

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ, ІНЖЕНЕРІЇ ТА
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЦИВІЛЬНОЇ ТА ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ
ІМЕНІ ГЕРОЯ УКРАЇНИ ЧУБА ОЛЕКСАНДРА СЕРГІЙОВИЧА

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ Б.Д.Халмурадов
« ____ » _____ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 263 «ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА»

**Тема: «Вплив кліматичної кризи на стійкість критичної інфраструктури
держави»**

Виконавець: студент групи 413 ЦБ Крискевич Богдан Вячеславович

Керівник: к.т.н., доцент Катерина Іванівна Кажан

Нормоконтролер: _____ Козлітін О.О.

КИЇВ 2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
Кафедра цивільної та промислової безпеки імені Героя України Чуба
Олександра Сергійовича
Спеціальність 263 «Цивільна безпека»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Б.Д.Халмурадов

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Крискевича Богдана Вячеславовича

1. Тема роботи **«Вплив кліматичної кризи на стійкість критичної інфраструктури держави»** затверджена наказом ректора від «17» квітня 2024 року № 579/ст.
2. Термін виконання роботи з 20.05.2024 по 16.06.2024.
3. Вихідні дані роботи:

- провести загальний аналіз проблеми змін клімату;
- охарактеризувати проблемні питання у системі критичної інфраструктури;
- провести оцінку потенційних небезпек від зміни клімату для критичної інфраструктури держави;
- надати пропозиції та розробити заходи щодо підвищення стійкості об'єктів критичної інфраструктури в умовах кліматичної кризи.

Зміст пояснювальної записки:

- загальні відомості про кліматичну кризу та потенційні кризові явища пов'язані з нею;
- аналіз стійкості критичної інфраструктури держави в контексті кліматичної кризи на прикладів окремих секторів економіки;
- метод обґрунтування заходів для підвищення стійкості інфраструктури держави та зниження кліматичних ризиків.

Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: таблиці, рисунки.

4. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	2	3	4
1	Постановка задачі та аналіз інформаційних джерел	20.05.2024-22.05.2024	
2	Збір інформаційних даних та обґрунтування вибору рішення	22.05.2024-23.05.2024	
3	Робота над розділом №1	23.05.2024-25.05.2024	
4	Робота над розділом №2	26.05.2024-29.05.2024	
5	Робота над розділом №3	29.05.2024-04.06.2024	

7. Дата видачі завдання: «20» травня 2024 р.

Керівник кваліфікаційної роботи: _____ Кажан І. К.

Завдання прийняв до виконання: _____ Крискевич Б. В.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається із вступу, основної частини, що містить три розділи, висновків до роботи, списку використаних бібліографічних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи - 64 сторінок. Робота містить 7 рисунків та 4 таблиць. Список бібліографічних посилань включає 19 джерел.

Ключові слова: КРИТИЧНА ІНФРАСТРУКТУРА, СТІЙКІСТЬ, КЛІМАТИЧНА КРИЗА, ОЦІНКА РИЗИКУ.

Об'єкт дослідження є заходи для зниження кліматичної кризи та підвищення стійкості критична інфраструктура

Предмет дослідження є підвищення стійкості критичної інфраструктури держави в умовах кліматичної кризи.

Мета роботи є розроблення підходу для обґрунтування вибору рекомендацій та заходів з адаптації до змін клімату та підвищення стійкості об'єктів критичної інфраструктури держави.

Методи, застосовані в кваліфікаційній роботі: використано методи аналізу та синтезу наукових даних, методи оцінки ризиків, зокрема експертних оцінок та сценарного аналізу.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в: полягає у вдосконаленні методів оцінки ризиків та загроз для стійкості критичної інфраструктури за рахунок врахування критеріїв кліматичної ефективності .

Основні висновки роботи було досягнуто поставленої мети - є розроблення підходу для обґрунтування вибору рекомендацій та заходів з адаптації до змін клімату та підвищення стійкості об'єктів критичної інфраструктури держави

Матеріали дипломної роботи можна використовувати для оцінки потенційних небезпек, розробки рекомендацій і заходів щодо зниження ризиків для критичної інфраструктури та підвищення її стійкості.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРИЧИН ТА НАСЛІДКІВ КЛІМАТИЧНОЇ КРИЗИ.....	9
1.1. Основні чинники, що впливають на кліматичну кризу.....	9
1.2. Глобальні тенденції зміни клімату.....	11
1.3. Характеристика кліматичних умов України.....	16
1.4. Прояви екстремальних погодних умов як загроз природного характеру для системи критичної інфраструктури.....	19
РОЗДІЛ 2. СТІЙКІСТЬ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНОЇ КРИЗИ.....	26
2.1. Загальна характеристика критичної інфраструктури.....	26
2.2. Стійкість критичної інфраструктури держави.....	32
2.3 Аналіз впливу кризових ситуацій на основні елементи критичної інфраструктури.....	36
Транспорт.....	38
Енергетика.....	40
Системи життєзабезпечення.....	41
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА КЛІМАТИЧНИХ РИЗИКІВ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДЕРЖАВИ.....	44
3.1. Якісні та кількісні методи оцінки ризику для підвищення стійкості критичної інфраструктури держави.....	44
3.2. Розробка рекомендацій для підвищення стійкості критичної інфраструктури держави в умовах кліматичної кризи.....	48
ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	57
ДОДАТКИ.....	58

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

НМЯ - Небезпечне метеорологічне явище

ВДЕ - Відновлювані джерела енергії

КІ - Критична інфраструктура

ТЕО - Техніко-економічне обґрунтування

ВВП – Валовий внутрішній продукт

ГЕС - Гідроелектростанція

ГАЕС - Гідроакумулювальна електростанція

РНБО - Рада національної безпеки і оборони

ISO - International Organization for Standardization, Міжнародна організація зі стандартизації

ІЕС - International Electrotechnical Commission, Міжнародна електротехнічна комісія

ООН - Організація Об'єднаних Націй

ЄС – Європейський Союз

ЕБРР – Європейський банк реконструкції та розвитку

ТЕЦ - Теплоелектроцентрально

ТЕС - Теплова електростанція

ГЕС - Гідроелектростанція

АЕС - Атомна електростанція

ВСТУП

Актуальність теми. Зараз кліматична криза є однією з найактуальніших проблем, з якими стикається людство. Зміна клімату, спричинена глобальним потеплінням, підвищення рівня морів, почастищення екстремальних погодних явищ – все це ставить під загрозу безпеку життя людей. Зростання температур, екстремальні погодні умови та зміни в режимі опадів стають не лише проблемою екології, але й серйозним випробуванням для стійкості та функціонування критичної інфраструктури держави, таких як дороги, мости, будинки, електростанції та інші її елементи.

В умовах військової агресії російської федерації питання стійкості критичної інфраструктури держави є надзвичайно актуальним, оскільки впливає безпосередньо на здоров'я і життя українців. Забезпечення стійкості критичної інфраструктури держави є одним із ключових завдань національної безпеки держави. Глобальні процеси змін клімату погано піддаються корекції на місцевому рівні, тому їх слід враховувати як несприятливий чинник, що постійно посилює свій вплив на стійкість та функціонування елементів критичної інфраструктури.

Мета і завдання виконання кваліфікаційної роботи.

Метою роботи є розроблення підходу для обґрунтування вибору рекомендацій та заходів з адаптації до змін клімату та підвищення стійкості об'єктів критичної інфраструктури держави.

Для вирішення поставленої мети було сформульовано наступні завдання:

- проаналізувати основні чинники, що впливають на кліматичну кризу;
- систематизувати та оцінити наслідки кліматичної кризи для критичної інфраструктури держави;
- проаналізувати сектори економіки які є найбільш чутливими до кліматичної кризи і водночас найбільше на неї впливають;
- розробити рекомендації щодо зниження кліматичних загроз та

підвищення стійкості критичної інфраструктури держави в короткотерміновій та довгостроковій перспективі за окремими секторами.

Методи дослідження. Проведення огляду наукових робіт, публікацій та звітів з теми дослідження для отримання загального уявлення про вплив кліматичної кризи на критичну інфраструктуру шляхом аналізу інформації та досліджень у цій області, виявлення вразливих місць та надання рекомендацій щодо зміцнення та адаптації об'єктів інфраструктури до кліматичних умов, що постійно змінюються, з метою забезпечення їх надійної роботи та мінімізації можливого негативного впливу кліматичної кризи. В роботі для досягнення поставлених завдань використано методи аналізу та синтезу наукових даних, методи оцінки ризиків, зокрема експертних оцінок та сценарного аналізу.

Об'єктом дослідження є заходи для зниження кліматичної кризи та підвищення стійкості критична інфраструктура.

Предметом дослідження є підвищення стійкості критичної інфраструктури держави в умовах кліматичної кризи.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у вдосконаленні методів оцінки ризиків та загроз для стійкості критичної інфраструктури за рахунок врахування критеріїв кліматичної ефективності .

Практичне значення отриманих результатів. Результати кваліфікаційної роботи можуть бути використані для розробленні практичних заходів для підвищення стійкості критичної інфраструктури. Запропонований підхід до інтегральної оцінки заходів підвищення стійкості та зниження ризиків, може бути застосований для обґрунтування конкретних заходів, проектних рішень на етапі ТЕО проектів реконструкції об'єктів енергетики, впровадження альтернативних джерел енергії.

Апробація отриманих результатів. Отримані результати було апробовано під час проходження переддипломної практики.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРИЧИН ТА НАСЛІДКІВ КЛІМАТИЧНОЇ КРИЗИ

1.1. Основні чинники, що впливають на кліматичну кризу

Клімат - це тривалий стан погоди, що визначається протягом принаймні 30-річного періоду. Протягом останніх двох тисячоліть ми спостерігаємо постійне збільшення середньорічної температури на планеті. Це зумовлено переважно викидами газів, які утворюються в результаті діяльності людини, зокрема в енергетиці, транспортній галузі, сільському господарстві та промисловості. Ці гази називаються парниковими, оскільки потрапляють до атмосфери і утримують тепло, не дозволяючи йому виходити назад у космос. Це призводить до збільшення тепла на поверхні Землі і підвищення середньорічної температури.

Основні фактори, які визначають клімат, включають (табл. 1):

1) Сонячна радіація: Кількість сонячної енергії, яка досягає поверхні Землі, грає важливу роль у визначенні температурних режимів та кліматичних умов.

2) Циркуляція атмосфери: Масштабні рухи повітря, відбуваються в атмосфері землі через неоднорідний розподіл тиску, що спричинені різними факторами, такими як нагрівання сонцем, земною поверхнею, океанами тощо.

3) Підстилаюча земна поверхня: Рельєф місцевості, тип ґрунту та рослинність можуть впливати на розподіл опадів, вітрові рухи та загальні кліматичні умови.

Кліматотвірні чинники, що визначають характер клімату певної території

Космічні	Планетарні	Географічні
Сонячна радіація – Кількість теплової та світлової енергії, що надходить від Сонця до земної поверхні [ккал/см ² на рік або мДж/м ² на рік]	Атмосферна циркуляція: Вітри (постійні, періодичні); Атмосферні вихори (циклони, антициклони); Атмосферні фронти (холодні теплі)	Підстилаюча поверхня: Рельєф; Впливи морських течій; Альbedo поверхні; Ступінь забруднення повітря тощо

Інсоляція — це потік сонячної радіації, яка досягає поверхні Землі. Сонце є головним джерелом енергії для більшості процесів на Землі, безперервно випромінюючи в міжпланетний простір значну кількість енергії у вигляді корпускул та електромагнітного випромінювання. Електромагнітне випромінювання Сонця включає гамма-промені, рентгенівські промені, ультрафіолетову радіацію, видиме світло, інфрачервону радіацію та радіохвилі. Майже вся енергія (крім 0,1 %), що надходить до верхніх шарів атмосфери, формується за рахунок ультрафіолетової, видимої та інфрачервоної частин спектра сонячного випромінювання.

Сонячну випромінювальну здатність характеризує сонячна стала (I_0) — кількість сонячної енергії, що надходить до верхнього шару атмосфери за одиницю часу на одиницю площі, перпендикулярну до сонячних променів, при середній відстані між Землею і Сонцем. Вона становить 1,37 кВт/м². Однак, кут нахилу сонячних променів залежить від широти місцевості, пори року та часу доби, а відстань між Землею і Сонцем змінюється протягом року через еліптичність орбіти Землі. Проходячи крізь атмосферу, сонячна радіація послаблюється через поглинання оптично активними газами та молекулярне й аерозольне розсіювання. Отже, на одиницю площі земної поверхні за одиницю

часу надходить значно менше сонячної енергії порівняно з сонячною сталою, і цю кількість називають сумарною сонячною радіацією. Вона є важливим чинником, що впливає на формування клімату.

Атмосферна циркуляція - це великомасштабні постійні рухи повітря в атмосфері Землі. Вони виникають через нерівномірний розподіл атмосферного тиску, що спричинено різним надходженням сонячної радіації в різних широтах і різними фізичними властивостями земної поверхні, такими як суша, моря та льоди.

Вітер – це швидкий горизонтальний рух повітря від гірських до низинних районів, викликаний різницею тиску в атмосфері.

Атмосферний фронт – це перехідна зона, яка є межею між теплими і холодними повітряними масами.

Циклони - це висхідні атмосферні вихори з пониженим тиском у центрі, де вітри рухаються від периферії до центру.

Антициклони - це низхідні атмосферні вихори з підвищеним тиском у центрі, від якого вітри рухаються до периферії.

Таким чином, клімат є досить складною саморегульованою системою, яку досить важко змінити, але поступове збільшення парникових газів призвело до функціональних змін у всіх перелічених компонентах атмосфери.

Глобальне перегрівання змінює нашу планету, наражаючи на небезпеку людей та природу. Через те, що клімат змінюється повільно, а погода щодня – важко усвідомити, що глобальне перегрівання відбувається просто зараз. Це може заплутувати людей і призводити до хибних управлінських рішень. Нині немає жодного сумніву, що клімат змінюється.

1.2. Глобальні тенденції зміни клімату

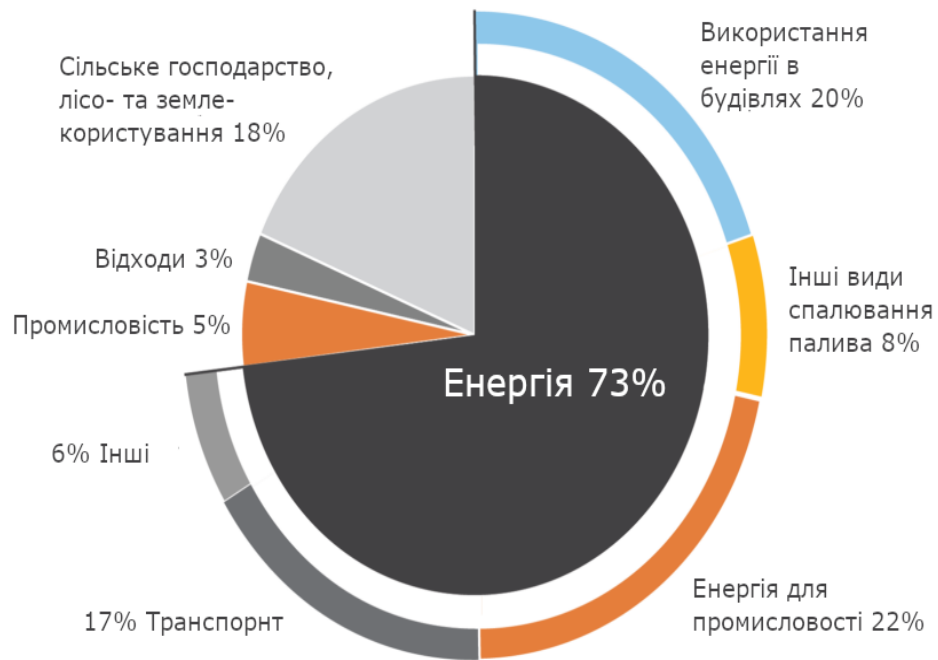
Цей аналіз чітко показує, що різні сектори та процеси сприяють глобальним викидам. Це означає, що немає єдиного чи простого рішення для боротьби зі

зміною клімату. Зосередження лише на електроенергетиці, транспорті, харчовій промисловості чи вирубці лісів недостатньо. Навіть у межах енергетичного сектора, який становить майже три чверті всіх викидів, немає простого вирішення. Навіть якщо повністю декарбонізувати електропостачання, тоді потрібно буде електрифікувати все опалення та автомобільний транспорт. І все одно залишаться викиди від судноплавства та авіації, для яких поки що не існує технологій з низьким рівнем вуглецевих викидів.

Енергія: 73%, (електрика, тепло і транспорт) є основним джерелом викидів і становить більшу частину всіх викидів.

Використання енергії в промисловості також вносить вагомий внесок (22%). Виробництво заліза і сталі супроводжується значними енерговитратами і відповідними викидами. Хімічна та нафтохімічна промисловість, включаючи виробництво добрив, фармацевтики, холодоагентів, видобуток нафти і газу, також спричиняє значні викиди через використання енергії. Виробництво продуктів харчування і тютюнових виробів також потребує енергії, що призводить до викидів. Виробництво кольорових металів, таких як алюміній, мідь, свинець, нікель, олово, титан, цинк та їхні сплави, також потребує енергії і спричиняє викиди. Інші промислові процеси, такі як видобуток корисних копалин, будівництво, текстильне виробництво, обробка деревини і виробництво транспортного обладнання, також потребують енергії і вносять свій внесок у загальні викиди.

Використання енергії в будівлях (20%). У житлових будівлях енергія використовується для освітлення, роботи побутових приладів, приготування їжі та опалення. У комерційних будівлях енергія використовується для освітлення, роботи приладів та опалення в офісах, ресторанах, магазинах та інших комерційних приміщеннях.



Глобальні викиди CO₂ за секторами. Адаптовано з UNEP 2020 Global Status Report та OurWorldInData.org, на основі даних Climate Watch та World Resources Institute.

Рис. 1.

Транспорт (17%) становить значну частку викидів, включаючи невелику частку від використання електрики (непрямі викиди) та всі прямі викиди від спалювання викопного палива для забезпечення транспортної діяльності. Ці цифри не включають викиди від виробництва транспортних засобів або іншого транспортного обладнання, що враховано в категорії «Використання енергії в промисловості».

Дорожній транспорт включає викиди від спалювання бензину та дизелю в автомобілях, вантажівках, мотоциклах і автобусах. Шістьдесят відсотків цих викидів припадає на пасажирські перевезення (автомобілі, мотоцикли, автобуси), решта сорок відсотків — на вантажні перевезення.

Авіація включає викиди від пасажирських та вантажних перевезень, як внутрішніх, так і міжнародних. Більшість викидів в авіації походить від пасажирських перевезень, причому міжнародні рейси становлять більшу частку викидів порівняно з внутрішніми.

Судноплавство охоплює викиди від спалювання палива на човнах та кораблях для пасажирських та вантажних перевезень.

Залізничний транспорт включає викиди від пасажирських і вантажних перевезень залізницею.

Прокачування через трубопроводи вимагає енергії, що призводить до викидів. Недобудовані трубопроводи можуть також призводити до витоків, що призводить до викидів метану в атмосферу.

Пожежі, обстріли та наступ російської техніки спричинили додаткові викиди близько 120 млн тонн діоксиду вуглецю. З них 50 млн тонн – це непрямі викиди, пов'язані з майбутньою повоєнною відбудовою України, 39 млн тонн – викиди безпосередньо від бойових дій та пожеж. Це створює додаткове навантаження на кліматичну систему. Російська агресія проти України ставить під загрозу досягнення світових кліматичних цілей. За півтора роки війни Держекоінспекція зафіксувала понад 2,500 екологічних злочинів Росії. Наслідки відчує не тільки Україна, але й інші країни.

Більшість бойових дій відбувається в лісах, де лісові пожежі за рік спричинили викиди 16,5 млн тонн CO₂. Це подвійний удар по кліматичній системі, адже ми втрачаємо потенціал лісів поглинати вуглець.

Війна неможлива без палива. Танки, бронетехніка, авіація та логістика армії потребують великої кількості викопного палива. Поставки бензину, авіаційного та дизельного палива до російських оборонних структур у прикордонні з Україною зросли втричі порівняно з 2021 роком і можуть досягати 1,5 млн тонн. Фактичні витрати палива є набагато вищими.

Загальні викиди від горіння палива під час війни оцінюються в 18,8 млн тонн CO₂. Детонація боєприпасів додала ще 2 млн тонн викидів за рік війни.

Хоча українська промисловість працює лише на 25%, ми змушені боротися із забрудненням навколишнього середовища. За даними Київської школи економіки, від початку війни пошкоджено або зруйновано щонайменше

412 підприємств, з яких 64 – великі та середні.

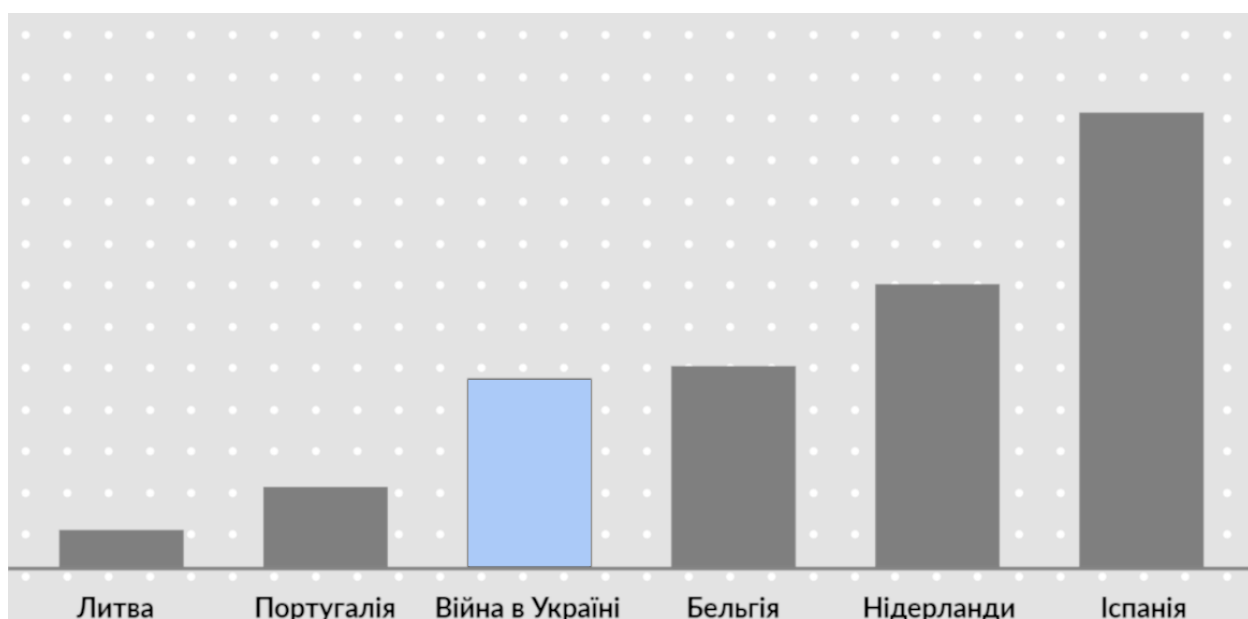


Рис. 2. Викиди внаслідок війни у порівнянні із викидами європейських країн

І хоча обсяги парникових газів на території України скоротилися, в межах Європейського регіону, в інших сусідніх країнах через енергетичні виклики, через обмеження повітряного простору, зростання витрат на озброєння такі викиди зростають. Більше того в повоєнний період під час реконструкції, в тому числі об'єктів критичної інфраструктури очікується різке зростання обсягів парникових газів.

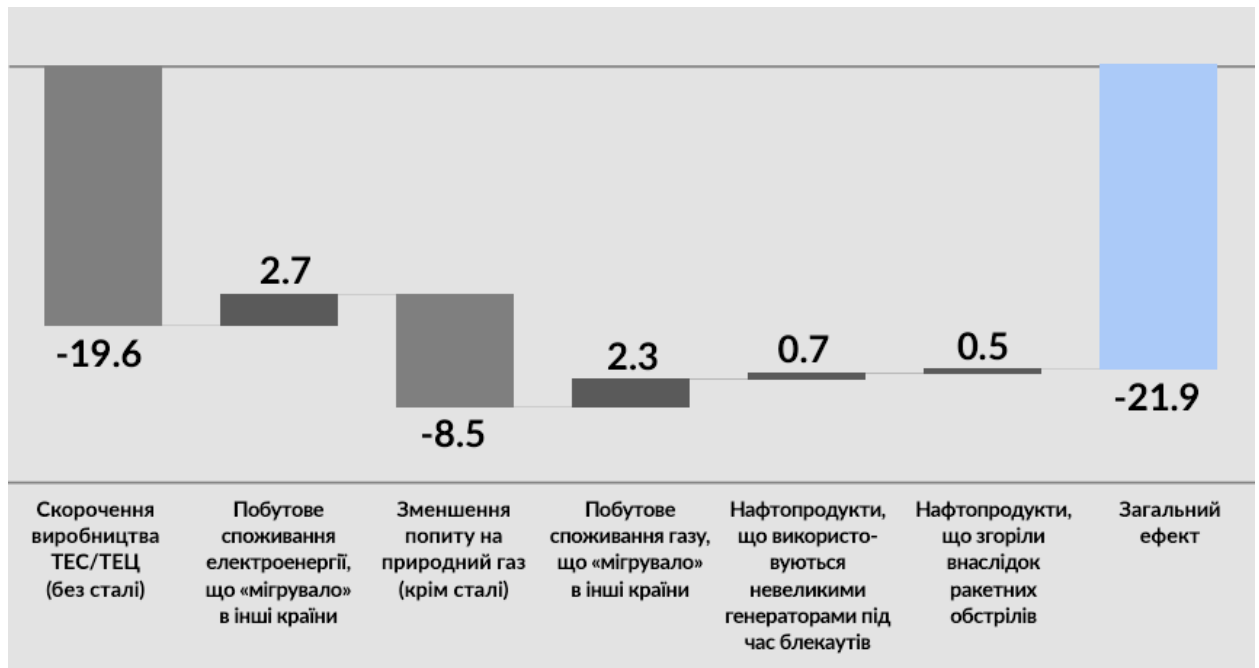


Рис. 3. Викиди CO₂ екв. В енергетиці, млн тонн

Війна, спричинена Росією, призводить до збільшення викидів парникових газів у тих країнах, які змушені терміново нарощувати виробництво за рахунок вуглецеємних технологій.

Бойові дії не обмежуються лінією фронту. У будь-який момент у будь-якому куточку України може спалахнути підприємство, ліс чи нафтобаза. Повітряні тривоги в наших містах досі тривають.

1.3. Характеристика кліматичних умов України

Україна переважно розташована у помірному тепловому поясі, і загалом її клімат можна описати як помірно-континентальний. Однак на Південному узбережжі Криму має місце субтропічний клімат, який нагадує клімат середземноморського регіону. В Закарпатті також спостерігається м'який клімат з теплою малосніжною зимою та дощовим літом. Загальна тенденція клімату України полягає в зростанні континентальності з заходу на схід, а також в близькості до широтної зональності у розподілі температури, вологості та опадів. Це обумовлено віддаленістю західних і східних районів

від Атлантичного океану, що впливає на кліматичні умови та призводить до зазначених відмінностей. Чорне та Азовське моря впливають на клімат прибережних районів України. Вони підвищують вологість повітря, зменшують температурні коливання, пом'якшують спеку влітку і знижують морозність взимку. На південному сході України продовжується повільний процес опустелювання, що призводить до деградації великих площ сільськогосподарських земель. Причиною цього є не лише зміна кліматичних умов, а й людська діяльність. Зміна природних компонентів відбувається під впливом господарської діяльності, зокрема, через неправильну агротехнічну практику, коли після збору зернових фермери випалюють стерню на полях, також необхідно враховувати місцеві кліматичні умови при вирощуванні культур, оскільки вони дають найкращі результати, коли розташовані відповідно до клімату. Також, клімат впливає на транспорт. Урагани, тумани і шторми ускладнюють судноплавство і авіацію, тому важливо прогнозувати погоду для забезпечення безпеки руху повітряних і морських кораблів. Заводи, фабрики, житлові будинки та асфальтовані дороги підвищують температуру повітря в містах, роблячи її вищою, ніж у сільській місцевості. Уряд України в 2021 році встановив амбітну мету - зменшити викиди парникових газів до 2030 року на 65% від рівня 1990 року. Це означає, що викиди парникових газів у 2030 році повинні бути на 7% нижче, ніж у 2019 році. Для досягнення цієї мети Україна має припинити використання викопних видів палива, таких як вугілля, нафта, природний газ та уранова руда, і замінити їх використанням енергії з відновлюваних джерел. Використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова та гідроенергетика, не лише допомагає знизити викиди парникових газів, але й зменшує негативний вплив на навколишнє середовище, оскільки ці джерела енергії не забруднюють повітря та водні ресурси. У 2020 році частка відновлюваних джерел енергії в енергосистемі України становила 9,2%. За умовами Паризької угоди, до 2050 року ця частка повинна досягти 100%. Проте, цей показник

зростає повільно. Після вторгнення Росії, 90% вітрових електростанцій і приблизно 30% сонячних електростанцій в Україні були зруйновані або опинилися на окупованій території. Військова агресія, яка триває з 2014 року, безпосередньо впливає на кліматичну кризу та загалом на стан навколишнього середовища.

Для України характерний переважно антициклоніальний стан атмосфери, коли на території країни частіше спостерігаються антициклони (235 днів) ніж циклони (130 днів). Протягом року над Україною рухається приблизно 45 циклонів і 35 антициклонів, з перенесенням повітряних мас переважно з заходу на схід. У холодну пору року це теплі повітряні маси, а в теплу - прохолодні. Українські Карпати і Кримські гори служать бар'єрами для переміщення повітряних мас, затримуючи холодне арктичне та континентальне повітря, що захищає Закарпаття і Південний берег Криму. Тому взимку температура в степовому Криму може бути на 20°C нижчою, ніж на Південному березі. Рівнинність України дозволяє вільно проникати морським, континентальним і арктичним повітряним масам. У горах температури повітря нижчі, ніж на прилеглих рівнинах, а вологе повітря затримується на навітряних схилах гір, спричиняючи більшу хмарність і кількість опадів. Навіть над невисокими Донецькою та Приазовською височинами річна сума опадів, кількість гроз і туманів більші порівняно з навколишніми районами.

Підстилаюча поверхня в значній мірі впливає на погодні явища та клімат в цілому, на Землі є два основні типи підстилаючої поверхні — водна та суходільна. Гори затримують вітри та впливають на розподіл опадів, особливо на височинах. Ліси сповільнюють рух повітря в нижніх шарах атмосфери. У степових регіонах повітряні маси рухаються з великою швидкістю, оскільки тут майже відсутні природні перешкоди. Сніговий покрив взимку відбиває до 94% сонячної радіації, що сприяє подальшому охолодженню поверхні України. Сумарна сонячна радіація, яка потрапляє на територію України,

змінюється від 398 до 406 Дж/см² у північних і північно-східних регіонах до 560-561 Дж/см² на Південному березі Криму. Найбільша кількість сонячної радіації припадає на теплий період року, зокрема на місяці з травня по вересень. У порівнянні з цим, трава та ґрунт відбивають до 26% сонячної радіації. Відношення відбитої радіації до сумарної називається альбедо. Найменше альбедо мають водойми і вологий чорнозем (10%), найбільше – сніг. Влітку в лісових і лісостепових зонах альбедо становить до 19%, у степах – до 17%.

1.4. Прояви екстремальних погодних умов як загроз природного характеру для системи критичної інфраструктури

У середньому, в світі стало на 1⁰С тепліше, ніж було 170 років тому, хоча деякі місця нагрілися ще більше. Навіть ця незначна зміна призвела до суттєвих наслідків:

- деякі стихійні лиха, наприклад природні пожежі, стали небезпечними і тривають довше;
- шкода багатьом ареалам розселення рослин та тварин, або до їх зникнення;
- закислення океанів через поглинання додаткових обсягів CO₂;
- зменшення кількості опадів, посухи, що призводять до зменшення запасів прісної води та обмеження сільськогосподарської діяльності;
- підвищення рівня моря внаслідок танення вічної мерзлоти (на 20 см підняття в порівнянні з 1880 р.);
- велика кількість проявів аномальної спеки та повеней;
- посилення ймовірності техногенних або комбінованих ризиків;
- вплив на соціальну та політичну сфери;
- руйнівний вплив на здоров'я людей, в тому числі ментальні проблеми
- та інше.

Екстремальні погодні умови – це аномальні і незвичайні погодні явища,

які відрізняються від типових кліматичних умов. Вони можуть включати аномально жарку погоду, сильні шторми, урагани, снігові бурі, засухи, повені та інші екстремальні події. Такі погодні умови можуть мати серйозні наслідки для людей, тварин, рослин і довкілля, вони можуть призводити до значного пошкодження майна і мати серйозні економічні наслідки. Сильні вітри можуть пошкоджувати будівлі, зривати дахи та руйнувати інфраструктуру. Повені можуть затоплювати будинки, знищувати автомобілі і також руйнувати інфраструктуру. Снігові бурі можуть призводити до відключення електроенергії і створювати небезпечні умови для руху транспорту. Руйнування інфраструктури, втрата врожаю, зупинка виробничих процесів і евакуація населення можуть спричинити значні економічні втрати. Відновлення після стихійних лих може вимагати значних фінансових ресурсів та часу. Наприклад у 2022 році найбільш витратним стихійним лихом став ураган "Ієн" у Сполучених Штатах, збитки від якого склали близько 100 мільярдів доларів США. Другою за масштабом і витратами гуманітарною катастрофою стало сильний паводок в Пакистані, спричинений мусонними дощами, яке забрало життя щонайменше 1700 людей. У серпні кількість опадів була в п'ять-сім разів більшою за звичайну, а прискорене танення льодовиків через високі температури посилило паводки. За даними Національної метеорологічної служби Німеччини, 2022 рік був "винятковим з точки зору погоди" і став другим найтеплішим роком за всю історію спостережень. Температура піднялася на 2,3 градуса Цельсія вище середнього показника контрольного періоду 1961-1990 років. У багатьох країнах Європи влітку 2022 року спостерігалася екстремальна спека і посуха, які супроводжувалися сильними грозами. У Франції, а також у деяких районах Іспанії, випав град розміром з тенісний м'яч, що призвело до мільярдних збитків. Постійні посухи на великих територіях Африки, Азії та Латинської Америки збіглися з сильними штормами, циклонами та ураганами, що значно вплинуло на джерела засобів до існування та здатність відновлюватися після повторюваних

погодних потрясінь.

Екстремальні погодні явища, часто посилені зміною клімату, мають серйозний і різноманітний вплив на переміщення населення і вразливість вже переміщених людей протягом усього року. Від Афганістану до Центральної Америки посухи, повені та інші екстремальні погодні явища б'ють по тих, хто найменше здатний до відновлення та адаптації. Екосистеми, включаючи наземні, прісноводні, прибережні та морські, а також послуги, які вони надають, зазнають впливу змін клімату. Погіршення стану екосистем обмежує їх здатність підтримувати добробут людей і шкодить їх адаптаційному потенціалу щодо підвищення стійкості.

Небезпечне метеорологічне явище (НМЯ) – це природний процес або явище, що виникає в атмосфері або на поверхні Землі, який за своєю інтенсивністю, масштабом поширення та тривалістю чинить або може чинити шкідливий вплив на людей, сільськогосподарських тварин і рослини, об'єкти економіки та навколишнє середовище, а також може призвести до значних матеріальних збитків.

Таблиця 2

Тип екстремальних погодних умов	Опис	Причини	Наслідки
Спека	Висока температура повітря, що перевищує звичайні показники	Високий атмосферний тиск, відсутність хмарності, сонячна активність	Теплові удари, зневоднення, пожежі, підвищена смертність
Мороз	Низька температура повітря, нижча за нормальні значення	Високий атмосферний тиск, холодні повітряні маси, відсутність хмарності	Обмороження, замерзання водойм, пошкодження рослин та сільськогосподарських культур
Ураган	Сильний вітер, що супроводжується сильними дощами та грозами	Теплі повітряні маси, низький атмосферний тиск, вологість	Руйнування будівель, пошкодження інфраструктури, повені
Торнадо	Надсильний вихор повітря, що супроводжується сильними вітрами та руйнуваннями	Сильні температурні контрасти, вологість, вертикальні вітри	Сильні температурні контрасти, вологість, вертикальні вітри

Сильна спека — це коли максимальна температура повітря становить не менше 35 °С протягом понад 5 днів поспіль. небезпека сильної спеки для людини полягає в тепловому перегріванні, тобто в загрозі підвищення температури тіла вище 37,1 °С або наближенні до 38,8 °С. Тривале і/або сильне перегрівання може призвести до теплового удару або порушення роботи серця. Тривалий період (до 2-3 місяців) стабільної погоди з високими температурами повітря і малою кількістю опадів називається посухою. Це

часто спостерігається в тропічних широтах, напівпустелях і особливо в степових зонах, де знаходиться основна площа орних земель. Внаслідок посухи запаси вологи в ґрунті сильно зменшуються, рослини погано розвиваються, і врожай може повністю загинути. Посухи майже завжди супроводжуються суховіями або пиловими бурями, які підсилюють випаровування вологи з поверхні ґрунту. Суховій — це гарячий або дуже теплий вітер, що дме в степах, напівпустелях і пустелях. Він сприяє псуванню врожаю зернових і плодових культур.

Повінь — це стихійне лихо, яке виникає через затоплення великої території внаслідок виходу води з водойм. Зазвичай трапляється через рясний притік талих або дощових вод, прорив гідротехнічних споруд або інші стихійні лиха. Повінь завдає шкоди економіці, соціальній сфері та природному середовищу, часто спричиняючи загибель людей і тварин.

Найпоширеніші типи ґрунтів у нашому регіоні мають різні характеристики, які впливають на стійкість будівель у різних погодних умовах. Споруди, побудовані на пухких ґрунтах, піску та реактивних (набухаючих) глинах, особливо вразливі до сезонних або екстремальних дощів, повеней і посух (а також заморозків). Реактивна глина розширюється під час зволоження і стискається під час висихання, що призводить до тріщин у тривалі сухі періоди і набухання під впливом вологи. Під час заморозків вода в порах глини замерзає і розширюється, що спричиняє порушення структури ґрунту. Пісок і мулисті ґрунти схильні до осідання через вимивання дрібніших частинок водою, залишаючи більші зерна для осідання. При будівництві часто використовують засипку, яка складається з ґрунту та інших матеріалів, таких як будівельне сміття. Коли значний об'єм води вимиває дрібніші частинки, це може призвести до просідання всього масиву, що проявляється як западина на поверхні землі. Ця проблема посилюється поганим трамбуванням і загальним станом ґрунту. Зміна стану ґрунтів може призвести до того, що вони більше не підтримуватимуть фундамент будівлі. Це спричиняє нерівномірне осідання

конструкцій. Вологість ґрунтів є ключовим фактором ризику. Наприклад, глинисті ґрунти в помірних зонах можуть висихати під час тривалої сухої погоди, що призводить до усадки. Під час дощів вони набухають, що, разом з промерзанням і відтаванням, створює загрозу осідань. Повені або техногенні аварії можуть спричиняти ерозію та утворення провалів. Вплив екстремальних погодних умов відчувається по всьому світу. Наприклад, у Великій Британії після рекордного літа теплові хвилі призвели до висихання підземних вод, що спричинило масову усадку будівель.

Ураган – це великий атмосферний вихор зі швидкістю вітру до 120 км/год, а в приземному шарі – до 200 км/год.

Буря – це тривалий, дуже сильний вітер зі швидкістю понад 20 м/с, який зазвичай спостерігається під час проходження циклону і супроводжується сильним хвилюванням на морі та руйнуваннями на суші.

Смерч – це атмосферний вихор, який виникає в грозовій хмарі і поширюється вниз, часто до самої поверхні Землі, у вигляді темного хмарного рукава або хобота діаметром у десятки або сотні метрів. Він існує недовго і рухається разом з хмарию. Небезпека для людей під час таких природних явищ полягає в руйнуванні доріг і мостів, споруд, повітряних ліній електропередач і зв'язку, наземних трубопроводів, а також ураженні людей уламками зруйнованих будівель, скляними осколками та іншими предметами, що летять з великою швидкістю. Крім того, люди можуть загинути або отримати травми внаслідок повного руйнування будівель. Під час снігових і пилових бур небезпеку становлять снігові заметілі та накопичення пилу («чорні бурі») на полях, дорогах і в населених пунктах, а також забруднення води.

Причини виникнення екстремальних погодних умов можуть бути різноманітними, включаючи зміну клімату, природні фактори, антропогенний вплив та інші. Важливо розуміти, що через глобальні зміни клімату екстремальні погодні явища можуть ставати все більш частими та інтенсивними. Наслідки екстремальних погодних умов можуть бути

катастрофічними: втрата людських життів, руйнування інфраструктури, шкода для сільського господарства та економіки, а також негативний вплив на екосистеми та біорізноманіття. Для подолання екстремальних погодних умов необхідно вживати заходів обережності, включаючи розробку планів евакуації, покращення інфраструктури, підвищення обізнаності населення та впровадження заходів щодо пом'якшення наслідків і адаптації до зміни клімату.

Висновки до 1 розділу:

Зміна клімату є загрозою для добробуту людини та здоров'я планети. Будь-яке подальше зволікання узгоджених глобальних дій упустить вікно для забезпечення придатного для життя майбутнього. Для подолання кліматичної кризи існує широкий спектр заходів, проте всі вони потребують ресурсів та зусиль і питання в тому, як розподілити вичерпні ресурси. Для України, що веде виснажливу боротьбу, питання вичерпності ресурсів та їх оптимізація має важливе значення для національної безпеки та стійкості елементів критичної інфраструктури. Тому розробка рекомендацій та заходів щодо пом'якшення впливу кліматичної кризи на критичну інфраструктуру держави є актуальним та багатокомпонентним завданням.

Екстремальні погодні явища завдають значної шкоди інфраструктурі та порушують глобальні ланцюги постачань. Стратегії адаптації, стійкі інвестиції в інфраструктуру та диверсифіковані підходи до ланцюгів постачань є ключовими для зменшення економічних втрат і підвищення стійкості інфраструктури держави.

РОЗДІЛ 2. СТІЙКІСТЬ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНОЇ КРИЗИ

2.1. Загальна характеристика критичної інфраструктури

Закон України “Про критичну інфраструктуру” [8] визначає критичну інфраструктуру як сукупність об'єктів критичної інфраструктури. Хоча, на думку, багатьох дослідників таке визначення є дещо спрощеним. Якщо узагальнити ідеї з джерел [9-12], то можна запропонувати наступне визначення.

Критична інфраструктура — це сукупність систем, мереж, об'єктів та послуг, які є необхідними для забезпечення національної безпеки, економічної стабільності, громадського здоров'я та безпеки. До цієї категорії входять енергетичні, водні, транспортні, комунікаційні, фінансові, медичні, харчові та інші об'єкти, а також відповідні системи управління та забезпечення.

Хоча, безсумнівно, основними елементами є **об'єкти критичної інфраструктури**, які згідно [10] визначаються як об'єкти інфраструктури, системи, їх частини та їх сукупність, які є важливими для економіки, національної безпеки та оборони, порушення функціонування яких може завдати шкоди життєво важливим національним інтересам.

Україна активно розробляє систему законодавчих вимог для забезпечення стійкості функціонування критичної інфраструктури та надання життєво важливих функцій/послуг як на національному, так і на секторальному та місцевих рівнях [11,13]. Ці зусилля відображають загальні підходи, що співпадають із завданнями формування рамкової системи національної стійкості, базуючись на кращому світовому досвіді. Основні аспекти цієї діяльності включають:

- Національні законодавчі ініціативи: створення законів та нормативних актів, які встановлюють вимоги та стандарти для забезпечення стійкості критичної інфраструктури.
- Секторальні підходи: впровадження специфічних вимог для різних секторів критичної інфраструктури, таких як енергетика, транспорт, водопостачання, охорона здоров'я та інформаційні технології. Кожен сектор має свої особливості та ризики, тому необхідні адаптовані підходи.
- Місцеві ініціативи: розробка та впровадження заходів на місцевому рівні, що враховують специфіку регіонів та локальних умов.
- Співпраця з міжнародними партнерами: Використання кращого світового досвіду та співпраця з міжнародними організаціями та партнерами для впровадження передових практик та технологій.
- Рамкова система національної стійкості
- Навчання та підготовка кадрів: організація навчання та тренінгів для підвищення кваліфікації працівників, залучених до забезпечення стійкості.

Україна прагне забезпечити високий рівень стійкості своєї критичної інфраструктури та життєво важливих функцій, орієнтуючись на міжнародний досвід та стандарти. Це включає системний підхід, що поєднує законодавчі, організаційні та технічні заходи на всіх рівнях управління.

Зважаючи на той факт, що Україна, з одного боку, перебуває на етапі формулювання в законодавчому полі основних регуляторних механізмів системи критичної інфраструктури, а з іншого боку на активно руйнацію всієї, особливо енергетичної інфраструктури ворогом (рис. 4), для забезпечення стійкості критичної інфраструктури необхідним є швидке відновлення в умовах вичерпних ресурсів, як людських, так і матеріальних. Це стимулює до пошуку альтернативних рішень - які були б ефективними як з точки зору безпеки, енергетично вигідними та зрозумілими для потенційних інвесторів.



Рис. 4. Руйнації на українських GES/ГАЕС за матеріалами NewVice, 11 квітня 2024 [15].

Критична інфраструктура є невід'ємною частиною сучасного суспільства і забезпечує його нормальне функціонування. Порушення роботи телекомунікацій, систем водопостачання, енергетики, транспорту або фінансових послуг може суттєво пошкодити благополуччя громадян та мати серйозні економічні наслідки, що вплинуть на значну територію. За рівнем значимості об'єкти критичної інфраструктури можна розділити на загальнодержавні, регіональні та місцеві. Інфраструктура — це сукупність споруд, будівель, систем і служб, необхідних для функціонування галузей матеріального виробництва та забезпечення умов життєдіяльності суспільства. Вона поділяється на соціальну (школи, лікарні, готелі, заклади громадського харчування, магазини, бібліотеки, театри, стадіони тощо), виробничо-економічну (дороги, канали, порти, транспорт, будівництво, склади, підприємства, системи зв'язку тощо), ринково-інституціональну (банки, ринки, фірми, компанії, страхові, громадські, політичні та інші організації) та інноваційну (технопарки, бізнес-інкубатори, регіональна

система грантів тощо). Наприклад, інфраструктура підприємств включає транспортні мережі, системи енерго-, тепло-, водопостачання і водовідведення, склади матеріалів і готової продукції, телефонні мережі та інше. Інфраструктура забезпечує нормальну роботу важливих для розвитку держави і суспільства об'єктів, мереж, служб і систем, таких як урядові органи, фінансові, податкові, енергетичні та транспортні системи, авіаційна і космічна галузі, атомні електростанції, водопостачання і водовідведення, а також великі виробничі підприємства. До критично важливої інфраструктури зазвичай відносять об'єкти, мережі, служби та системи, збій у роботі яких вплине на безпеку, добробут і здоров'я людей та суспільства. Тому захист критичної інфраструктури є пріоритетною проблемою для всіх країн світу. Експерти Світового банку підкреслюють, що хоча необхідно якісно проектувати та будувати будь-яку інфраструктуру, виділення категорії критичних об'єктів дозволить урядам приділяти їм особливу увагу, зменшуючи тим самим наслідки природних лих і техногенних аварій.

Критичність - це міра важливості певної інфраструктури, яка враховує вплив раптового припинення її функціонування або функціонального збою на безпеку постачань та забезпечення суспільства важливими товарами і послугами. Параметри оцінки рівня критичності мають різний характер і характеризують вплив кризової ситуації на об'єкти критичної інфраструктури з різних боків, а саме:

- Масштаб (географічне охоплення території, для якої втрата елемента критичної інфраструктури завдає значної шкоди).

- Взаємозв'язок між елементами критичної інфраструктури.

- Тривалість впливу (як і коли проявляється шкода, пов'язана з втратою, відмовою або порушенням функціонування об'єктів критичної інфраструктури).

- Уразливість об'єкта до впливу небезпечних факторів.

- Тяжкість можливих наслідків за наступними основними групами:

-Економічна безпека (вплив на ВВП, розмір економічних втрат, частка продукції на ринку, чисельність зайнятих працівників, податкові надходження до бюджету).

-Безпека життєдіяльності та здоров'я населення (кількість постраждалих, загиблих, осіб, що отримали серйозні травми, чисельність евакуйованого населення, забезпечення роботи аварійно-рятувальних служб, надання екстреної допомоги населенню).

-Внутрішньополітична і державна безпека (втрата довіри до спроможності влади, авторитету держави, порушення управління державою).

-Обороздатність (зниження боєздатності збройних сил, розголошення секретної інформації).

-Екологічна безпека (вплив на навколишнє середовище).

Переліки об'єктів критичної інфраструктури використовуються для планування відповідних заходів та прийняття рішень. Існує об'єктивна необхідність постійного перегляду таких переліків, зважаючи на можливі фізичні втрати населення, економічні втрати та ступінь впливу на життєдіяльність суспільства. В законодавстві України захист об'єктів, які за світовою практикою відносяться до критичної інфраструктури, регламентується численними нормативно-правовими актами, що переважно мають відомчий характер. Це сталося природним чином, оскільки кожне окреме відомство відповідало за певний спектр загроз для підпорядкованих об'єктів і мало певний набір ресурсів та інструментів для забезпечення їхньої безпеки.

Зміни клімату значно впливають на виробничу діяльність людей і спільнот загалом, а також на управління та використання водних ресурсів. Ці зміни матимуть помітні та прямі впливи на методи управління водою:

- У регіонах, де зменшиться водозабезпеченість, спільноти змушені будуть або скоротити споживання води, або використовувати воду, транспортовану з віддалених джерел за вищими цінами, або ж комбінувати

обидва варіанти.

- Гідроенергетика, як важливе і відновлюване джерело енергії, залежить від надійності водних ресурсів. Зменшення річкового стоку знизить виробництво електроенергії, що вплине на економічні та соціальні умови життя багатьох спільнот, якщо не будуть зроблені нові інвестиції в інфраструктуру.

- Інтенсивніші опади збільшать вартість захисних споруд від повеней та пов'язаної інфраструктури, такої як дороги і дренажні системи.

Також будуть численні непрямі впливи:

- У місцях, де у річки скидають міські та промислові стічні води, прийнятна якість води підтримується розбавленням забруднювачів. Якщо витрати води в річках зменшуються, обсяги викидів забруднювачів теж повинні бути зменшені або повинна бути покращена їх очистка для задоволення екологічних стандартів.

- Транспортування води на великі відстані підвищить її вартість і спричинить зростання конкуренції між користувачами за скорочені обсяги води. Соціальні та економічні наслідки включатимуть підвищення цін і зниження рівня зайнятості у сільській місцевості, адже фермери втратять можливість виробляти товари для інших споживачів.

- Підвищені ризики повеней зменшать кількість місць, доступних для будівництва поселень, що погіршить ситуацію, створену підвищенням рівня моря, яке впливатиме на прибережні міста.

- Підйом рівня моря призведе до проникнення солоної морської води в прибережні водоносні горизонти, зменшуючи запаси прісної води для потреб прибережного населення, особливо на малих островах.

2.2. Стійкість критичної інфраструктури держави

Концепція забезпечення національної стійкості України (далі - Концепція), затверджена рішенням Ради національної безпеки і оборони (РНБО) [13], є стратегічним документом, що визначає підходи до створення і функціонування національної системи стійкості. Ця система спрямована на підвищення спроможності держави та суспільства до стійкості перед різними загрозами і викликами. Основними напрямками є захист критичної інфраструктури, розвиток національної безпеки та оборони, стійкість економіки, охорона здоров'я, екологічна та інформаційна безпека. Всі перелічені сфери слід розглядати системно та розробити єдині підходи до управління ризиками для стійкості держави, незважаючи на те, що елементи цих систем можуть бути досить різноманітними.

В Концепції [13] визначено поняття національної стійкості як здатності держави і суспільства ефективно протистояти загрозам, адаптуватися до змін безпекового середовища, а також підтримувати стале функціонування, швидко відновлюватися до стану рівноваги після кризи.

В даній роботі основна увага приділяється саме стійкості критичної інфраструктури, більшість документів та наукових робіт не містять єдиного визначення терміну стійкості. Більш того, схожість в українському перекладі з питаннями “стійкого” (у значенні сталого) розвитку суспільства (sustainable development) ускладнюють адекватне його сприйняття зацікавленими особами. В роботі [15] автор наводить огляд існуючих концепцій стійкості інфраструктури та рекомендує використовувати наступне:

Стійкість критичної інфраструктури - як її здатність функціонувати у відповідному режимі та адаптуватися до мінливих умов, в тому числі до аварій, технічних збоїв, зловмисних дій, небезпечних природних явищ та стихійних лих, а також, відновитися протягом мінімального часу за прийнятні витрати.

Одночасно з цим питання сталого розвитку суспільства є вищою метою забезпечення стійкості функціонування критичної інфраструктури.

Мельничук О. [16] рекомендує окремо визначати дві складові стійкості критичної інфраструктури: статичну та динамічну стійкість.

Статична стійкість показує здатність системи повернутися до потрібного рівня функціональності після кризи, тобто різниця між початковим (або номінальним) та фактичним (після події) її станом.

Динамічна стійкість оцінює швидкість відновлення та кількість зусиль, ресурсів, необхідних для відбудови функціонування до заздалегідь визначеного бажаного рівня продуктивності системи.

В інших джерелах [19] їх називають технічною та динамічною стійкістю.

Підвищення технічної стійкості незмінно досягається виключно по відношенню до конкретного елемента або групи ідентичних або дуже схожих елементів. Хорошим прикладом є сектор електроенергетики, де надійність і відновлюваність будуть забезпечені різними способами та різними засобами залежно від того, чи ми маємо справу з системами для виробництва електроенергії чи системами, що використовуються для її передачі та розподілу. Друга сфера, що становить елемент стійкості, - це управління організацією. Цей тип стійкості, відомий як організаційна стійкість, визначається рівнем вибраних внутрішніх процесів організації, спрямованих на створення оптимальних умов для адаптації критичних елементів інфраструктури до руйнівних подій. Організаційна стійкість формується одночасно для всіх критичних елементів інфраструктури, якими керує організація.

Для більш коректної оцінки їх варто оцінювати комплексно.

Стійкість є одним із ключових факторів, що сприяє збереженню працездатності підсистем критичної інфраструктури, тобто секторів, підсекторів та елементів. Вона являє собою здатність цих підсистем пом'якшувати інтенсивність впливів, викликаних руйнівною подією, і

скорочувати тривалість їх відмови. З цієї точки зору стійкість є основним фактором, що визначає надійність підсистем критичної інфраструктури, і її можна розуміти як циклічний процес, заснований на постійному вдосконаленні системного запобігання, поглинання, відновлення та адаптації. На рис. 5 показано один цикл, у межах якого стійкість посилюється від початкового рівня (тобто чорна пунктирна лінія) до нового (тобто червона пунктирна лінія). Різниця між цими двома рівнями Δ розуміється як ступінь посилення стійкості.

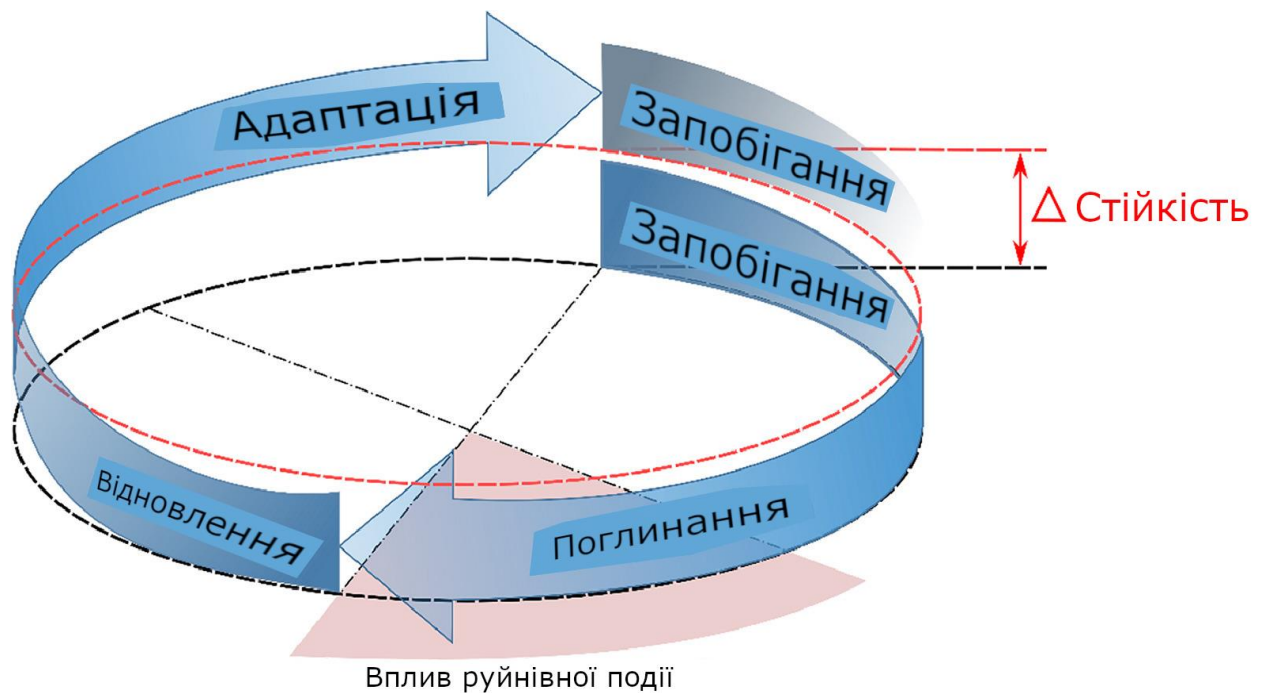


Рис. 5. Цикл стійкості критичної інфраструктури [19]: Δ Стьйкість - підвищення стійкості системи

Початковою фазою циклу стійкості є запобігання, за допомогою якого підсистеми постійно готуються до майбутніх руйнівних подій. Поглинання, друга фаза циклу стійкості, визначається надійністю підсистем критичної інфраструктури та передбачає здатність підсистем поглинати наслідки цих подій, не викликаючи коливань у наданні послуг. Етап відновлення починається після того, як наслідки руйнівної події зникають, і характеризується відновлюваністю, яка є здатністю підсистеми відновлювати свої функції до необхідного рівня продуктивності. Останнім етапом циклу

стійкості є адаптація, яка, по суті, є здатністю організації адаптувати використовувані підсистеми до потенційного повторення руйнівних подій [19].

На думку О.Суходолі [11] необхідно трансформувати підходи до діяльності суб'єктів, залучених до забезпечення стійкості визначеної сфери управління. Основні аспекти, які слід враховувати при цьому, включають:

Стійкість надання послуг/функцій: Замість фокусування лише на конкретних завданнях, суб'єкти управління повинні зосереджуватися на забезпеченні стійкості своїх основних функцій та послуг, що потребує більш широкого підходу до аналізу ситуації та прийняття рішень.

Розширення сфери аналізу: Щоб ефективно забезпечити стійкість, суб'єкти управління мають розширити сферу аналізу, включаючи не лише внутрішні, але й зовнішні чинники, які можуть вплинути на їхню діяльність. Це включає аналіз ризиків, вразливостей, потенційних загроз та можливостей.

Залучення ширшого набору ресурсів і механізмів управління: Для забезпечення стійкості потрібне використання різноманітних ресурсів (людських, матеріальних, фінансових) і механізмів управління (технологічних, організаційних, правових). Це дозволить суб'єктам управління бути більш гнучкими та адаптивними.

Розвиток спроможностей: Суб'єкти управління повинні розвивати свої власні спроможності відповідно до завдань, які стоять перед ними. Це включає навчання персоналу, впровадження нових технологій, удосконалення процесів управління та підвищення ефективності роботи.

Чітке усвідомлення мети та змісту управлінських дій: Суб'єкти управління повинні мати чітке розуміння мети та змісту своїх дій щодо забезпечення стійкості. Це вимагає формалізації підходів та методів, які вони використовують, і створення чітких процедур та планів дій.

Початковий етап практичної діяльності: В Україні тільки починається практична діяльність інституцій, що мають забезпечувати стійкість визначеної

сфери управління. Це означає, що потрібен час для розвитку досвіду, формування ефективних підходів і адаптації найкращих практик до місцевих умов.

Ці зміни в підходах до управління стійкістю є необхідними для підвищення ефективності та надійності функціонування державних і приватних структур в умовах сучасних викликів та загроз. Суб'єкти управління мають бути готовими до адаптації та впровадження нових підходів, щоб забезпечити стабільність та безперервність життєво важливих послуг і функцій.

2.3. Аналіз впливу кризових ситуацій на основні елементи критичної інфраструктури на прикладі транспортної та енергетичної сфери

Аспекти безпеки критичної інфраструктури (КІ) регулюються через низку механізмів та інструментів, розроблених для забезпечення необхідного рівня безпеки. Відповідно до Закону України «Про критичну інфраструктуру», для цього використовуються такі інструменти:

1. Проектні загрози (національні, секторальні та об'єктові) – визначені можливі небезпеки.
2. Плани захисту КІ – детальні плани, розроблені для захисту конкретних об'єктів.
3. Плани взаємодії залучених суб'єктів – координація дій між різними учасниками національної системи захисту КІ під час виконання завдань із захисту критичної інфраструктури.

Оператори КІ розробляють ці плани, враховуючи визначені загрози, та передбачають заходи для захисту, реагування та взаємодії на випадок

виникнення кризової ситуації.

Для підвищення стійкості життєдіяльності громад важливим є постійний формат взаємодії між органами державної та місцевої влади, підприємствами, організаціями, жителями та іншими зацікавленими сторонами. На місцевому рівні розробляється документ, що окреслює координаційні дії всіх учасників реагування під час підготовки до кризової ситуації, її виникнення та відновлення після подолання кризи.

План стійкості повинен включати:

1. Аналіз потреб – визначення загальних потреб та мінімального рівня споживання.
2. Можливостей – оцінка наявних ресурсів, технологій та потреб зовнішньої допомоги.
3. Загроз – перелік чинників, які можуть призвести до порушення функцій, та рівень готовності до їх впливу.
4. Заходів забезпечення стійкості – реалізація власних можливостей (ресурсних, організаційних), допомога з-за меж сфери управління, механізми взаємодії залучених стейкхолдерів.

Завдання щодо забезпечення стійкості енергозабезпечення громад можна поєднувати з розробленням місцевих енергетичних планів, що встановлено Законом України «Про енергоефективність». Такий план має стати стратегічним документом на 10 років, визначаючи довгострокові цілі сталого енергетичного розвитку певної території та об'єктів у межах цієї території.

Заходи з адаптації до зміни клімату в енергетичній сфері передбачають оцінку впливу кліматичних змін на галузь, а також моделювання майбутнього попиту

на енергію та можливих пікових навантажень. Основними пріоритетами в цій сфері є реконструкція та ремонт старих гідроелектростанцій для підвищення їхньої стійкості до кліматичних змін, а також підвищення рівня безпеки для захисту гідроенергетичних систем від негативних наслідків зміни клімату.

В промисловості адаптація до зміни клімату починається з підвищення обізнаності, залучення всіх зацікавлених сторін та встановлення цілей, що підвищують здатність компаній виявляти ризики та можливості, пов'язані зі зміною клімату. Після отримання початкового розуміння потенційного впливу кліматичних змін на бізнес, компанії визначають цілі та залучають ключових зацікавлених осіб. Наступний етап зазвичай включає оцінку ризиків та можливостей для виявлення, оцінки та пріоритизації ймовірних наслідків зміни клімату.

Транспорт

У двадцять першому столітті можливість швидко перевозити людей та майно стала основним двигуном світової економіки. Автомобілі, кораблі та залізничний транспорт руйнують екосистеми, підсилюють парниковий ефект та спричиняють локальне забруднення. Погіршення стану дорожнього покриття, викликане кліматичними умовами, неправильним обслуговуванням і використанням, призводить до дорожньо-транспортних пригод різного ступеня тяжкості. Використання нових технологій для ремонту магістралей не завжди є правильним рішенням, оскільки метод латання, який утворює стики покриттів, піддається впливу погодних умов і порушень швидкісного режиму, що призводить до негативних наслідків. Одним із найперспективніших напрямків у логістичній галузі є екологічність транспорту. Це безперервний пошук відповіді на питання: що можна зробити, щоб зменшити кількість забруднень та інших негативних наслідків транспорту. Ключовими аспектами екологічного транспорту є питання, пов'язані з:

- енергозберігаючими рішеннями,

- можливістю використання альтернативних видів палива,
- зниженням рівня шуму, що створюється транспортними засобами, судами, залізничним транспортом тощо,
- методами переробки відходів, що утворюються під час транспортування.

Залізничний транспорт – один із найекологічніших видів транспорту. Він генерує незначну кількість парникових газів і не завдає безперервного шумового забруднення навколишньому середовищу. З'єднаними поїздами можна безпечно перевозити велику кількість товарів і пасажирів. Залізничні насипи також не є перешкодою для тварин – це допомагає підтримувати безперервність видів на даній території.

Протягом багатьох років на залізницях використовувалися дерев'яні шпали, просочені токсичною креозотовою олією. Нині їх здебільшого замінюють екологічними бетонними основами, які не мають шкідливого впливу на якість ґрунту, води та умови життя тварин і рослин.

Контейнеровози чи пасажирські пороми все ще можуть негативно впливати на підводне та надводне середовище, а також на якість життя людей, що живуть поблизу портів. Спектр впливу водних транспортних засобів на функціонування екосистем включає:

- підвищений рівень шуму (під водою та над водою),
- розливи нафти та стічних вод,
- викиди вихлопних газів (CO₂, оксид вуглецю, оксиди сірки, оксиди азоту, тверді частки).

Транспорт є важливою системоутворюючою галуззю, яка об'єднує елементи економіки та соціальної сфери, сприяючи подальшому розвитку країни, розширенню її внутрішніх і зовнішніх транспортно-економічних зв'язків, зростанню обсягів виробництва та підвищенню рівня життя населення. Для стабільної роботи транспортного комплексу та промислових

галузей потрібна відносна стабільність, яка тісно пов'язана з економічним благополуччям країни. Отже, економічне зростання неможливе без розвитку транспортної інфраструктури.

Енергетика

З даними Разумков Центру [16] у 2019 році Україна увійшла у перелік кращих 10 країн світу за темпами розвитку відновлюваної енергетики, а у 2020 році — у перелік 5 європейських країн за темпами розвитку сонячної енергетики. Також у 2019, Climatescope [16] оцінив Україну як 8-у (піднявшись з 63-го) серед 104 країн світу за інвестиційною привабливістю країни у контексті будівництва «зеленої» економіки. Розпочата росією в Україні війна у лютому 2022 року значно змінила контекст у секторі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Цей конфлікт спричинив стан очікування та невизначеності, який відчувається не лише через пошкодження енергетичної інфраструктури внаслідок військових дій, але й через геополітичний тиск та нестабільність на ринку. Проте, у цих важких умовах, країни Європи виявили рішучість у зменшенні залежності від російських енергетичних поставок, а це сприяє прискореному розвитку сектору ВДЕ. Такий підхід відкриває нові можливості для українського ринку ВДЕ, який може відіграти важливу роль у забезпеченні енергетичної безпеки регіону та розвитку стійкої економіки.

Якщо поглянути на кризу глобальної енергетичної безпеки ширше, то стає очевидно, що у світовій енергетичній системі накопичилася критична маса енергетичних протиріч. Вони пов'язані з вичерпанням позитивного ефекту від ресурсної глобалізації, яка проводилася останніми роками, та необхідністю пошуку більш стійкої моделі обміну й забезпечення енергетичними ресурсами.

Більше того, в енергетичній галузі, вочевидь, уже накопичилася критична маса

нових технологій видобутку нетрадиційних видів вуглеводнів (сланцевий газ, сланцева нафта тощо) та розвитку нових джерел енергії, включаючи відновлювані. Промисловий розвиток цих технологій поступово трансформує світовий енергетичний ринок, перетворюючи його з ринку виробника на ринок покупця.

Цей процес тільки набирає обертів, але вже сьогодні очевидно, що він радикально вплине на кризу глобальної енергетичної безпеки. Він змістить акценти в її проявах з контролю країн-споживачів енергії над енергоресурсами та маршрутами їх постачання на боротьбу країн-виробників цих ресурсів за потенційного споживача.

Системи життєзабезпечення громад

До об'єктів життєзабезпечення відносяться системи будівель та споруд, необхідних для забезпечення життєдіяльності громадян, що надають соціальні послуги населенню. Це включає об'єкти, діяльність яких спрямована на забезпечення повноцінного життя, охорону здоров'я, освіту, виховання, відпочинок та оздоровлення населення, такі як поліклініки, лікарні, дитячі садки, школи тощо.

До переліку об'єктів систем життєзабезпечення населення слід включати об'єкти великих (категорованих) міст, які знаходяться в зонах можливих стихійних лих природного характеру, а також розташовані в безпосередній близькості до потенційно небезпечних об'єктів, необхідних для стійкого забезпечення життєдіяльності населення. Руйнування означає повне знищення об'єктів енергетики та електрозв'язку, житлово-комунального господарства або інших об'єктів життєзабезпечення, яке позбавляє можливості їх використання за прямим призначенням, якщо їх відновлення неможливе або економічно недоцільне.

Пошкодження - це часткове приведення в непридатний стан зазначених об'єктів, що потребує проведення ремонтно-відновлювальних робіт. Приведення об'єктів життєзабезпечення в непридатний для експлуатації стан іншими способами полягає в будь-яких діях, наслідком яких є неможливість використання об'єктів за призначенням, наприклад, бактеріологічне, хімічне або радіоактивне зараження.

Висновки до Розділу 2

Таким чином, кліматична криза, впливаючи на всі країни світу, мала помірні впливи на території України, хоча, безумовно, очікувалися значні втрати в галузях сільського господарства, природокористування, існували прогнози щодо втрати біорізноманіття. Але основні ризики були пов'язані зі збільшенням споживання енергії та зростанням кількості і масштабу природних стихійних лих. Для України ці зміни були неприємними, але керованими. Ризики значно зросли ще в 2014 році у зв'язку з військовими діями на сході країни та енергетичною залежністю. З початком вторгнення у 2022 році та продовженням повітряних атак на енергосистему України, будь-які НМЯ можуть призводити до відключень електроенергії та загрожувати енергетичній безпеці держави, тому нову енергетичну систему слід будувати з урахуванням досягнення задач кліматичної нейтральності. Зазвичай така постановка питання означає ще й незалежність від викопних видів палива.

Хоча, основна увага, зрозуміло, зосереджується на негативних наслідках, не слід забувати, що деякі території можуть виграти від підвищення температур і зміни режиму опадів. Це створить нові економічні та соціальні можливості для країн і спільнот, які зможуть зрозуміти і використати ці зміни на свою користь.

В частині кліматичної кризи це можуть бути енергоощадні технології, відновлювальні джерела енергії, які також можна застосовувати

розподілено. Таким чином, знижуючи загрози від обстрілів, встановлення таких енергетичних систем може цілком відповідати завданню зниження парникових газів з метою пом'якшення кліматичних змін.

РОЗДІЛ 3. Розробка та Обґрунтування заходів для підвищення стійкості критичної інфраструктури в умовах кліматичної кризи

3.1. Підхід для оцінки стійкості та ризиків елементів критичної інфраструктури

Оцінка стійкості елементів критичної інфраструктури є специфічним і професійно вимогливим процесом. За його реалізації слід застосовувати деякі принципи комплексності, конкретності, адекватності, неупередженості та експертності [19]. Крім того, процес оцінювання має базуватися на чітко визначених процедурах і кількісних підтверджуючих даних. Для цілей оцінки стійкості КІ слід зосередитися насамперед на основних структурних і робочих параметрах відповідного елемента, існуючих заходах безпеки елемента, що оцінюється, організаційних процесах, що підтримують посилення стійкості елемента, і, звісно, на конкретних руйнівних подіях, проти яких необхідно оцінити стійкість елемента (див. рис. 6).



Рис. 6. Загальна структура підходу для оцінки стійкості критичних елементів інфраструктури [19]

Структурні параметри та параметри продуктивності в основному представляють внутрішнє розташування цих елементів у системі критичної інфраструктури в цілому. Зі структурної точки зору вони можуть мати характер точкових елементів, лінійних елементів або площинних елементів. Тоді параметри продуктивності стосуються, зокрема, кількості та ***продуктивності ключових технологій.***

Поточний рівень стійкості визначається існуючими (вже прийнятими) заходами безпеки в контексті оцінок, зосереджених головним чином на надійності та відновлюваності елементів. Для цього потрібні поточні знання про рівень кризової готовності, резервування, здатність до виявлення, реагування, фізичний опір (тобто технічні засоби та організаційні чи системні заходи), а також матеріальні, фінансові та людські ресурси або процеси, необхідні для відновлення елемента після руйнівної події .

Організаційні процеси є ще одним важливим джерелом допоміжних даних, які допомагають сформувати структуру оцінки стійкості. Добре знання цього дозволяє оцінити рівень адаптивності елемента до попередніх руйнівних подій. **Особливий інтерес у цьому контексті становлять процеси управління ризиками, інновацій, освіти та розвитку.**

Оскільки оцінка стійкості може бути проведена лише щодо конкретних сценаріїв руйнівних подій, важливо, що були чітко визначені загрози, яким може піддаватися оцінюваний елемент.

В цьому аспекті можуть бути також корисними напрацьовані методики визначення ризику, що включають оцінку ймовірності виникнення загрози або небезпеки та наслідків її впливу на різних рівнях. Рекомендується використовувати широкий діапазон критеріїв для оцінки наслідків, враховуючи специфіку функціонування конкретної сфери управління [13].

Важливим аспектом у плануванні стійкості у будь-якій галузі управління є визначення потенційних загроз та оцінка ризиків. У світовій практиці існують

міжнародні стандарти, що описують методика оцінки ризиків, яка передбачає врахування можливих прямих і непрямих наслідків впливу окремих загроз [11]. Проте варто зауважити, що ці методики перебувають на стадії активного розвитку і можуть об'єднувати дуже різноманітні підходи, або навіть їх комбінації. На сьогоднішній день не існує єдиної універсальної методології, і різні країни використовують різні стратегії щодо оцінки ризиків порушення функціонування критично важливих інфраструктур.

На рис. 7. представлено узагальнену модель оцінювання ризику системи критичної інфраструктури. Ризик збільшується, коли існує висока можливість виникнення небезпеки та її наслідки стають більш серйозними. Це вказує на те, що ризик можна оцінювати за його важливістю та впливом на управлінський об'єкт, ранжуючи його та визначаючи пріоритети для забезпечення безпеки та стабільності функціонування. Аналогічні підходи можна використати для оцінки ефективності заходів для зниження ризиків, які спрямовані на підвищення стійкості системи інфраструктури.

В цілому, ризик буде зростати, якщо існує висока можливість виникнення небезпеки та її наслідки стають більш серйозними. Це вказує на те, що ризик можна оцінювати за його важливістю та впливом на управлінський об'єкт, ранжуючи його та визначаючи пріоритети для забезпечення безпеки та стійкості функціонування критичної інфраструктури.

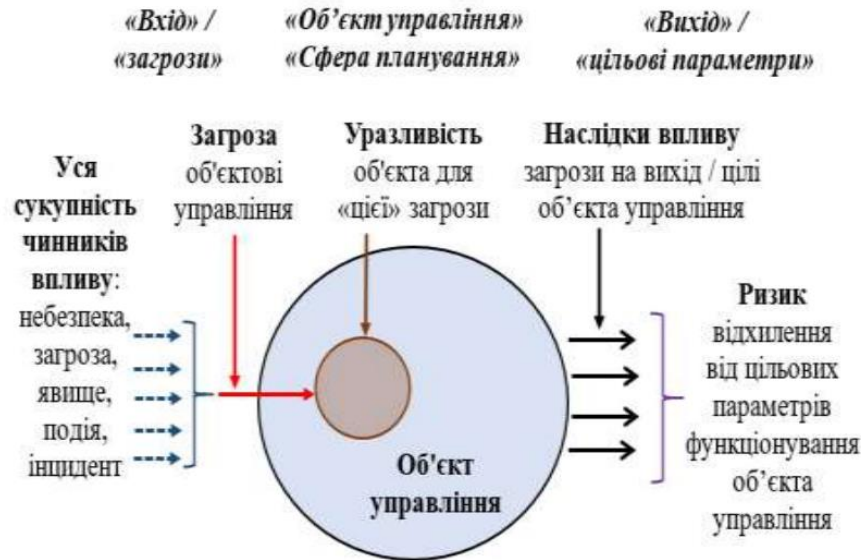


Рис. 7. Оцінка ризику як частина процесу управління стійкістю критичної інфраструктури [13]

Згідно з стандартом ISO IEC/ISO 31010:2009 [12] для оцінки ризику на різних етапах методики оцінки ризику можуть застосовуватися якісні, або кількісні методи - залежно від задач прогнозування, наявної інформації, ресурсів для реалізації тієї чи іншої методології тощо. Основним із методів, який застосовується для оцінювання загроз і ризиків для об'єктів критичної інфраструктури залишається метод експертних оцінок зі своїми перевагами та недоліками [16]. До переваг методу експертних оцінок варто віднести багатокритеріальність щодо природи оцінюваних загроз і ризиків. Також метод експертних оцінок у поєднанні з методами сценарного аналізу дозволяють оперативно моделювати розвиток кризових явищ та адаптувати сценарії розвитку кризових явищ, що особливо актуально в умовах постійних повітряних атак.

3.2. Розробка рекомендацій для підвищення стійкості критичної інфраструктури держави в умовах кліматичної кризи

Стійкість функціонування критичної інфраструктури досягається завдяки узгодженому комплексу заходів циклу кризового реагування, котрі включають:

- Запобігання загрозам: розвиток спроможностей для уникнення і попередження впливу ідентифікованих загроз.
- Захист від загроз: забезпечення безпеки критичної інфраструктури та населення від різних видів загроз.
- Пом'якшення впливу загроз: зменшення наслідків та шкоди від реалізації загроз через ефективне реагування.
- Швидке реагування на загрози: координація дій для надання допомоги та відновлення після кризових ситуацій.
- Відновлення після кризи: відновлення інфраструктури та життєдіяльності громад після подій.

Основні етапи циклу забезпечення стійкості було визначено на основі матеріалів, представлених в Аналітичній доповіді [13] та доповнено прикладами конкретних заходів на кожному етапі (табл. 3).

З метою обґрунтування заходів для підвищення стійкості системи критичної інфраструктури запропоновано підхід на основі інтегральної оцінки ефективності впроваджених заходів на системному рівні з урахуванням секторальних особливостей.

Заходи, що формуються за різними етапами циклу реагування на виникнення кризової ситуації, адаптовано з [13]

Етап циклу забезпечення стійкості	Заходи	Приклади
Готовність	- Захист критичної інфраструктури відповідно до визначеного рівня загроз. - Планування взаємодії між суб'єктами та плани реагування.	Транспорт: Оцінка загроз та ризиків для транспортної системи. - Проведення тренувань з персоналом транспортних підприємств. Енергетика: Оцінка загроз та ризиків для енергетичної системи. - Розробка планів захисту ключових об'єктів та інфраструктури. - Проведення тренувань з енергетиками. - Впровадження альтернативних джерел енергії та зв'язків між елементами системи. Системи життєзабезпечення: - Оцінка ризиків кризових подій в системі життєзабезпечення. - Удосконалення взаємодії між окремими структурними підрозділами.
Пом'якшення / запобігання	- Модернізація об'єктів критичної інфраструктури та оновлення обладнання відповідно до визначених загроз та ризиків.	Енергетика: Встановлення додаткових захисних механізмів для зменшення ризику від аварійної ситуації. - Проведення аудиту безпеки енергетичних систем.
Реагування	- Залучення проєктних сил та ресурсів відповідно до планів реагування. - Залучення додаткових сил та ресурсів.	Системи життєзабезпечення громади: Мобілізація рятувальних служб для швидкого реагування на надзвичайні ситуації. - Забезпечення екстреної медичної допомоги та допомоги з обслуговування відключених житлових будинків.
Відновлення	- Заміна / ремонт критичної інфраструктури, будівель, обладнання.	Транспорт: - Відновлення транспортних маршрутів після надзвичайних ситуацій. - Ремонт та відновлення пошкоджених дорожніх споруд та інфраструктури.

Аналіз літературних джерел [10-16, 18,19] показує, що методи оцінки ризиків та стійкості системи критичної інфраструктури зазвичай є багатокритеріальними і включають такі компоненти як:

- статичний захист;
- матеріальні ресурси для відновлення;
- час, необхідний для відновлення;
- дублювання основних елементів та мереж;

- підготовка та підвищення кваліфікації персоналу;
- законодавча база та регуляторна підтримка.

Проте, особливо у вітчизняній літературі слабо аналізуються міжсекторальні зв'язки та питання обмеження впливу на довкілля чи власне кліматична криза. Цикл стійкості критичної інфраструктури має нарощувати стійкість саме за рахунок розвитку нових технологій, вдалих управлінських рішень, економічних стимулів задля забезпечення сталого розвитку суспільства і цілому. Якщо проаналізувати Цілі сталого розвитку ООН, то питання стійкості критичної інфраструктури найбільше пов'язані з екологічним та соціальним блоком, які в поєднанні з економічним добробутом будуть сприяти підвищенню тривалості та якості життя людини.

Окрім цього, зважаючи на великий інтерес в ЄС до енергоощадності, та тих амбітних цілей щодо обмеження парникових викидів, які були поставлені в рамках Зеленого Курсу ЄС (European Green Deal), при пошуках фінансування для відновлення критичної інфраструктури України - питанням пом'якшення кліматичної кризи та зменшенню використання викопного палива слід приділяти значну увагу, особливо під час розробки проектної документації. Наприклад, проекти, які фінансуються ЄБРР завжди містять екологічну і зокрема, кліматичну, складову.

Тому в даній роботі пропонується як частину інтегральної оцінки ефективності заходів для забезпечення стійкості критичної інфраструктури обов'язково розглядати екологічні складові.

Для демонстрації застосування запропонованого підходу проаналізовано заходи, які можуть бути застосовані для одного з секторів критичної інфраструктури, зокрема енергетичного - як такого що найбільш потерпає від воєнних дій і одночасно є потужним джерелом викидів парникових газів. Результати аналізу представлено в табличному вигляді в Додатку А.

Як показали результати аналізу, урахування кліматичної компоненти робить

неможливою рекомендацію відбудови ТЕЦ та реконструкцію електромереж без значних змін та залучення нових технологій та альтернативних джерел енергії .

Було проаналізовано такі потенційні напрями діяльності:

- Відбудова ТЕЦ та електромереж для них
- Відбудова ГЕС
- Будівництво додаткових АЕС
- Розподілена високоманеврова генерація
- Батарейні установки зберігання енергії
- Інвестиції в розподільчі мережі
- Вітрова та сонячна енергія
- Децентралізована когенерація
- Програма справедливої трансформації
- Залучення інвестицій
- Інтеграція інтелектуальних мереж
- Розвиток водневої енергетики
- Програми підвищення енергоефективності
- Підготовка та навчання кадрів
- Дослідження та інновації
- Резервні потужності та аварійне відновлення
- Міжнародна співпраця та технічна допомога

Аналіз заходів, представлений в Додатку А дозволяє чітко бачити не лише заходи та їх переваги, недоліки і терміни реалізації, але й кліматичні наслідки кожного напрямку діяльності, що допоможе у прийнятті рішень щодо пріоритетності тих чи інших заходів.

Забезпечення енергетичної безпеки України вимагає комплексного підходу, що включає розвиток розподіленої генерації, батарейних установок зберігання

енергії, інтеграцію відновлюваних джерел енергії, модернізацію розподільчих мереж та залучення інвестицій. Реалізація цих стратегій сприятиме не лише підвищенню стійкості енергосистеми, але й зміцненню економіки та екологічній безпеці країни. Найбільш привабливим з кліматичної точки зору виглядають вітрова та сонячна енергетика, воднева енергетика та підвищення енергоефективності.

Один з таких напрямів - застосування відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) розглянемо більш детально.

Оцінка інтегральної ефективності впровадження відновлювальних джерел енергії для забезпечення стійкості енергетичної системи України представлена в Додатку Б. Аналіз виконано за такими критеріями:

1. Енергетична ефективність
2. Підвищення стійкості системи
3. Залучення ресурсів
4. Час на впровадження
5. Кліматична ефективність

На основі методу експертних оцінок було визначено бальну шкалу для кожного з перелічених критеріїв. Сумарний бал дозволив визначити інтегральну ефективність заходів (табл. 4).

Шкала інтегральної ефективності заходів

Інтегральна ефективність заходів	Сумарний бал
висока	12-15
помірна	9-11
низька	менше 9

До переваг цього методу належить можливість багатокритеріального аналізу та необмеженої кількості критеріїв для оцінки. Недоліком може бути суб'єктивна експертна думка при оцінюванні або ще на етапі формування переліку заходів. Аналіз досліджень показує, що повністю запобігти або мінімізувати всі можливі втрати та збитки від природних катастроф неможливо.

Висновки до Розділу 3:

Таким чином, в Розділі 3 було запропоновано підхід до обґрунтування вибору заходів для підвищення стійкості системи критичної інфраструктури держави, який базується на основі методу експертних оцінок з урахуванням критеріїв кліматичної складової. На прикладі енергетики продемонстровано ефективність застосування такого підходу. Виконано більш детальну оцінку для ВДЕ та показано, що ефективність їх застосування прогнозується на рівнях помірний та високий.

Дослідження критичних інфраструктур потребує оцінки складних взаємодій між технічними, соціальними та організаційними рівнями системи.

Тому критичну інфраструктуру необхідно розглядати як єдине ціле, приділяючи увагу одночасному і спільному аналізу технічних, організаційних та соціальних факторів, що визначають стан системи та динаміку її розвитку.

З огляду на необхідність врахування аварій, що виходять за межі проектних сценаріїв, рамки досліджень мають бути суттєво розширені. Заходи з забезпечення безпеки мають бути спрямовані не тільки на створення захисних бар'єрів для запобігання аваріям, передбаченим проектом, але й на підвищення стійкості та живучості критичної інфраструктури у випадку непередбачуваних впливів. Це означає зосередження на запобіганні масштабним катастрофам та тривалим перебоєм у функціонуванні інфраструктури. Забезпечення безпеки критичної інфраструктури та інших складних систем має включати не лише створення захисних бар'єрів і реалізацію заходів, спрямованих на подолання проектних аварій, але й підвищення стійкості до непередбачених аварій.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи було досягнуто поставленої мети - є розроблення підходу для обґрунтування вибору рекомендацій та заходів з адаптації до змін клімату та підвищення стійкості об'єктів критичної інфраструктури держави. Для вирішення поставленої мети було сформульовано наступні завдання:

- проаналізовано основні чинники, що впливають на кліматичну кризу;
- систематизовано дані про наслідки кліматичної кризи для критичної інфраструктури держави;
- проаналізовано сектори економіки які є найбільш чутливими до кліматичної кризи і водночас найбільше на неї впливають: енергетика, транспорт та системи життєзабезпечення громад;
- на основі удосконаленого підходу було розроблено рекомендації щодо зниження кліматичних загроз та підвищення стійкості критичної інфраструктури держави в короткотерміновій та довгостроковій перспективі на прикладі сектору відновлювальних джерел енергії .

Отримані висновки дозволяють стверджувати, що на даному етапі історичного розвитку України система критичної інфраструктури в цілому та окремі найбільш чутливі сектори економіки (енергетика, транспорт, житлове господарство) перебувають поза межами стійкості та в зоні надмірних ризиків.

Як показав проведений аналіз в дослідженні, подальше вкладання ресурсів в традиційні джерела енергії є економічно не вигідними та незахищеними від терористичних та військових атак ворога.

Адекватна оцінка кліматичних впливів та енергетичних потреб країни, враховуючи поточні обставини (перерозподіл населення, актуальні галузі економіки), дозволить оптимізувати функціонування критичної інфраструктури країни, забезпечуючи її належну стійкість. “Зелена”

енергетика може бути адекватною заміною, оскільки є привабливою для європейських політиків та інвесторів, може бути розподіленою у просторі, а отже, більш безпечною і в цілому пом'якшить кліматичні зміни.

Серед викликів для впровадження такого підходу - обмеженість часу на розроблення та втілення в життя, технологічна (не-)готовність української мережі та військові загрози під час монтування та налагодження системи.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ

ДЖЕРЕЛ

1. Сектор за сектором: звідки беруться глобальні викиди парникових газів? // <https://uabio.org/materials/8796/>
2. Вплив російської війни в Україні на клімат: 24 лютого 2022 – 23 лютого 2023. // <https://ecoaction.org.ua/vplyv-ros-vijny-na-klimat-2.html>
3. Атмосферна циркуляція. Центри дії атмосфери // http://ni.biz.ua/15/15_3/15_3674_investitsionnie-instituti.html
4. Клімат України: основні метеорологічні елементи. Реферат // <https://osvita.ua/vnz/reports/geograf/26271/>
5. ЗМІНА КЛІМАТУ: НАСЛІДКИ ТА ЗАХОДИ АДАПТАЦІЇ Аналітична доповідь Київ 2020. // https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5_sait.pdf
6. КЛІМАТИЧНІ ТА РЕКРЕАЦІЙНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ // https://pidru4niki.com/15100827/ekologiya/klimatichni_rekreatsiyini_resursi_ukrayini#google_vignette
7. Будова атмосфери // https://studopedia.com.ua/1_42263_budova-atmosferi.html
8. Закон України “Про критичну інфраструктуру” // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text>
9. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / [С.П. Іванюта, О. О. Коломієць, О. А. Малиновська, Л. М. Якушенко]; за ред. С. П. Іванюти. – К. : НІСД, 2020. – 110 с.
10. OECD (2019), Належне врядування для забезпечення стійкості критичної інфраструктури, Огляди політики управління ризиками OECD, Публікація OECD, Париж. // <https://doi.org/10.1787/02f0e5a0-en>

11. Суходоля О. М. Стійкість критичної енергетичної інфраструктури та життєдіяльності громад : аналіт. доп. – Київ : НІСД, 2024. – 160 с. – <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2024.04>
12. ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2009 Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику // <https://khoda.gov.ua/image/catalog/files/dstu%2031010.pdf>
13. Рішення РНБО “Про запровадження національної системи стійкості” від 20 серпня 2021 року Механізми державного управління <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0065525-21#Text>
14. ЗМІНА КЛІМАТУ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ: ПРИЧИНИ, НАСЛІДКИ ТА РІШЕННЯ ДЛЯ ПРОТИДІЇ // <https://ecoaction.org.ua/zmina-klimatu-ua-ta-svit.html>
15. Мельничук О. Актуальні питання публічної політики стійкості критичної інфраструктури: стан та перспективи її впровадження в Україні. / Теоретичні та прикладні питання державотворення. Механізми державного управління. Вип. 26. С. 90-112. // <http://taais.oridu.odessa.ua/article/view/239031>
16. Мурасов Р.К., Мельник Я.В., Марко В.П. Порівняння існуючих методик оцінювання загроз і ризиків для потенційно-небезпечних об’єктів критичної інфраструктури в зоні ведення бойових дій. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони № 3(45)/2022 - С. 32-36. // <https://sit.nuou.org.ua/article/view/272290>
17. Мета — повне знищення. Які найбільші ТЕС, ТЕЦ і ГЕС пошкодила Росія у весняних ударах по енергетиці і що кажуть про них фахівці // <https://nv.ua/ukr/ukraine/events/tripilska-tes-ladzhinska-burshtinska-zmijivska-yaki-tes-i-ges-znishchila-rosiya-novini-ukrajini-50409143.html>

18. Конеченков А. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни. Разумков центр, 11 листопада 2022 // <https://razumkov.org.ua/statti/sektor-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny>
19. Rehak D., Senovsky P., Hromada V., Lovecek T. Complex approach to assessing resilience of critical infrastructure elements. International Journal of Critical Infrastructure Protection, Volume 25, 2019, PP. 125-138, // <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2019.03.003>.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Аналіз альтернативних напрямів для відновлення енергетики України в контексті кліматичних наслідків

Напрямок діяльності	Заходи	Переваги	Недоліки	Очікувані терміни	Кліматичні наслідки
Відбудова ТЕЦ та електромереж для них	Відновлення зруйнованих ТЕЦ та пов'язаних з ними електромереж	Відновлення стабільного постачання, використання існуючих ресурсів	Високі витрати, тривалий термін відновлення	2-5 років	Високі викиди парникових газів, негативний вплив на якість повітря
Відбудова ГЕС	Відновлення пошкоджених гідроелектростанцій	Відновлення екологічно чистих потужностей, забезпечення стабільного постачання	Висока вартість, екологічні ризики	3-6 років	Низькі викиди, можливі екологічні впливи на водні екосистеми

Будівництво додаткових АЕС	Будівництво нових атомних електростанцій	Висока продуктивність, зменшення залежності від викопного палива	Високі початкові витрати, довгий термін будівництва, питання безпеки	7-15 років	Низькі викиди, питання утилізації відпрацьованого палива
Розподілена високоманеврова генерація	Будівництво менших генеруючих <u>потужностей</u>	Зниження ризиків атак, гнучкість, використання місцевих ресурсів	Високі початкові витрати	2-5 років	Залежить від типу генерації, можливе зниження загальних викидів
Батарейні установки зберігання енергії	Впровадження батарейних установок	Швидка реакція, зменшення навантаження, підвищення стабільності	Висока вартість, обмежений термін служби	1-3 роки	Низькі викиди, вплив від виробництва та утилізації <u>батарей</u>
Інвестиції в розподільчі мережі	Модернізація та будівництво нових мереж	Підвищення надійності, зменшення втрат, підтримка інтеграції нових <u>потужностей</u>	Висока вартість, тривалий термін реалізації	3-7 років	Низькі викиди, підвищення ефективності використання енергії
Вітрова та сонячна енергія	Будівництво вітрових та сонячних електростанцій	Зменшення викидів, використання відновлюваних ресурсів	Залежність від погодних умов, потреба в додаткових мережах	2-5 років	Низькі викиди, позитивний вплив на клімат

Децентралізована <u>когенерація</u>	Впровадження <u>когенераційних</u> установок	Підвищення ефективності, зменшення витрат, зниження викидів	Високі початкові витрати, складність інтеграції	2-5 років	Зниження викидів завдяки ефективності
Програма справедливої трансформації	Оновлення та доповнення програми до 2035 року	Створення робочих місць, підтримка економічного розвитку, модернізація інфраструктури	Необхідність значних інвестицій, складність реалізації	5-15 років	Можливі позитивні впливи завдяки зменшенню використання вугілля
Залучення інвестицій	Нормативно-правові та регуляторні зміни	Залучення фінансових ресурсів, підтримка інновацій, довгострокова стійкість	Залежність від політичної стабільності, складність регулювання	1-3 роки	Залежить від напрямків інвестицій
Інтеграція інтелектуальних мереж	Впровадження <u>Smart Grids</u>	Автоматизація, поліпшення якості, підвищення ефективності	Високі початкові витрати, складність технічної реалізації	3-7 років	Підвищення ефективності, зниження витрат
Розвиток водневої енергетики	Використання водню для зберігання енергії	Довготривале зберігання, зменшення викидів, використання існуючої інфраструктури	Висока вартість, недостатньо розвинені технології	5-10 років	Низькі викиди, можливість нульового вуглецевого сліду

Програми підвищення енергоефективності	Впровадження програм у промисловості, транспорті, побуті	Зменшення споживання, зниження витрат, скорочення викидів	Високі початкові витрати, складність реалізації	1-5 років	Значне зниження викидів
Підготовка та навчання кадрів	Інвестиції в освіту та навчання	Підвищення кваліфікації, якість управління, сталий розвиток	Тривалий термін підготовки кадрів, потреба в постійному навчанні	2-5 років	Непрямі позитивні впливи
Дослідження та інновації	Інвестиції в наукові дослідження та інновації	Розробка нових технологій, поліпшення методів, створення бізнес-можливостей	Висока вартість, ризики невдач	5-10 років	Потенційно позитивні впливи завдяки новим технологіям
Резервні потужності та аварійне відновлення	Розробка стратегій швидкого відновлення	Швидке відновлення, зменшення негативного впливу, підвищення стійкості	Високі витрати на резервні потужності, складність реалізації	1-3 роки	Низькі викиди, підвищення стійкості
Міжнародна співпраця та технічна допомога	Співпраця з іншими країнами, отримання технічної допомоги	Фінансова допомога, обмін досвідом, підвищення ефективності	Залежність від міжнародних відносин, необхідність дотримання умов	1-5 років	Залежить від напрямків співпраці

Оцінка інтегральної ефективності впровадження відновлювальних джерел енергії для забезпечення стійкості енергетичної системи України

Перспектива	Необхідні заходи	Енергетична ефективність	Підвищення стійкості системи	Залучення ресурсів	Час на впровадження	Кліматична ефективність	Сумарний бал	Інтегральна ефективність заходів
Короткострокова	1. Забезпечити стабільність законодавства щодо підтримки виробників ВДЕ та поступове погашення заборгованостей, дотримуючись існуючих гарантій інвесторам.	Підвищення стабільності ринку сприятиме ефективності інвестицій та зменшенню витрат на вирішення кризових ситуацій. (3)	Підтримання довіри інвесторів та забезпечення безперервного фінансування сектору. (3)	Забезпечення довгострокових інвестицій та фінансування. (3)	6-12 місяців (2)	Зменшення викидів через збільшення частки ВДЕ. (3)	14	висока
	2. Внести зміни до Наказу Міністерства № 206 від 15.06.2022, щоб рівень виплат виробникам ВДЕ був економічно обґрунтованим.	Забезпечення справедливих умов для всіх учасників ринку. (3)	Зниження ризику банкрутства та зупинки проектів ВДЕ. (3)	Забезпечення належного фінансування операційних витрат. (3)	6-12 місяців (2)	Стимулювання виробництва зеленої енергії. (3)	14	висока
	3. Погасити заборгованість перед «зеленою» генерацією за 2021 рік.	Відновлення довіри до фінансової стабільності сектору ВДЕ. (2)	Збільшення інвестиційної привабливості сектору. (3)	Залучення додаткових інвестицій. (2)	3-6 місяців (2)	Підтримка виробництва зеленої енергії. (3)	12	висока
	4. Зменшити обсяг системних обмежень ВДЕ з боку НЕК «Укренерго».	Підвищення частки ВДЕ у загальному енергобалансі. (3)	Зниження ризику простоїв та втрат виробництва. (3)	Підвищення інвестиційної привабливості. (2)	3-6 місяців (2)	Збільшення виробництва чистої енергії. (3)	13	висока
	5. Прийняти зміни до Постанови НКРЕКП № 641 від 26 квітня 2019 р., щоб запровадити пропорційну відповідальність виробників ВДЕ за небаланси.	Оптимізація виробничих процесів та зменшення втрат енергії. (3)	Підвищення відповідальності та ефективності роботи виробників. (2)	Підвищення ринкової дисципліни. (2)	6-12 місяців (2)	Стимулювання точнішого прогнозування виробництва. (3)	12	висока
	6. Забезпечити розрахунки з ДП «Гарантований покупець» за небаланси з боку НЕК «Укренерго» та стабілізувати виплати ОСП за послугу зі збільшення частки ВДЕ.	Підвищення фінансової стабільності сектору ВДЕ. (3)	Зниження ризику фінансових втрат для виробників ВДЕ. (3)	Підвищення довіри інвесторів. (3)	6-12 місяців (2)	Стимулювання збільшення частки ВДЕ у виробництві енергії. (3)	14	висока
	7. Продовжити строк чинності технічних умов вітроенергетичних проектів, будівництво яких було перервано війною, на 2 роки.	Підвищення ефективності використання наявних ресурсів. (2)	Забезпечення завершення розпочатих проектів. (3)	Підвищення довіри до державної підтримки. (2)	6-12 місяців (3)	Підтримка інвестицій у ВДЕ. (3)	13	висока
	8. Встановити касовий метод нарахування та оплати ПДВ на послугу зі зменшення навантаження.	Спрощення фінансових розрахунків та зменшення витрат. (2)	Зниження фінансових ризиків. (2)	Підвищення привабливості інвестицій у сектор. (2)	3-6 місяців (2)	Оптимізація фінансових витрат. (2)	10	помірна
	9. Відкрити можливість експорту електроенергії для виробників ВДЕ та створити прозорий механізм формування тарифів і розподілу пропускних потужностей.	Збільшення можливостей для реалізації виробленої енергії. (3)	Підвищення конкурентоспроможності сектору ВДЕ. (2)	Розширення ринків збуту. (3)	6-12 місяців (3)	Стимулювання виробництва зеленої енергії. (3)	14	висока
	10. Виключити виробників ВДЕ з переліку експортерів, на яких поширюється експортне ПСО, для стимулювання продажу електроенергії на іноземних ринках.	Підвищення фінансової ефективності експорту. (2)	Зниження обмежень для експортерів ВДЕ. (2)	Залучення нових інвесторів. (2)	6-12 місяців (2)	Розширення ринків збуту. (2)	10	помірна
	11. Прийняти механізм видачі і обороту гарантій походження електричної енергії з ВДЕ та створити національний реєстр таких гарантій.	Підвищення прозорості та довіри до сектора ВДЕ. (3)	Забезпечення відстеження джерел походження енергії. (3)	Підвищення інвестиційної привабливості. (3)	6-12 місяців (2)	Стимулювання інвестицій у ВДЕ. (3)	14	висока

Довгострокова (п.к. літисвоєнна)	1. Прийняти Національні стратегії з розвитку ВДЕ, виробництва відновлюваного водню та офшорної вітроенергетики. Оновити Енергетичну стратегію до 2035 року і прийняти стратегію до 2050 року.	Підвищення ефективності національної енергетичної системи. (3)	Зниження залежності від викопного палива. (3)	Залучення інвестицій у нові технології. (3)	3-5 років (3)	Підвищення частки ВДЕ у загальному балансі енергії. (3)	15	висока
	2. Встановити цілі із розвитку ВДЕ, щоб досягти 50% частки ВДЕ у електроенергетичному балансі України до 2030 року та безуглецевої економіки до 2050 року.	Підвищення частки ВДЕ у загальному енергобалансі. (3)	Зменшення викидів парникових газів. (3)	Залучення інвестицій у довгострокові проекти. (3)	5-10 років (3)	Підтримка безуглецевої економіки. (3)	15	висока
	3. Проведення міжнародних комунікаційних кампаній для заохочення входу на ринок ВДЕ міжнародних стратегічних та фінансових інвесторів.	Залучення нових технологій та знань. (2)	Підвищення довіри до українського ринку. (3)	Залучення міжнародних інвестицій. (3)	2-4 роки (2)	Підвищення інтересу до ВДЕ. (2)	12	висока
	4. Впровадження нових ринкових механізмів стимулювання розвитку ВДЕ, вкjučно з «зеленими» аукціонами, корпоративними PPA, контрактами на різницю.	Збільшення інвестицій у сектор ВДЕ. (3)	Підвищення ринкової конкуренції. (3)	Залучення інвестиційних ресурсів. (3)	3-5 років (3)	Підтримка виробництва зеленої енергії. (3)	15	висока
	5. Збільшення використання біомаси у генерації електро- та теплоенергії.	Підвищення ефективності використання місцевих ресурсів. (3)	Зниження залежності від викопного палива. (3)	Залучення інвестицій у нові технології. (3)	3-5 років (3)	Зниження викидів CO ₂ . (3)	15	висока
	6. Забезпечення розвитку ринку відновлюваного водню.	Підвищення енергетичної незалежності. (3)	Розширення можливостей для експорту. (3)	Залучення нових інвесторів. (3)	5-10 років (3)	Зниження викидів парникових газів. (3)	15	висока
	7. Дослідження потенціалу та розроблення законодавчої бази для будівництва гібридних електростанцій з ВДЕ.	Підвищення ефективності використання ресурсів. (3)	Розширення можливостей для інновацій. (3)	Залучення інвестицій у нові технології. (3)	3-5 років (3)	Зниження викидів та підвищення ефективності. (3)	15	висока
	8. Сприяння розвитку місцевих енергетичних ініціатив, зокрема, енергетичних кооперативів, малого та середнього підприємництва в енергетичній сфері, генерації та постачання електроенергії з урахуванням регіональних особливостей, розвитку розподіленої генерації.	Підвищення енергетичної незалежності регіонів. (3)	Підвищення стійкості енергосистеми. (3)	Залучення місцевих інвестицій. (3)	2-4 роки (2)	Зниження викидів через розподілену генерацію. (3)	14	висока
	9. Стимулювання національного виробництва обладнання та комплектуючих для об'єктів ВДЕ, вкjučно з вітровими турбінами.	Зниження залежності від імпорту. (3)	Підвищення економічної стійкості. (3)	Залучення інвестицій у виробництво. (3)	3-5 років (3)	Зниження викидів через локалізацію виробництва. (3)	15	висока
	10. Застосування кращих практик з скорони навколишнього природного середовища.	Підвищення екологічної відповідальності. (2)	Зниження негативного впливу на довкілля. (3)	Залучення інвестицій у екологічні проекти. (2)	3-5 років (2)	Зниження викидів та збереження природи. (3)	12	висока
	11. Розроблення законодавства в частині запровадження схеми торгівлі квотами на викидами парникових газів та інших ринкових та неринкових інструментів скорочення викидів парникових газів.	Підвищення ринкової ефективності. (3)	Зниження викидів парникових газів. (3)	Залучення інвестицій у низьковуглецеві технології. (3)	3-5 років (3)	Стимулювання зниження викидів. (3)	15	висока
	12. Збільшення частки встановлених автоматизованих систем обліку електричної енергії.	Підвищення точності обліку та ефективності використання енергії. (3)	Зниження втрат та підвищення ефективності системи. (3)	Залучення інвестицій у нові технології. (3)	2-4 роки (2)	Зниження втрат енергії. (3)	14	висока
	13. Забезпечення надійного функціонування енергетичної інфраструктури, проведення необхідних заходів із модернізації, зниження поломок та аварійності.	Підвищення надійності енергопостачання. (3)	Зниження ризику аварій та збоїв. (3)	Залучення інвестицій у модернізацію. (3)	3-5 років (3)	Зниження викидів через підвищення ефективності системи. (3)	15	висока