

# Ризик безпрецедентної ядерної катастрофи, якщо Росія продовжить атаки на енергосистему України

## Короткий зміст аналізу Greenpeace

В результаті цілеспрямованих атак Росії на енергетичну систему України, Україна опинилася на межі безпрецедентної в історії ядерної енергетики ядерної кризи. Якщо російські атаки на енергосистему триватимуть, існує цілком реальна перспектива одночасних і численних аварійних відмов на українських ядерних реакторах з викидом катастрофічних рівнів радіоактивності. Найбільш вразливими є три електростанції, які зараз виробляють електроенергію. Об'єктом безпосереднього впливу радіоактивного забруднення буде населення і навколишнє середовище України, але він може поширитись і на значну частину Європи, а також на території за її межами.

У найгіршому випадку в Україні є тридцять великих джерел радіоактивності, кожне з яких може призвести до радіологічних наслідків, які перевищать сумарний викид на АЕС «Фукусіма-1» і навіть катастрофу на Чорнобильській АЕС та її радіологічний вплив.

Від початку повномасштабного вторгнення Росії в Україну російські військові спрямовують свої удари на українську електроенергетичну систему, включаючи її генеруючі потужності та електричні підстанції. Внаслідок цього національна енергосистема України зараз серйозно пошкоджена, а більша частина її генеруючих потужностей виведена з ладу.

Проект жодної національної ядерної енергетичної програми у світі не дозволяє впоратися з масштабами руйнувань, які спричинила повномасштабна війна Росії на території України. Наразі жоден орган регулювання ядерної безпеки у світі не проводив аналізу безпеки з урахуванням кризи такого масштабу, яку спричинили цілеспрямовані атаки Росії в національній електроенергетичній системі України, та її вплив на безпеку атомних електростанцій.

## Яким є поточний стан енергетичної інфраструктури в Україні?

Через цілеспрямовані атаки, які з 2022 року здійснює Росія на енергетичну інфраструктуру України, українська електроенергетична система зараз суттєво ослаблена і нестабільна. До літа 2024 року Росія зруйнувала 90-95 відсотків теплових електростанцій і 40 відсотків гідроелектростанцій<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Forbes Україна, МАГАТЕ вперше проведе моніторинг ключових українських підстанцій, Анастасія Дейна, 13 вересня 2024 року, див. <https://forbes.ua/company/magate-vpershe-bude-monitoriti-ukrainski-klyuchovi-pidstantsii-chi-zakhistit-tse-ikh-vid-obstriliv-rf-a-krainu-vid-totallynogo-blekautu-13092024-23608>

Наразі Україна виробляє електроенергію (працює на повну потужність) на трьох атомних електростанціях із дев'ятьма ядерними реакторами, чотири з яких на Рівненській атомній електростанції, поблизу Вараша, Рівненська область, дві – на Хмельницькій атомній електростанції, Хмельницька область і три – на Южно-Українській атомній електростанції в Миколаївській області.

Ці три атомні електростанції наразі виробляють лівову частку електроенергії в Україні<sup>2</sup>. Шість реакторів на Запорізькій АЕС, які залишаються під незаконною окупацією російських військових і «Росатома» (Державної ядерної корпорації Росії), з вересня 2022 року не працюють.

## Що створює безпрецедентні ризики в енергетичній системі України?

Нещодавні повідомлення Президента та Міністра закордонних справ України стали приводом для подальшої ескалації ударів росіян по електроенергетичній інфраструктурі України, зокрема, по електричних підстанціях та розподільчих пристроях ядерних реакторів<sup>3</sup>.

Підстанції слугують передавачами електроенергії і є необхідними для підтримки функціонування енергетичної мережі України. Крім того, вони також життєво необхідні для підтримки роботи українських ядерних реакторів в Україні.

Напади на електромережу України створюють серйозні проблеми для безпеки діючих атомних електростанцій через стрімкі перехідні процеси, які вони спричиняють в електромережі за межами майданчика. Ці перехідні процеси характеризуються раптовими суттєвими коливаннями в електропостачанні, що вимагає негайного і точного реагування з боку операторів реакторів.

Потенційна втрата підстанцій, зокрема тих, що безпосередньо пов'язані з українськими атомними станціями, може призвести до аварійних зупинок багатьох реакторів. Якщо російські військові своїми ударами зруйнують електромережу, не вдасться підтримувати електропостачання для охолодження реакторів і басейнів витримки відпрацьованого ядерного палива, а також експлуатації життєво важливих систем безпеки. Це може різко збільшити ризик пошкодження активної зони реактора, що призведе до розплавлення ядерного палива та численних аварій по всьому реакторному парку України, включаючи множинні та каскадні аварії реакторних блоків. Для дев'яти реакторів, які зараз виробляють електроенергію, часовий проміжок від першої втрати електроенергії та функції охолодження

---

<sup>2</sup> Катерина Годунова, Росія знищила всі теплові електростанції і майже всі гідроенергетичні потужності в Україні напередодні зими, - Зеленський, Kyiv Independent, 25 вересня 2024 року, див. <https://kyivindependent.com/russia-destroys-all-thermal-power-plants-nearly-all-hydroelectric-capacity-in-ukraine-ahead-of-winter-zelensky-says/#:~:text=According%20to%20the%20Energy%20Ministry%2C%20nuclear%20generation%20currently%20accounts%20for,Russian%20occupation%20since%20March%202022>

<sup>3</sup> Офіс Президента України, «Не може бути справедливого миру без України» – Виступ Президента на Генеральній Асамблеї ООН, 25 вересня 2024 року, див. <https://www.president.gov.ua/en/news/ne-mozhe-buti-spravedlivogo-miru-bez-ukravini-vistup-prezide-934931>; та Укрінформ, «Росія готує удари по критично важливих об'єктах ядерної енергетики України» – МЗС, 23 вересня 2024 року, див. <https://www.ukrinform.net/rubric-ato/3908093-russia-preparing-strikes-on-ukraines-critical-nuclear-energy-facilities-mfa.html>

палива в активній зоні реактора до стрімкого прогресування до серйозного пошкодження активної зони вимірюється ліченими годинами.

## **Чому через пошкодження електромережі України зростає ризик потенційної ядерної катастрофи?**

Для безпеки атомних електростанцій (АЕС) необхідно гарантувати стабільність електропостачання. Ключову роль у цьому відіграє стан мережі за межами майданчика. АЕС з'єднані з мережею кількома лініями електропередач. Коли виникає дисбаланс між виробництвом електроенергії та навантаженням, частота в мережі має тенденцію до зниження через відключення основного генератора або несправність на підстанції. Коли частота занадто низька, оператор мережі насамперед активує збільшення обсягу генерації. Однак в нинішніх умовах в Україні зробити це дуже складно.

Наступним кроком буде скидання навантаження. Для цього частини мережі вимикаються, щоб знизити попит. Першою проблемою зруйнованої мережі, навіть без втрати потужності за межами майданчика, є те, що насоси, які забезпечують циркуляцію охолоджуючої води в ядерному реакторі, працюють за умови наявності стабільної електроенергії. А зруйнована мережа не може забезпечити таку стабільність. Якщо напруга і частота мережі недостатні, двигуни не можуть розвинути достатній крутний момент для продовження роботи або запуску, і електрична система їх вимикає<sup>4</sup>.

Якщо одна або кілька АЕС зупиняться та/або ключові підстанції будуть пошкоджені або зруйновані через удари російських військових, за відсутності додаткових генеруючих потужностей напруга і частота можуть вийти за межі допустимих значень. Це може призвести до відключення інших генеруючих потужностей, що призведе до каскадного відключення і знеструмлення всієї системи. Як наслідок, всі чотири атомні електростанції в Україні втратять живлення від мережі і відбудеться так звана ситуація втрати зовнішніх джерел енергопостачання (LOOP).

### **Ризики відключення станції (SBO)**

Коли атомні електростанції (АЕС) втрачають електроенергію з мережі, відбувається так звана «Втрата зовнішніх джерел енергопостачання» (LOOP). Електростанція повертається до трьох основних джерел живлення для підтримки критично важливих систем безпеки: акумуляторів, резервних дизель-генераторів і можливості відключити один реактор на станції, щоб утримати навантаження.

Якщо навіть потужності генерації електроенергії на майданчику вийдуть з ладу, станція потрапить в стан аварійного відключення (SBO). У випадку діючої атомної електростанції це може призвести до закипання охолоджувальної води в корпусі реактора за лічені години, здатне спричинити пошкодження активної зони і вивільнення радіації в захисному корпусі реактора і далі в довкілля через надлишковий тиск в захисному корпусі.

---

<sup>4</sup> <http://large.stanford.edu/courses/2016/ph241/yang2/docs/bickel.pdf>

## Основні труднощі з відновленням після аварійного відключення електроенергії (запуск електростанції з нуля)

Запуск електростанції з нуля (або відновлення після аварійного відключення) – це складний процес перезапуску електроенергетичної системи після аварійного відключення. Цей процес координується оператором системи передачі електроенергії (Укренерго) в Україні і вимагає наявності достатньої кількості електростанцій з можливістю запуску електростанції з нуля, таких як акумуляторні системи накопичення енергії (BESS), дизель-генератори, гідроелектростанції та теплові електростанції. BESS можна комбінувати з відновлюваними джерелами, такими як вітрові та сонячні електростанції.

Атомні електростанції не здатні до запуску з нуля і, відтак, їх робота залежить від цих інших джерел<sup>5</sup>. Це особливо проблематично в умовах, що склалися в Україні, оскільки більшість потужностей гідроенергетики та викопних джерел енергії були виведені з ладу внаслідок російської агресії, а Україна (поки що) не має значних потужностей BESS.

## Якими можуть бути потенційні наслідки відключення електроенергії в Україні?

Нижче наведені розрахунки як для зупинених, так і для працюючих реакторів, які демонструють деякі потенційні радіологічні наслідки, що можуть виникнути у випадку аварійної зупинки станції в Україні<sup>6</sup>:

- Кожна реакторна будівля має як активну зону реактора, так і басейн витримки відпрацьованого ядерного палива<sup>7</sup>. Це означає, що загалом на п'ятнадцяти реакторах, окрім інших установок, є 30 великих джерел високорадіоактивного ядерного палива.
- У випадку аварії на одному ядерному реакторі атмосферне моделювання демонструє, що найвищим ризик високого рівня забруднення (>1000 кБк/м<sup>2</sup> Cs-137, що вимагає переселення населення) буде в радіусі кількох сотень кілометрів, тобто переважно в самій Україні, але також і в сусідніх країнах. Нижчий рівень забруднення, який все ще потребує захисних заходів (між 128-1000 кБк/м<sup>2</sup> Cs-137), вплине на всю територію Європи. Це моделі виникнення аварій на одному реакторі, а не каскадних ефектів аварій на декількох реакторах.
- Загальнодоступних моделей, які б демонстрували радіологічні викиди і розсіювання від декількох ядерних реакторів на декількох атомних електростанціях, не існує.

В разі тривалого відключення енергосистеми існує ризик пошкодження активної зони на кількох електростанціях. На кожній електростанції можуть виникнути каскадні наслідки, коли

<sup>5</sup> MAGATE, Надійність електромереж та взаємодія з атомними електростанціями, 2012:

[https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1542\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1542_web.pdf)

<sup>6</sup> Грінпіс Інтернешнл, «Вразливість атомних електростанцій під час військового конфлікту: досвід подолання наслідків аварії на АЕС «Фукусіма Дайічі» в контексті ситуації, що склалась у Запоріжжі, Україна, 2 березня 2022 року, див.

[www.greenpeace.org/static/planet4-international-stateless/2022/03/6805cdd2-nuclear-power-plant-vulnerability-during-military-conflict-ukraine-technical-brief](http://www.greenpeace.org/static/planet4-international-stateless/2022/03/6805cdd2-nuclear-power-plant-vulnerability-during-military-conflict-ukraine-technical-brief)

<sup>7</sup> Басейни для відпрацьованого ядерного палива реактора ВВЕР-1000 знаходяться всередині захисної оболонки реакторної установки; два реактори ВВЕР-440 в Україні мають басейни для відпрацьованого ядерного палива в будівлі реактора, але за межами захисної оболонки.

масштабний викид на одному реакторі може призвести до втрати контролю на прилеглих реакторах, що спричинить подальші викиди.

### **Можлива послідовність подій, здатних призвести до пошкодження активної зони:**

#### Етап 1: руйнування мережі

- Пошкодження однієї або декількох основних підстанцій.
- Критичне збурення в мережі, що виходить за межі норми частоти або напруги.
- Втрата зовнішніх джерел енергопостачання (LOOP) для однієї або декількох АЕС.
- Відключення реактора; електроенергія на станції, необхідна для систем безпеки, забезпечується дизельними генераторами, акумуляторами та/або відключенням 1 реактора для утримання мінімальної потужності для побутового навантаження.
- Через втрату генеруючих потужностей однієї або декількох атомних електростанцій, обмежена решта генеруючих потужностей в енергосистемі не може компенсувати їх, що призведе до загального відключення електроенергії.

#### Етап 2: повторний запуск мережі (запуск електростанції з нуля) неможливий

- Неможливо здійснити запуск мережі з нуля, оскільки більшість гідроелектростанцій та електростанцій, що працюють на викопних видах палива, пошкоджені, а атомні електростанції не мають можливості запуску з нуля. Це веде до тривалого відключення електроенергії.
- Якщо у дизель-генераторів закінчується паливо або вони виходять з ладу, виробництво енергії для покриття побутового навантаження на АЕС припиняється.
- Аварійне вимкнення атомної електростанції (SBO), всі функції безпеки на АЕС вимикаються.
- Пошкодження активної зони реактора та масштабний викид радіоактивності.

## **Яким є поточний стан з ядерною безпекою в Україні?**

Весь аналіз ядерної безпеки для України (і всіх країн) розробляється і планується з певним резервуванням в електромережі з урахуванням так званого «стандарту N-1», який гарантує захист системи від будь-якої разової події<sup>8</sup>.

Однак проєкт жодної національної ядерної енергетичної програми у світі не дозволяє впоратися з масштабами руйнувань, які спричинила повномасштабна війна Росії на території України. Наразі жоден орган регулювання ядерної безпеки у світі не проводив аналізу безпеки з урахуванням кризи такого масштабу, яку спричинили цілеспрямовані атаки Росії в національній електроенергетичній системі України, та її вплив на безпеку атомних електростанцій.

Хоча точна інформація про вразливості та стан енергосистеми України, спричинені ударами російських військових, є конфіденційною, відомо, що критерії надійності, які мають

<sup>8</sup> МАГАТЕ, Надійність електромереж та взаємодія з атомними електростанціями, 2012: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1542\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1542_web.pdf)

застосовуватися до роботи атомних електростанцій, не виконуються, наприклад, критерій N-1. Подальші серйозні збої в і без того крихкій енергосистемі можуть призвести до каскадного відключення всієї системи і, таким чином, до виникнення ситуації LOOP на всіх чотирьох українських атомних електростанціях (включно із Запорізькою АЕС, яка вже зупинена, але все ще підключена до української енергосистеми).

## **Якими є соціальні наслідки нападу Росії на енергетичну систему України?**

Як нещодавно повідомила Моніторингова місія ООН з прав людини в Україні (ММПЛУ), «напади росіян на електроенергетичну систему України, пошкодження або руйнування численних об'єктів виробництва, передачі та розподілу електроенергії мали масштабні наслідки, завдавши шкоди цивільному населенню та системам електропостачання, водопостачання, каналізації та санітарії, опалення та гарячого водопостачання, громадському здоров'ю, освіті та економіці країни»<sup>9</sup>. Незалежна міжнародна слідча комісія ООН щодо України також вже дійшла висновку, що атаки росіян на електроенергетичну інфраструктуру у 2022-2023 роках були широкомасштабними, систематичними та непропорційними, що становить воєнний злочин у вигляді заподіяння надмірної супутньої шкоди цивільному населенню та потенційно є злочином проти людяності<sup>10</sup>.

Навіть без ядерної катастрофи населення України зіткнулося б цієї зими з надзвичайно суворими умовами, очікуваними тривалими відключеннями електроенергії та відсутністю доступу до опалення. В умовах війни українська влада, енергетичні компанії, гуманітарні та відновлювальні організації докладають величезних зусиль для пом'якшення наслідків, щоб запобігти гуманітарній кризі цієї зими<sup>11</sup>.

Подальші атаки росіян можуть призвести до подальшої втрати пропускної здатності енергосистеми і знеструмлення всієї країни, потенційної каскадної кризи на блоках з кількома реакторами і на декількох атомних станціях і, нарешті, до масштабних радіологічних викидів. Жахливі наслідки, з якими доведеться зіткнутися в цій ситуації населенню України, неможливо уявити.

## **Яким бачить вирішення проблеми запобігання ядерній катастрофі Грінпіс?**

Для того, щоб зменшити ризик безпрецедентної ядерної катастрофи, Росія повинна негайно припинити всі атаки на вразливу електроенергетичну систему України, не лише на найбільш критичні підстанції, але й на решту її діючих генеруючих потужностей.

---

<sup>9</sup> УВКПЛ, Напади на енергетичну інфраструктуру України: Шкода цивільному населенню Моніторингова місія ООН з прав людини в Україні, вересень 2024 р., див.

<https://ukraine.ohchr.org/sites/default/files/2024-09/ENG%20Attacks%20on%20Ukraine's%20Energy%20Infrastructure-%20%20Harm%20to%20the%20Civilian%20Population.pdf>

<sup>10</sup> Доповідь Незалежної міжнародної комісії з розслідування щодо України, A/HRC/52/62 (далі: A/HRC/52/62), 16 березня 2023 року, доступна за посиланням: <https://www.ohchr.org/en/hr-bodies/hrc/iic/hr-ukraine/index>.

<sup>11</sup> УВКПЛ, 2024.

Міжнародна спільнота, включно з Міжнародним агентством з атомної енергії (МАГАТЕ), має чинити тиск на Росію, щоб вона припинила свої безвідповідальні військові злочини проти народу, довкілля та енергетичної інфраструктури України.

Крім того, особливо важливу роль має відіграти МАГАТЕ. За інформацією Державної інспекції ядерного регулювання України (ДІЯРУ), Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ) погодилося на прохання розширити свою постійну моніторингову місію в Україні, включивши до неї електричні підстанції<sup>12</sup>. Розширення місії означатиме, що інспектори МАГАТЕ будуть закріплені за підстанціями в Україні, а саме за всіма атомними електростанціями. Однак, для того, щоб цій місії вдалося ефективно захистити критично важливу енергетичну інфраструктуру та запобігти атакам росіян, її слід реалізувати негайно і комплексно. Організація Грінпіс Інтернешнел висловила відповідний заклик у своєму листі, надісланому 30 вересня 2024 року Генеральному директору МАГАТЕ.

### Рекомендовані дії

- Росія повинна негайно припинити подальші атаки на всю електроенергетичну систему України, а не лише на атомні електростанції та найбільш критичні підстанції;
- Міжнародне співтовариство повинно застосувати весь можливий тиск на Росію, щоб змусити її припинити атаки;
- МАГАТЕ, за повної підтримки держав-членів, має негайно реалізувати свою розширену місію в Україні, щоб розмістити інспекторів на критично важливих об'єктах електроенергетики, зокрема, на підстанціях, необхідних для роботи атомних електростанцій, що виступить стримуючим фактором для подальших російських військових атак;
- Розширити та пришвидшити надання міжнародної підтримки для відновлення пошкодженої енергетичної інфраструктури України та її захисту;
- Подальше збільшення імпорتنих потужностей через об'єднання мереж ENTSO-E та України;
- Щодо попиту на електроенергію – розширювати заходи з енергоефективності та встановлювати «розумні» лічильники, а також розширювати та застосовувати управління попитом на електроенергію;
- Щодо виробництва електроенергії – подальша децентралізація, системи зберігання енергії в промислових масштабах у поєднанні з сонячною та вітровою енергією, щоб зробити Україну менш вразливою до атак.

<sup>12</sup> ДІЯРУ, Олег Коріков: МАГАТЕ розширить свою присутність в Україні – важливі для безпеки АЕС підстанції контролюватимуть постійні місії, 6 вересня 2024 року, див. <https://snriu.gov.ua/en/news/oleh-korikov-iaea-will-expand-its-presence-in-ukraine-substations-important-for-npp-safety-will-be-monitored-by-permanent-missions>