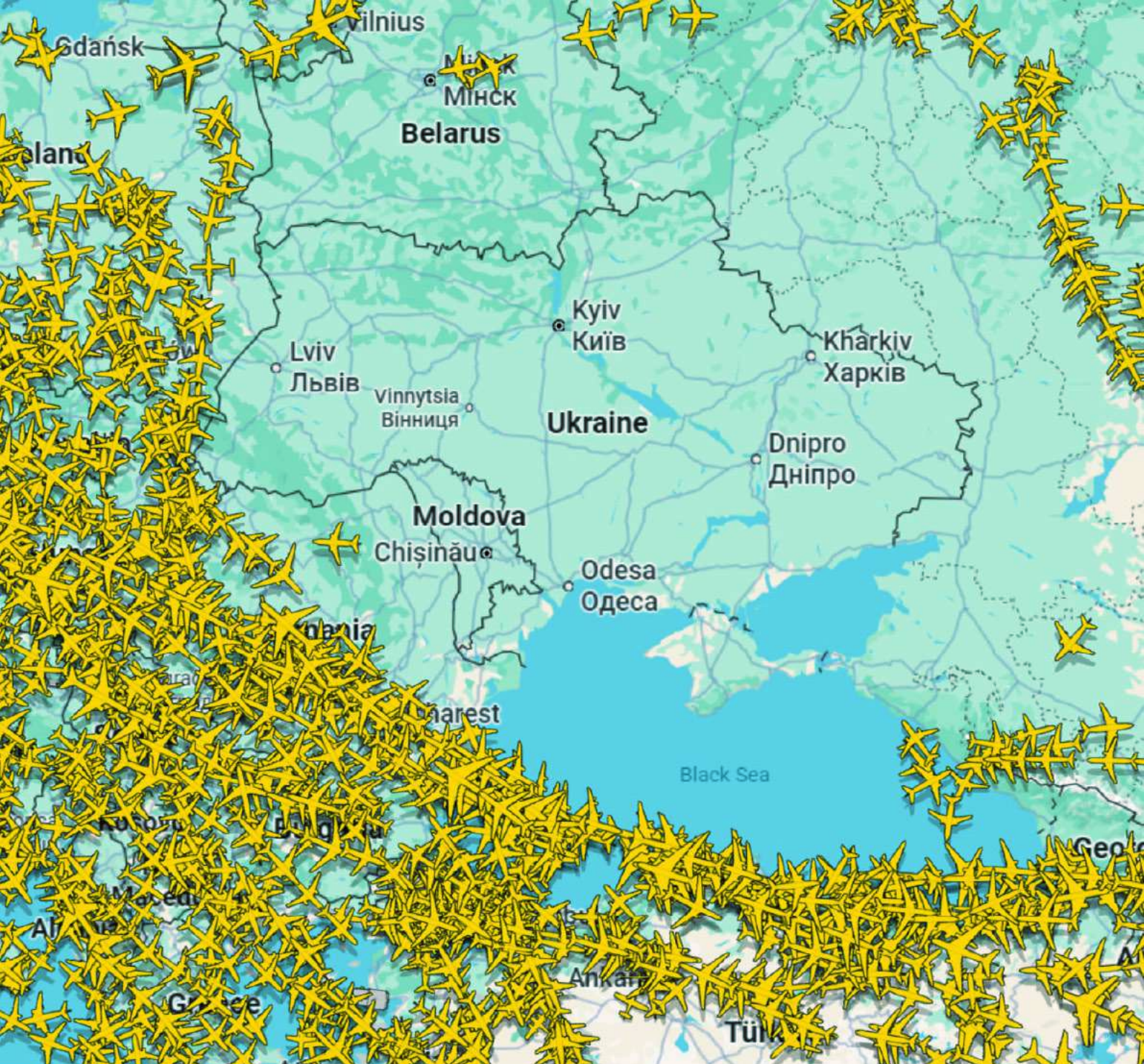




ВПЛИВ РОСІЙСЬКОЇ ВІЙНИ В УКРАЇНІ НА КЛІМАТ

24 лютого 2022 – 23 лютого 2025

Ініціатива з обліку викидів парникових газів внаслідок війни
Жовтень 2025

АВТОРИ

Ленард де Клерк, провідний автор, Ініціатива з обліку викидів парникових газів внаслідок війни

Микола Шлапак, Ініціатива з обліку викидів парникових газів внаслідок війни

Сергій Зібцев, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Регіональний Східноєвропейський центр моніторингу пожеж

Віктор Миронюк, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Олександр Сошенський, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Регіональний Східноєвропейський центр моніторингу пожеж

Роман Василишин, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Світлана Краковська, Український гідрометеорологічний інститут

Лідія Криштоп, ГО «Прелаб»

Ростислав Бунь, Національний університет «Львівська політехніка»

Лерой Фарг, Cereza Analytics

ПОДЯКИ

За співпрацю та ідеї хочемо подякувати таким організаціям:

Міністерству економіки, довкілля та сільського господарства України

Національному центру обліку викидів парникових газів

Обсерваторії Конфліктів і Довкілля

Київській школі економіки

One Click LCA

FlightRadar24

Графічний дизайнер: Даша Курінна

Обкладинка: FlightRadar24

Контакти:

Ленард де Клерк

lennard@klunen.com, +36 30 3662983

www.warbon.org



MINISTRY OF ECONOMY,
ENVIRONMENT AND AGRICULTURE
OF UKRAINE



Initiative on
GHG accounting
of war

екодія
ecoaction.org.ua

ФІНАНСУВАННЯ

Цей звіт створений завдяки підтримці Європейського кліматичного фонду (ECF). Редагування і дизайн здійснено за підтримки Шведського товариства охорони природи (SSNC).

Європейський кліматичний фонд (ECF) — це 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 реалізувати нагальну та масштабну політику 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 ECF чи SSNC. Усю повноту відповідальності за зміст цього звіту несуть його автори.



Ініціатива з обліку викидів парникових газів внаслідок війни була створена у березні 2022 року та є групою експертів з вуглецевих викидів. Ініціатива підготувала п'ять послідовних оцінювань війни в Україні, а також долучилася до інших проєктів, наприклад щодо викидів ПГ від конфлікту в Газі. Останнім часом вона фокусується на впливі зростання військових витрат на військові викиди. Ініціатива співпрацює з Міністерством економіки, довкілля та сільського господарства України, але проводить оцінювання самостійно і не отримує жодних вказівок від Міністерства чи будь-яких інших організацій.

Ліцензії

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

Table of Contents

Резюме	5
1. Вступ	10
2. Застосування Посібника	13
3. Воєнні дії	16
3.1 Витрати палива на бойові дії	16
3.2 Використання боєприпасів	18
3.3 Виробництво військової техніки	20
3.4 Будівництво фортифікаційних споруд	22
3.5 Загальні викиди ПГ від бойових дій	25
4. Ландшафтні пожежі	26
4.1 Природні ландшафтні пожежі	26
4.2 Пожежі в будівлях та спорудах	31
4.3 Загальний обсяг викидів ПГ від ландшафтних пожеж ..	34
5. Пошкодження енергетичної інфраструктури	35
6. Переміщення біженців та ВПО	41
7. Цивільна авіація	44
8. Відбудова	50
9. Підсумки	55

Резюме

Оскільки війна Росії проти України триває, викиди парникових газів (ПГ) продовжують зростати, як показано на рисунку нижче. Це п'яте оцінювання визначило, що викиди ПГ протягом трьох років з моменту повномасштабного вторгнення, зросли майже до **237 млн тонн CO₂ екв.** Такий обсяг еквівалентний річним викидам Австрії, Угорщини, Чеської Республіки та Словаччини разом. З урахуванням соціальної вартості вуглецю у 185 дол. США / тонна CO₂ екв., кліматична шкода, спричинена цією війною, сягає понад **43 млрд дол. США.**

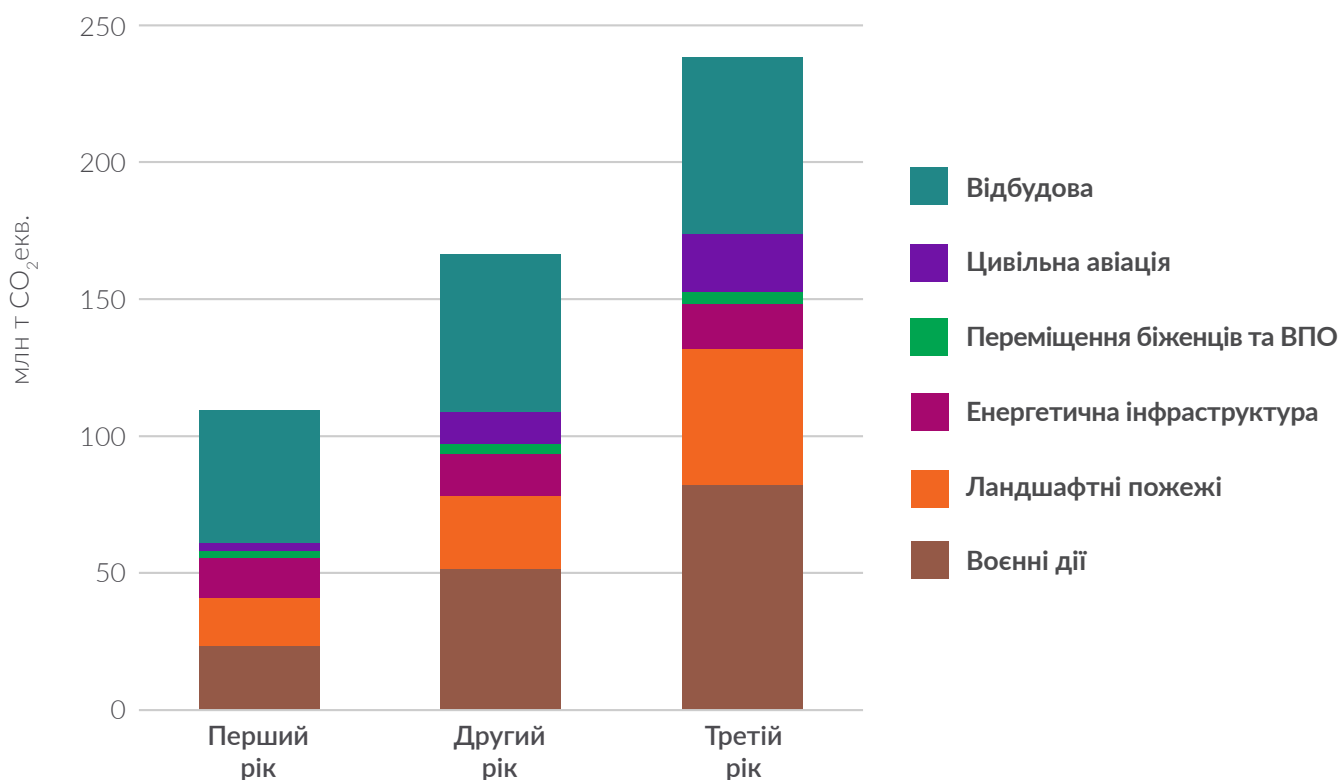


Рисунок 1. Зростання викидів від війни

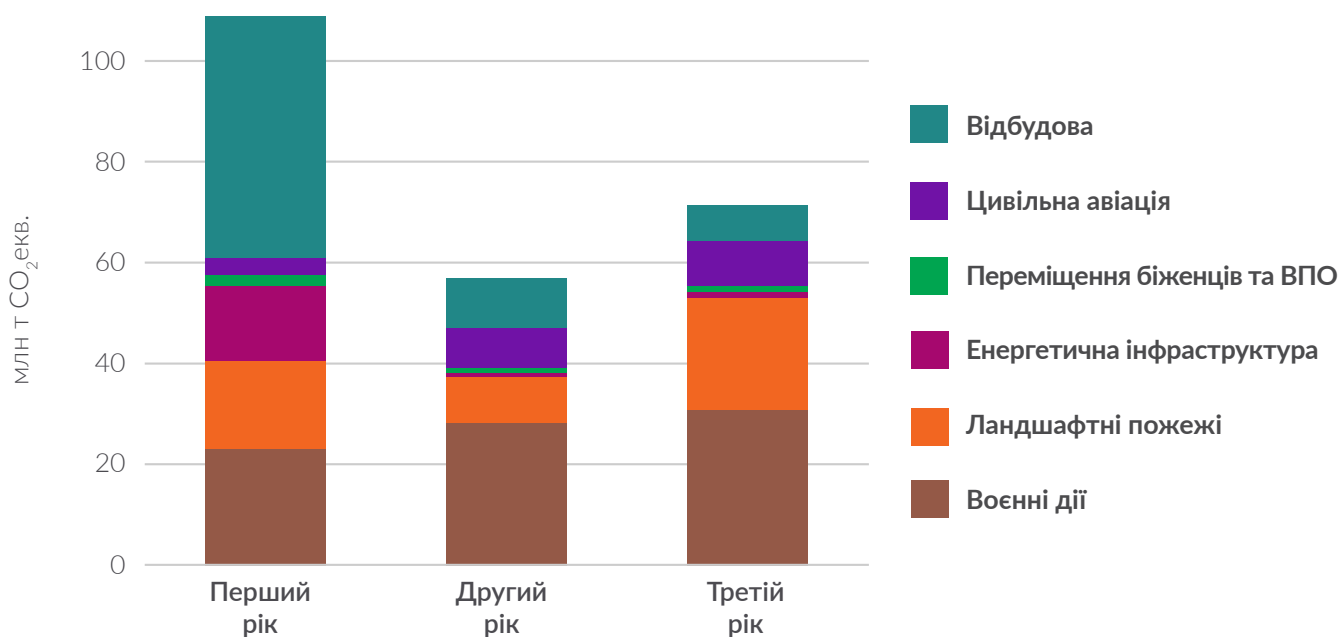


Рисунок 2. Викиди від війни за 12-місячні періоди

Застосування дронів призвело до зменшення використання боєприпасів, водночас підвищивши рівень знищення військової техніки

Оскільки бойові дії не вщухають, вони стали найбільшим джерелом викидів ПГ, суттєво додавши до їх загального обсягу в **81,7 млн тонн CO₂ екв.** за три роки війни. Викопне паливо, яке використовується танками та винищувачами, що споживають величезні обсяги дизельного палива та гасу, спричиняє основну частку викидів від бойових дій. Застосування дронів зробило використання боєприпасів ефективнішим, і, відповідно, на третій рік війни боєприпасів було використано менше. При цьому дрони підвищили втрати військової техніки і викиди від її виробництва зросли порівняно з другим роком війни, компенсуючи скорочення викидів від використання боєприпасів.

Війна і зміна клімату разом завдали лісам суттєвих втрат у 2024 році

Кількість ландшафтних пожеж, спричинених війною, різко зросла у 2024 році, а їх площа перевищила середній показник за 2006–2021 роки¹. Викиди від природних ландшафтних пожеж, зокрема в лісах, збільшилися до 22,9 млн тонн CO₂ екв. у 2024 році порівняно з 8,6 млн тонн CO₂ екв. у 2023 році та 15,2 млн тонн CO₂ екв. у 2022 році, що призвело до нового загального показника в **46,7 млн тонн CO₂ екв.** (чи 49.9 млн тонн CO₂ екв. включно з пожежами у будівлях). Як показано на рисунку нижче, більшість ландшафтних пожеж сталися на лінії фронту або поблизу неї чи в прикордонних районах. Кліматологічний аналіз засвідчив, що літо 2024 року було значно сухішим, ніж у середньому для України, ймовірно через зміну клімату. Така сухість створила ідеальні умови для того, щоб спричинені бойовими діями пожежі починалися як невеликі, а далі перетворювалися на більші. Оскільки пожежники не мають змоги працювати в зоні бойових дій, ці пожежі продовжують неконтрольовано поширюватися, збільшуючись за розмірами та інтенсивністю. 2024 рік став тривожним прикладом циклу руйнувань, коли зміна клімату та збройні конфлікти взаємно підсилюють одне одного, прискорюючи глобальне потепління.

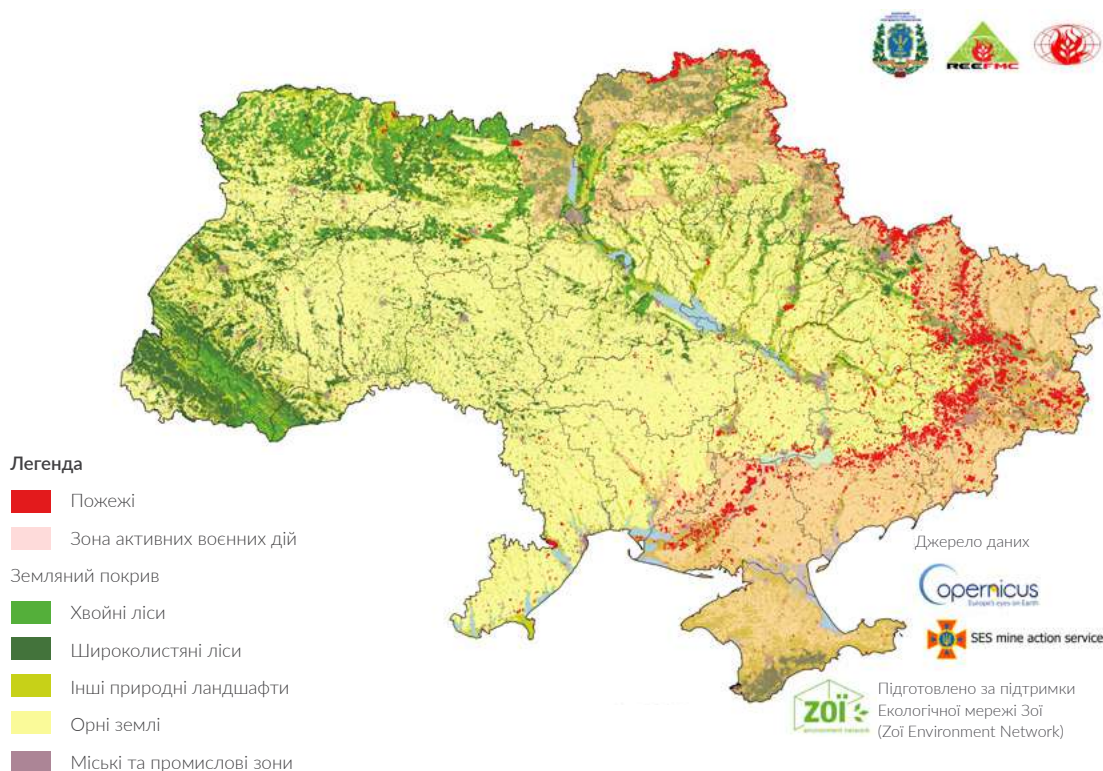


Рисунок 3. Пожежі в природних ландшафтах у 2024 році

1. https://forest-fire.emergency.copernicus.eu/apps/effis.statistics/estimates/Non_EU/2024/2006/2021

Палало більше нафтобаз та нафтопереробних заводів

Посилені атаки на нафтобази та нафтопереробні заводи призвели до різкого зростання викидів з 0,47 млн тонн CO₂ екв. на другому році до 0,81 млн тонн CO₂ екв. на третьому році війни. Постійні атаки на енергетичну інфраструктуру України спричинили викиди не лише CO₂, але й надзвичайно потужного ПГ SF₆, що у 24 000 разів потужніший за CO₂. Нещодавня стаття в журналі «Nature»² дещо знизилася попередні оцінки обсягів витоку метану, ще одного потужного ПГ, з трубопроводів «Північного потоку». **Загальні викиди: 17 млн тонн CO₂ екв.**

Зберігаються обмеження в роботі цивільної авіації

Закриття Росією повітряного простору Сибіру для багатьох авіакомпаній перекрило важливі повітряні східно-західні маршрути між Європою та Азією багатьом західним перевізникам. А закриття повітряного простору України для комерційних перевезень змінило маршрути польотів у межах Європи, зокрема у її східній частині та між Росією і Туреччиною. Перевізники змушені використовувати обхідні шляхи, тож час польотів збільшився, як і додаткові витрати на паливо та викиди ПГ. Викиди в цьому оцінюванні розраховувались на основі фактичних траєкторій польотів до та після вторгнення.

Загальні викиди: 20,3 млн тонн CO₂ екв.



Рисунок 4. Приклад закриття повітряного простору над Сибіром: Лондон–Токіо

2. Methane Emissions from the Nord Stream Subsea Pipeline Leaks, Nature, January 2025. <https://www.nature.com/articles/s41586-024-08396-8>

Відновлення житла, громадських будівель та інфраструктури буде складним завданням

Хоча найбільша шкода була завдана протягом перших тижнів конфлікту, міста на лінії фронту досі зазнають сильних пошкоджень. Російські війська повільно, але неухильно окупували більше територій на сході України, залишаючи за собою слід руйнувань. Оскільки Росія намагається послабити українську економіку, найбільшого зростання збитків на третьому році війни зазнала категорія «Промисловість і комунальні послуги». Відновлення зруйнованого вимагатиме величезних обсягів будівельних матеріалів, з яких вуглецевою ємністю бетон і сталь зумовляють понад 80% викидів від майбутньої відбудови. **Загальні викиди: 64,2 млн тонн CO₂ екв.**

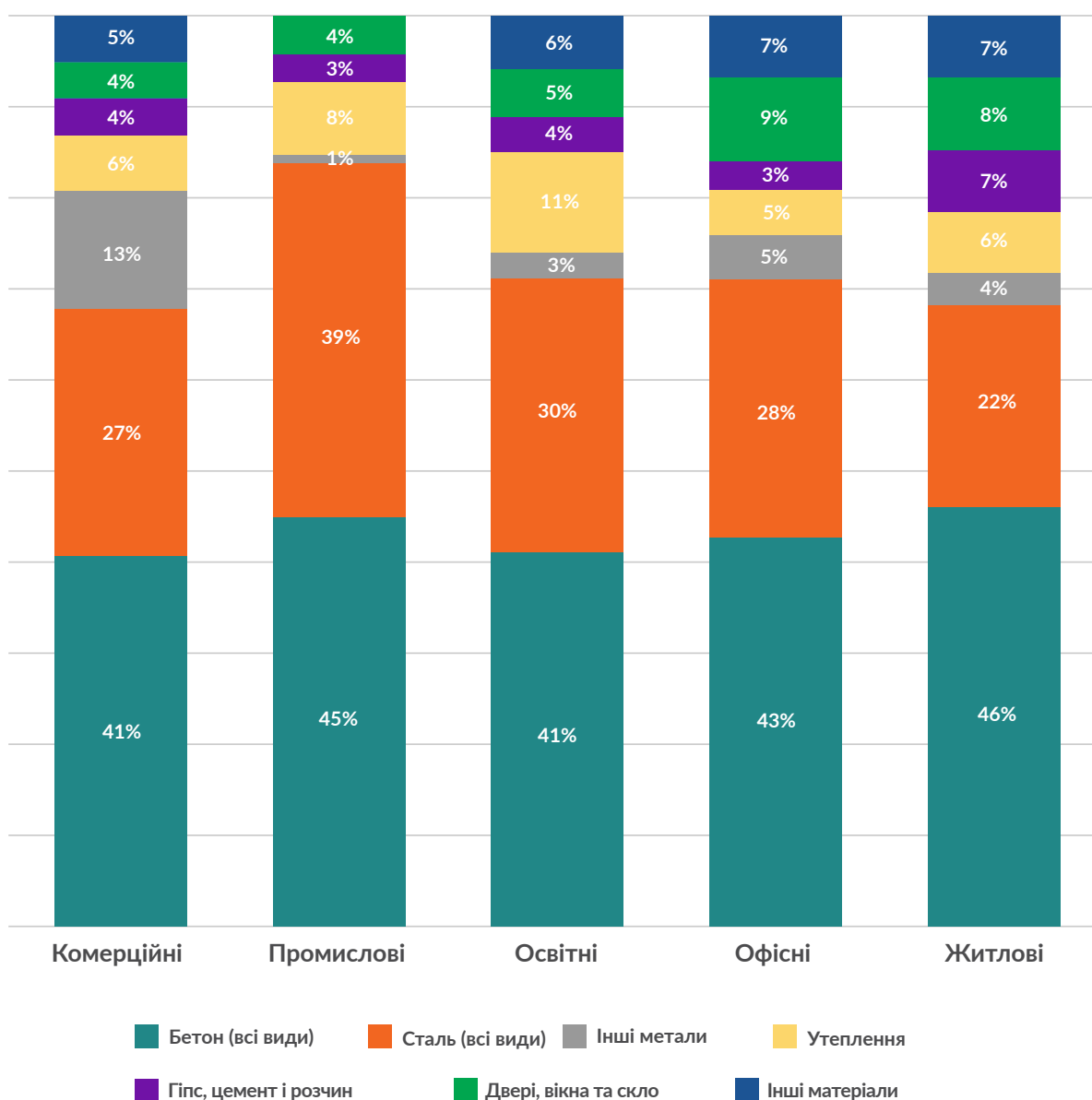


Рисунок 5. Частка викидів від будівництва за типами матеріалів і будівель

Розподіл загальних викидів

Частка кожної категорії впливу представлена на круговій діаграмі нижче, а в таблиці наведено абсолютні цифри. Тоді як у попередніх оцінюваннях викиди від відбудови мали найбільшу частку, у цьому оцінюванні викиди від бойових дій перевищили викиди від відбудови і зайняли першу сходинку за часткою викидів серед усіх категорій впливу.

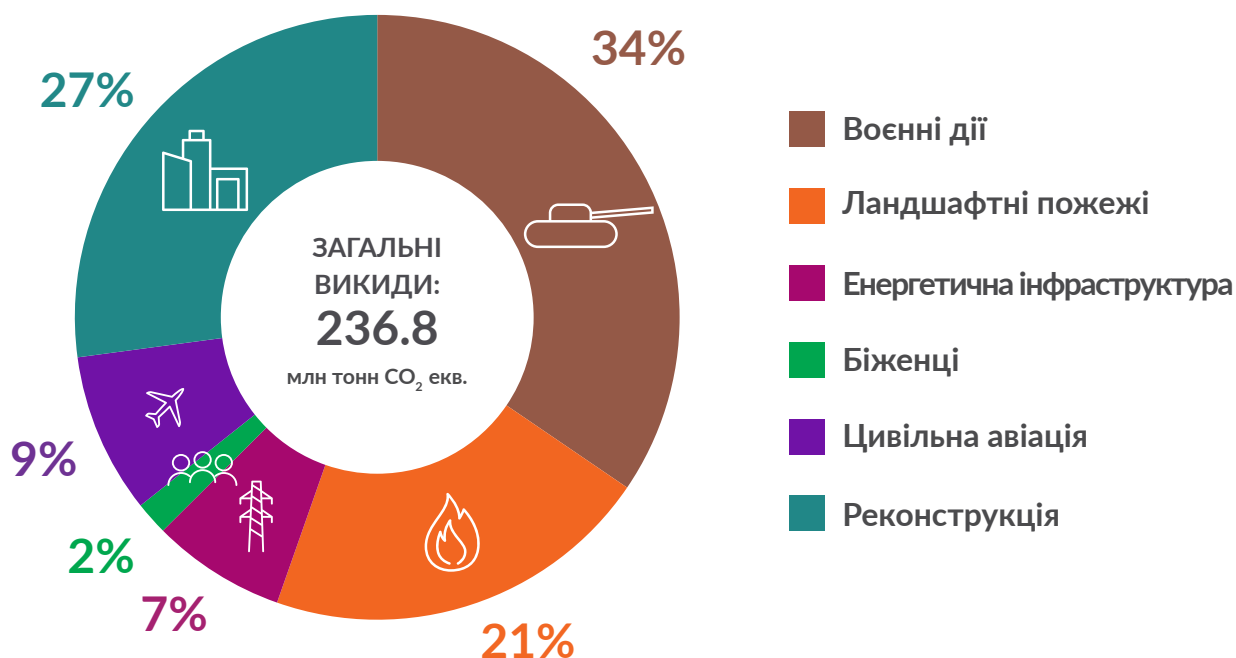


Рисунок 6. Розподіл викидів за категоріями впливу

Категорія впливу	Викиди за три роки (млн тонн CO ₂ екв.)	Частка %
Воєнні дії	81.7	34
Ландшафтні пожежі	49.4	21
Енергетична інфраструктура	17.0	7
Біженці	4.2	2
Цивільна авіація	20.3	9
Відбудова	64.2	27
РАЗОМ	236.8	100

Таблиця 1. Загальні викиди ПГ за три роки війни

1. Вступ

24 лютого 2022 року Російська Федерація розпочала неспровоковане широкомасштабне вторгнення в Україну. Війна триває вже понад три роки, спричинивши гуманітарну кризу, в якій багато людей загинули, отримали поранення або покинули свої домівки, і кінця воєнних дій не видно.

Прямим наслідком війни є значні викиди ПГ. У серії з п'яти оцінювань ми оцінили та задокументували ті викиди ПГ, які можна атрибутувати до всіх подій, що відбулися після повномасштабного вторгнення. Іншими словами, цих викидів не було б, якби Російська Федерація не вторглася в Україну.

Цей звіт є п'ятим оцінюванням за три роки війни, тобто з 24 лютого 2022 року по 23 лютого 2025 року. У кожному оцінюванні ми вдосконалюємо джерела даних та методологію, і кожне висвітлює одну або кілька конкретних тем, як пояснюється нижче.

Перше оцінювання впливу на клімат³ було представлено на Конференції ООН з питань зміни клімату COP27 в Шарм-ель-Шейху (Єгипет) 9 листопада 2022 року⁴ і охоплювало перші сім місяців війни. Оцінювання містило чотири розділи: викиди від бойових дій, викиди від неконтрольованих пожеж у лісах і містах, викиди від переміщення біженців, а також майбутні викиди внаслідок відновлення пошкоджених і зруйнованих будівель, доріг і заводів.

Друге оцінювання впливу на клімат⁵ доповнило дані згаданих чотирьох джерел викидів, охоплюючи перші 12 місяців війни, тобто з 24 лютого 2022 року по 23 лютого 2023 року. Воно було представлено на Кліматичній конференції РКЗК ООН у Бонні, Німеччина, 7 червня 2023 року⁶. Нові розглянуті сектори охоплювали зміну маршрутів польотів через закриття повітряного простору, а також вплив енергетичної кризи 2022 року на викиди від енергетики в Європі. Стверджувалось, що енергетична криза призвела до значного скорочення споживання газу, втім багато інших чинників знівеливали це скорочення викидів. Детальніше див. друге оцінювання, Розділ 5.

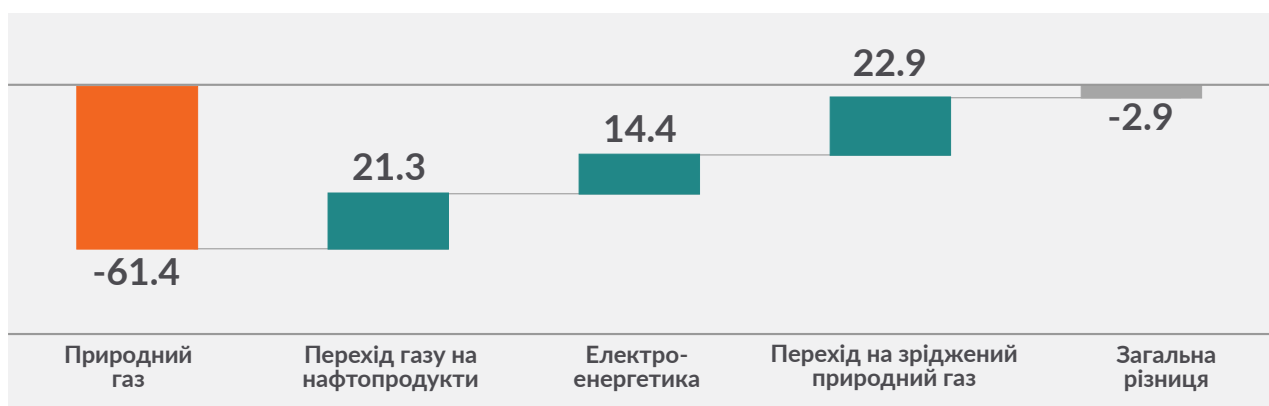


Рисунок 7. Річна зміна (2021–2022) викидів в енергетичному секторі ЄС, пов'язана із війною (млн тонн CO₂ екв.)

3. Вплив російської війни в Україні на клімат, перше оцінювання. Українською: <https://report1ua.warbon.org>.
Англійською: <https://report1en.warbon.org>

4. Запис заходу: <https://www.youtube.com/watch?v=ynQbzwxTnBw>

5. Вплив російської війни в Україні на клімат, друге оцінювання. Українською: <https://report2ua.warbon.org>.
Англійською: <https://report2en.warbon.org>

6. Запис заходу: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=6yW1hWQmgpc>

Друге оцінювання також розглядало вплив війни на загальні викиди в Україні у 2022 році. Очевидно, що економічний спад призвів до зменшення викидів по всій країні, проте, як стверджується в Розділі 7 другого оцінювання, чимало викидів перемістилися за кордон разом із великою кількістю біженців і переміщенням виробництва сталі.

Третє оцінювання впливу на клімат⁷ містило оновлення за всіма джерелами викидів за 18 місяців війни, тобто з 24 лютого 2022 року по 1 вересня 2023 року, і було представлено на Кліматичній конференції COP28 у Дубаї, Об'єднані Арабські Емірати, 4 грудня 2023 року⁸.

Головною темою третього оцінювання став аналіз можливостей притягнути Російську Федерацію до відповідальності за завдану клімату шкоду. Було запропоновано методологію розрахунку кліматичної шкоди в грошовому еквіваленті і в такий спосіб визначено суму, яку Росія має виплатити як компенсацію. Детальніше див. третє оцінювання, Розділ 2.

Розділ 3 третього оцінювання представив обговорення та кількісну оцінку потенціалу скорочення викидів від відбудови за допомогою зеленої відбудови, пропонуючи кілька способів можливого уникнення викидів у ході післявоєнної відбудови.



Рисунок 8. Можливості скорочення «вуглецевого сліду» та учасники, залучені на різних етапах розробки проєкту

Четверте оцінювання⁹ охопило 24 місяці від початку війни до 23 лютого 2024 року та було представлено на Конференції з відновлення України в Берліні 13 червня 2024 року. Основне вдосконалення в межах четвертого оцінювання — повністю оновлена методологія та джерела даних для визначення викидів від ландшафтних пожеж. Були також розглянуті викиди від пошкодження інфраструктури викопного палива (нафтоховищ, газопроводів) та викиди SF_6 від енергетичного обладнання.

7. Вплив російської війни в Україні на клімат, третє оцінювання. Українською: <https://report3ua.warbon.org>.
Англійською: <https://report3en.warbon.org>

8. Запис заходу: https://www.youtube.com/live/beFON17SeUw?si=zd16llsc_BHrFO9S

9. Вплив російської війни в Україні на клімат, четверте оцінювання. Українською: <https://report4ua.warbon.org>.
Англійською: <https://report4en.warbon.org>

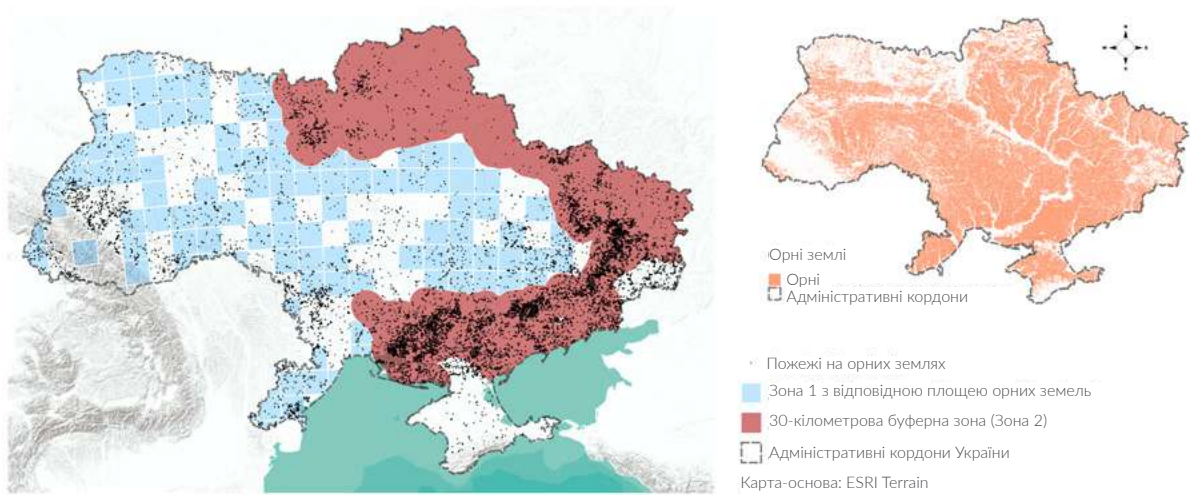


Рисунок 9. Розрахункова площа орних земель у Зоні 1 (блакитні квадрати) порівняно з 30-кілометровою буферною зоною

Також четвертий звіт містив географічний (Україна, Росія, інші країни) та часовий розподіл викидів (прямі та майбутні викиди).

24 лютого 2025 року було опубліковано **попереднє (п'яте) оцінювання**¹⁰. Воно охоплювало три роки війни та використовувало ті ж джерела даних і методологію, що й четверте.

Нинішнє п'яте оцінювання відображає **повну оцінку** трьох років війни й містить такі основні оновлення та зміни:

- Оцінювання зазнало повного переформатування відповідно до **Посібника з оцінки викидів парникових газів, пов'язаних із конфліктами**¹¹.
- Запроваджено новий підхід до оцінки викидів від пожеж у будівлях.
- Категорію впливу «Цивільна авіація» повністю переглянуто на основі фактичних даних польотів за репрезентативний тиждень до та після повномасштабного вторгнення.
- Для кожної категорії впливу розраховано послідовний часовий ряд для кожного 12-місячного періоду.

Зверніть увагу, що не всі джерела даних, припущення, методологічні елементи чи коефіцієнти викидів розглядаються детально. Для отримання додаткової інформації слід звернутися до четвертого оцінювання, що охоплює два роки війни.

10. Вплив російської війни в Україні на клімат, попереднє п'яте оцінювання. Українською: <https://report5prua.warbon.org>.
Англійською: <https://report5pren.warbon.org>

11. Посібник з оцінки викидів парникових газів, пов'язаних із конфліктами. Українською: <https://reportguidanceua.warbon.org>.
Англійською: <https://reportguidanceen.warbon.org>

2. Застосування Посібника

У 2024 році було розроблено посібник для послідовної і прозорої оцінки викидів ПГ, пов'язаних із конфліктами. Цей «Посібник з оцінки викидів ПГ, пов'язаних із конфліктами, версія 1.0»¹² (далі «Посібник») було опубліковано під час офіційного додаткового заходу на COP29 у Баку 18 листопада 2024 року. Нинішнє п'яте оцінювання повністю базується на положеннях Посібника.

Для кожної категорії впливу Посібник вимагає врахування наступних елементів:

1. Часові рамки.
2. Географічні межі.
3. Прямі та непрямі викиди.
4. Враховані парникові гази.
5. Потенціал глобального потепління.
6. Методологічний підхід.
7. Коефіцієнти викидів.

Перші п'ять елементів представлено в цьому розділі для всіх категорій впливу, а методологічний підхід та коефіцієнти викидів детально описані в кожному розділі, присвяченому окремій категорії впливу. Ми оцінили такі категорії впливу:

1. Витрати палива на бойові дії.
2. Використання боєприпасів.
3. Виробництво військової техніки.
4. Будівництво фортифікаційних споруд.
5. Пожежі у природних ландшафтах.
6. Пожежі в будівлях та спорудах.
7. Пошкодження енергетичної інфраструктури.
8. Переміщення біженців та ВПО.
9. Цивільна авіація.
10. Відбудова.

Перші чотири категорії впливу було згруповано в категорію «Воєнні дії» (Розділ 3), тоді як «Пожежі у природних ландшафтах» та «Пожежі в будівлях та спорудах» — в категорію «Ландшафтні пожежі» (Розділ 4).

2.1 Часові рамки

Це оцінювання охоплює період з 24 лютого 2022 року по 23 лютого 2025 року включно. Відповідно до Посібника, усі викиди, що відбулися до цього періоду, вважаються викидами *до конфлікту*, а викиди, що відбудуться після цього періоду, — викидами *після конфлікту*.

12. Посібник з оцінки викидів парникових газів, пов'язаних із конфліктами. Українською: <https://reportguidanceua.warbon.org>.
Англійською: <https://reportguidanceen.warbon.org>

Викиди, пов'язані з використанням боєприпасів (Розділ 3.2) та виробництвом військової техніки (Розділ 3.3), могли частково відбуватись до 24 лютого 2022 року. Однак, для спрощення, відповідні виробничі викиди вважаються такими, що відбулися під час періоду конфлікту. Для категорії впливу «Відбудова» (Розділ 8) передбачається, що всі викиди від відбудови відбуватимуться після конфлікту, хоча деякі заходи з відбудови в Україні вже розпочалися або, в деяких випадках, навіть завершилися.

2.2 Географічні межі

Згідно з Посібником, географічні межі стосуються фізичної території, на яку поширюються впливи конфлікту, а не місця, де виникають зумовлені ними викиди. Географічні межі війни охоплюють Україну в межах її міжнародно визнаних кордонів разом із виключною економічною зоною в Чорному морі для всіх категорій впливу. Для категорій впливу «Воєнні дії», «Пошкодження енергетичної інфраструктури» та «Цивільна авіація» географічні межі поширюються і на Російську Федерацію.

Викиди можуть виникати поза географічними межами конфлікту, зокрема ті, що пов'язані з виробництвом боєприпасів, військової техніки та будівельних матеріалів, а також із додатковим споживанням палива літаками, що літають за зміненими маршрутами.

2.3 Прямі та непрямі викиди

Прямі та непрямі викиди були класифіковані відповідно до Посібника. Їх огляд представлено у зведеній таблиці в Розділі 9.

2.4 Greenhouse gases covered

Це оцінювання охоплює облік чотирьох із шести ПГ, а саме: вуглекислого газу (CO₂), methane (CH₄), закису азоту (N₂O) та гексафториду сірки (SF₆).

Категорія впливу	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	SF ₆
Витрати палива на бойові дії	+	+	+	
Використання боєприпасів	+	+	+	
Виробництво військової техніки	+			
Будівництво фортифікаційних споруд	+	+	+	
Пошкодження енергетичної інфраструктури	+	+	+	+
Пожежі в будівлях та спорудах	+	+	+	
Ландшафтні пожежі	+	+	+	
Переміщення біженців та ВПО	+	+	+	
Цивільна авіація	+			
Відбудова	+	+	+	

Таблиця 2. Парникові гази, викиди яких спричиняє кожна з категорій впливу

2.4 Потенціал глобального потепління

Потенціал глобального потепління зі 100-річним часовим горизонтом (GWP_{100}) використовувався відповідно до AR5 МГЕЗК.

ПГ	GWP_{100}
CO_2	1
CH_4 — невикопне	28
CH_4 — викопне	30
N_2O	265
SF_6	23,500

Таблиця 3. Потенціал глобального потепління для оцінених ПГ

3. Воєнні дії

3.1 Витрати палива на бойові дії

3.1.1 Загальний опис

Викопне паливо є вкрай важливим для військової діяльності, оскільки бойові операції потребують великих обсягів енергетичних ресурсів. Ця категорія впливу охоплює усе споживання палива, пов'язане з бойовими діями, зокрема паливо, що використовується наземною військовою технікою, військовими суднами та літаками (бойовим «зубом» військових), а також паливо, що споживається допоміжним логістичним «хвостом», який може охоплювати як військову, так і цивільну техніку, транспортні засоби та установки.

Постачання палива під час війни пов'язане зі складним ланцюгом поставок, оскільки паливо може використовуватися різними видами військ (наприклад, підрозділами Міністерства оборони, Національної гвардії, Державної прикордонної служби, Служби безпеки України тощо), приватним бізнесом, який має критичне значення для функціонування військових та забезпечує постачання послуг і товарів, регіональними державними та військовими адміністраціями та місцевими органами влади, волонтерами та іншими сторонами. Так само закупівля палива для потреб військових частин та логістики може здійснюватись через різні канали. Відповідно навіть якщо певні офіційні дані щодо закупівлі чи використання палива військовими доступні, вони не відображають загальне споживання палива під час війни.

3.1.2 Атрибуція

Хоча сучасні армії є значними споживачами викопного палива і в мирний час, збройні конфлікти неминуче призводять до суттєвого збільшення такого споживання. Оскільки дані діяльності, наведені нижче, відображають розрахункове збільшення використання палива, всі визначені викиди ПГ атрибутуються до війни.

3.1.3 Дані діяльності

Оцінка даних діяльності базувалася на поєднанні підходів Рівня 1 та Рівня 2:

- Рівень 1: Приблизні оцінки на основі непрямих даних та орієнтовних індикаторів, як-от чисельність особового складу, задіяного в конфлікті, і обсяги споживання палива на одного солдата або на типову військову частину.
- Рівень 2: Приблизні оцінки на основі непрямих даних, характерних для оцінюваного конфлікту, як-от закупівля палива сторонами конфлікту або зміни в обсягах постачання палива в регіони конфлікту та/або прикордонні регіони.

Витрата палива	Оцінка	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Разом
Російські сили вторгнення	Нижня межа	2.37	2.64	2.64	7.65
	Середнє	3.55	5.38	5.97	14.90
	Верхня межа	4.74	8.13	9.30	22.17
Сили оборони України	Нижня межа	0.80	0.80	0.80	2.40
	Середнє	1.20	1.20	1.20	3.60
	Верхня межа	1.60	1.60	1.60	4.80
Разом	Середнє	4.75	6.58	7.17	18.50

Таблиця 4. Орієнтовні витрати палива (у млн тонн палива)

Споживання палива російськими військами було визначено за допомогою даних про зростання постачання палива до регіонів на кордоні з Україною залізницею (нижня межа) та чисельності особового складу, залученого до війни на території України (верхня межа). Значно нижчий рівень споживання палива Україною пояснюється перевагами її внутрішніх ліній оборони, меншою чисельністю задіяного особового складу та використанням легшої техніки й транспортних засобів, а також довшими відстанями ланцюгів поставок для країни-агресора. Детальний опис підходу до оцінки наведено в четвертому оцінюванні впливу на клімат після двох років війни.

Викиди від поставок зброї на великі відстані оцінювались на основі повідомлених даних про постачання військової допомоги як у фізичному¹³, так і в грошовому вираженні¹⁴. Обсяги в понад 150 000 тонн різної військової техніки, доставленої в Україну до кінця травня 2023 року, були скориговані на основі повідомлених обсягів військової допомоги, наданої в грошовому вираженні упродовж різних періодів війни. Відстань транспортування була визначена на основі розподілу військової допомоги, наданої різними країнами, та приблизної відстані між конкретною країною та базами на сході Польщі. Для розподілу вантажних поставок за видами транспорту для різних країн використовувались спрощені припущення (зокрема, рівні частки між повітряним та морським транспортом для трансатлантичних маршрутів та використання залізничних перевезень для поставок у межах Європи з часткою повітряного транспорту 20% для поставок з країн Південної та Північної Європи). Достовірні дані щодо постачання військової допомоги Росії на великі відстані відсутні.

3.1.4 Коефіцієнти викидів

Використано такі коефіцієнти викидів:

- Прямі викиди: 3,19 тонн CO₂/тонну палива
- Попередні викиди: 0,746 тонн CO₂ екв./тонну палива

3.1.5 Викиди ПГ

Викиди від витрат палива на бойові дії наведено в таблиці нижче:

	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Разом
Росія	14.0	21.2	23.5	58.7
Україна	4.7	4.7	4.7	14.1
Військова допомога	0.3	0.1	0.3	0.7
Разом	19.0	26.0	28.5	73.5

Таблиця 5. Викиди від споживання викопного палива (у млн тонн CO₂ екв.)

13. Russia Recruited Operatives Online to Target Weapons Crossing Poland, <https://www.washingtonpost.com/world/2023/08/18/ukraine-weapons-sabotage-gru-poland>

14. Ukraine Support Tracker, <https://www.ifw-kiel.de/topics/war-against-ukraine/ukraine-support-tracker/>

3.2 Використання боєприпасів

3.2.1 Загальний опис

Ця категорія впливу охоплює викиди ПГ, пов'язані з виробництвом боєприпасів, ракет і вибухових речовин, що використовуються під час війни, а також додаткові викиди ПГ у місці стрільби (наприклад, через згоряння пропеленту) і місці удару (наприклад, через детонацію боєприпасу).

Ефективність боєприпасів та вибухових речовин залежить від двох факторів:

- обсягу вогневої потужності, що визначає масу боєприпасів та вибухових речовин, які використовуються під час воєнних дій, і відповідний вплив на клімат, а також
- точності боєприпасів, яка визначає обсяг викидів у розрахунку на вражену військову ціль.

Інтенсивність вогневої потужності та основні типи задіяних боєприпасів суттєво відрізнялись протягом різних періодів війни. Тоді як упродовж першого року на різних ділянках лінії фронту дуже поширеними були масовані артилерійські обстріли, зменшення запасів артилерійських снарядів призвело до зниження інтенсивності артилерійського вогню впродовж другого та третього років. Хоча у деякі періоди вирішальну роль відігравали системи високоточних ударів, обидві сторони постійно працювали над контрзаходами, що знижували ефективність цих систем. Зменшення доступності артилерійських боєприпасів протягом другого й третього років війни компенсувалось збільшенням використання дронів. FPV-дрони почали відігравати значну роль на полі бою, знищуючи велику кількість танків і бронетехніки або завдаючи їм пошкоджень, а також уражаючи інші військові цілі. Дрони спричинили зниження викидів ПГ від використання боєприпасів, однак їхня ефективність з точки зору ідентифікації та знищення цілей зумовила збільшення викидів ПГ від знищення військової техніки (див. категорію впливу «Виробництво військової техніки»).

3.2.2 Атрибуція

Увесь «вуглецевий слід», пов'язаний з виробництвом боєприпасів, а також викиди в місці стрільби та місці удару, атрибутуються до війни, оскільки рівень викидів безпосередньо залежить від рішень щодо рівня й типів використання боєприпасів під час війни.

3.2.3 Дані діяльності

Для розрахунку було застосовано підхід Рівня 1, що базується на приблизних оцінках кількості використаних артилерійських боєприпасів, оскільки артилерія є ключовим джерелом вогневої потужності під час воєнних дій і відповідає за найбільшу частку використаних вибухових речовин та пов'язаних з ними викидів ПГ. Оцінені викиди ПГ були скориговані з урахуванням інших основних типів використаних боєприпасів та вибухових речовин. На основі аналізу, проведеного під час попередніх оцінювань, застосовано коригувальний коефіцієнт 1,2.

Використання артилерії та інших видів боєприпасів залежить від інтенсивності бойових дій на різних ділянках лінії фронту та суттєво варіюється від початку російського вторгнення. Зменшення запасів та атаки на склади значно знизили інтенсивність використання артилерії протягом війни, тоді як нові джерела постачання та розширення виробничих потужностей дозволили лише частково компенсувати зниження інтенсивності вогню.

На початку повномасштабної війни російська артилерія мала суттєву перевагу над українською: розбіжність досягала співвідношення 10:1. Росія випускала до 50 000 або навіть

60 000 снарядів на день, використовуючи таку велику їх кількість, аби компенсувати брак точності вогню. Інтенсивність використання артилерії знизилась упродовж другого року війни через виснаження запасів, а в деякі періоди навіть ставала паритетною. Проте через додаткові поставки з Північної Кореї, інтенсивність вогню з боку Росії все одно здебільшого була значно вищою. У 2024 році Росія випускала близько 10 000 снарядів на день порівняно з лише 2000 на день з українського боку¹⁵.

Додаткові викиди ПГ зумовлені масштабними атаками на склади боєприпасів. У період з вересня 2024 року по лютий 2025 року Україна збільшила масштаби та ефективність ударів глибоко всередині Росії. У вересні 2024 року було здійснено кілька успішних ударів по великих складах боєприпасів, зокрема стратегічних складах у Торопці й Тихорецьку, які відігравали ключову роль у постачанні російським військам мінометних снарядів калібру 120 мм та 82 мм, снарядів калібру 122 мм, боєприпасів для стрілецької зброї, різних ракет та вибухових матеріалів. За оцінками, лише знищення складу в Торопці призвело до втрати від 30 000 до 160 000 тонн боєприпасів. Крім того, удар по складу ГРАУ в Карачеві в жовтні 2024 року успішно знищив дві будівлі, хоча ширший склад боєприпасів залишився неушкодженим¹⁶. У 2025 році було знищено понад половину 51-го складу ГРАУ, де, за деякими оцінками, вибухнуло 105 000 тонн боєприпасів¹⁷. Ще одна масштабна атака на початку 2025 року знищила сховище боєприпасів на авіабазі Енгельс¹⁸.

Дані, використані для розрахунку кліматичної шкоди, наведені в таблиці нижче, а детальнішу інформацію можна знайти в попередніх оцінюваннях.

Використання боєприпасів	Оцінка	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Разом
Російські сили вторгнення	Артилерійські снаряди, од.	9.000.000	4.140.000	3.600.000	16.740.000
	Артилерійські снаряди, т	720.000	331.200	288.000	1.339.200
	Інші боєприпаси та вибухові речовини, т	144.000	66.240	57.600	267.840
	Знищені боєприпаси, т			135.000	135.000
Сили оборони України	Артилерійські снаряди, од.	2.250.000	1.980.000	720.000	4.950.000
	Артилерійські снаряди, т	180.000	158.400	57.600	396.000
	Інші боєприпаси та вибухові речовини, т	36.000	31.680	11.520	79.200
	Знищені боєприпаси, т				
Разом	Артилерійські снаряди, од.	11.250.000	6.120.000	4.320.000	21.690.000
	Артилерійські снаряди, т	900.000	489.600	345.600	1.735.200
	Інші боєприпаси та вибухові речовини, т	180.000	97.920	69.120	347.040
	Знищені боєприпаси, т			135.000	135.000
	Разом, т	1.080.000	587.520	549.720	2.217.240

Таблиця 6. Використання боєприпасів обома збройними силами

15. Exclusive: Russia Producing Three Times more Artillery Shells than US and Europe for Ukraine, <https://edition.cnn.com/2024/03/10/politics/russia-artillery-shell-production-us-europe-ukraine/index.html>

16. Frontelligence Insight. Melting the Steel and Black Gold: A Comprehensive Analysis of Ukraine's Long-Range Strike Operations, <https://frontelligence.substack.com/p/melting-the-steel-and-black-gold>

17. UK Intel Shows Scale of Destruction at Russian Ammunition Depot, <https://newsukraine.rbc.ua/news/uk-intel-shows-scale-of-destruction-at-russian-1747219356.html>; What Satellite Images Reveal About the Destruction of Russia's 51st GRAU Arsenal Near Moscow, https://en.defence-ua.com/analysis/what_satellite_images_reveal_about_the_destruction_of_russias_51st_grau_arsenal_near_moscow-14282.html

18. Див. звіти тут: <https://x.com/NOELreports/status/1903436253334270231>, <https://x.com/tochnyi/status/1903210810723475852>, <https://x.com/bradyafr/status/1903134796705886219>

3.2.4 Коефіцієнти викидів

Викиди ПГ від використання боєприпасів були оцінені за допомогою коефіцієнта викидів для типових боєприпасів калібру 155 мм на основі опублікованої розширеної оцінки впливу на довкілля протягом життєвого циклу, що враховує вплив виробництва боєприпасів та пропелентів на глобальне потепління, а також викиди в місці пострілу та місці удару¹⁹. Викиди від інших видів боєприпасів та вибухових речовин оцінювались пропорційно з використанням коригувального коефіцієнта 1,2 на основі аналізу, здійсненого під час четвертого оцінювання після двох років війни.

3.2.5 Викиди ПГ

Виробництво боєприпасів та вибухових речовин складає 98,5% від загального визначеного впливу на клімат, тоді як викиди в місці пострілу та місці удару становлять решту, мізерну частку від загального обсягу викидів ПГ від використання боєприпасів.

	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Разом
Виробництво боєприпасів (сталевих гільз і вибухових речовин)	1.53	0.83	0.59	2.95
Виробництво пропелентів	0.64	0.36	0.25	1.25
Викиди в місці стрільби та місці удару	0.03	0.02	0.01	0.06
Викиди від використання інших боєприпасів і вибухових речовин	0.44	0.24	0.17	0.85
Разом	2.64	1.45	1.02	5.11

Таблиця 7. Викиди, зумовлені використанням боєприпасів (у млн тонн CO₂ екв.)

3.3 Виробництво військової техніки

3.3.1 Загальний опис

Військова техніка є основою будь-якої військової діяльності, оскільки вона атакує ворога, захищає та забезпечує збройні сили, будує укріплення, здійснює спостереження та виконує багато інших завдань, необхідних для досягнення стратегічних і тактичних цілей.

Ця категорія впливу охоплює викиди ПГ, пов'язані з виробництвом військової техніки, знищеної або пошкодженої під час війни, зокрема «вуглецевий слід» конструкційної сталі, леґованої сталі, литих матеріалів, легких сплавів, синтетичних та композитних матеріалів та інших ресурсів, а також споживання енергії на етапі виробництва.

Кількість знищеної військової техніки суттєво залежить від інтенсивності боїв на передовій та типів проведених операцій. Початковий невдалий бліцкриг російських військ під час вторгнення та інтенсивні бої упродовж перших місяців війни призвели до величезних втрат техніки у перший рік війни. Зі стабілізацією лінії фронту протягом другого року темпи втрат техніки значно знизились. Однак зростання використання безпілотників на третій рік війни призвело до серйозного збільшення кількості знищеної військової техніки. Розвідувальні дрони допомагають краще ідентифікувати цілі, тоді як FPV- та інші ударні дрони підвищують рівень знищення техніки.

19. 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>

3.3.2 Атрибуція

Враховуються викиди ПГ від виробництва знищеної і пошкодженої техніки, але не викиди, пов'язані зі створенням запасів військової техніки в різних країнах. Увесь «вуглецевий слід», пов'язаний із виробництвом військової техніки, атрибутується до війни.

3.3.3 Дані діяльності

Ми застосували підхід Рівня 2, який використовує інформацію з відкритих джерел про втрати більшості ключових типів військової техніки (тобто танків, бойових броньованих машин (ББМ), бойових машин піхоти (БМП), бронетранспортерів (БТР), бронеавтомобілів, самохідних артилерійських установок, реактивних систем залпового вогню, вантажівок та інших транспортних засобів, літаків, гелікоптерів та військових кораблів).

Сили	Оцінка	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Разом
Російські сили вторгнення	Вага знищеної техніки	158.917	36.252	69.402	264.571
	Вага пошкодженої техніки	13.924	2.556	767	17.247
	Вага знищеної техніки без візуального підтвердження	31.783	7.250	13.880	52.913
	Загальна вага техніки	204.624	46.058	84.049	334.731
Сили оборони України	Вага знищеної техніки	45.891	9.695	22.574	78.160
	Вага пошкодженої техніки	8.127	1.808	3.949	13.884
	Вага знищеної техніки без візуального підтвердження	9.178	1.939	4.515	15.632
	Загальна вага техніки	63.196	13.442	31.038	107.676
Разом	Вага техніки	267.820	59.500	115.087	442.407

Таблиця 8. Вага знищеної і пошкодженої техніки (у тоннах)

Дані про знищену та пошкоджену військову техніку використовують інформацію зі списків Оryx щодо візуально підтверджених втрат під час війни²⁰. Списки втрат Оryx базуються на візуальних доказах, а винятки можливі лише в рідкісних випадках, коли втрати офіційно підтверджені стороною, яка їх зазнала, або коли вони підтверджені дуже надійними джерелами сторони, яка їх зазнала²¹.

Сили	Тип	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Разом
Російські сили вторгнення	Танки	1.533	389	750	2.672
	Інша броньована техніка (ББМ, БМП, БТР, БА)	3.002	1.033	2.407	6.442
	Вантажівки та інші автомобілі	2.212	285	605	3.102
Сили оборони України	Танки	432	102	225	759
	Інша броньована техніка (ББМ, БМП, БТР, БА)	1.216	234	771	2.221
	Вантажівки та інші автомобілі	541	98	189	828

Таблиця 9. Знищена та пошкоджена техніка (в одиницях)

20. Стан за три роки: <https://x.com/Rebel44CZ/status/1893708452075090340>. Повні списки: 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.htm>

21. Див. пояснення методології авторами списків: <https://x.com/Rebel44CZ/status/1878490738243068330>

Оцінки на основі візуально підтверджених втрат є дуже консервативними, і фактичні втрати можуть бути значно вищими. Аналіз супутникових знімків високої роздільної здатності виявив велику кількість втрат техніки, якої не видно на відео чи фотографіях з місць інтенсивних боїв. Розраховуючи викиди, ми вважаємо, що щонайменше 20% втрат візуально не підтверджені / не включені до списків і пропорційно збільшуємо загальні викиди ПГ.

Втрати, враховані під час оцінки кліматичної шкоди, не охоплюють цивільні транспортні засоби, що використовувались і були знищені під час війни. Звіти свідчать, що через зменшення запасів військової техніки російські війська збільшили використання цивільних транспортних засобів на передовій з березня 2024 року по лютий 2025 року²².

3.3.4 Коефіцієнти викидів

Обсяги «вуглецевого сліду» дуже відрізняються для конкретних типів техніки, а даних про викиди протягом життєвого циклу, що пов'язані з виробництвом військової техніки, практично немає. Тому ми використали дані про цивільну техніку та обладнання (наприклад, трактори, сільськогосподарську техніку, вантажівки, будівельну техніку тощо) як аналог для оцінки викидів, пов'язаних зі знищеною та пошкодженою військовою технікою. Такий підхід є консервативним, оскільки виробництво військової техніки зазвичай більш енерго- та ресурсоємне.

Значення 6 кг CO₂ на кг техніки було застосовано як орієнтовний вуглецевий слід військової техніки, що відповідає рекомендованому підходу Рівня 1 з Посібника. Для отримання додаткової інформації див. четверте оцінювання після двох років війни.

3.3.5 Викиди ПГ

Сили	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Разом
Росія	1.2	0.2	0.5	1.9
Україна	0.3	0.1	0.2	0.6
Разом	1.5	0.3	0.7	2.5

Table 10: Emissions from destroyed and damaged equipment (in MtCO₂e)

Це значення дуже консервативне, оскільки воно враховує лише ключові типи великогабаритного обладнання й техніки і не враховує десятки типів одиниць техніки, що використовуються під час війни, та різні види малого обладнання. Ба більше, воно фокусується лише на знищеній і пошкодженій техніці, тоді як викиди, пов'язані зі створенням запасів військової техніки в різних країнах, не враховуються.

3.4 Будівництво фортифікаційних споруд

3.4.1 Загальний опис

Ця категорія впливу охоплює викиди ПГ, пов'язані з будівництвом фортифікаційних споруд, як-от траншей, опорних пунктів та інших елементів, приміром використовуючи великі обсяги вуглецевоємних будівельних матеріалів, зокрема сталі, цементу й бетону. Виробництво цементу та бетону — це ключові джерела викидів ПГ, що оцінюються для цієї категорії впливу.

22. Див.: <https://x.com/AndrewPerpetua/status/1902364609446564027>

Втім це оцінювання не враховує додаткові потенційні джерела викидів ПГ, спричинені будівництвом польових укріплень, а саме: викиди від руйнування запасів вуглецю у ґрунті та лісових масивах, споживання палива під час роботи землерийної техніки, задіяної у копанні траншей, а також майбутніх робіт із демонтажу фортифікаційних споруд та відновлення ландшафту.

Будівництво ліній укріплень залежить від динаміки на полі бою та інших факторів, які протягом трьох років війни змінювались. Упродовж першого року війни лінії фронту були дуже динамічними, а бої — дуже інтенсивними, і, відповідно, будівництво фортифікаційних ліній було обмеженим. Після звільнення значної частини українських територій восени 2022 року Росія розпочала будівництво великих багатошарових укріплень вздовж кордону з Україною та на окупованих територіях України за лінією фронту, готуючись до українського контрнаступу. Будівництво та зміцнення фортифікацій продовжувалось у 2023 та 2024 роках з укріпленням уже наявних окопів дерев'яними, бетонними чи металевими конструкціями. Що статичнішою ставала лінія зіткнення, то більші ресурси і Україна спрямовувала на будівництво ліній укріплень уздовж усієї лінії фронту, а також уздовж свого північного кордону. Суттєва активізація використання безпілотників теж вплинула на характер укріплювальних споруд, необхідних на полі бою. Кількість розвідувальних і FPV-дронів у небі зростає, а інші ударні безпілотники та авіабомби отримали змогу вражати майже будь-яку визначену позицію вздовж лінії фронту, тож роль великих опорних пунктів зменшилась. Солдати надають пріоритет добре прихованим позиціям та бліндажам у лісосмугах та інших лісистих місцевостях через менший ризик їх руйнування, а будівництво укріплень та захисних споруд поширюється далеко за межі фронту. Через інтенсивні атаки на цивільне населення та енергетичну інфраструктуру по всій країні, Україна розпочала масштабну кампанію зі встановлення укриттів у містах та селищах, а також будівництва захисних споруд навколо електропідстанцій та іншої критичної інфраструктури.

3.4.2 Атрибуція

Усі викиди ПГ, пов'язані з будівництвом укріплень, атрибутуються до війни.

3.4.3 Дані діяльності

Дані діяльності щодо обсягів бетону базуються на підході Рівня 2, який передбачає використання непрямих оцінок на основі інформації про типи та масштаби побудованих укріплень (наприклад, з використанням супутникових даних та ідентифікованих фортифікаційних споруд).

Будівництво ліній укріплень передбачає складний ланцюг поставок та залучення різних учасників, що ускладнює відстеження даних про закупівлю та використання матеріалів. Так, в Україні будівництво фортифікаційних споруд може здійснюватись Міністерством оборони України, Державною спеціальною служб транспорту Міністерства оборони, Агентством відновлення, обласними та районними державними адміністраціями, а також військовими адміністраціями окремих громад у регіонах, близьких до лінії фронту або державного кордону. Масштабне будівництво фортифікаційних споруд також вимагає залучення будівельної техніки цивільних будівельних компаній та отримання будівельних послуг від них²³. Оцінка обсягів бетону, використаного для цих споруд, базується переважно на аналізі, представленому у дворічному звіті, а також на непрямих оцінках. Вплив, оцінений за перші два роки війни, був розподілений між першим та дру-

23. Більше інформації можна знайти тут: <https://www.slovoidilo.ua/2024/06/05/infografika/bezpeka/fortyfikacijni-sporudy-yak-vlash-tovanyj-proces-budivnyctva>, <https://www.radiosvoboda.org/a/shcho-vidbuvayet%CA%B9sya-z-fortyfikatsiyamy/32873058.html>, <https://texty.org.ua/fragments/112029/evolyuciya-dotiv-yak-sporudzhuyut-suchasni-vohnevi-sporudy-foto/>

гим роками як 20/80 з урахуванням характеру війни. Упродовж третього року війни як Україна, так і Росія продовжували будівництво фортифікаційних споруд, але дані про це обмежені. Інформація щодо російських фортифікаційних споруд спирається на оцінки, надані порталом DeepState з використанням аналізу супутникових знімків та інших джерел²⁴. Загальна довжина ліній укріплень, побудованих російською армією, збільшилась із понад 6000 км станом на листопад 2023 року (разом із 1184 км ліній «зубів дракона») до 8312 км станом на початок 2025 року. Протягом третього року довжина ліній «зубів дракона» збільшилась приблизно на третину, передовсім через урахування фортифікаційних споруд у російських регіонах, що межують з Україною. Дані щодо українських укріплень оцінювались на основі довжини лінії фронту, як описано у дворічному звіті, та з урахуванням того факту, що у 2024 році українська армія побудувала масивні оборонні укріплення вздовж усієї лінії фронту, щоб уповільнити просування російської армії²⁵.

При цьому було застосовано такі припущення:

- для ліній «зубів дракона»: 750 одиниць на км (три лінії по 250 одиниць на км у кожній; більше деталей та аналіз представлено у дворічному звіті);
- для інших ліній укріплень з відомою розрахунковою довжиною окопів та інших елементів (російських): 20 т бетону на км ліній укріплень;
- для інших ліній укріплень без даних про розрахункову довжину окопів та інших елементів (українських): 80 т бетону на км лінії фронту;
- для захисних споруд за лінією фронту: оцінка на основі дворічного звіту та з урахуванням 30% частки використання бетону для захисту критичної інфраструктури упродовж третього року.

Сили	Оцінка	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Разом
Російські сили вторгнення	Бетон, використаний для виробництва «зубів дракона»	213.000	852.000	320.000	1.385.000
	Бетон, використаний для інших фортифікаційних споруд	24.000	96.000	46.000	166.000
	Загальний обсяг бетону, використаного для фортифікацій	237.000	948.000	366.000	1.551.000
Сили оборони України	Бетон, використаний для виробництва «зубів дракона»	24.000	96.000	36.000	156.000
	Бетон, використаний для інших фортифікаційних споруд	32.000	128.000	160.000	320.000
	Бетон, використаний для укриттів і блокпостів	8.000	32.000	32.000	72.000
	Бетон, використаний для захисту критичної інфраструктури	-	720.000	216.000	936.000
	Загальний обсяг бетону, використаного для фортифікацій	64.000	976.000	444.000	1.484.000
Разом	Загальний обсяг бетону, використаного для фортифікацій	301.000	1.924.000	810.000	3.035.000

Таблиця 11. Обсяги бетону, використані для зведення укріплень (у тоннах)

3.4.4 Коефіцієнти викидів

Застосована густина бетону становить 2,4 т/м³, а коефіцієнт викидів бетону — 0,5 т CO₂ екв./м³ бетону на основі класу бетону B40.

24. DeepState, <https://t.me/DeepStateUA/22180>, <https://t.me/DeepStateUA/18121>, <https://deepstatemap.live/#7/>

25. Див.: https://x.com/clement_molin/status/1939354419562189300

3.4.5 Викиди ПГ

Розраховані викиди ПГ від будівництва укріплень представлені в таблиці нижче.

Сили	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Разом
Росія	0.05	0.20	0.08	0.33
Україна	0.01	0.20	0.09	0.30
Разом	0.06	0.40	0.17	0.63

Таблиця 12. Викиди ПГ від будівництва укріплень (у млн тонн CO₂ екв.)

3.5 Загальні викиди ПГ від бойових дій

	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Разом
Викопне паливо (рос.)	14.0	21.2	23.5	58.7
Викопне паливо (укр.)	4.7	4.7	4.7	14.1
Викопне паливо, військова допомога	0.3	0.1	0.3	0.7
Боєприпаси	2.6	1.5	1.0	5.1
Техніка	1.5	0.3	0.7	2.5
Укріплення	0.06	0.40	0.17	0.63
Разом	23.16	28.20	30.37	81.7

Таблиця 13. Викиди ПГ від бойових дій (у млн тонн CO₂ екв.)

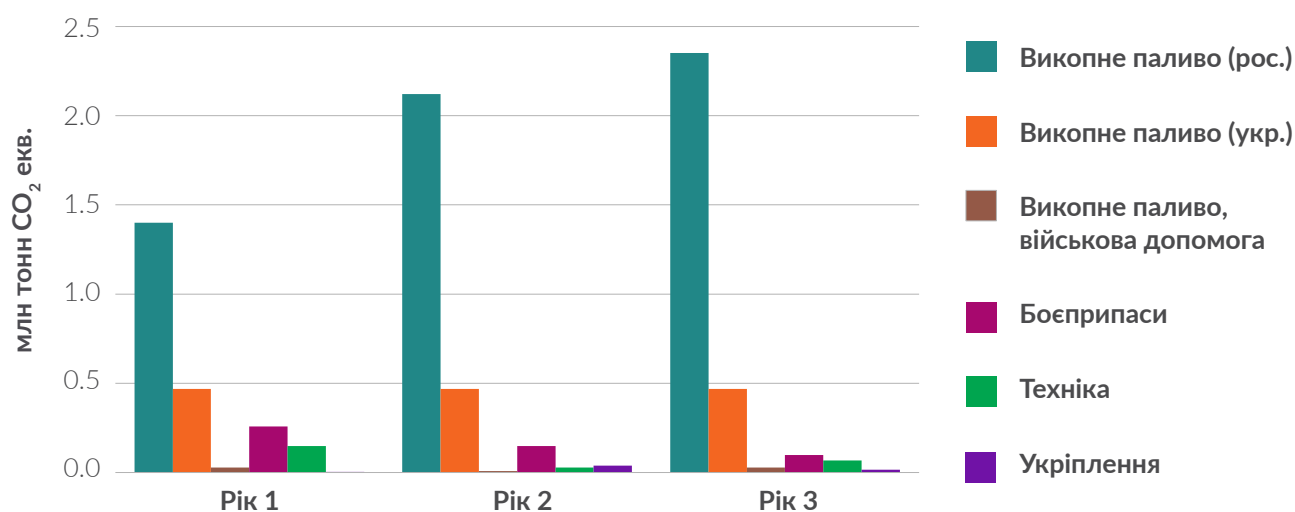


Рисунок 10. Викиди ПГ від бойових дій

4. Ландшафтні пожежі

4.1 Природні ландшафтні пожежі

4.1.1 Загальний опис

Згідно з визначенням Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO), ландшафтні пожежі — це спричинені людиною пожежі в ході землекористування, контролювані випалювання та стихійні пожежі живої та мертвої рослинності у природних, культурних та урбаністично-індустріальних ландшафтах²⁶. В Україні статистичні дані про пожежі збирають лише деякі установи, проте ні одна із них не охоплює усіх ландшафтних пожеж. Тож оцінка пов'язаних із війною викидів від усіх видів ландшафтних пожеж у цьому звіті заснована на статистиці пожеж Регіонального Східноєвропейського центру моніторингу пожеж (REEFMC), що працює за фінансової підтримки Екологічної мережі Зої²⁷.

4.1.2 Атрибуція

У мирний час у ландшафтах України була низка переважно антропогенних джерел загорання: починаючи від зумисного спалювання рослинних залишків на полях до пожеж на невеликих ділянках землі, спричинених сільським населенням біля сіл, а також пожежі через недбалість відвідувачів лісів. Війна вплинула на кількість, території та інтенсивність пожеж і пов'язаних із цим викидів ПГ через прямі наслідки обстрілів, присутність великої кількості солдатів і різноманітних потенційних джерел загорання, окупацію територій і зменшення спроможності боротьби із ландшафтними пожежами в Україні. Ба більше, зміна клімату та екстремальні погодні умови підвищують ризик неконтрольованого горіння, особливо уздовж лінії фронту, де пожежники не можуть працювати.

Важливо атрибутувати пожежі до війни, щоб відокремити їх від нормальних, мирних умов. Для кожної окремої пожежі неможливо визначити, чи спричинена вона війною, а використовувати попередні роки як орієнтир проблематично через значно відмінні погодні умови та відсутність надійних історичних даних для порівняння. Отож було застосовано методологію, щоб атрибутувати *прямі* впливи війни, коли виникнення пожеж поблизу лінії фронту порівнюється з ідентичним типом ландшафту далі від лінії фронту. Ця методологія коротко описана нижче, а детальніше — у звіті за два роки війни.

Далі від лінії фронту прямий вплив війни обмежений. Проте спостерігається *непрямий* вплив, адже війна зменшила спроможність боротися з пожежами через призов персоналу до армії, обмежену можливість використання відеоспостереження для виявлення пожеж і передачу пожежної техніки в зону бойових дій або ж закриття повітряного простору для пожежних літаків.

4.1.3 Методологія та коефіцієнти викидів

Для обчислення викидів унаслідок ландшафтних пожеж було здійснено такі кроки:

1. Мапування пожеж.
2. Окреслення буферної зони.
3. Оцінка втрати біомаси та викидів ПГ.
4. Атрибуція.

26. FAO Fire Management Voluntary Guidelines, <https://www.fao.org/4/j9255e/j9255e00.pdf>

27. <https://nubip.edu.ua/node/9087/2>

Нижче стисло описано кожен із цих кроків. Більш детальний опис можна знайти в четвертому оцінюванні впливу війни, що охоплює два роки.

Крок 1: Мапування пожеж

Першим кроком методології було позначення всіх пожеж на території України за допомогою візуального огляду часового ряду Sentinel 2 у період з 24 лютого 2022 року до 23 лютого 2025 року. Група навчених фотоаналітиків проаналізували створену Sentinel 2 мозаїку у радіусі 1 км від гарячої токи, отриману за допомогою супутникового сенсора MODIS для виявлення активних пожеж або нещодавно вигорілих місць, а також було вручну окреслено периметри пожеж.

Крок 2: Окреслення буферної зони

Другим кроком було окреслено буферну зону. Це дослідження використовувало щоденні координати лінії фронту, створені Екологічною мережею Зої. На основі щоденних змін лінії фронту з 2024 року було визначено три зони:

- Зона 1: Українська територія, що не зазнала впливу наземних бойових дій, тобто за межами 30-кілометрової буферної зони.
- Зона 2: Сукупна 30-кілометрова буферна зона по обидва боки рухомої лінії фронту.
- Зона 3: Окуповані території, зокрема території, окуповані з 2014 року, але за межами 30-кілометрової буферної зони .

Що стосується буферної зони, використовується сукупна буферна 30-кілометрова зона по обидва боки лінії фронту. Тобто буферна зона є максимальною територією, що зазнала прямого впливу війни з початку вторгнення. Відтоді деякі території України були звільнені, але вони не доступні для пожежників через присутність мін або нерозірваних боєприпасів. Відповідно, ми *узагальнюємо* і визначаємо 30-кілометрову зону за 36-місячний період.

Крок 3: Оцінка втрати біомаси та викидів ПГ

Третім кроком є підрахунок об'єму викидів вуглецю від пожеж для різних типів земного покриття, як описано нижче.

Викиди вуглецю від лісових пожеж

Щоб оцінити викиди вуглецю від лісових пожеж, було визначено види та вікову структуру деревостою. Це дозволило визначити загальний об'єм біомаси та визначити особливості втрат біомаси внаслідок лісових пожеж різного ступеню тяжкості. На основі даних останньої оцінки стану лісів в Україні²⁸ було також визначено співвідношення вікових груп для кожного регіону України: молоді, середнього віку, недозрілі, зрілі та перезрілі.

Майбутні втрати біомаси та, відповідно, викиди ПГ для деревостою, що зазнав значного негативного впливу пожеж, було пораховано на основі експертних оцінок потенційних втрат деревостою після пожеж.

Викиди вуглецю від пожеж на орних угіддях

Визначення структури доміnantних видів посівних площ було здійснено на основі розподілу територій за структурою посівів. Згідно з даними Міністерства аграрної політики та продовольства України, пшениця, ячмінь, сояшник та кукурудза є доміnantними культурами в структурі посівів і займають майже 85% посівних площ. Було використано

28. Handbook of the Forest Fund of Ukraine, 2012

такі співвідношення згаданих культур: пшениця — 37,3%, ячмінь — 10,8%, соняшник — 26,1% та кукурудза — 25,8%.

Оцінка врожайності та об'єму біомаси посівних культур

Врожайність згаданих культур (в тоннах/га) у кожному регіоні було визначено на основі національних статистичних даних²⁹. Об'єм біомаси було визначено за допомогою коефіцієнтів загальної кількості залишків поверхневої рослинності та коріння цих культур залежно від врожаю головних продуктів³⁰.

Викиди вуглецю від пожеж в інших природних ландшафтах

Використовуючи дані вебсайту Державної служби статистики України з питань геодезії, картографії та кадастру було визначено регіональну структуру інших видів ландшафтів. Регіональна структура ландшафтів, окрім лісових та орних земель, охоплює також сіножаті, перелоги та пасовища. На основі даних Земельного довідника України³¹ було підраховано частку кожного із зазначених видів сільськогосподарських ландшафтів для кожного регіону. Продуктивність та об'єм біомаси було визначено за видами ландшафтів. Продуктивність зазначених ландшафтів (у тонн/га) для кожного регіону було визначено на основі наукових даних з численних публікацій у сфері ботаніки та екології та згруповано за природними зонами України. Втрати біомаси розрізняються залежно від ступеня пошкодження місцевості та виду ландшафту.

Крок 4: Атрибуція

Четвертим кроком методології є атрибуція пожеж у буферній зоні до війни, щоб показати, що ці пожежі не були спричинені іншими природними факторами або звичайною людською діяльністю. Ландшафтні пожежі в буферній зоні (Зона 2) було порівняно з пожежами в ідентичних ландшафтах за подібних умов без прямого впливу війни (Зона 1). Під подібними умовами йдеться про ідентичний тип земного покриття в одну й ту саму пору року і з тим самим Індексом пожежної небезпеки (ІПН). Обраховуючи різницю у викидах між цими двома типами ландшафтів, ми визначаємо додаткові викиди, прямо спричинені війною.

Як ІПН ми використали канадський індекс небезпеки лісових пожеж, доступний на платформі даних Copernicus³². Категорії пожежної небезпеки на основі ІПН було застосовано до всіх пожеж на території України з урахуванням їх географічного розташування. Щоб оцінити пов'язані з війною викиди від ландшафтних пожеж, загальний об'єм викидів ПГ, спричинених пожежами в буферній зоні, було помножено на коефіцієнти атрибуції для кожного типу земного покриття, пори року та класу ІПН.

Тоді як пожежі в буферній зоні було атрибутовано до війни як описано вище, на території, що не зазнали прямого впливу воєнних дій (Зона 1), складніше атрибутувати вплив. Крилаті ракети та дрони завдали шкоди далеко за межами ліній фронту, навіть на заході України, поблизу польського кордону, і могли спричинити лісові пожежі. Проте головним наслідком війни у Зоні 1 є зниження спроможностей пожежогасіння: на відміну від буферної зони, ці пожежі в більшості випадків є доступними, але гасіння пожеж обмежене через брак пожежників, оскільки багато чоловіків і жінок служать в армії. Пожежогасін-

29. Verner, I.E. (Ed.). (2021). Statistical yearbook of Ukraine 2020.

https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/11/Yearbook_2020_e.pdf

30. Кохан А.В., Глуценко Л.Д. Стан та шляхи підвищення родючості ґрунтів Полтавської області в сучасних умовах сільськогосподарського виробництва, 2015

<https://dspace.pdau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/505eccad-4804-4c9b-bc88-12317e089c9b/content>

31. Земельний довідник України, <https://agropolit.com/spetsproekty/705-zemelnyy-dovidnik-ukrayini--baza-danih-pro-zemelniy-fond-krayini>

32. Database of Copernicus: <https://ewds.climate.copernicus.eu/datasets/cems-fire-historical-v1?tab=overview>

ня з повітря також ускладнюється, бо повітряний простір здебільшого закритий через розпорядження української влади.

Ба більше, велику кількість пожежних машин та іншої техніки було направлено в зону бойових дій для допомоги в гасінні пожеж у містах. Згідно з даними Київської школи економіки, Україна мала 4216 пожежних машин, з яких 1629 пошкоджено або зруйновано³³. Тобто пошкоджено 38% техніки, зокрема пожежні машини, що використовуються у випадку як міських, так і ландшафтних пожеж. Оскільки пріоритетом влади є гасіння міських пожеж, для подолання пожеж у природних ландшафтах, ймовірно, виділятиметься ще менше техніки. Хай там як, ми використовуємо цю цифру як орієнтир для оцінки скорочення спроможності й оцінки викидів унаслідок пожеж, непрямо викликаних війною, усвідомлюючи, що неточність цієї оцінки є вищою, як порівняти з викидами, що прямо спричинені війною в буферній зоні.

4.1.4 Викиди ПГ

У таблиці нижче представлено площу мапованих природних ландшафтних пожеж по всій території України до атрибуції.

Тип земного покриття	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Разом
Хвойні ліси	37.9	23.5	63.5	124.9
Листяні ліси	45.6	9.4	51.6	106.6
Орні землі	370.3	263.4	428.3	1062.0
Болота	28.7	5.8	20.7	55.2
Землі з іншою рослинністю	269.2	142.8	282.7	694.7
Разом	751.7	444.9	846.8	2043.4

Таблиця 14. Площа природних лісових пожеж (тис. га)

Протягом трьох років війни із загальних 2043,4 тис. га природних ландшафтних пожеж 1573,8 тис. га пожеж сталися в буферній зоні (=77%). Буферна зона складає лише третину всієї території України, тож інтенсивність пожеж (що вимірюється в спалених га/км² території) приблизно в шість разів вища. Якщо розглядати лише пожежі хвойних лісів, цей показник навіть вищий: 117,5 із 124,9 тис. га сталися в буферній зоні (=94%).

Проаналізувавши природні ландшафтні пожежі в Зоні 2 та порівнявши всі пожежі з пожежами, атрибутованими до війни, ми дійшли висновку, що майже 9 із 10 пожеж у Зоні 2 можна атрибутувати до війни, як показано у наведеній нижче таблиці.

Тип земного покриття	Загальна площа	Атрибутовані до війни	Коефіцієнт
Хвойні ліси	117.5	110.6	94%
Листяні ліси	69.5	58.2	84%
Орні землі	880.9	775.6	88%
Болота	24.5	19.9	81%
Землі з іншою рослинністю	481.3	415.0	86%
Разом	1573.7	1379.3	88%

Таблиця 15. Площа природних лісових пожеж у Зоні 2 за три роки війни (тис. га)

33. Додаток 10 до Звіту про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії Росії проти України станом на початок 2024 року, КШЕ, https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/04/01.01.24_Damages_Report.pdf

Після конвертації ландшафтних пожеж у викиди ПГ, як описано вище, отримано такі результати.

Тип земного покриття	Рік 1		Рік 2		Рік 3		Разом
	Зона 1	Зона 2	Зона 1	Зона 2	Зона 1	Зона 2	
Хвойні ліси	0.21	6.44	0.02	3.66	0.38	8.85	19.56
Листяні ліси	1.84	2.74	0.24	1.44	0.95	8.10	15.31
Орні землі	0.16	2.62	0.12	2.46	0.11	3.00	8.47
Болота	0.09	0.12	0.02	0.03	0.06	0.13	0.45
Землі з іншою рослинністю	0.24	0.73	0.06	0.50	0.17	1.21	2.91
Разом	2.54	12.65	0.46	8.09	1.67	21.29	46.70

Таблиця 16. Площа природних лісових пожеж, атрибутованих до війни (в млн тонн CO₂ екв.)

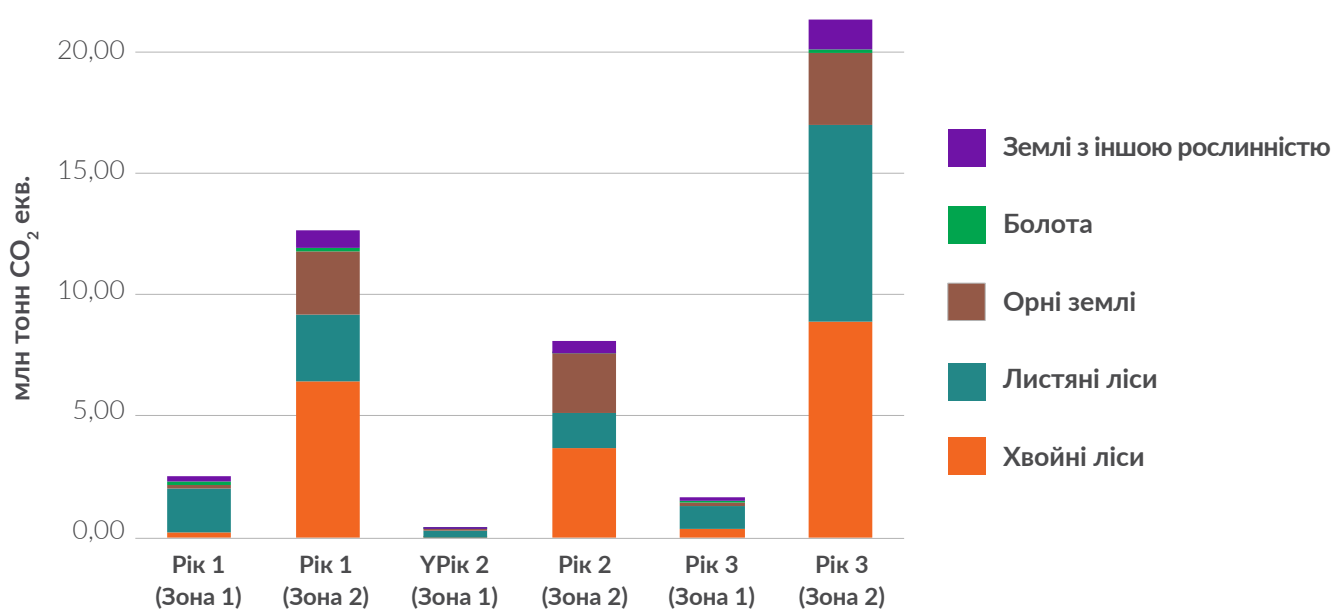


Рисунок 11. Площа природних лісових пожеж, атрибутованих до війни

Із загального об'єму викидів 46,55 млн тонн CO₂ екв., спричинених природними ландшафтними пожежами, приблизно 14,18 млн тонн CO₂ екв. становлять прямі викиди від горіння, а в майбутні викиди унаслідок деградації знищених лісів складуть 32,37 тонн CO₂ екв.

4.2 Пожежі в будівлях і спорудах

4.2.1 Загальний опис

Атаки на цивільну інфраструктуру спричинили неконтрольоване горіння займистих матеріалів у будівлях, на заводах та комунальних об'єктах, призводячи до викидів ПГ. Велику кількість будівель пошкоджено або зруйновано, що детально описано в категорії впливу «Відбудова». Нинішнє оцінювання враховує лише пожежі в житлових будівлях. Для оцінки викидів треба знати об'єм займистих матеріалів, що на цей час невідомо для інших типів будівель, як-от лікарень, заводів або комунальних підприємств.

Будівлі містять різні типи займистих матеріалів. Прикладами використання деревини є структурні елементи дахів та горищ, декоративні елементи на зразок дерев'яних панелей або предмети домашнього вжитку, зокрема меблі. До інших займистих матеріалів переважно належить пластик.

Для цього оцінювання було враховано лише викиди від деревини або дерев'яних виробів, оскільки є певна інформація щодо об'єму цих займистих матеріалів у житлових будівлях.

4.2.2 Атрибуція

Пожежі в будівлях є явищем, притаманним також мирному часу. Проте за звичайних умов кількість пожеж значно нижча, ніж зараз в Україні. Тому всі визначені нижче викиди атрибутовані до війни.

4.2.3 Метод розрахунку

Викиди від будівель охоплюють як миттєві викиди від пожеж, так і майбутні викиди від згорання або руйнування дерев'яних матеріалів: більші дерев'яні фрагменти цих будівель, ймовірно, будуть направлені на обігрів через брак енергоресурсів, що призведе до майбутніх викидів, тоді як менші фрагменти опиняться на стихійних звалищах і там розкладатимуться.

Припускається, що з числа житлових будівель, які класифікуються як *зруйновані*, всі займисті дерев'яні вироби перетворюються на викиди. Із них 20%, згорівши, спричинили миттєві викиди ПГ. Решта 80% дерев'яних виробів були пошкоджені лише механічно внаслідок обстрілів, вибухів або дії військової техніки, що призведе до викидів у майбутньому через спалювання для отримання енергії або через розкладання.

Що стосується *пошкоджених* будівель, припускається, що в контексті викидів ПГ пошкодження одного багатоквартирного будинку еквівалентно 15% зруйнованого будинку, а один пошкоджений приватний будинок еквівалентний 20% зруйнованого.

4.2.4 Дані діяльності

Оцінка викидів ПГ від пожеж і руйнування житлових будівель спирається на дані Київської школи економіки щодо зруйнованих і пошкоджених будівель³⁴ за період до листопада 2024 року та інших відкритих даних³⁵.

	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Разом
Зруйновано				
Багатоквартирні будинки	6.10	0.91	0.23	7.24
Приватні будинки	66.62	2.18	3.34	72.14
Пошкоджено				
Багатоквартирні будинки	11.76	7.93	0.89	20.58
Приватні будинки	63.39	55.46	12.20	131.05
Разом	147.87	66.48	16.66	231.01

Таблиця 17. Кількість зруйнованих і пошкоджених будівель в Україні (в тисячах одиниць)

4.2.5 Коефіцієнт викидів

Щоб оцінити середній об'єм деревини та дерев'яних матеріалів у приватних будівлях (чи радше домогосподарствах), експерти використали оцінку від понад 20 власників таких домогосподарств. Відповідно, об'єм дерев'яних матеріалів становить 10,63 м³. І сюди належить підлога, вікна та двері, меблі, драбини та стелі, горища та елементи дахів, прибудови та паркани. Цифра відображає специфіку домогосподарств на сході та півдні України. Використовуючи подібну експертну оцінку, середній об'єм дерев'яних матеріалів в одній квартирі багатоквартирного будинку становить 3,49 м³. Сюди належить підлога, двері, вікна, меблі та частина елементів дахів, що на сході України є досить значною. Середню кількість квартир у багатоквартирному будинку визначено як 48,6 (середню площу багатоквартирного будинку 2867 м² поділено на середню площу квартири 59 м²).

Обчислюючи викиди, ми припустили, що більшість деревини, що використовується в житлових будівлях, є сухою хвойною деревиною, що згоріла у відкритому вогні. Було застосовано відповідний коефіцієнт викидів в 1,653 кг CO₂ екв./кг деревини.

4.2.6 Викиди ПГ

Розраховані викиди наведено в таблиці нижче.

	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Разом
Миттєві викиди	0.42	0.09	0.02	0.53
Майбутні викиди	1.67	0.38	0.09	2.14
Разом	2.09	0.47	0.11	2.67

Таблиця 18. Викиди від зруйнованих і пошкоджених житлових будівель (у млн тонн CO₂ екв.)

34. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії Росії проти України станом на листопад 2024 року, КШЕ 2025 https://kse.ua/wp-content/uploads/2025/02/KSE_Damages_Report-November-2024-UA.pdf

35. <https://biz.nv.ua/ukr/consmarket/skilki-zhitla-zruynuvala-rosiya-v-ukrajini-za-chas-povnomasshtabnogo-vtorgnennya-50500032.html>

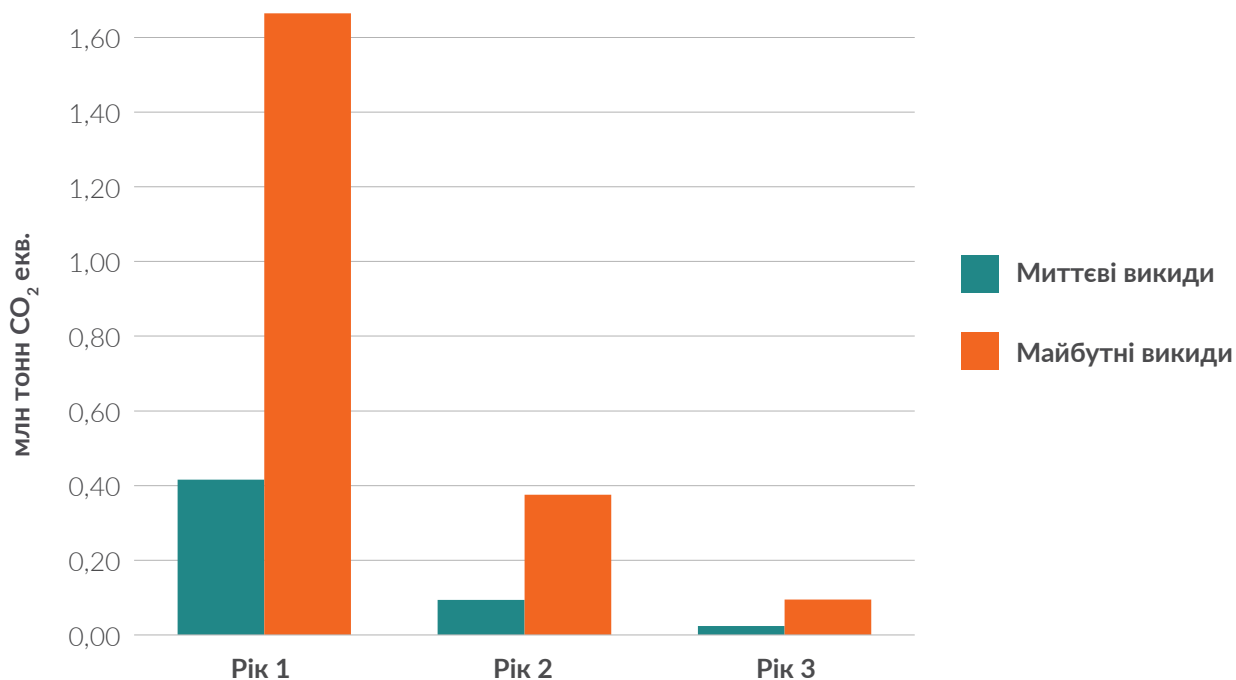


Рисунок 12. Викиди від зруйнованих і пошкоджених житлових будівель

Як було зазначено вище, ці обчислення не охоплюють викиди від згорання інших займистих матеріалів, наявних у кожному домогосподарстві або квартирі багатоквартирного будинку, зокрема одягу, взуття, книжок, пластику тощо. Тож наведені цифри є консервативною оцінкою фактичних обсягів викидів.



4.3 Загальний обсяг викидів ПГ від ландшафтних пожеж

	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Разом
Природні ландшафти (Зона 2)	12.65	8.09	21.29	42.03
Природні ландшафти (Зона 1)	2.54	0.46	1.67	4.67
Будівлі	2.08	0.47	0.12	2.67
Разом	17.27	9.02	23.08	49.37

Таблиця 19. Огляд викидів ПГ від ландшафтних пожеж (у млн тонн CO₂ екв.)

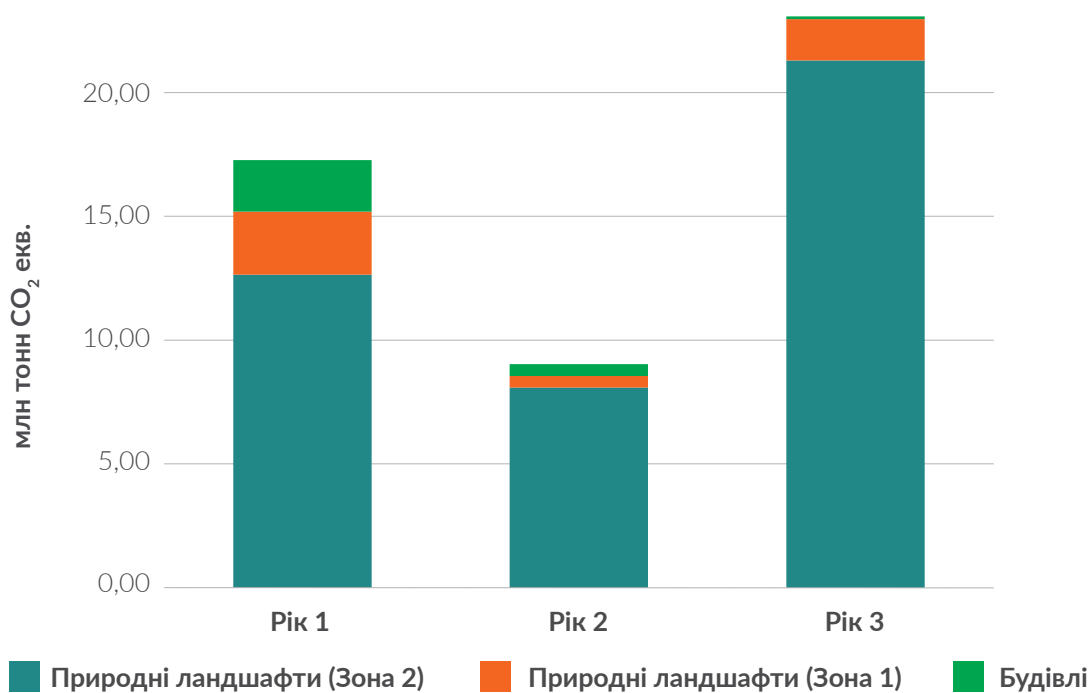


Рисунок 13. Огляд викидів ПГ від усіх ландшафтних пожеж

5. Енергетична інфраструктура

5.1 Загальний опис

Протягом трьох років війни енергетична інфраструктура та інфраструктура викопного палива зазнавала частих атак, адже їх знищення може значно послабити спроможність противника здійснювати військові операції. Зменшення спроможності може відбуватися як шляхом прямого впливу через втрату запасів палива, так і непрямого впливу через послаблення економіки та зниження здатності підтримувати та фінансувати війну. Крім того, енергетична інфраструктура й інфраструктура викопного палива, розташовані поблизу зони бойових дій, були зумисно чи незумисно пошкоджені під час військових дій.

5.2 Атрибуція

Усі викиди ПГ, пов'язані з руйнуванням енергетичної інфраструктури, атрибутовані до війни.

5.3 Методологічний підхід і дані діяльності

Дані діяльності щодо пошкодження енергетичної інфраструктури були зібрані переважно з використанням спрощеного підходу Рівня 1, хоча в деяких випадках був доступний і застосований більш детальний аналіз (Рівень 2):

- Обсяг згорілого палива через руйнування інфраструктури рідкого палива / нафти було оцінено на основі непрямих даних та орієнтовних показників, як-от кількості знищених або пошкоджених паливних цистерн; водночас у деяких випадках оцінки робилися на основі більш детальних досліджень із зафіксованими даними щодо розміру та об'єму паливних цистерн та наявної оцінки рівня пошкодження.
- Обсяг природного газу, що згорів або потрапив в атмосферу унаслідок руйнування інфраструктури природного газу, було оцінено на основі непрямих даних та орієнтовних показників, як-от кількості випадків руйнування та приблизного об'єму на один випадок; водночас у деяких випадках оцінки робилися на основі більш детальних досліджень із наявними даними щодо викидів ПГ (наприклад, газопроводи «Північного потоку» та газовидобувні платформи в Чорному морі).
- Обсяг SF_6 , що потрапив в атмосферу внаслідок руйнування електроенергетичної інфраструктури, було оцінено на основі національного обліку об'ємів SF_6 у системі електропостачання та оцінки рівня пошкодження високовольтної системи електропередачі.

5.3.1 Масштабні події: газопроводи «Північного потоку» та газовидобувні платформи у Чорному морі

Хоча ці події прямо не стосуються воєнних дій, проте диверсію на газопроводах «Північний потік-1» і «Північний потік-2» 26 вересня 2022 року було включено до оцінки, оскільки внаслідок цієї події стався викид ПГ, якого, найімовірніше, не було б, якби Російська Федерація не вторглася в Україну. Нещодавні дослідження засвідчили, що внаслідок пошкодження Північних потоків в атмосферу потрапило 465 ± 20 тис. т метану³⁶. Подіб-

36. Reum, F., Marshall, J., Bittig, H.C. et al. Airborne Observations Reveal the Fate of the Methane from the Nord Stream Pipelines. Nat Commun 16, 351 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41467-024-53780-7>

ні оцінки (443–486 тис. т метану) були зроблені також в інших нещодавніх дослідженнях³⁷. Хоч це і є найвищим зафіксованим миттєвим викидом метану внаслідок антропогенної діяльності, оновлена оцінка в 465 тис. т метану є нижчою, ніж очікувалось раніше, і відповідає **13,0 млн тонн CO₂ екв.** викидів ПГ.

Пошкодження інфраструктури розвідки газових родовищ у Чорному морі внаслідок активних бойових дій та атак призвели до довгострокової пожежі, що почалася в червні 2022 року й тривала місяцями. Згідно з оцінками Обсерваторії конфліктів і навколишнього середовища (CEOBS), внаслідок неконтрольованого горіння газу з 20 червня 2022 року до 17 листопада 2023 року згоріло 189,2 млн м³ природного газу (оцінка на основі даних, зібраних вночі інструментом VIIRS та оброблених спеціальними програмами³⁸). Відповідно до оцінок CEOBS, щонайменше **0,34 млн тонн CO₂ екв.** було виділено через горіння природного газу. З огляду на активні бойові дії ані загасити вогонь, ані зупинити витік газу було неможливо. Горіння природного газу тривало, а також було виявлено додаткові пожежі на свердловинах, що виникли в ході бойових дій у Чорному морі. Станом на листопад 2024 року у Чорному морі спостерігалися чотири температурні аномалії на території між Одесою та окупованим Кримом³⁹. Система FIRMS підтверджує продовження пожеж⁴⁰ та додаткові викиди ПГ із 17 листопада 2023 року до 23 лютого 2025 року (на основі середньодобового рівня викидів з дослідження, підготованого CEOBS), що оцінюються в **0,31 млн тонн CO₂ екв.** Сумарний вплив на клімат відповідатиме приблизно **0,65 млн тоннам CO₂ екв.** Фактичний вплив на клімат може бути навіть вищим, зважаючи на неповне згорання природного газу та потенційний витік метану.

5.3.2 Наземна інфраструктура виробництва і транспортування газу

За три роки війни були сотні випадків пошкодження газотранспортних трубопроводів і газорозподільчих мереж різного розміру, а також цільові атаки по місцях видобутку та зберігання газу. Викиди від таких подій залежать від розміру атакованого або пошкодженого газопроводу чи іншої інфраструктури, а також вжитих заходів реагування. Зазвичай пошкодження газопроводу супроводжується пожежею та горінням метану, що призводить до викидів ПГ. Проте пошкодження газорозподільчих мереж можуть також бути пов'язані з викидом метану в атмосферу, що має більший вплив на клімат. Викиди можуть бути вищими у випадку пошкодження газотранспортних трубопроводів високого тиску, що має наслідки для довших відрізків мереж.

Атаки на газову інфраструктуру посилились у третій рік війни, коли Росія намагалася знищити місця видобутку газу й наземну інфраструктуру газосховищ для зменшення доступу до газових запасів та надійності української інфраструктури зберігання газу для європейських партнерів. На початку 2025 року було здійснено кілька масштабних ракетних атак по місцях видобутку газу на Полтавщині та Харківщині, а також газотранспортної інфраструктури Тернопільщини й інших регіонів⁴¹. Протягом 2024–2025 років об'єкти державної компанії «Укргазвидобування» були атаковані 34 рази, при цьому найбільша атака сталася у лютому 2025 році, що зачепило майже 50% газовидобувної спроможності компанії.

37. Mohrmann, M., C. Biddle, L. Rehder, G. et al. Nord Stream Methane Leaks Spread Across 14% of Baltic Waters. Nat Commun 16, 281 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41467-024-53779-0>

38. Case study: Emissions from Damaged Black Sea Gas Infrastructure, <https://ceobs.org/ukraine-conflict-environmental-briefing-the-climate-crisis/#5>; <https://ceobs.org/ukraine-damage-map-bk-1-stationary-gas-drilling-platform/>

39. Satellite Imagery Reveals Ongoing Fires at Russian-Occupied Offshore Gas Platforms in Black Sea, <https://euromaidanpress.com/2024/11/07/satellite-imagery-reveals-ongoing-fires-at-russian-occupied-offshore-gas-platforms-in-black-sea/>

40. FIRMS, <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/#d:24hrs;@31.6,44.9,8.9z>

41. Russia is Systematically Attacking Ukraine's Gas Infrastructure (infographic), <https://texty.org.ua/articles/114638/russia-is-systematically-attacking-ukraines-gas-infrastructure-infographic/>

Лише на Херсонщині протягом 2024 року сталося 1829 випадків пошкодження газорозподільчої системи та 1813 випадків пошкодження мереж внутрішнього газопостачання⁴². З огляду на протяжність лінії фронту та зон бойових дій загальна кількість атак на газорозподільчу мережу та мережі внутрішнього газопостачання, ймовірно, перевищує кілька десятків тисяч випадків за рік. Хоча пошкодження газової інфраструктури є частим явищем, наразі немає детального огляду таких подій, який би був доступним для нашого аналізу.

За два роки війни загальний вплив на клімат оцінювався нижче 0,1 млн тонн CO₂ екв. (еквівалентно приблизно 25 млн м³ втрат природного газу щорічно). І хоча атаки на газову інфраструктуру почастишали на третій рік війни, подібний рівень викидів ПГ був застосований у цьому оцінюванні через брак даних і високу непевність попередніх розрахунків. Такий рівень впливу відповідатиме приблизно 100 широкомасштабним атакам із середніми втратами 50 000 м³ природного газу за кожну атаку та понад 20 000 меншим атакам із втратами менше 1000 м³ природного газу в ході кожної атаки.

Надійніші дані діяльності (Рівень 3) можуть стати доступними після війни, адже Міністерство енергетики України прийняло спеціальну методологію для оцінки втрати природного газу внаслідок воєнних дій, зокрема обсягу витоків природного газу після пошкодження газопроводів та іншої інфраструктури в ході воєнних дій⁴³. Оператори мереж розподілу природного газу повинні надавати інформацію Міністерству енергетики України щомісячно, зокрема щодо розрахункових обсягів, бойових дій, підтвердження зв'язку між пошкодженням інфраструктури природного газу та воєнними діями, тривалості витоку газу та інших деталей.

5.3.3 Нафтобази та нафтопереробні заводи

Атаки на нафтобази в Україні розпочалися з перших годин повномасштабної війни в лютому 2022 року, і щонайменше 15 баз із нафтопродуктами були атаковані в різних регіонах України до кінця березня 2022 року⁴⁴. За консервативними оцінками у перші два роки війни внаслідок цих атак згоріло сукупно 200 000 тонн палива, з яких 144 000 тонн були втрачені в перший рік війни. На території Росії та окупованих територіях України було повідомлено про як мінімум кілька десятків атак на нафтобази й нафтопереробні заводи у перші два роки війни. Хоча інформація про загальну завдану шкоду й обсяг згорілого палива обмежена, на основі даних з новин було зроблено припущення, що внаслідок цих атак могло бути зруйновано або пошкоджено паливні резервуари об'ємом понад 100 000 м³ (припущення про горіння 84 300 тонн палива).

У ході кількох хвиль атак по російській нафтовій інфраструктурі протягом березня–серпня 2024 року було пошкоджено нафтові цистерни з орієнтовним об'ємом 50 000 м³. Серед зафіксованих атак — як невеликі події, що торкнулися однієї-двох цистерн, так і масштабні атаки, що зруйнували великі нафтобази. Прикладом широкомасштабної атаки за цей період є атака на нафтобазу в Пролетарську, де пожежа тривала більше тижня та повністю знищила щонайменше 15 цистерн нафти⁴⁵. Серед інших прикладів —

42. Херсонгаз, <https://gaz.kherson.ua/?p=6683>

43. Наказ Міністерства енергетики України від 11.07.2023 № 216 «Про затвердження Методики визначення вартості втрат (витоків) природного газу у разі пошкодження газопроводів та газорозподільних станцій, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації», <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1555-23#Text>

44. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 3 місяці 2022 року, <https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/6/2/1/7/8/8/XphKg30Ai9vGQwOfXkyehPgvP9FayYEVHyWC1P8F.pdf>

45. Див. https://x.com/MT_Anderson/status/1826982323750899794, <https://www.pravda.com.ua/eng/news/2024/08/18/7470844/>, <https://www.pravda.com.ua/eng/news/2024/08/26/7471915/>

атака по нафтовому терміналу в Ярцево в Смоленській області в квітні 2024 року та по нафтобазі «Атлас» у Ростовській області в серпні 2024 року⁴⁶.

У межах спільного дослідницького проєкту Frontelligence Insight та Радіо Вільна Європа/Радіо Свобода лише в період з вересня 2024 до лютого 2025 року відслідкували 100 випадків ударів по російській енергетичній інфраструктурі (нафтобазах або газосховищах і газопереробних заводах), зокрема 67 успішних (результати решти 33 ударів невідомі). Згідно з дослідженням, унаслідок атак по нафтогазових об'єктах та сховищах природних ресурсів було зруйновано цистерни з нафтопродуктами об'ємом 172 000 м³ і додатково завдано шкоди цистернам об'ємом 115 000 м³. Найбільший удар по нафтобазі в плані сукупної шкоди стався 7 жовтня 2024 року, коли 11 цистерн сукупним об'ємом 69 000 м³ були зруйновані у Феодосії (анексований Крим)⁴⁷.

Загалом за третій рік війни внаслідок атак по нафтовій інфраструктурі Росії могло згоріти 150 000 тонн палива (на основі представлених вище даних та виходячи з припущення, що рівень заповненості нафтових цистерн становив 70%, а коефіцієнт згорання пошкоджених цистерн — 30%). Для України було зроблено припущення, що вплив за третій рік війни дорівнює обсягу палива, знищеного за другий рік війни (56 000 тонн палива).

Атаки по нафтовій інфраструктурі продовжилися і на четвертий рік війни, тож шкода клімату продовжує зростати. Прикладами нещодавніх широкомасштабних атак є трубопровідний комплекс біля села Кавказька в Краснодарському краї, що транспортує нафту до Новоросійська⁴⁸, переробна станція сирої нафти «Кропоткінська» в Краснодарському краї⁴⁹, нафтобаза біля заводу в Туапсе та інші⁵⁰.

5.3.4 Викиди SF₆ від електрообладнання

SF₆ використовується у високовольтних та середньовольтних розподільчих пристроях для ізоляції (наприклад, розподільні пристрої з газовою ізоляцією) та вимикання (автоматичні вимикачі та вимикачі навантаження) і має найвищий потенціал глобального потепління з усіх ПГ (GWP₁₀₀ = 23 500). Навіть за нормальних умов викиди SF₆ виникають через витік або необачне поводження з газом під час встановлення, обслуговування та демонтажу обладнання. Пожежі або інші руйнівні події можуть спричинити серйозне пошкодження обладнання та викиди SF₆⁵¹.

Високовольтні та середньовольтні підстанції в Україні були серед пріоритетних цілей під час інтенсивних атак по енергосистемі, зокрема в перший рік війни (осінь–зима 2022–2023). За повідомленнями Укренерго, під час опалювального сезону 2022–2023 рр. 1200 ракет і дронів були випущені по енергооб'єктах, що призвело до пошкодження 43% інфраструктури високовольтних об'єктів. Щонайменше 42 високовольтні трансформатори було зруйновано та пошкоджено, а міжнародні партнери доставили приблизно 500 одиниць різного обладнання для підтримки відновлювальних робіт⁵².

46. UAVs Hit Fuel Depot of Atlas Plant in the Rostov Region, <https://militaryni.com/en/news/uavs-hit-fuel-depot-of-atlas-plant-in-the-rostov-region/>

47. Frontelligence Insight. Melting the Steel and Black Gold: A Comprehensive Analysis of Ukraine's Long-Range Strike Operations, <https://frontelligence.substack.com/p/melting-the-steel-and-black-gold>

48. Russia's Kavkazskaya Oil Depot in Krasnodar Fire Rages for a Week After Drone Attack, <https://united24media.com/latest-news/russia-kavkazskaya-oil-depot-in-krasnodar-fire-rages-for-a-week-after-drone-attack-7041>

49. Див. <https://x.com/JayinKyiv/status/1902874276551602658>

50. Drone Strike Ignites Major Blaze at Russian Oil Facility Supplying Military Fuel, <https://united24media.com/latest-news/drone-strike-ignites-major-blaze-at-russian-oil-facility-supplying-military-fuel-6716>

51. Overview of SF₆ Emissions Sources and Reduction Options in Electric Power Systems, <https://www.epa.gov/eps-partnership/overview-sf6-emissions-sources-and-reduction-options-electric-power-systems>

52. Укренерго, https://ua.energy/dlia_zmi_proon-ta-yaponiya-dostavlya-v-ukrayinu-potuzhni-avtotransformatory-z-metoyu-bezperebijno-go-energozabezpechennya-dlya-bilsh-nizh-piv-milijona-lyudej та <https://i-visti.com/news/13010-v-ukrenergo-pdbili-pdsumki-nayvazhchogo-opalyvalnogo-sezonu-v-storyi.html>

Офіційні дані стосовно використання SF_6 в Україні за останні роки характеризувалися високим рівнем неточності. Відповідно до національного обліку ПГ, загальний обсяг SF_6 в експлуатованому обладнанні з газовою ізоляцією в Україні збільшився з 426 тонн у 2021 році до 461 тонн у 2022 та 486 тонн у 2023⁵³.

У звіті про вплив війни на клімат за два роки припускалося, що мінімум 10% SF_6 , що містився в системі, могло виділитись під час масштабних атак по високовольтній інфраструктурі електропередач протягом першого року війни. За оцінками, це спричинило 42,6 тонн викидів SF_6 або 1 млн тонн CO_2 екв. Зі зниженням інтенсивності атак по інфраструктурі електропередачі в наступні роки викиди за другий і третій роки оцінюються в 10% від викидів за перший рік.

5.4 Коефіцієнт викидів

Руйнування чи пошкодження енергетичної інфраструктури призводить до кількох видів викидів ПГ, зокрема:

- Горіння палива — викиди від горіння запасів палива на пошкоджених об'єктах або складах.
- Витік метану — через пошкоджені газопроводи або сховища, що може вивільнити значні обсяги метану, потужного парникового газу.
- Неконтрольовані витоки SF_6 — дуже потужного парникового газу, що використовується як ізоляційний газ в обладнанні для передачі та розподілу електроенергії і що може викидатися в атмосферу в разі пошкодження інфраструктури.

Для визначення коефіцієнта викидів було застосовано такі джерела:

- прямі викиди від згорання палива — стандартні коефіцієнти викидів МГЕЗК та національні коефіцієнти викидів, визначені в найновішому національному обліку ПГ;
- попередні викиди — дані Департаменту енергетичної безпеки та чистих нульових викидів Великобританії;
- витоки CH_4 та SF_6 — на основі потенціалу глобального потепління відповідних газів.

5.5 Викиди ПГ

Загальні викиди ПГ представлено в таблиці нижче.

	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Разом
Широкомасштабні події	13.18	0.24	0.24	13.66
Наземне виробництво газу та інфраструктура	0.05	0.05	0.05	0.15
Нафтобази та нафтопереробні заводи	0.65	0.47	0.82	1.94
SF_6	1.00	0.10	0.10	1.2
Разом	14.9	0.9	1.2	17.0

Таблиця 20. Загальні викиди від пошкодження та руйнування енергетичної інфраструктури (в млн тонн CO_2 екв.)

53. Ukraine. 2025 National Inventory Document (NID), <https://unfccc.int/documents/646259>

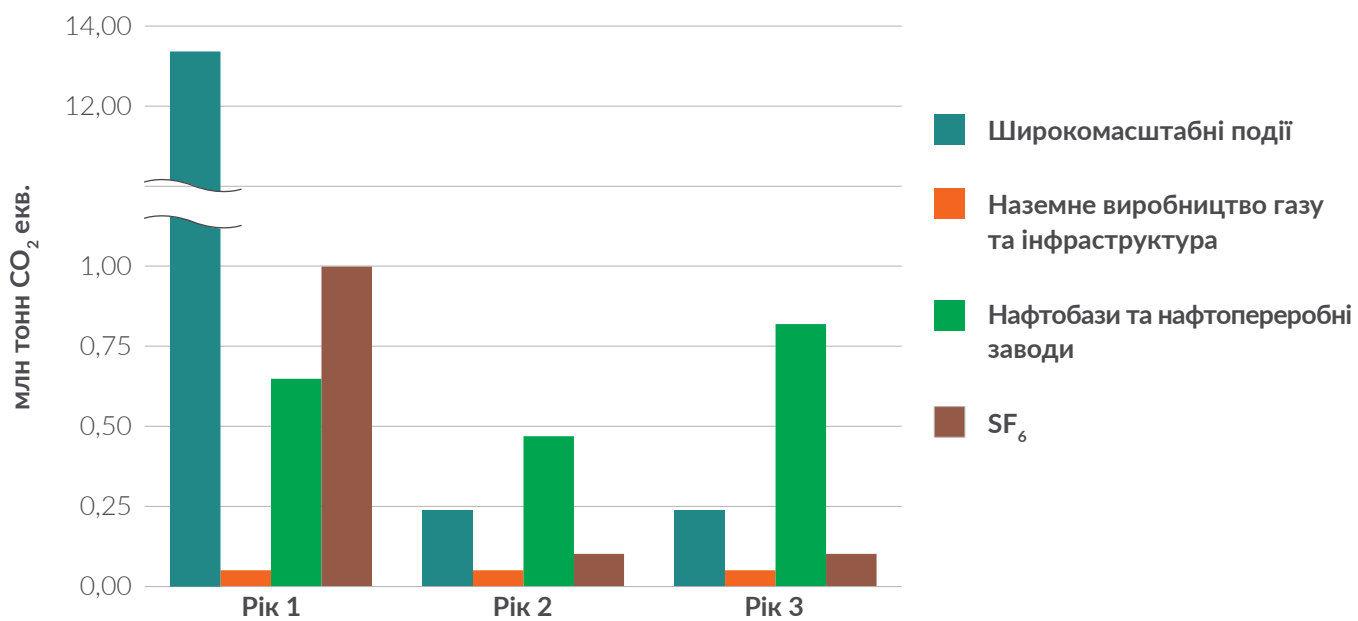


Рисунок 14. Загальні викиди від пошкодження та руйнування енергетичної інфраструктури



6. Біженці та ВПО

6.1 Загальний опис

Одразу після вторгнення 24 лютого 2022 року багато українців були змушені полишити свої домівки. Люди тікали на захід і ставали внутрішньо переміщеними особами (ВПО) в Україні або виїздили за кордон у європейські країни чи навіть далі як біженці. Крім того, багато росіян виїхали зі своєї країни, щоб уникнути мобілізації до війська, переслідування чи з інших причин. Зважаючи на те, що конфлікт триває вже кілька років, чимало біженців повернулися додому або переїхали десь-інде. Закордонні біженці відвідують свої сім'ї та друзів, які лишилися в Україні. Нижче представлено розраховані нами викиди, що виникли внаслідок цих переміщень.

6.2 Атрибуція

Якби не сталося повномасштабного вторгнення, то й не спостерігалось б жодного руху біженців; отже, всі викиди від переміщень атрибутовано до війни. Оскільки часові рамки звітного періоду починаються 24 лютого 2022 року, попередні переміщення цих людей не беруться до уваги.

6.3 Метод розрахунку

Викиди обчислюються окремо для кожної категорії переміщення, зокрема:

- ВПО в Україні.
- Біженці, які виїхали за кордон.
- Росіяни, що полишили Російську Федерацію.

Для кожної категорії оцінюється кількість переміщень, відстань поїздки та вид транспорту. Те саме робиться стосовно біженців, що повернулися додому або відвідують Україну.

6.4 Дані діяльності

Дані про біженців взято з УВКБ ООН⁵⁴, що надає інформацію про кількість біженців, зареєстрованих у кожній країні. Ми регулярно перевіряли базу даних, і якщо спостерігалось зменшення числа біженців, ми припускали, що вони повернулися додому. Стосовно біженців, які живуть у Європі, ми припустили, що вони відвідують Україну в середньому один раз на рік; водночас лише 20% біженців, що опинилися за межами Європи, відвідали Україну за третій рік війни.

Дані про ВПО зібрані Міжнародною організацією з міграції (МОМ), що є структурою ООН, завдяки Матриці для відстеження переміщення (Displacement Tracking Matrix, DTM)⁵⁵. Дані відображають кількість ВПО та кількість людей, які з часом повернулися додому. Найбільшу кількість осіб з обох категорій було помножено на середню відстань поїздки, щоб отримати кількість пасажиро-кілометрів. Найбільша кількість ВПО спостерігалась у травні 2022 року і становила 8,03 млн осіб, тоді як найбільша кількість осіб, що поверталися, спостерігалась у вересні 2022 року — 6,04 млн. Середня відстань

54. Ukraine Refugee Situation, UNHCR. <https://data.unhcr.org/en/situations/ukraine>

55. Ukraine Displacement Tracking Matrix, IOM. <https://dtm.iom.int/ukraine>

переміщення становить 434 км — дані визначені на основі урядової інформації щодо походження та пункту призначення ВПО на ранній стадії війни.

Росіян, що полишають Росію, не відслідковує жодна з цих двох організацій ООН, ані УВКБ ООН, ані МОМ. Сторінка у Вікіпедії⁵⁶ повідомляє про 900 000 осіб, що покинули Росію до жовтня 2022 року, посилаючись на низку джерел. Росіяни виїхали до Туреччини, Грузії, Вірменії, Сербії, Казахстану, Об'єднаних Арабських Еміратів, Фінляндії та багатьох інших країн. Хоча точних цифр щодо їх розподілу по різних країнах немає, ми зробили консервативну оцінку викидів, припускаючи, що 700 000 із них полишили країну літаками на відстань близько 4000 км, адже це середня дальність подорожі з Москви до Анталії, Белграду, Алмати та Дубаї, тоді як 200 000 осіб виїхали автомобілями по чотири особи в кожній машині на відстань 2500 км — це подорожі з Москви до Тбілісі, Єревану або Астани. Ми припустили, що 15% із них повернулися до Росії за другий рік⁵⁷ і ще 15% повернулися за третій рік війни.

6.5 Коефіцієнт викидів

Коефіцієнт викидів у г CO₂ екв. на пасажиро-кілометр (пкм) взято з офіційної звітності Сполученого Королівства за 2022 рік⁵⁸ для таких видів транспорту:

- Автобуси 27,3 г CO₂ екв./пкм
- Бензинові авто, 4 пасажирів 42,6 г CO₂ екв./пкм
- Національна залізниця 35,4 г CO₂ екв./пкм
- Близькі авіаперельоти 151,0 г CO₂ екв./пкм
- Дальні авіаперельоти 147,9 г CO₂ екв./пкм

Коефіцієнт авіаційних викидів взято для економкласу і він охоплює вплив зростання потепління від авіавикидів на висоті.

6.6 Викиди ПГ

Загальні викиди, пов'язані з переміщенням, представлено в таблиці нижче.

	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Разом
Біженці	1.53	0.87	1.04	3.44
ВПО	0.13	0.04	0.04	0.21
Росіяни	0.44	0.07	0.04	0.55
Разом	2.10	0.98	1.12	4.20

Таблиця 21. Огляд викидів від переміщення біженців, ВПО та росіян (в млн тонн CO₂ екв.)

56. Див. https://en.wikipedia.org/wiki/Russian_emigration_following_the_Russian_invasion_of_Ukraine

57. <https://www.themoscowtimes.com/2023/10/25/15-of-russians-who-fled-war-mobilization-have-returned-survey-a82885>

58. <https://ourworldindata.org/grapher/carbon-footprint-travel-mode>

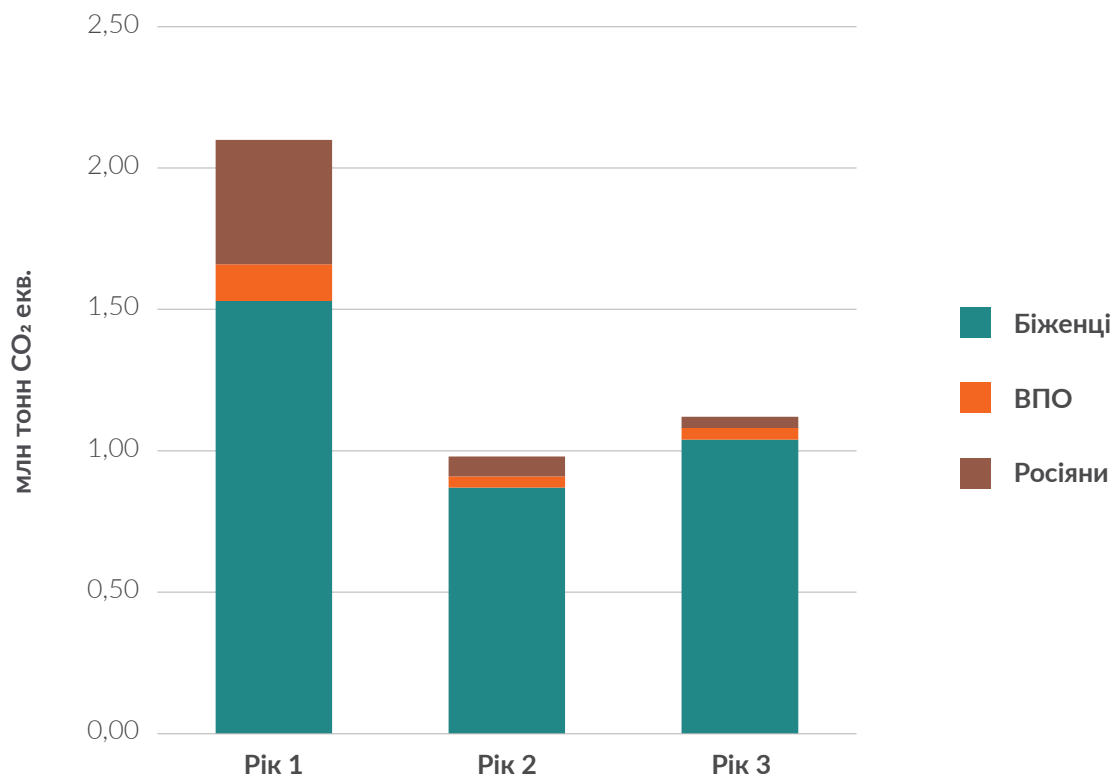


Рисунок 15. Викиди, пов'язані з біженцями, ВПО та росіянами

Не всі переміщення можна виявити, використовуючи джерела даних, наслідком чого є недооцінка викидів. Наприклад, не всі біженці знімаються з реєстрації, повертаючись додому. Ба більше, кількість біженців, які повернулися додому, зменшилась у вересні 2022 року, з чого можна припустити, що вони знову виїхали.

7. Цивільна авіація

7.1 Загальний опис

Війна Росії в Україні суттєво вплинула на авіацію. Через закриття повітряного простору України для комерційних польотів і різні заборони на використання повітряного простору, запроваджені західними країнами та Росією, багато західних перевізників втратили важливі повітряні шляхи зі сходу на захід між Європою та Азією, і майже 18 млн км² стали 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 паливо й обсяги викидів ПГ.

Хоча технічно тільки європейським і північноамериканським перевізникам прямо заборонено входити в повітряний простір Росії, 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.

Такі повітряні простори були закриті або з міркувань безпеки, або через санкції:

- Російський повітряний простір: Росія закрила свій повітряний простір для авіаліній 36 «недружніх» країн⁵⁹.
- Західний повітряний простір: ЄС, США, Сполучене Королівство, Канада, Норвегія, Швейцарія, Ісландія та кілька балканських держав закрили свій авіапростір для російських і білоруських авіаліній.
- Український повітряний простір: авіапростір над Україною закритий для всього повітряного транспорту, а прямі польоти до/з України призупинені для всієї цивільної авіації.

Вплив перельотів можна узагальнити в такий спосіб:

1. Подорожі між Європою та Азією мають відбуватися в обхід для уникнення сибірського повітряного простору. Це стосується лише західних авіаліній «недружніх» країн. Інші авіалінії, як-от з Близького Сходу та Китаю, все ще можуть використовувати російський повітряний простір.
2. Подорожі між Північною Америкою та Азією також зазнали впливу, і авіалінії уникають польотів через Камчатку на російському Далекому Сході.
3. Сполучення між Калінінградом і основною територією Росії також вимагає значного обходу, щоб уникнути європейського авіапростору, і те саме стосується перельотів з Москви до Куби.
4. Деякі перельоти в східній частині Європи мають зараз обминати український повітряний простір.
5. Багато перельотів у південно-західній частині Росії мають тримати безпечну дистанцію від українського кордону.
6. Призупинено пряме сполучення між Росією та низкою напрямків у Європі та Північній Америці, що вимагає мінімум однієї пересадки в третій країні.
7. Подорожі до/з України потребують наземного сполучення до найближчих аеропортів у Європі, переважно в Польщі.

59. <https://www.alternativeairlines.com/airlines-flying-over-russian-airspace>

7.2 Атрибуція

Схеми повітряного руху постійно змінюються, адже авіатранспорт відновлюється після пандемії коронавірусу. Відповідно, неправильно буде порівнювати довоєнні викиди від авіаперельотів з нинішніми схемами повітряного руху, щоб атрибутувати додаткові викиди вуглецю до закриття авіапростору. Необхідно зробити реконструкцію повітряного руху та пасажиропотоків в умовах відсутності закриття авіапростору, і цей гіпотетичний сценарій порівняти з фактичними викидами. Таким чином збільшення викидів можна буде атрибутувати до війни. На практиці буде дуже складно, якщо не неможливо, здійснити реконструкцію такої «невоєнної ситуації», особливо коли час минає. Ба більше, неможливо охопити перехід від прямих перельотів до перельотів в обхід, як зазначено вище в пунктах 6 і 7. Проте щодо прямих перельотів, які зазнали впливу та згадані в пунктах 1–5, можна зробити приблизну оцінку, як описано нижче.

7.3 Метод розрахунку

Збільшення авіаційних викидів визначається шляхом обчислення збільшеної дальності польоту кожної унікальної пари вильоту-прибуття після вторгнення порівняно з маршрутом до вторгнення на основі реальних маршрутів руху. Споживання палива кожною унікальною парою вильоту-прильоту розраховувалось на основі нової методології ICAO⁶⁰. Далі було зроблено припущення, що кожен політ до вторгнення, без закриття авіапростору, пролетів би коротший маршрут, і було обчислено відповідне споживання палива.

7.4 Дані діяльності

Ми отримали набір даних з Flightradar24.com, що охоплює усі перельоти у світі в період 23–30 вересня 2021 року (тобто до вторгнення) і за такий самий період у 2023 році (після вторгнення). Дані щодо кожного польоту містили інформацію про аеропорт відправлення, аеропорт прибуття, авіалінії, тип літака та GPS-координати літака протягом усього польоту. З усього цього набору даних було враховано лише польоти через Росію, Білорусь та Україну в 2021 році. Для кожної унікальної пари вильоту-прибуття було обчислено середню відстань польоту в 2021 та 2023 роках. Було виключено польоти на відстань менше 400 км, а також польоти зі збільшенням дальності польоту менш ніж на 3%.

Здійснено візуальну перевірку польотів, щоб відфільтрувати ті, де збільшена відстань польоту не була пов'язана із закриттям авіапростору. Це були переважно внутрішні рейси в Росії на схід від Уралу. Усі польоти за 7–8 денний період було об'єднано та розподілено на весь рік.

7.5 Коефіцієнт викидів

Коефіцієнт викидів керосину (3,16 кг CO₂/кг палива) було використано для обчислення збільшення викидів. Інші ПГ, радіаційний вплив парових слідів або попередні викиди від виробництва керосину не враховувались.

60. ICAO Carbon Emissions Calculator Methodology, version 13.1, Aug 2024, Appendix C: ICAO Fuel Consumption Table.

7.6 Викиди ПГ

Приклади зміни маршрутів польотів до та після втручання зображено нижче для кожного типу обхідних шляхів.



Рисунок 16. Приклад закриття повітряного простору над Сибіром (1): Лондон–Токіо



Рисунок 17. Приклад закриття повітряного простору над Камчаткою (2): Анкоридж–Чженчжоу

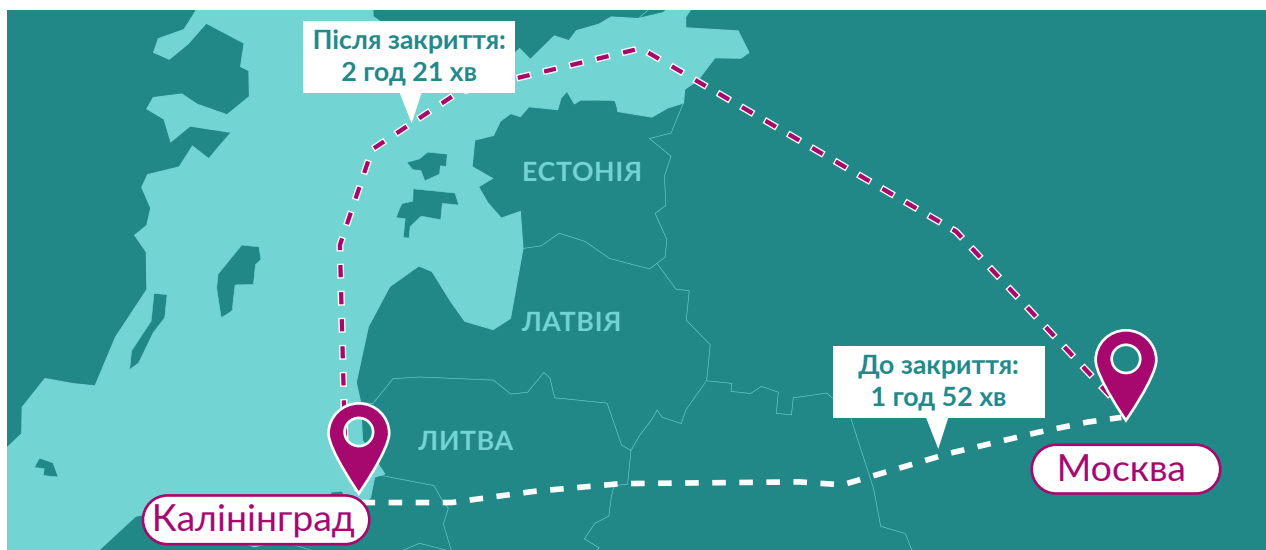


Рисунок 18. Приклад закриття повітряного простору над ЄС (3а): Калінінград–Москва



Рисунок 19. Приклад закриття повітряного простору над ЄС (3б): Москва–Кайо-Коко

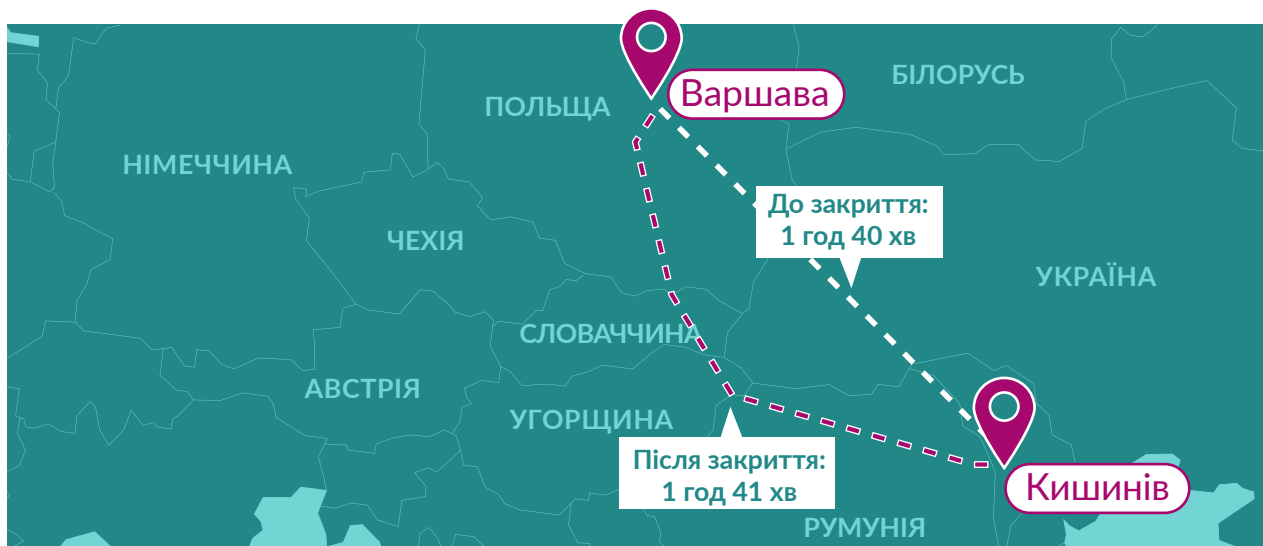


Рисунок 20. Приклад закриття повітряного простору над Україною (4): Кишинів–Варшава

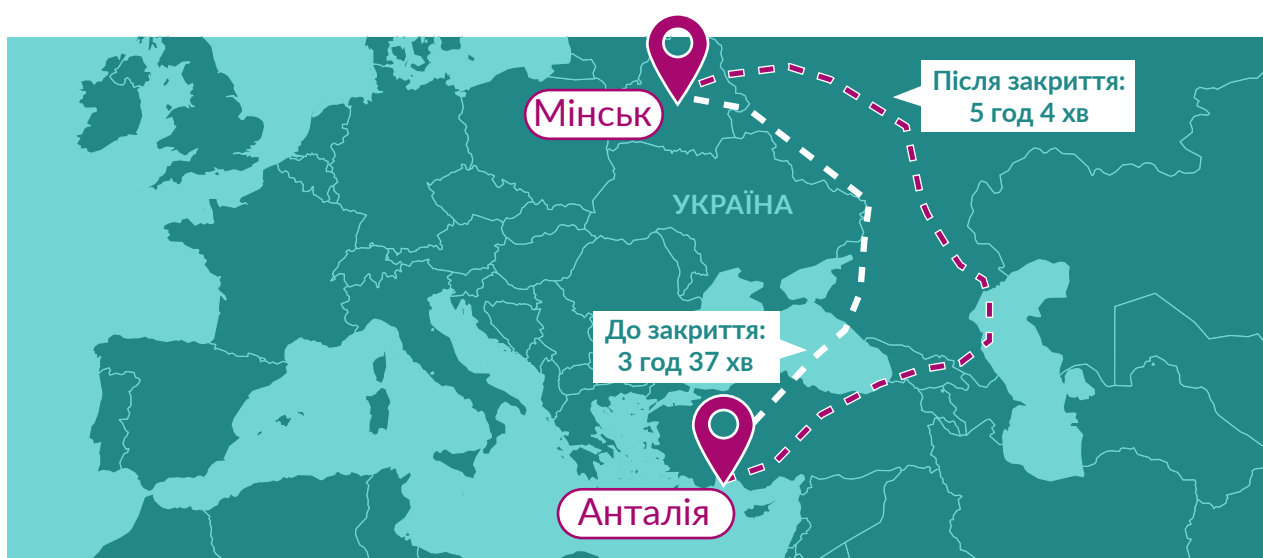


Рисунок 21. Приклад закриття повітряного простору над південно-західною частиною Росії: Мінськ–Анталія⁶¹

Щороку понад 353 000 польотів зазнавали впливу закриття авіапростору, що супроводжувалось зростанням викидів вуглецю на 3,7 млн тонн CO₂ у перерахунку на рік. Усі польоти та їхні траєкторії до та після вторгнення можна побачити на цьому табло:

<https://public.tableau.com/app/profile/leroy8630/viz/Warbon/warbon>

Цей підхід базується на реальних маршрутах польотів літаків, але має деякі обмеження, що призводить до значної недооцінки викидів вуглецю. Обмеження полягає в тому, що враховуються лише пари вильоту-прибуття, що існували як у 2021, так і в 2023 році. З огляду на динаміку відновлення авіаіндустрії у постковідний період, це означає, що пари вильоту-прибуття, які були перезапущені в 2022/2023 рр., але не літали в 2021 році, не бралися до уваги.

Період 23–30 вересня взято як репрезентативний тиждень і перенесено на цілий рік.

61. Україна закрила свій повітряний простір для російських і білоруських авіаліній у травні 2021 року після вимушеної посадки у Мінську літака Ryanair, що прямував із Греції до Литви.

Відповідно, сезонні польоти, що не відбувались 23–30 вересня 2021/2023 рр., не враховувались. Ще одне обмеження полягає в тому, що, як зазначалося вище, враховуються лише прямі рейси, хоча пасажиропотік міг суттєво змінитися. Це особливо стосується пасажирів, які прямують з/до Росії, і яким доводиться летіти через треті країни, як-от Туреччина або Сербія, а також польотів з/до України, що призупинилися, внаслідок чого мандрівники мають їхати неземним транспортом до аеропорту в Європі для продовження своєї подорожі звідти.

У статті, опублікованій у журналі «Nature»⁶², зроблено спробу оцінити збільшення викидів не лише на основі даних про реальні польоти, а й на основі моделювання польотів. Автори дійшли висновку, що збільшення викидів у 2022 році становило 0,5% світових викидів авіації, і цифра зросла до 1% або 8,2 млн тонн CO₂ у 2023 році. Виходячи з припущення, що відсоток лишився незмінним і в 2024 році, збільшення викидів виглядає так:

	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Разом
Цивільна авіація	3.3	8.2	8.8	20.3

Таблиця 22. Викиди ПГ, спричинені збільшенням дальності польотів цивільних літаків (у млн тонн CO₂)

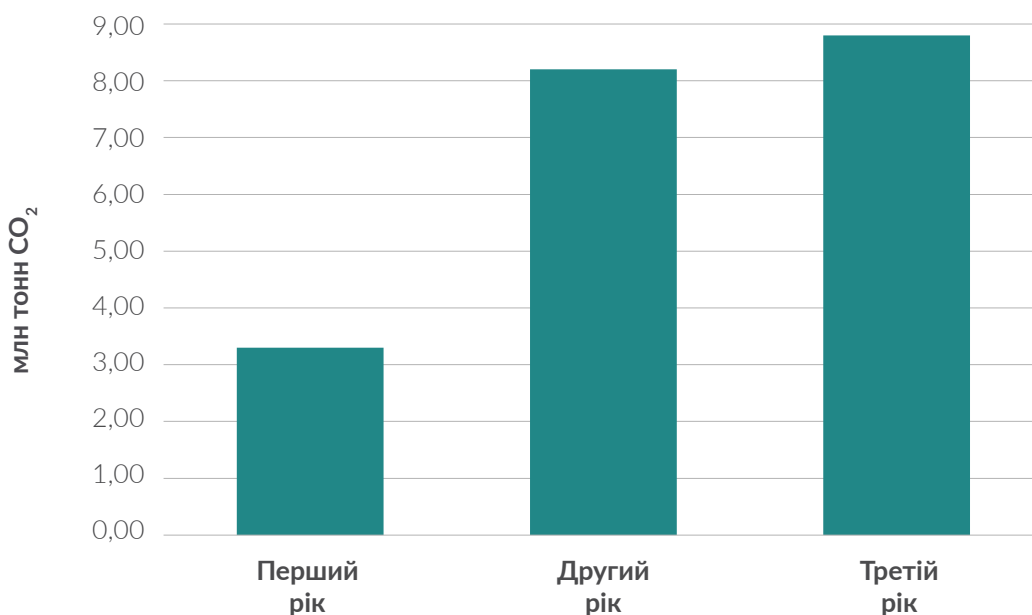


Рисунок 22. Збільшення ПГ через зміну дальності польотів цивільної авіації

62. Airspace Restrictions due to Conflicts Increased Global Aviation's Carbon Dioxide Emissions in 2023. <https://www.nature.com/articles/s43247-024-01956-w>

8. Відбудова

8.1 Загальний опис

Зруйнована чи пошкоджена цивільна інфраструктура є важливою складовою кліматичної шкоди, спричиненої вторгненням Росії в Україну. Багато будівель, як-от житлові будинки, лікарні, дитячі садки, комерційні та промислові будівлі, були пошкоджені або зруйновані. Комунальне господарство, дороги, транспортні засоби та промисловість зазнали значної шкоди. Відбудова призведе до суттєвих викидів, переважно через використання вуглецевоємних будівельних матеріалів на зразок цементу або сталі.

8.2 Атрибуція

Будівництво є нормальною діяльністю в мирні часи, і деяка пошкоджена інфраструктура все одно б відбудовувалась чи споруджувалась навіть за відсутності конфлікту. Стандартний термін експлуатації будівель або іншої інфраструктури становить понад 50 років, а тому викиди від відбудови теоретично треба зменшити: на 2% за кожні 12 місяців конфлікту. Проте, з огляду на рівень неточності даних діяльності та вищий коефіцієнт викидів, ми цього не робили відповідно до Посібника.

Для визначення викидів відбудови використовується підхід життєвого циклу. Деякі елементи життєвого циклу не враховуються, зокрема обслуговування, заміна та модернізація, адже ці дії відбувалися б щодо пошкоджених чи зруйнованих будівель за будь-яких умов.

Пошкодження будівель та іншої інфраструктури внаслідок збройного конфлікту (а не інших причин) визначила, та відповідні дані збрала, Київська школа економіки (КШЕ) як описано нижче.

8.3 Метод розрахунку

Для оцінки викидів від відбудови цивільної інфраструктури використовується підхід «вуглецевого сліду».

Різні види нерухомості було згруповано в такі категорії:

- До першої категорії «Будівлі» 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 «Транспорт та інфраструктура» 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 «Промисловість і комунальні послуги» належать енергетика, промисловість і бізнес-послуги, цифрова інфраструктура та комунальні послуги. Ці об'єкти стосуються насамперед машин та обладнання разом із будівлями (заводами), в яких ці машини розміщені.

Для категорії «Будівлі» «вуглецевий слід» базується на середніх площах будівель, дані про які надала КШЕ, помножені на коефіцієнт викидів, що вимірюється в кг CO₂ екв./м².

Для категорії «Транспорт та інфраструктура», 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. Якщо коефіцієнт «вуглецевого сліду» недоступний, 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).

Для категорії «Промисловість і комунальні послуги» усі викиди обчислювались на основі підходу EEIO, де відновна вартість використовувалась як вхідні дані.

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.

8.4 Дані діяльності

КШЕ збрала інформацію про пошкоджені або зруйновані об'єкти, зокрема пошкодження майна та інфраструктури на територіях, що були окуповані після 24 лютого 2022 року, на основі даних різних українських міністерств, інших державних джерел або з відкритих джерел. Якщо інформація недоступна чи обмежена з безпекових міркувань, КШЕ використовує припущення для представлення комплексної картини. Свою загальну оцінку завданої шкоди вона здійснила відповідно до методології Світового банку, де грошові збитки відображають відновну вартість. Звіт КШЕ став основою для даних діяльності.

Для цього оцінювання ми використали оцінку втрат і збитків КШЕ за період 24 лютого 2022 – 30 листопада 2024⁶³. Крім того, ми використали друге джерело для визначення кількості пошкоджених і зруйнованих житлових будівель у період з 1 грудня 2024 р. до 23 лютого 2025 р. Пошкодження нежитлових будівель та інших категорій за ці три місяці не враховувалось, а отже показники викидів від відбудови будуть дещо занижені.

8.5 Коефіцієнти викидів

Коефіцієнти викидів для будівель

Для відображення найновішої будівельної практики, що застосовується у регіоні для визначення «вуглецевого сліду» будівель, була використана база даних One Click LCA⁶⁴ – 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 KBV 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.

63. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії Росії проти України станом на листопад 2024 року, КШЕ 2025, https://kse.ua/wp-content/uploads/2025/02/KSE_Damages_Report-November-2024-UA.pdf

64. Вебсайт One Click LCA: <https://www.oneclicklca.com>

Тип будівлі	КВВ (кг CO ₂ екв./м ²)
Багатоквартирні будинки	408
Будівлі у сфері культури	295
Будівлі у сфері освіти	419
Готелі та подібні будівлі	445
Промислово-виробничі будівлі	398
Офісні будівлі	379
Будівлі роздрібної та оптової торгівлі	401
Склади	305

Таблиця 23. Коефіцієнт викидів вуглецю для кожного типу будівлі за етапами життєвого циклу A1-A3, A4-A5 і C1-C4

Коефіцієнти викидів для транспорту та інфраструктури

Щодо доріг, дослідження⁶⁵ оцінило викиди різних типів доріг протягом їхнього життєвого циклу. Більшість доріг в Україні односмугові, і до уваги береться лише етап 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.

«Вуглецевий слід» пасажирського автомобіля було використано як основу для визначення коефіцієнта викидів інших видів транспорту: для цього ми помножили цей коефіцієнт на відносну вагу інших транспортних засобів.

Вид транспорту	Коефіцієнт викидів (тонн CO ₂ екв./од.)
Пасажирський автомобіль	5.6
Тролейбус	40.7
Трамвай	125.4
Автобус	49.5
Пожежна машина	89.6
Агротехніка	28.2

Таблиця 24. Коефіцієнт викидів за видом транспортного засобу

Для деяких інфраструктурних елементів, наприклад мостів, були використані наведені нижче коефіцієнти на основі ЕЕІО.

65. 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>

Коефіцієнти викидів на основі аналізу EEIO

Було використано коефіцієнти викидів на основі витрат Сполученого Королівства⁶⁶, перераховані в дол. США із застосуванням середнього обмінного курсу в 2022 році, що становив 1,23 фунта стерлінгів/дол. США.

Діяльність	Код SIC	кг CO ₂ екв./дол. США
Електрообладнання	27	1159
Техніка й устаткування	28	713
Автомобілі, причепа та напівпричепа	29	672
Літаки та космічні кораблі й відповідне обладнання	30.3	504
Будівництво та будівельні роботи	41.2	344
Будівництво та будівельні роботи з цивільної інженерії	41.1-2	401
Середній коефіцієнт для будівель і техніки		529
Середній коефіцієнт для будівництва й техніки		780

Таблиця 25. Коефіцієнти викидів на основі витрат за видом діяльності

8.5 Викиди ПГ

Результати представлено в таблиці та на рисунку нижче.

Категорія	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Разом
Будівлі	18.5	4.5	1.1	24.1
Транспорт та інфраструктура	16.0	0.9	0.6	17.5
Промисловість і комунальні послуги	13.4	4.0	4.8	22.2
Відбудова загалом	47.9	9.4	6.5	63.8

Таблиця 26. Огляд викидів внаслідок відбудови (в млн тонн CO₂ екв.)

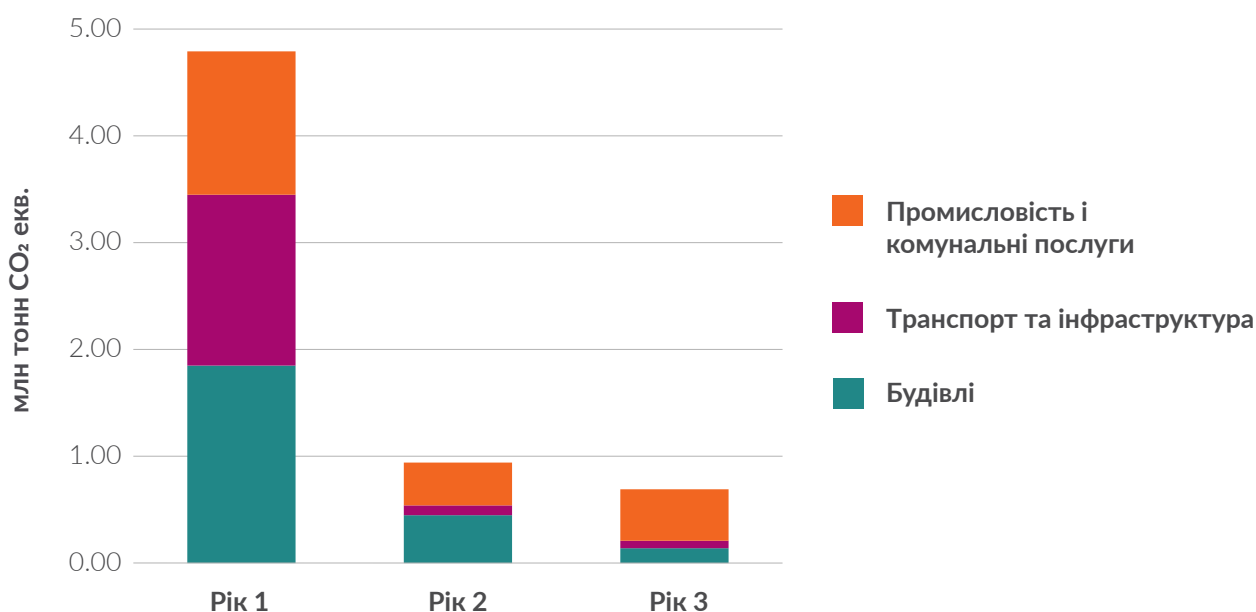


Рисунок 23. Викиди внаслідок відбудови за кожен рік

66. UK Department for Environment, Food & Rural Affairs, Conversion Factors KgCO₂ per £ Spent, by SIC Code 2022, <https://www.gov.uk/government/statistics/uks-carbon-footprint>

Зверніть увагу, що наведені вище таблиця та рисунок відображають рік, у якому відбулося пошкодження або знищення. Оскільки більшість робіт із відбудови очікується після завершення війни, відповідні викиди також відбуватимуться пізніше.

Для цілей оцінки викидів унаслідок відбудови необхідно зробити припущення, як саме виглядатиме відбудова. Згідно з одним із припущень, зруйнований або пошкоджений житловий фонд буде повністю відбудовано до довоєнного стану. Очевидно, що відбудова України враховуватиме змінені умови та реальні потреби країни. Наприклад, навряд чи всі зруйновані квартири будуть відновлюватись у житловому секторі, адже не всі біженці повернуться. З іншого боку, оскільки квартири радянських часів були досить маленькими порівняно із сучасними стандартами, нові квартири, ймовірно, будуть більшими за розміром. Коефіцієнти викидів для будівель засновані на середніх показниках для Центральної та Східної Європи, тоді як викиди будівництва в Україні, напевно, будуть вищими.



9. Резюме

9.1 Загальні викиди за 12-місячний період

Категорія впливу	Перший рік		Другий рік		Третій рік	
	Викиди (млн тонн CO ₂ екв.)	Частка (%)	Викиди (млн тонн CO ₂ екв.)	Частка (%)	Викиди (млн тонн CO ₂ екв.)	Частка (%)
Воєнні дії	23.2	21%	28.2	49%	30.4	43%
Ландшафтні пожежі	17.3	16%	9.0	16%	23.1	32%
Енергетична інфраструктура	14.9	14%	0.9	2%	1.2	2%
Біженці	2.1	2%	1.0	2%	1.1	2%
Цивільна авіація	3.3	3%	8.2	14%	8.8	12%
Відбудова	47.9	44%	9.4	17%	6.9	9%
Разом	108.7	100	56.7	100	71.5	100

Таблиця 27: Викиди ПГ по роках

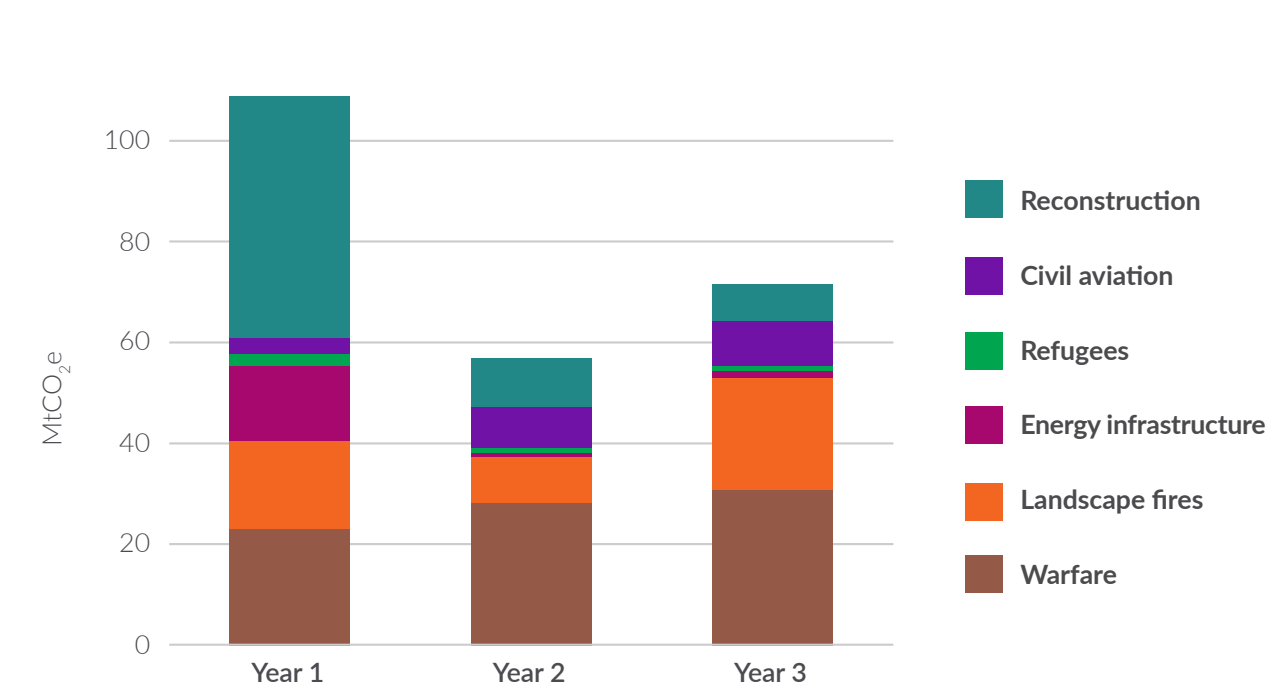


Рисунок 24. Викиди ПГ по роках

9.2 Сукупні викиди

Категорія впливу	Перший рік		Два роки		Три роки	
	Викиди (млн тонн CO ₂ екв.)	Частка (%)	Викиди (млн тонн CO ₂ екв.)	Частка (%)	Викиди (млн тонн CO ₂ екв.)	Частка (%)
Воєнні дії	23.2	21	51.4	31	81.7	34
Ландшафтні пожежі	17.3	16	26.3	16	49.4	21
Енергетична інфраструктура	14.9	14	15.7	9	17.0	7
Біженці	2.1	2	3.1	2	4.2	2
Цивільна авіація	3.3	3	11.5	7	20.3	9
Відбудова	47.9	44	57.3	35	64.2	27
Разом	108.7	100	165.3	100	236.8	100

Таблиця 28. Сукупні викиди за три роки

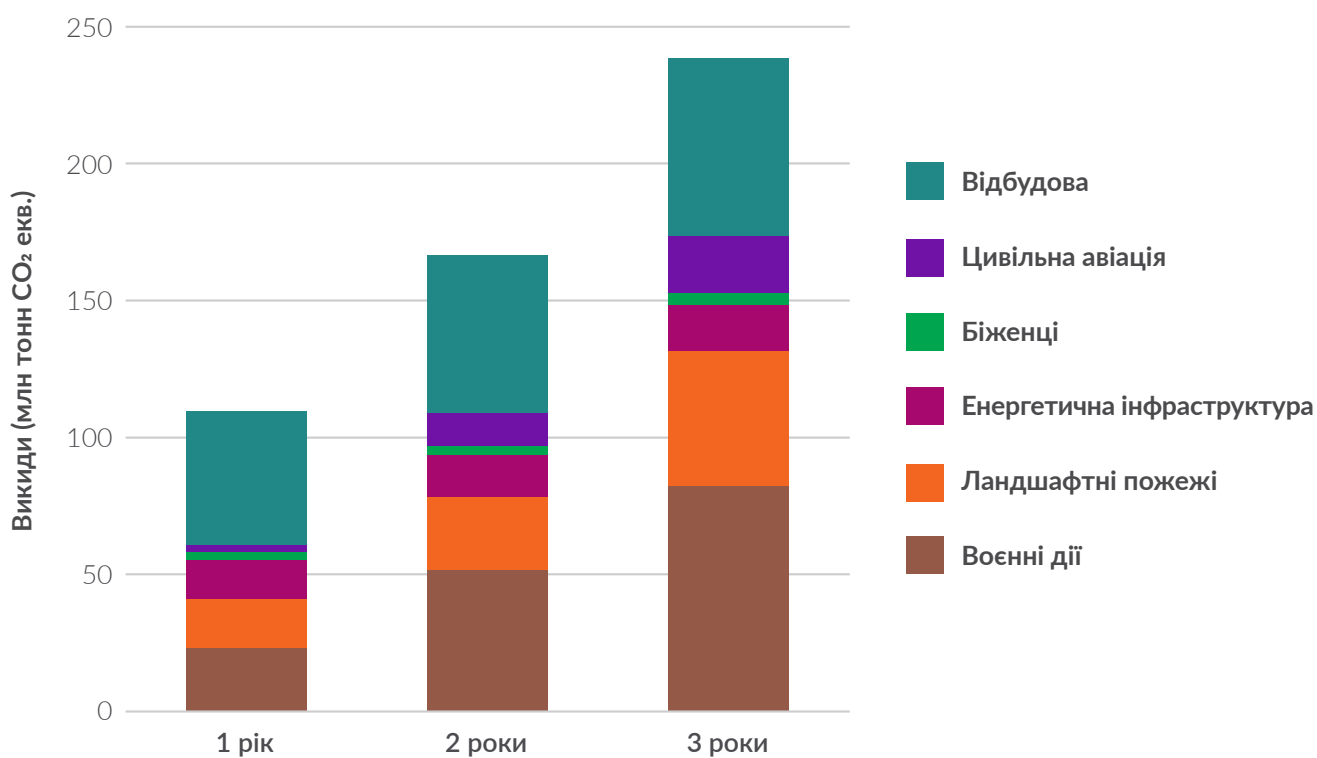


Рисунок 25. Сукупні викиди за три роки

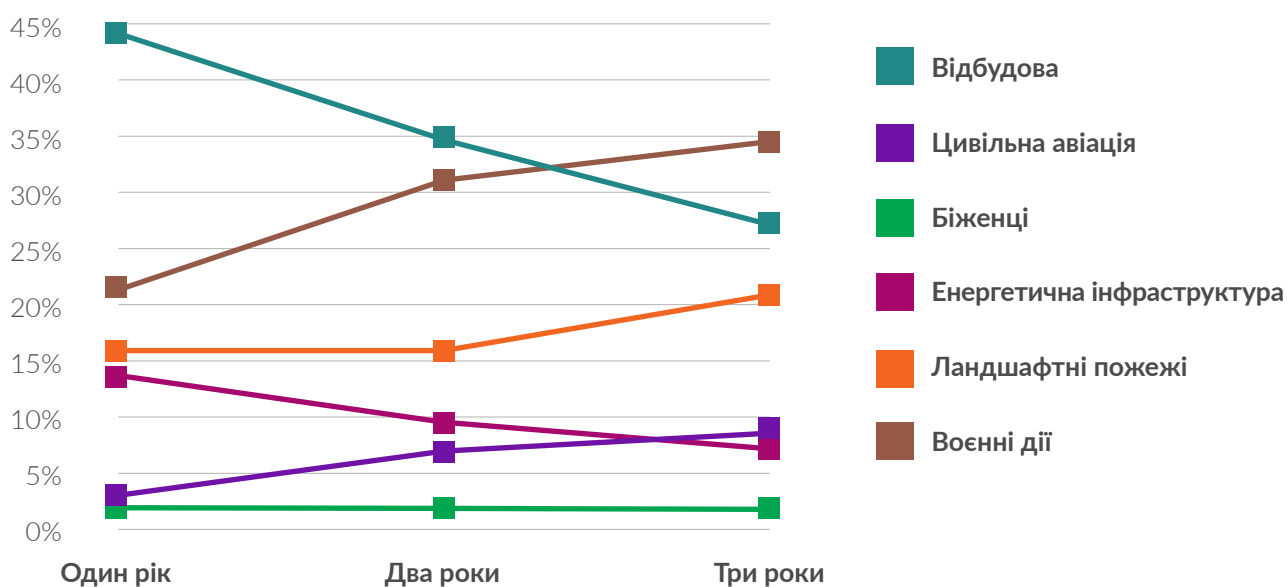


Рисунок 26. Розподіл викидів за категоріями впливу

9.3 Доконфліктні викиди, викиди від конфлікту та постконфліктні викиди

Категорія впливу	Доконфліктні	Від конфлікту	Постконфліктні
Витрати палива на бойові дії	0	73.5	0
Використання боєприпасів	0	5.1	0
Виробництво військової техніки	0	2.5	0
Будівництво фортифікаційних споруд	0	0.6	0
Пошкодження енергетичної інфраструктури	0	17.0	0
Ландшафтні пожежі	0	14.8	34.6
Загальні прямі викиди, пов'язані з війною	0	113.5	34.6
Переміщення біженців і ВПО	0	4.2	0
Цивільна авіація	0	20.3	0
Відбудова	0	0	64.2
Загальні непрямі викиди, пов'язані з війною	0	24.5	64.2
Загальні викиди, пов'язані з війною	0	138.0	98.8

Таблиця 29. Доконфліктні викиди, викиди від конфлікту та постконфліктні викиди