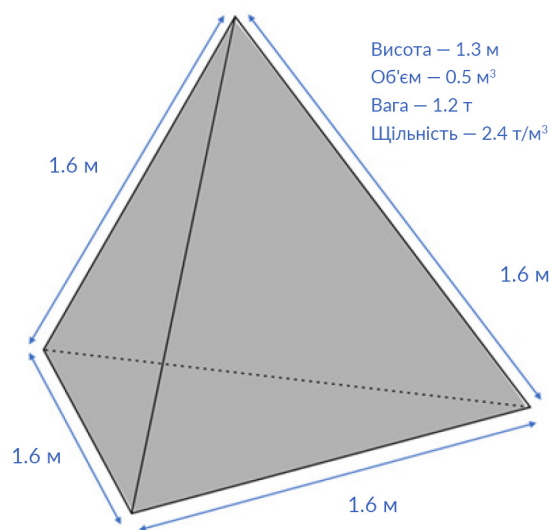


Рисунок 23. Параметри бетонних тетраедрів, які використовуються як протитанкові укріплення «зуби дракона»¹³⁸

138. На основі зображення тетраедра, доступного на <http://pl.wikibooks.org/wiki/Wikipedysta:PDD>. Похідна робота: Marek M, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>

139. Satellite photos reveal fortification plans in Russia-occupied Ukraine: Analysts, <https://abcnews.go.com/International/satellite-photos-reveal-fortification-plans-russia-occupied-ukraine/story?id=91734319>

140. Протитанкові «зуби дракона» на сході Криму продовжують до Чорного моря (фото), <https://ua.krymr.com/a/news-zuby-drakona-krym/32347585.html>

з бетонними пірамідами¹⁴¹. Укріплення будуються у кілька ешелонів; так, що стосується території на південь від Армянська, між Армянськом і містом Красноперекопськ на супутникових знімках можна побачити додаткову лінію «зубів дракона»¹⁴². Тож лише в Криму довжина фортифікаційних ліній із «зубами дракона» сягає десятків кілометрів.

У Запорізькій області лінії «зубів дракона» були помічені на північ від м. Токмак, навколо аеропорту «Бердянськ» на північ від м. Бердянськ¹⁴³, на північ від м. Михайлівка¹⁴⁴ та в інших місцях. У Луганській і Донецькій областях «зуби дракона» були помічені на північ від м. Кремінна в напрямку м. Сватове, на північ від м. Сватове, а також біля м. Гірське та на північ від м. Соледар (протяжністю понад 5 км)¹⁴⁵.

Журналістське розслідування показало, що з листопада 2022 року пірамідальні бетонні конструкції, що використовуються для спорудження ліній захисту у вигляді «зубів дракона», у величезних обсягах вироблялись щонайменше на шести заводах у Білорусі. Згідно з розслідуванням, підприємства, розташовані в Гомельській області, отримували замовлення на виготовлення 20 000–30 000 одиниць бетонних пірамід¹⁴⁶. Повідомляється також про початок виробництва таких пірамід у Криму — обсягом 5 000 одиниць на місяць¹⁴⁷. Подібні лінії виробництва були також запуснені в Росії на потужностях виробників бетону та інших будівельних компаній. Лише на двох заводах обсяг виробництва, як повідомляється, сягав 6 000 і 15 000 одиниць на місяць, однак є й інші виробники з потужністю в тисячі одиниць на місяць¹⁴⁸.

141. A web of trenches shows Russia fears losing Crimea, <https://www.washingtonpost.com/world/interactive/2023/ukraine-russia-crimea-battle-trenches/>

142. Brady Africk, <https://twitter.com/bradyafr/status/1645754948297138176/photo/1>

143. Див. візуальне підтвердження, надане Брейді Афіком: <https://twitter.com/bradyafr/status/1645105992508612608>; Russian field fortifications in Ukraine. Satellite imagery shows trenches and barriers span the front line in Ukraine, <https://read.bradyafrick.com/p/russian-field-fortifications-in-ukraine>

144. Див.: https://twitter.com/Tatarigami_UA/status/1645651237415575553

145. Див. візуальне підтвердження, надане Брейді Афіком: Russian field fortifications in Ukraine. Satellite imagery shows trenches and barriers span the front line in Ukraine, <https://read.bradyafrick.com/p/russian-field-fortifications-in-ukraine>; <https://twitter.com/bradyafr/status/1654640871974002688/photo/1>; <https://twitter.com/bradyafr/status/1654859814328217600>

146. Расследование: «Зубы дракона» выпускают минимум 6 белорусских предприятий, и ими укрепляют границу в Брянской области, РФ, <https://motolko.help/ru-news/zuby-drakona-vypuskayut-minimum-na-6-i-belarusskih-predpriyatiah-imi-ukrepyayut-graniczu-v-bryanskoj-oblasti-rf/>

147. В окупованому Криму почали випускати протитанкові загородження, <https://www.pravda.com.ua/eng/news/2022/11/29/7378476/>

148. “Мы сейчас только с Мелитополем работаем. Все в том районе”. Как Россия возводит укрепления на оккупированных территориях Украины, <https://www.bbc.com/russian/features-64055785>

Дані про «вуглецевий слід» військової техніки

Індикативні припущення, використані дані та результати представлені в таблицях нижче

Втрати російської техніки

Техніка	Індикативна вага, т	Індикативний «вуглецевий слід», т	Кількість знищеної техніки	Кількість пошкодженої техніки	Індикативна вага знищеної техніки, т	Індикативна вага пошкодженої техніки, т	Викиди, тонн CO ₂ екв.
Танки	40	240	1,165	101	46,600	4,040	284,448
Броньовані бойові машини піхоти	8	48	523	17	4,184	136	25,267
Бойові машини піхоти	14	84	1,505	72	21,070	1,008	127,630
Бронетранспортери	11	66	193	8	2,123	88	12,844
Бронеавтомобілі	6	36	131	4	786	24	4,745
Самохідна артилерія	27	162	259	16	6,993	432	42,476
Реактивні системи залпового вогню	14	84	130	5	1,820	70	11,004
Вантажівки, автомобілі та джипи	8	48	1,802	39	14,416	312	86,870
Літаки	12	72	72	8	864	96	5,299
Вертольоти	11	66	73	10	803	110	4,950
Кораблі військово-морського флоту	-	-	8	4	14,137	3,119	88,562
Разом	-	-	5,861	284	113,796	9,435	694,096

Таблиця 19. Інформація про втрати російської військової техніки та відповідні викиди

(Розраховано на основі даних, наведених Oryx <https://www.oryxspioenkop.com/2022/02/attack-on-europe-documenting-equipment.html>)

Втрати української техніки

Техніка	Індикативна вага, т	Індикативний «вуглецевий слід», т	Кількість знищеної техніки	Кількість пошкодженої техніки	Індикативна вага знищеної техніки, т	Індикативна вага пошкодженої техніки, т	Викиди, тонн CO ₂ екв.
Танки	40	240	303	29	12,120	1,160	74,112
Броньовані бойові машини піхоти	8	48	180	2	1,440	16	8,659
Бойові машини піхоти	14	84	372	13	5,208	182	31,466
Бронетранспортери	11	66	136	13	1,496	143	9,148
Бронеавтомобілі	6	36	156	19	936	114	5,753
Самохідна артилерія	27	162	84	33	2,268	891	14,677
Реактивні системи залпового вогню	14	84	27	8	378	112	2,402
Вантажівки, автомобілі та джипи	8	48	376	15	3,008	120	18,192
Літаки	12	72	65	1	780	12	4,694
Вертольоти	11	66	25	1	275	11	1,663
Кораблі військово-морського флоту	-	-	7	2	5,257	3,154	35,326
Разом	-	-	1,731	136	33,166	5,915	206,093

Таблиця 20. Інформація про втрати української військової техніки та відповідні викиди

(Розраховано на основі даних, наведених Oryx <https://www.oryxspioenkop.com/2022/02/attack-on-europe-documenting-ukrainian.html>)

Для порівняння, дослідження впливу оборонного сектора Норвегії на клімат, виконане на основі матеріалів бази даних Ecoinvent¹⁴⁹, використовувало наступні коефіцієнти викидів для сектору виробництва військових систем:

Кораблі та човни:

- 18 034 тонн CO₂ екв. на човен великого розміру (як-от трансокеанське вантажне судно);
- 1 429 тонн CO₂ екв. на човен середнього розміру (як-от танкерна баржа);
- 1 188 тонн CO₂ екв. на човен малого розміру (як-от баржа).

149. Особисте спілкування з професором Магнусом Спаревіком і додаткові матеріали для статті Magnus Sparrevik, Simon Utstøl, Assessing life cycle greenhouse gas emissions in the Norwegian defence sector for climate change mitigation, Journal of Cleaner Production, Volume 248, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119196>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619340661>

Літаки:

- 7 022 тонни CO₂ екв. на далекомагістральний літак;
- 2 195 тонн CO₂ екв. на середньомагістральний літак;
- 8,9 тонн CO₂ екв. на вертоліт.

Транспортні засоби:

- 33,7 тонн CO₂ екв. на одиницю важкого транспортного засобу (як-от будівельної машини);
- 24,4 тонни CO₂ екв. на одиницю середнього транспортного засобу (як-от 16-тонна вантажівка);
- 6,8 кг CO₂ екв. на кг ваги легкого транспортного засобу (як-от дизельного легкового автомобіля; використовувались значення ваги 1 200 і 2 000 кг).

Ці дані демонструють широку варіацію коефіцієнтів викидів, а також обмеження, пов'язані з порівнянням різних типів цивільної та військової техніки. Наприклад, для автомобілів коефіцієнт викидів коливається від 8,2 до 33,7 тонн CO₂ екв. на одиницю залежно від типу автомобіля. Для цілей оцінки шкоди, завданої клімату, індикативне значення, яке використовується для категорії «Вантажівки, автомобілі та джипи», становить 48 тонн CO₂ екв. на одиницю, що відображає більшу вагу військової техніки. Для літаків і кораблів різниця в значеннях більш суттєва, що пов'язано з дуже різними потенційними типами та розмірами техніки в цих категоріях. Для точнішої оцінки шкоди, завданої клімату, потрібен детальний аналіз та інвентаризація знищеної військової техніки та додаткові дослідження щодо «вуглецевого сліду» військової техніки.

ПОЖЕЖІ

Історичні дані про пожежі

Вплив війни оцінювався шляхом порівняння площі пожеж під час першого року війни з історичними даними про пожежі. Дані Європейської інформаційної системи про лісові пожежі (European Forest Fire Information System, EFFIS) для території України доступні починаючи з 2020 року. Проте 2020 рік не був репрезентативним роком через великі одиничні пожежі в Україні, і дані за цей рік не можуть бути використані для порівняння.

Офіційна українська статистика щодо ландшафтних пожеж, зокрема лісових, має суттєві обмеження і може фіксувати лише частину пожеж, які виникають. На основі довгострокових статистичних даних у кожному десятилітті можна виділити три-чотири роки із суттєвою більшою кількістю і площею лісових пожеж, коли погодні умови, особливо кількість опадів у квітні-вересні, є ключовим фактором, що спричиняє ризик пожеж¹⁵⁰. Масштабні одиничні події або незвично велика кількість пожеж упродовж певного року значно впливають на середні показники для історичних періодів. У 1990–2021 роках ставалося 3 519 пожеж на рік, які охоплювали в середньому приблизно 6 800 га щорічно. Проте якщо відкинути роки з безпрецедентно великими площами пожеж (>5000 га), середні показники знизяться до 2 817 пожеж, які охоплюють приблизно 2 300 га лісів¹⁵¹.

У 2020 році пожежі охоплювали надзвичайно великі площі — понад 75 000 га згідно з офіційною статистикою, що більш ніж у п'ять разів більше, ніж друга за величиною площа пожеж, зафіксована за період 1990–2021 років.

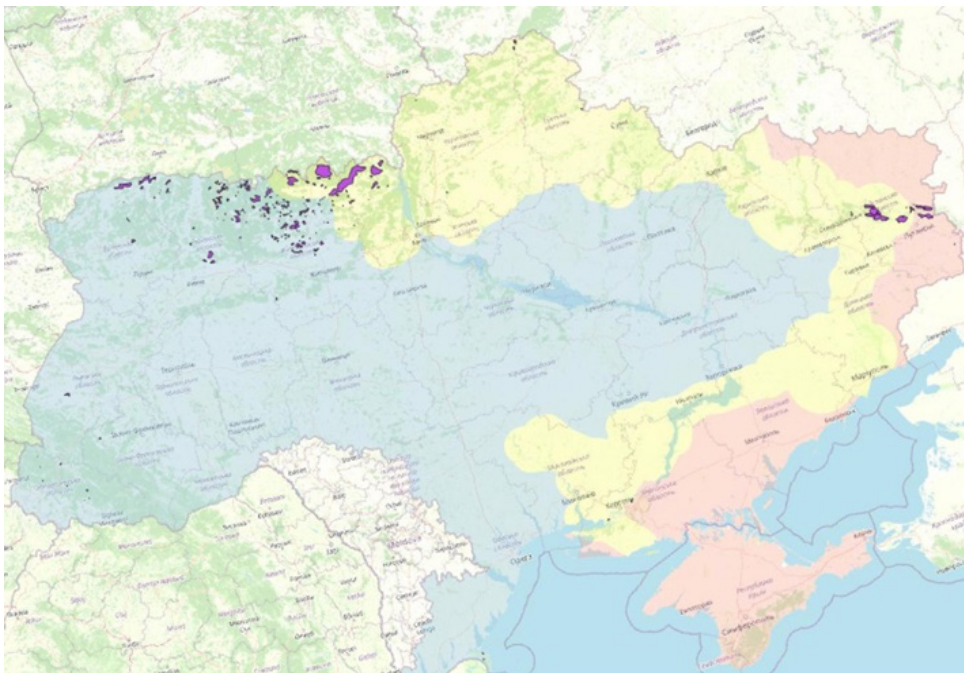


Рисунок 24. Пожежі в період з 24 лютого 2020 до 23 лютого 2021

150. S. V. Zibtsev, O. M. Soshenskyi, V. V. Humeniuk, V. A. Koren (2019), Long term dynamic of forest fires in Ukraine, *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 10(3):27-40, <https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u184/13113-29360-1-sm1.pdf>

151. Calculated based on the information provided by the Statistical Service of Ukraine, https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/07/Arch_dov_zb.htm

Дані EFFIS за період 24 лютого 2020 – 23 лютого 2021 зафіксували 220 пожеж загальною площею 255 645 га, зокрема 147 597 га пожеж у лісових зонах (площею понад один гектар). Із загальної кількості зафіксованих пожеж, 134 пожежі площею 119 557 га почалися у дуже короткий період навесні (31 день з 28 березня до 29 квітня) на території чотирьох північних областей (Волинська, Рівненська, Житомирська та Київська).

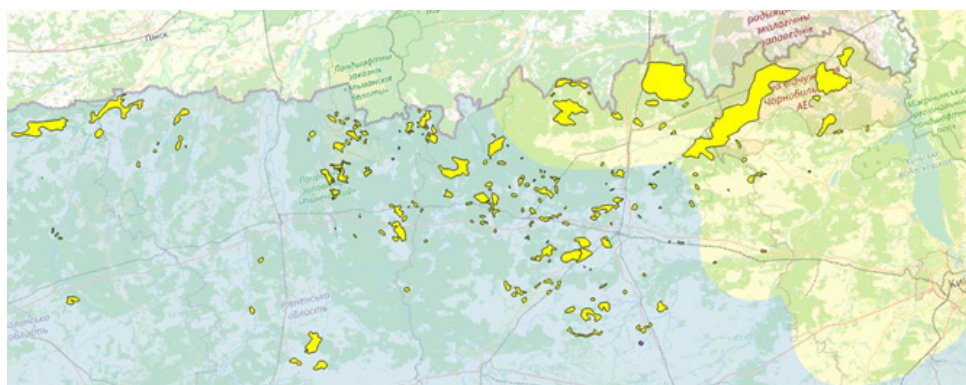


Рисунок 25. Пожежі в період з 28 березня до 29 квітня 2020 у північних областях України

Отож дані за 2020 рік не були використані для аналізу й оцінки, що, відповідно, здійснювалися на основі порівняння площ пожеж під час першого року війни та довоєнного періоду (365 днів до початку війни).

Території, що постраждали від війни

Внаслідок війни суттєво зросла кількість випадків і територій пожеж, зокрема лісових. У 2022 році сталися 133 пожежі площею понад 500 га, деякі пожежі розкинулися на площу понад 1 000 га, а найбільша зафіксована пожежа охопила понад 6 000 га. Найбільша кількість пожеж спостерігалася у березні та липні¹⁵².

Вся територія України так чи інакше зазнала впливу війни, проте рівень і характер впливу різняться в таких трьох зонах (рисунок 26):

- A) Зона 1 – (66,5% території України) де не відбувалися наземні військові операції;
- B) Зона 2 – (19,5% території України) зона активних бойових дій (наземні бойові дії тривали понад 24 години);
- C) Зона 3 – (14,0% території України) окуповані території, де наземні військові операції тривали не більше 24 годин або взагалі не відбувалися.

152. Advance Report on Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2022, <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC133215>. Див. також приклади великих пожеж на Кінбурнській косі, <https://bihus.info/peklo-u-rayu-yak-okupanty-znyshhuvaly-kinburnsku-kosu-vbyvayuchy-pryrodu-i-teroryzuyuchy-misczeyh/>

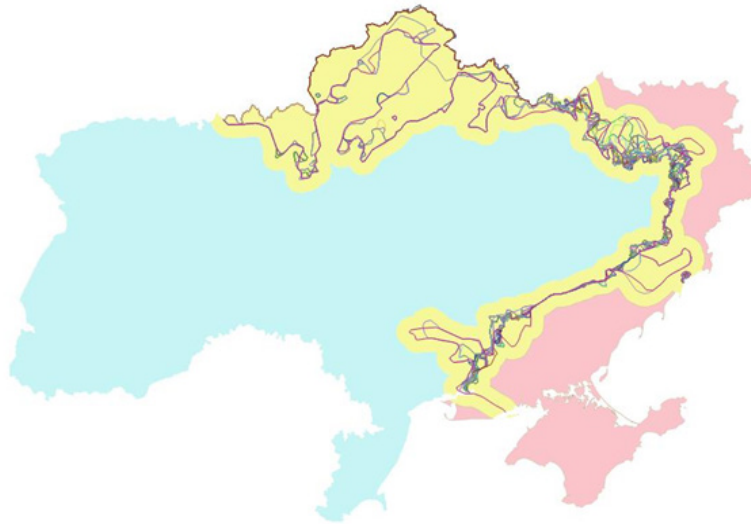


Рисунок 26. Лінії фронту та розподіл територій за зонами: Зона 1 (блакитні ділянки на карті), Зона 2 (жовті ділянки на карті) і Зона 3 (червоні ділянки на карті)

Території в Зоні 1 зазнали ракетних і дронівих атак, що часто спричиняли пожежі. Здатність моніторити й швидко реагувати на пожежі, що визначає масштаби постраждалих територій, була обмежена з огляду на безпекові ризики, пов'язані з оголошенням повітряної тривоги й іншими факторами (наприклад, відключення електроенергії, пошкодження інфраструктури тощо).

Додатковий просторово-часовий аналіз взаємозв'язку між оголошенням повітряної тривоги¹⁵³ в областях України та місцями 2 100 пожеж, зафіксованих службою EFFIS у цій зоні упродовж 365 днів війни, показали, що більшість пожеж сталися під час і в місцях, де оголошувалась повітряна тривога. За цей період повітряну тривогу було оголошено 21 306 разів, зокрема 596 повітряних тривог, які почалися одного календарного дня і завершилися наступного. Повітряні тривоги поширювались на території областей або окремих населених пунктів. Загальна площа пожеж, зафіксованих у Зоні 1, становила 131 193 га, але лише 363 пожежі площею 20 561 га (менш ніж 16% від загальної площі пожеж у цій зоні) були зафіксовані в період без оголошень про повітряну тривогу. Ця цифра близька до площі пожеж у Зоні 1 у довоєнний період (24 865 га). Отже, можна припустити, що збільшення випадків і площ пожеж у Зоні 1 пов'язані з війною або з прямими атаками ракетами та дронами, або іншими фактори, що обмежують можливість забезпечити швидке реагування на пожежі.

Території в Зоні 2 постраждали насамперед від збільшення площ лісових пожеж безпосередньо через військові дії. Лінії фронту, що змінювались в ході війни, за даними OSINT¹⁵⁴ зображені на рисунку 26. Для нанесення на карту Зони 2 використовувалась зона протяжністю 12 миль по обидві сторони змінних ліній фронту.

У Зоні 3, що охоплює окуповані території, вплив війни пояснюється недостатністю ефективних заходів із ліквідації пожеж або навіть випадками, коли окупаційні сили забороняли місцевому населенню реагувати на пожежі в природних екосистемах, а також додатковими впливами внаслідок воєнних дій. Відповідно до положень Конвенції про закони та звичаї сухопутної війни¹⁵⁵ (Гаага, II) (29 липня 1899 р.), ст. 23, 43 і 55, відповідальність за пожежі на окупованих територіях несе країна-окупант.

153. Статистика оголошень повітряної тривоги в Україні, <https://air-alarms.in.ua/en>

154. <https://liveuamap.com/uk>

155. Laws of War: Laws and Customs of War on Land (Hague II); July 29, 1899, https://avalon.law.yale.edu/19th_century/hague02.asp

Викиди від пожеж

Загальну методологію для оцінки викидів окремих парникових газів для будь-якого типу пожежі надає МГЕЗК¹⁵⁶:

- $L_{\text{fire}} = A \cdot M_B \cdot C_f \cdot G_{\text{ef}} \cdot 10^{-3}$, де:
- L_{fire} – обсяг викидів парникових газів від пожежі, т кожного ПГ (наприклад, CH₄, N₂O);
- A – площа пожеж, га;
- M_B – маса палива, доступного для горіння, т/га; це, зокрема, біомаса, підстилка та мертва деревина; але коли використовуються методи рівня 1, то резервуари підстилки та мертвої деревини вважаються нульовими;
- C_f – коефіцієнт горіння, безрозмірний;
- G_{ef} – коефіцієнт викидів, г/кг згорілої сухої речовини.

Площа, що постраждала від пожеж, була визначена на основі супутникових знімків, наданих відкритими інформаційними системами із запобігання пожежам: американською Пожежною інформацією для системи управління ресурсами (FIRMS) та Європейською інформаційною системою про лісові пожежі (EFFIS).

Обсяги палива, доступного для горіння під час лісових пожеж, оцінено за даними про середні запаси стовбурової деревини для регіонів, які найбільше постраждали від війни. У розрахунках застосовано середньозважений запас стовбурової деревини (233 м³/га). Однак біомаса стовбурової деревини становить лише частину загальної біомаси в лісі (приблизно дві третини), тоді як інша біомаса охоплює гілки, листя, пеньки та різноманітну лісову рослинність¹⁵⁷. Тому обсяг біомаси в лісових насадженнях було переведено в загальний обсяг надземної та підземної біомаси в лісах, у тоннах сухої речовини на гектар, за допомогою підходів, застосованих у національному кадастрі викидів ПГ.

Регіон	Запас стовбурової деревини, м ³ /га	
	Хвойний	Листяний
Донецька область	209	159
Київська область	297	222
Луганська область	202	150
Херсонська область	161	85
Чернігівська область	354	230
Запорізька область	133	73
Харківська область	305	248
Сумська область	341	269
Середнє значення	250	180
Розрахункове значення*	233	

Таблиця 21. Середній запас деревостану (запаси стовбурової деревини) у лісах, розташованих у найбільш постраждалих від війни регіонах¹⁵⁸

* За даними EFFIS (див. Advance Report on Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2022, <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC133215>), 75% лісу, що постраждав від пожеж на території України у 2022 році, були представлені хвойними лісами, 21% – широколистяними лісами, а 4% – мішаними лісами

156. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 2: Generic Methodologies Applicable to Multiple Land-Use Categories, Equation 2.27, <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

157. Lakyda P.I., Vasylyshyn R.D., Matushevych L.M., Zibtsev S.V., Wood biomass energetic of Ukrainian forests using in conditions of global climate change, https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2009/19_14/18_Lak.pdf

158. Ukraine's Greenhouse Gas Inventory 1990-2021 485 Table A3.3.8. Average stock of forest stands in forests of the State Forest Resources Agency of Ukraine, m³/ha, <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/national-inventory-submissions-2023>

Для лісової підстилки застосовано стандартне значення 10 т сухої біомаси відповідно до національного кадастру викидів ПГ¹⁵⁹.

Для верхових пожеж обсяг палива, доступного для спалювання, охоплює як дерева, так і підстилку. Натомість під час слабких низових пожеж припускається, що страждають лише підстилка й трава, а дерева здебільшого залишаються цілими. Пожежі зазвичай починаються як низові, але можуть переходити на крони, спричиняючи верхові пожежі, якщо їх вчасно не загасити. Оскільки більшість лісових пожеж фіксувалися в зоні активних бойових дій, можливості реагування на них були обмежені. Брак пожежогасіння дозволяє пожежам слабкої та середньої сили переростати у сильні пожежі, що поширюються на великі території через особливості рельєфу, вітру та наявності палива. Крім того, хвойні ліси (75% лісів, які постраждали від пожеж в Україні у 2022 році) є більш вразливими до пожеж і мають більший ризик розвитку верхових пожеж. Подібні результати були отримані на основі додаткового аналізу, що порівнював площі лісових пожеж, для яких температурні аномалії були спочатку ідентифіковані сервісом FIRMS, а потім ці пожежі були векторизовані та нанесені на карту черговими фахівцями сервісу EFFIS на основі супутникових знімків Sentinel. Такі пожежі розглядались як верхові пожежі й становили 77% від загальної площі зареєстрованих лісових пожеж. Пожежі, не виявлені сервісом FIRMS, розглядались як низові, оскільки крона дерев і низький рівень середньохвильового інфрачервоного випромінювання від таких пожеж перешкоджають виявленню пожежі сервісом FIRMS.

З огляду на це, для оцінки шкоди, заподіяної клімату, було зроблено припущення, що три чверті площі лісових пожеж було охоплено верховими пожежами, а решта території – низовими. Для більш детальної оцінки потрібні додаткові дослідження, зокрема наземна перевірка наслідків.

Коефіцієнт згоряння, що вказує на частку палива, яке фактично згорає під час пожежі, залежить від різних характеристик, як-от погоди, вологості, типу й структури лісу, а також типу пожежі.

Рівень впливу пожежі можна оцінити на основі спектральних показників зі знімків дистанційного моніторингу, зокрема, застосуванням диференційованого нормалізованого коефіцієнта вигорання (delta NBR або dNBR), оскільки ці індекси були розроблені саме для визначення вигорілих ділянок¹⁶⁰. Через відсутність такого аналізу для постраждалих територій, до верхових пожеж було за замовчуванням застосовано значення частки біомаси, втраченої під час пожеж, на рівні 0,7, як передбачено національним кадастром викидів ПГ¹⁶¹. Припущення рівня 1 полягає в тому, що вся втрачена біомаса призводить до викидів у рік пошкодження (тобто в рік пожежі). Викиди від пожеж також охоплюють інші парникові гази або прекурсори парникових газів, які виникають внаслідок неповного згоряння палива. До них належать оксид вуглецю (CO), метан (CH₄), неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС) і оксиди азоту (наприклад, N₂O, NO_x)¹⁶².

159. Ukraine's Greenhouse Gas Inventory 1990-2021 485 Table A3.3.8. Average stock of forest stands in forests of the State Forest Resources Agency of Ukraine, m³/ha, <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/national-inventory-submissions-2023>

160. Ukraine's Greenhouse Gas Inventory 1990-2021, <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/national-inventory-submissions-2023>

161. Ukraine's Greenhouse Gas Inventory 1990-2021, <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/national-inventory-submissions-2023>

162. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 2: Generic Methodologies Applicable to Multiple Land-Use Categories, <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

Для розрахунку викидів парникових газів від пожеж були використані коефіцієнти викидів за замовчуванням, надані МГЕЗК для всіх основних парникових газів¹⁶³:

- CO₂ – 1569 г/кг згорілої сухої речовини;
- CH₄ – 4,7 г/кг згорілої сухої речовини;
- N₂O – 0,26 г/кг згорілої сухої речовини.

Кінцеві коефіцієнти викидів у тоннах CO₂ екв. на гектар землі, що постраждала від пожеж, для різних категорій земель представлені в таблиці 22 нижче.

Категорія землі та тип пожежі	Коефіцієнт викидів, тонн CO ₂ екв./га	Джерело інформації
Ліси – верхові пожежі	275	Національний центр обліку викидів ПГ. Розраховано на основі положень Керівних принципів МГЕЗК 2006 року щодо національних інвентаризацій парникових газів, кадастру парникових газів України та описаних вище припущень.
Ліси – низові пожежі	18	
Земля с.г. призначення	11	
Інша природна територія/ландшафт	7	
Забудовані території	792	Методика 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 пропонує коефіцієнт викидів 2,64 тонн CO ₂ екв. на тонну матеріалу та приклад торгового центру з вмістом горючих матеріалів 0,03 тонни/м ² (300 тонн/га).

Таблиця 22. Коефіцієнти викидів для різних категорій земель та пожеж

Можливості для більш детального аналізу територій, що постраждали від пожеж, будуть розглянуті в майбутніх оціночних звітах (зокрема, розбивка лісових пожеж за типами лісів, типами пожеж, регіонами тощо; ідентифікація пожеж із площею менше одного гектара та використання альтернативних супутникових джерел даних; аналіз вмісту горючих матеріалів на забудованих територіях тощо).

163. Table 2.5 (all other forest types), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 2: Generic Methodologies Applicable to Multiple Land-Use Categories, <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

БІЖЕНЦІ ТА ВПО

А. Кількість переміщених осіб; пункти їх відправлення та призначення

Переміщення можна розділити на дві основні групи: переміщення з України та в межах України. Дані про біженців, які виїхали з України в інші країни, були зібрані та опубліковані УВКБ ООН¹⁶⁴.

Дані про внутрішньо переміщених осіб були зібрані урядом України та передані Центру екологічних ініціатив «Екодія».

В. Види транспорту

Використання видів транспорту оцінювалося з урахуванням стандартизованих припущень. Було зроблено припущення, що для міжнародних поїздок у кожену країну призначення використовувалось поєднання не більше ніж двох із наведених нижче видів транспорту:

- Автомобіль на бензині, 4 пасажери
- Національні залізниці
- Автобус
- Внутрішній рейс (= близькомагістральний рейс, вузькофюзеляжні літаки)
- Далекомагістральний переліт, економічний (широкофюзеляжний літак)

Вибір виду транспорту визначався відстанню до України та доступністю відповідного виду транспорту. Ми зробили припущення, що в багатьох випадках перша половина подорожі здійснювалась за допомогою автомобіля на бензині. Для другої половини подорожі ми використали наступні припущення:

- Для сусідніх із Україною країн: автомобіль на бензині, 4 пасажери
- Для країн Північно-Західної Європи: національні залізниці
- Для країн Південної Європи, Північної Європи, Балтії, Кавказу та острівних держав: внутрішній рейс
- Для США, Канади та Австралії: далекомагістральний переліт, весь шлях
- Для Росії та Білорусі: автобус, весь шлях

Ми не робили різниці між типами автомобілів, видами пального чи місткістю.

С. Викиди CO₂ на людину-кілометр для кожного з цих видів транспорту

Для оцінки викидів CO₂ на людину-кілометр ми використали дані за 2019 рік, опубліковані Департаментом бізнесу, енергетики та промислової стратегії Сполученого Королівства. Звітність щодо парникових газів: коефіцієнти перерахунку за 2019 рік¹⁶⁶. Ці коефіцієнти можуть дещо відрізнятися залежно від країни.

164. «Методика 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», затверджена наказом Міністерств захисту довкілля та природних ресурсів України від 13 квітня 2022 № 175, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0433-22#Text>

165. <https://data.unhcr.org/en/situations/ukraine>

166. <https://ourworldindata.org/grapher/co2-transport-mode>

ЦИВІЛЬНА ІНФРАСТРУКТУРА

Визначення коефіцієнта викидів вуглецю (КВВ) для різних об'єктів є важливою складовою методології. Що стосується сектору будівель, дані про середню площу кожної будівлі надала Київська школа економіки (м²/одиницю). Показник площі потім множився на відповідний коефіцієнт викидів вуглецю (тонн CO₂ екв./м²), щоб отримати КВВ (тонн CO₂ екв./одиницю).

Для визначення конкретного КВВ використовується метод оцінки «вуглецевого сліду» матеріалів. Відповідно до цього підходу, усі викиди, як прямі, так і непрямі, оцінюються протягом усього життєвого циклу об'єкта, за винятком, однак, експлуатаційних викидів (у випадку будівель, експлуатаційні викиди – це, наприклад, опалення). Життєвий цикл для будівель, згідно з EN-15978, охоплює наступні етапи:

ЕТАП ПРОДУКТУ	Постачання сировини	A1
	Транспортування	A2
	Виробництво	A3
ЕТАП БУДІВНИЦТВА	Транспортування на будівельний майданчик	A4
	Монтаж будівлі	A5
ЕТАП ВИКОРИСТАННЯ	Використання/застосування	B1
	Обслуговування	B2
	Ремонт	B3
	Заміна	B4
	Модернізація	B5
	Експлуатаційне використання енергії	B6
	Експлуатаційне водокористування	B7
ЕТАП ЗАКІНЧЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	Демонтаж/знесення	C1
	Транспортування	C2
	Перероблення відходів	C3
	Утилізація	C4

Таблиця 23. Етапи життєвого циклу будівель

Оцінка «вуглецевого сліду» охоплює етапи А1-А3, А4-А5, В4-В5 і С1-С4. У цьому оцінюванні ми розглядаємо додаткові викиди ПГ, тобто викиди, яких не було б за відсутності війни. Тому етапи В4-В5 не беруться до уваги, оскільки заміна та модернізація будівель також відбувалася б щодо пошкоджених або зруйнованих будівель у мирний час. Спочатку реалізуються етапи закінчення терміну експлуатації С1-С3, після яких здійснюються етапи реконструкції А1-А3 і А4-А5. Експлуатаційні викиди вуглецю на етапах використання В1-В3 і В6-В7 також не враховуються, оскільки вони мають місце і в наявних будівлях.

Для відображення найновішої будівельної практики, що застосовується у регіоні для визначення «вуглецевого сліду» будівель, була використана база даних One Click LCA¹⁶⁷ – програмне забезпечення для проведення оцінки життєвого циклу (ОЖЦ) будівель. Ця база даних містить ОЖЦ нещодавно спроектованих будівель різних типів у різних країнах. Із цієї бази даних для розрахунку середнього КВВ були відібрані ОЖЦ, здійснені в 16 країнах Центральної та Східної Європи за останні три роки. Залежно від типу будівлі, середнє значення базувалося на 4–100 проєктах будівель.

ТИП БУДІВЛІ	КВВ (кг CO ₂ екв./м ²)
Багатоквартирні будинки	575
Будівлі у сфері культури	474
Будівлі у сфері освіти	643
Готелі та подібні будівлі	401
Промислово-виробничі будівлі	475
Офісні будівлі	529
Будівлі роздрібної та оптової торгівлі	632
Склади	415

Таблиця 24. Коефіцієнт викидів вуглецю для кожного типу будівлі за етапами життєвого циклу А1-А3, А4-А5 і С1-С4

У секторі транспорту та інфраструктури значну частку збитків становлять пошкоджені дороги. Дослідження 2022 року оцінило викиди різних типів доріг впродовж життєвого циклу¹⁶⁸. Більшість доріг в Україні односмугові, без роздільної смуги, і до уваги береться лише стадія будівництва, оскільки викиди від експлуатації та обслуговування доріг відбуватимуться і для наявних доріг. Для односмугової дороги «вуглецевий слід» становить до 711 кг CO₂ екв. на кілометр дороги. Київська школа економіки класифікувала всі дороги як пошкоджені, а не зруйновані, тому використовується лише третина коефіцієнта викидів від будівництва. Ймовірно, це консервативна оцінка, оскільки впродовж місяців артилерійські обстріли завдають дорогам значної шкоди.

167. One Click LCA website: <https://www.oneclicklca.com>

168. Lokesh, K., Densley-Tingley, D. and Marsden, G. (2022), Measuring Road Infrastructure Carbon: A 'critical' in transport's journey to net-zero, Leeds: Decarbon8 Research Network, <https://decarbon8.org.uk/wp-content/uploads/sites/59/2022/02/Measuring-Road-Infrastructure-Carbon.pdf>

Асфальтове покриття	Трисмугова дорога з роздільною смугою	Двосмугова дорога з роздільною смугою	Односмугова дорога без роздільної смуги
	тонн CO ₂ екв. на функціональну одиницю		
Виробництво матеріалів	1,711	1,433	591.5
Транспортування матеріалів	313	201.3	100.7
Будівництво	70	37.6	18.8
Експлуатація доріг (лише освітлення) (40 років)	406.1	268.7	132.6
Обслуговування (40 років)	158.8	73.5	36.6
ЗАГАЛЬНІ ВИКИДИ	2,658.9	2,014.1	880.3

Таблиця 25: «Вуглецевий слід» для різних підсистем асфальтового покриття (для різних масштабів будівництва) впродовж орієнтовного періоду часу в 40 років

Для легкових транспортних засобів існують додаткові дослідження¹⁶⁹ для визначення «вуглецевого сліду». Для цілей цього дослідження ми взяли нижню межу оцінки на рівні 5,6 тонн CO₂ екв./транспортний засіб. У цій категорії також є інші види транспортних засобів, як-от тролейбуси, трамваї, автобуси та сільськогосподарська техніка. Коефіцієнт «вуглецевого сліду» для пасажирських транспортних засобів використовувався як точка відліку, а інші коефіцієнти були встановлені відносно середньої ваги інших транспортних засобів порівняно з пасажирським транспортним засобом. Звіт KSE не відокремлює пошкоджені та знищені транспортні засоби, тому використовувався середній коефіцієнт коригування 67%, оскільки деякі транспортні засоби можна відремонтувати.

168. <https://www.hotcars.com/the-truth-about-the-carbon-footprint-of-a-new-car-that-no-ones-talking-about/>