



Посібник з оцінки кліматичних ризиків міста

Посібник підготовлено в рамках проекту «Capacities for Climate Action Project», що виконується GIZ за дорученням Федерального міністерства економіки та захисту клімату Німеччини (BMWK) в рамках Міжнародної кліматичної ініціативи (IKI) та співфінансується Європейським Союзом.

Як урядова компанія, GIZ підтримує Уряд Німеччини у досягненні його цілей у сфері міжнародного співробітництва задля сталого розвитку.

Опубліковано:

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Зареєстровані офіси м. Бонн та Ешборн

T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15
E info@giz.de
I www.giz.de/en

Автор:

Андрій Демиденко, радник з питань адаптації до зміни клімату, проект Capacities for Climate Action (C4CA) / Український кліматичний офіс, GIZ

Фото: Freepik

Юридична адреса:

01004, місто Київ,
вул. Антоновича, 16-Б,
+38 044 594 07 60
+38 044 594 07 64 www.giz.de/ukraine-ua

© 2024

Оновлене та доповнене видання 2025

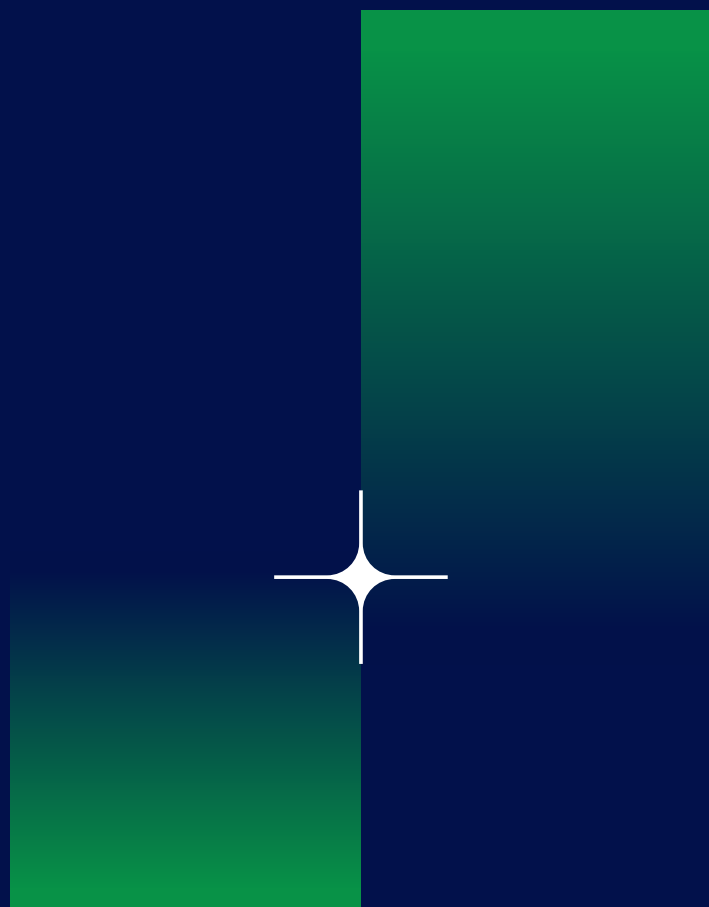
Зміст

Вступ	5
Етапи оцінки ризиків зміни клімату	9
Крок 1. Побудова ланцюжків кліматичного впливу: від драйверів кліматичного впливу (та їх індексів) до наслідків зміни клімату	11
Крок 2. Вибір впливів зміни клімату для подальшого аналізу: якісна оцінка експозиції та вразливості до загроз зміни клімату	13
Крок 3. Оцінка експозиції та вразливості до загроз зміни клімату	17
Крок 4. Вибір впливів зміни клімату для розробки комплексного реагування	21
Крок 5. Картографування кліматичних ризиків	23
Додатки	25
Додаток 1. Ланцюги впливу: Драйвери кліматичного впливу → Потенційні впливи (наслідки). Приклади з литовського кейсу	26
Додаток 2. Методологія виявлення, кількісної оцінки та пріоритезації індикаторів ризиків зміни клімату	29

Глосарій та скорочення

- A** Адаптаційний потенціал. Здатність систем, інституцій, людей та інших організмів пристосовуватися до потенційної шкоди, використовувати можливості або реагувати на наслідки.
- CC** Зміна клімату.
- CCI** Вплив зміни клімату. Наслідки реалізованих ризиків для природних і людських систем, де ризики є результатом взаємодії небезпек, пов'язаних з кліматом (включаючи екстремальні погодні/кліматичні явища), експозиції та вразливості.
- CID** Драйвери кліматичного впливу — це фізичні умови кліматичної системи (наприклад, засоби, події, екстремальні явища), які впливають на елементи суспільства або екосистеми.
- D** Driver / драйвер, рушійна сила.
- E** Експозиція — це наявність на досліджуваній території людей, засобів до існування, видів або екосистем, екологічних функцій, послуг і ресурсів, інфраструктури або економічних, соціальних чи культурних активів у місцях і умовах, які можуть зазнати негативного впливу.
- I** Impacts / впливи.
- L** Імовірність, що визначається ймовірністю виникнення небезпеки, яка може вплинути на населення та активи.
- P** Pressure / тиск, навантаження.
- R** Ризик. Потенційна можливість несприятливих наслідків для людини або екологічних систем. У контексті зміни клімату ризики можуть виникати внаслідок потенційних наслідків зміни клімату, а також реакції людини на зміну клімату. Ризик — це «вплив невизначеності», тоді як управління ризиками — це «скоординована діяльність з управління, контролю та організації з урахуванням ризику» (ISO 31000).
- Re** Відповідь, реакція.
- Rs** Стійкість. Здатність взаємопов'язаних соціальних, економічних та екологічних систем справлятися з небезпечними подіями, тенденціями або збуреннями, реагуючи або реорганізовуючись таким чином, щоб зберегти свою основну функцію, ідентичність і структуру.
- St** Стан/індекс драйвера кліматичного впливу.
- S** Чутливість.
- V** Вразливість — це характеристика населення або активів у регіоні, що робить їх особливо сприйнятливими до згубного впливу зміни клімату (наприклад, крихкість конструкцій)

Вступ



Оцінка кліматичних ризиків — це структурований процес виявлення, оцінки та управління ризиками, пов'язаними зі зміною клімату. У ньому досліджується, як небезпеки, пов'язані з кліматом, можуть впливати на людей, економіку та екосистеми. Ці оцінки допомагають національним та місцевим органам влади розробляти стратегії та заходи для зменшення вразливості та захисту громад, інфраструктури та засобів до існування.

В Україні оцінка кліматичних ризиків є особливо актуальною у світлі зобов'язань країни в рамках Паризької угоди, які мають на меті:

- 1.** Обмежити зростання глобальної температури шляхом пом'якшення (скорочення викидів);
- 2.** Зміцнити стійкість соціальних, економічних та екологічних систем шляхом адаптації.

У Шостому оціночному звіті МГЕЗК (AR6) наголошується, що ані пом'якшення, ані адаптація самі по собі не є достатніми. Щоб забезпечити сталий розвиток, обидва напрямки мають здійснюватися разом за допомогою того, що МГЕЗК називає стійким до зміни клімату розвитком, шляхом, який об'єднує скорочення викидів та адаптивний потенціал, одночасно сприяючи соціальній справедливості та поважаючи природні системи.

AR6 також наголошує, що ефективна адаптація вимагає більшого, ніж короткострокові реакції. Вона закликає до системних перетворень в енергетиці, екосистемах, інфраструктурі та суспільстві, спираючись на різноманітні джерела знань, включаючи місцевий досвід та досвід корінних народів.

Ключові меседжі для політиків:

- Поточні шляхи розвитку в поєднанні зі спостережуваними наслідками зміни клімату ведуть скоріше від сталого розвитку, ніж до нього.
- Лише одночасне скорочення викидів та адаптація можуть забезпечити сталий розвиток для всіх.
- Можливості для стійкого до зміни клімату розвитку швидко закриваються.

Це вимагає зміни в тому, як ми розуміємо безпеку — > не як відсутність ризику, а як здатність керувати ним і зменшувати його. Підхід, заснований на оцінці ризиків, який пропагує ОЕСР, допомагає особам, які приймають рішення, визначати пріоритетність дій, зважаючи ймовірність і вплив кліматичних змін у порівнянні з витратами та вигодами від реагування. Це сприяє більш розумному плануванню та більш цілеспрямованим інвестиціям у стійкість.

Визначення

У той час як розробка Стратегії адаптації України передбачала конструктивні дискусії та відображала рекомендації AR6 МГЕЗК, деякі аспекти нещодавно прийнятого Закону «Про основні засади державної кліматичної політики» виграли б від більшого узгодження з міжнародною термінологією та розумінням. Зокрема:



Словосполучення «пом'якшення наслідків зміни клімату», схоже, ототожнює пом'якшення з адаптацією. У міжнародному використанні термін «пом'якшення» стосується саме скорочення антропогенних викидів парникових газів.



«Зменшення негативних наслідків зміни клімату» може бути досягнуто не лише шляхом пом'якшення, а й за допомогою ефективних заходів з адаптації.

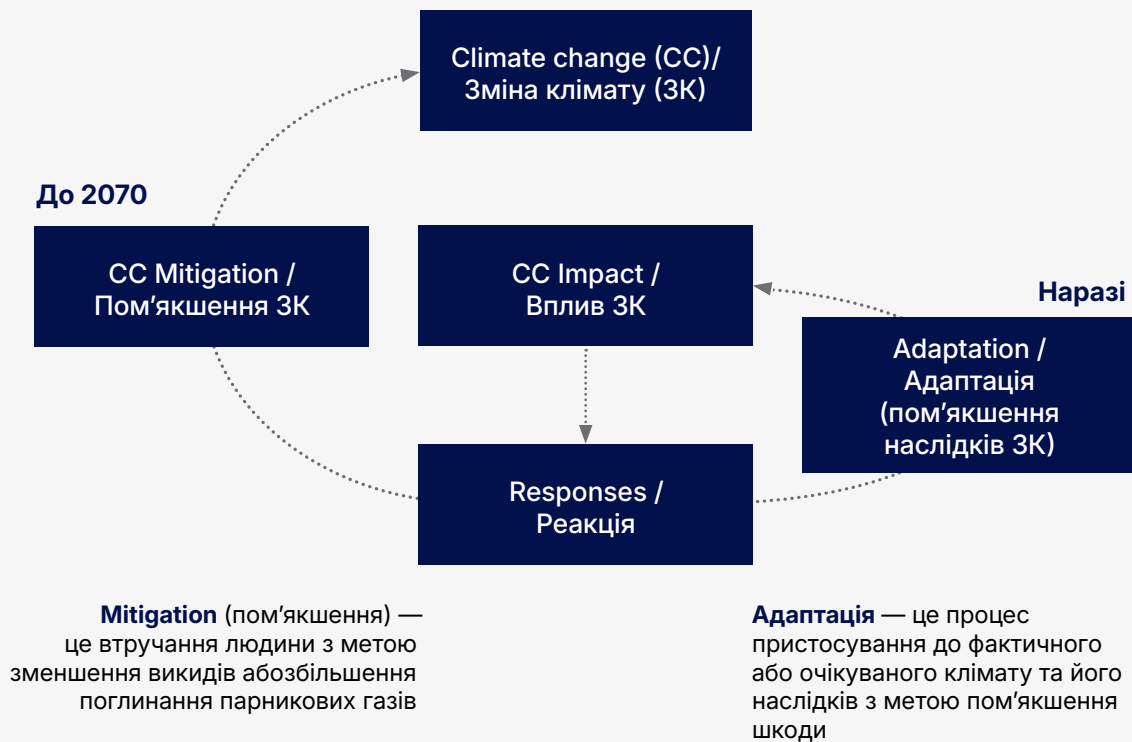


Такі терміни, як «досягнення кліматичної нейтральності» та «розбудова стійкості», описують засоби чи дії, а не кінцеві цілі. Вони сприяють досягненню загальної мети, визначеної ЦСР 13: «Вжити термінових заходів для боротьби зі зміною клімату та її наслідками».



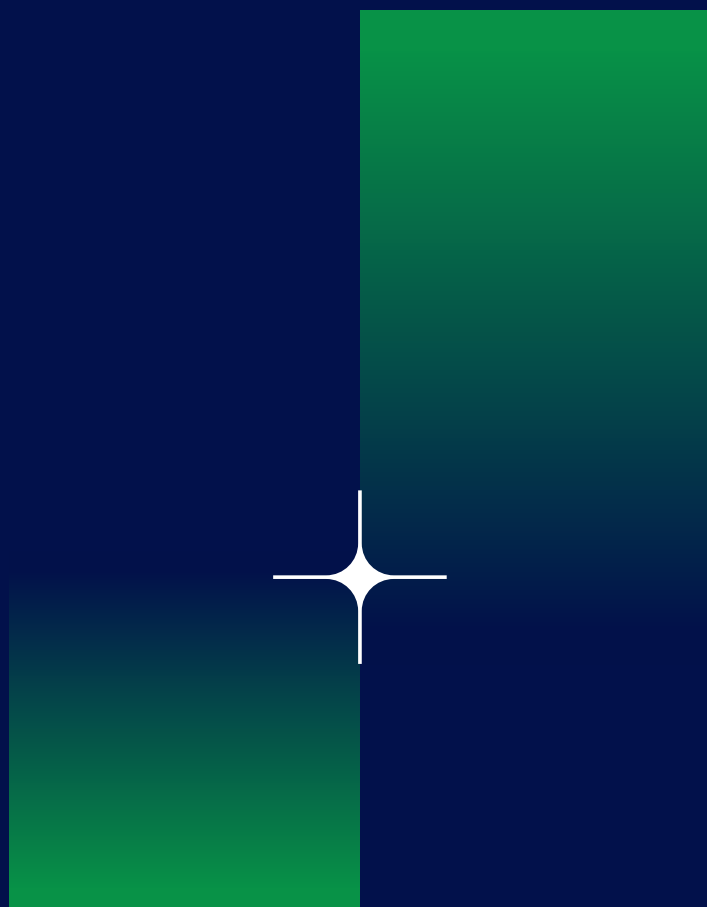
Важливо зазначити, що хоча пом'якшення приносить довгострокові переваги за рахунок зниження інтенсивності зміни клімату, адаптація може негайно знизити ризики — наприклад, переселення людей із районів, схильних до повеней, миттєво знижує ризик заподіяння шкоди.

Уточнення цих відмінностей могло б посилити узгодженість у національних кліматичних політиках та підвищити відповідність України кращим світовим практикам.



Малюнок 1. Взаємодія зміни клімату, пом'якшення наслідків та адаптації.
(Джерело: Рисунок автора).

Етапи оцінки ризиків зміни клімату



Цей посібник ґрунтується на практичному досвіді та методології, розробленій автором в рамках проекту «Preparation of climate change forecasts, a national study on the sensitivity and vulnerability of Lithuanian municipalities to climate change, and a climate change adaptation plan for the most sensitive municipality» implemented by «Estonian, Latvian & Lithuanian Environment», яка була адаптована до українського контексту для керівництва місцевими політиками в оцінці та управлінні кліматичними ризиками.

Нижче ми пояснюємо, як використана в Литві методологія, може бути застосована для оцінки кліматичних ризиків на муніципальному рівні в Україні.

На наступній діаграмі показані основні етапи оцінки ризиків зміни клімату.

Крок 1.



Побудова ланцюжків кліматичного впливу: від драйверів кліматичного впливу (та їх індексів) до наслідків зміни клімату

Крок 2.



Вибір впливів зміни клімату для подальшого аналізу: якісна оцінка експозиції та вразливості до загроз зміни клімату

Крок 3.



Оцінка експозиції та вразливості до загроз зміни клімату

Крок 4.



Вибір впливів зміни клімату для розробки комплексного реагування

Крок 5.



Картографування кліматичних ризиків

Крок 1.

Побудова ланцюжків кліматичного впливу: від драйверів кліматичного впливу (та їх індексів) до наслідків зміни клімату

Ланцюжки кліматичного впливу показують, як конкретні кліматичні фактори, такі як підвищення температури або екстремальні опади, призводять до прямого або непрямого впливу як на природні, так і на людські системи (наприклад, на екосистеми, сільське господарство, транспорт або здоров'я). Ці ланцюжки допомагають:

- Виявляти та систематизувати ризики, пов'язані зі зміною клімату,
- Оцінити експозицію, вразливість і загальний ризик, а також
- Чітко повідомляти про ризики місцевим зацікавленим сторонам.

Ланцюжки впливу також допомагають оцінити ключові змінні (індикатори впливу на клімат) і те, як різні сектори взаємопов'язані.

Вибір драйверів та індексів

У цьому посібнику, заснованому на рекомендаціях Робочої групи І МГЕЗК та Європейського агентства з навколишнього середовища (Звіт ЄЕЗ No 1/2017), команда визначила вісім категорій кліматичних драйверів (які іменуються «драйвери D»), кожна з яких пов'язана з низкою вимірюваних показників («індекси D»).

Враховуючи доступність метеорологічної інформації, команда проекту зупинилася на наступному переліку секторів, драйверів та їх індексів для подальшого вибору найбільш значущих факторів та впливів:

Таблиця 1:

Перелік секторів, драйверів та їх індекси для подальшого вибору найбільш значущих водіїв

Вибрані сектори економіки	Драйвер кліматичного впливу, D	Вибрані індекси D, St
1. Громадське здоров'я, 2. Сільське господарство 3. Біорізноманіття 4. Водні ресурси 5. Інфраструктура 6. Надзвичайні ситуації.	1. Підвищення температури, 2. Посухи, 3. Бурі, 4. Хвилі спеки, 5. Холодні вторгнення/заморозки, 6. Екстремальні опади, 7. Зменшення снігового покриву, 8. Підвищення рівня моря	Середньодобова температура (TAS) Максимальна добова температура (TASMAX) Добова мінімальна температура (TASMIN) Посуха в період вегетації Індекс пожежонебезпечної погоди (FWI) Середня швидкість вітру Штормовість Пориви вітру Безвітряні дні Тривалість хвилі спеки Тропічні ночі (TR20) Тривалість холодного періоду Тривалість вегетаційного періоду (GSL) градусо-днів нагріву Кількість градусо-днів охолодження Мороз Кількість опадів (PR) Кількість днів з сильними та дуже сильними опадами Максимальна добова кількість опадів Кількість днів без опадів Період повернення 1%-го паводку, зміна Кількість днів зі сніговим покривом Максимальна висота снігового покриву Цикли замерзання-відтавання Підвищення рівня моря Стік Штормові припливи, зміна

Вибір секторів, драйверів та індексів ґрунтувався на доступності даних та їх відповідності місцевому плануванню. Це лягло в основу вибору найбільш значущих наслідків зміни клімату, які аналізуються на наступних етапах.

Крок 2.

Вибір впливів зміни клімату для подальшого аналізу: якісна оцінка експозиції та вразливості до загроз зміни клімату

Потреби в адаптації сильно відрізняються в різних регіонах, секторах і громадах. Щоб ефективно використовувати обмежені ресурси, важливо зосередитися на системах, які найбільше піддаються ризику зміни клімату.

Оцінка кліматичних ризиків допомагає визначити та визначити пріоритети, де найбільш терміново потрібні зусилля з адаптації. Це особливо цінно, коли фінансові та адміністративні можливості обмежені, що дозволяє особам, які приймають рішення, зосередитися на найбільш значних ризиках.

Оцінка ризиків може проводитися за допомогою якісних або кількісних методів:

- Якісний (заснований на експертних оцінках) підхід корисний, коли бракує даних або методологій.
- Кількісний підхід можливий за наявності надійних даних та інструментів.

Оскільки в Україні здебільшого немає достовірних чисельних даних про загрози і впливи зміни клімату, ми не будемо наводити тут приклади кількісного підходу. Поодиноким приклад можна знайти у нашій публікації «Cost-effective community-based climate change adaptation in Ukraine». *Interdisciplinary Studies of Complex Systems (Kyiv, Ukraine)*, No. 20 (2022) 16–32, DOI¹:

Приклад якісного (експертного) підходу наведено нижче.

Повна Методологія виявлення, кількісної оцінки та пріоритезації індикаторів ризиків зміни клімату наведена у Додатку 2.

Згідно з цією методикою, ризик може бути оцінений за такою формулою:

$$\text{Risk}(i, j, e) = \text{Likelihood}(i) \times \text{Impact}(i, j, e)$$

(*i* = кліматичний драйвер; *j* = область; *e* = сектор економіки)

Говорячи простою мовою, це означає, що ризик зростає, коли:

- Більш ймовірна кліматична загроза (наприклад, посуха, повінь, спека), і
- Її вплив на конкретний сектор або регіон є більш серйозним.

Кожен вплив оцінюється за допомогою шкали серйозності, що допомагає оцінити, наскільки сильно певний кліматичний фактор (наприклад, підвищення рівня моря або екстремальні опади) може вплинути на такий сектор, як сільське господарство, енергетика чи інфраструктура.

Як визначити найбільш релевантні ризики?

Щоб визначити пріоритетність дій, слід переглянути список можливих впливів зміни клімату, врахувавши:

- Потенційний вплив зміни клімату на окремі сектори економіки та муніципалітети (чи є прогнозовані наслідки зміни клімату значними, а співвідношення між рушійними силами та впливами є науково обґрунтованим);
- Наявність інформації про поточну ситуацію у відповідних секторах економіки, на муніципальному або регіональному рівні;
- Актуальність ризиків для поточної ситуації в контексті існуючих та запланованих стратегічних документів.²

Коли експозицію і вразливість важко відокремити

У випадках, коли важко оцінити експозицію та вразливість окремо, ризик можна оцінити безпосередньо, розрахувавши відносну зміну (Δ) відповідного кліматичного показника. Робиться це в такий спосіб:

$\Delta = (\text{прогнозоване значення} - \text{поточне значення}) / \text{поточне значення}$

Наприклад:

1. Якщо тривалість хвилі спеки збільшується від 15 до 20 днів:
 $\Delta = (20 - 15) / 15 = 0,33 \rightarrow$ Низький ризик
2. Якщо рівень моря підвищується з 8 до 11,5 метрів до 2100:
 $\Delta = (11,5 - 8) / 8 = 0,44 \rightarrow$ Середній ризик

Оцінка ймовірності, ризику та вразливості

Для оцінки ризику необхідно оцінити три компоненти:

1. Вірогідність

Наскільки ймовірним є виникнення небезпеки?

2. Ці аспекти були враховані командою проекту при визначенні найбільш важливих впливів та ризиків зміни клімату в Литві в розрізі муніципалітетів, аналізі поточної ситуації у відповідній сфері та можливостей впливу муніципалітету на ризики в майбутньому. Відбір ґрунтувався на всебічному огляді літератури, експертній думці та консультаціях з відповідальними установами.

Таблиця 2:

Оцінка ймовірності

Шкала ймовірності		Опис	Ймовірність виникнення
Рідкісний	1	Малоймовірно, що це станеться	5%
Малоймовірно	2	Враховуючи існуючі практики та процедури, такий інцидент є малоймовірним	20%
Помірний	3	Інцидент стався у схожій географічній зоні/секторі	50%
Ймовірно	4	Існує ймовірність того, що інцидент станеться	80%
Майже напевно	5	Існує велика ймовірність того, що інцидент станеться, можливо, кілька разів	95%

2. Експозиція і вразливість

Хто або що знаходиться в зоні впливу? Наскільки чутливою або непередбаченою є система?

Таблиця 3:

Оцінка експозиції та вразливості

Шкала ймовірності			Шкала ймовірності		
Незначна	0	5%	Незначна	0	5%
Низька	1	20%	Низька	1	20%
Середня експозиція	2	50%	Середня експозиція	2	50%
Висока експозиція	3	80%	Висока експозиція	3	80%
Дуже висока експозиція	4	95%	Дуже висока експозиція	4	95%

Розрахунок впливу та ризику

Формула впливу: вплив (I) = експозиція (E) × вразливість (V)

У формулі $I = V \times E$, **експозиція (E)** оцінюється як наявність людей, засобів до існування, видів або екосистем, екологічних функцій, послуг і ресурсів, інфраструктури або економічних, соціальних або культурних активів на досліджуваній території в місцях і умовах, які можуть зазнати негативного впливу від зміни клімату. Наприклад, схильність до підвищення рівня моря в Києві дорівнює нулю, тоді як схильність до раптових повеней у Карпатах можна оцінити як дуже високу. Хоча у Києві трапляються раптові повені.

У цьому випадку вразливість (V) — це характеристика населення або об'єкта в зоні затоплення (FZ), яка робить їх особливо вразливими до руйнівного впливу екстремальних опадів (драйвера D6 у цьому випадку). Наприклад, це вразливість споруд до повеней або відсутність систем раннього попередження (див. свіжий приклад з Валенсії³)

3. <https://www.bbc.com/news/articles/c1knr8k8mlgo>

Таблиця 4:
Матриця впливу

Матриця впливу	Експозиція					
		Незначний	Низький	Середній	Високий	Дуже високий
Вразливість	Незначний	0	0	0	0	0
	Низький	0	1	2	3	4
	Середній	0	2	4	6	8
	Високий	0	3	6	9	12
	Дуже високий	0	4	8	12	16

А матриця ризиків виглядатиме так:

Матриця ризику	Експозиція					
		Незначний	Низький	Середній	Високий	Дуже високий
Вразливість	Незначний	0	3.8	7.6	11.4	15.2
	Низький	0	2.4	4.8	7.2	9.6
	Середній	0	1	2	3	4
	Високий	0	0.2	0.4	0.6	0.8
	Дуже високий	0	0	0	0	0

Малюнок 2. Приклад матриці ризиків.
(Джерело: Рисунок автора).

Крок 3.

Оцінка експозиції та вразливості до загроз зміни клімату

Цей крок допомагає визначити, які райони та сектори найбільше схильні до ризику зміни клімату, аналізуючи їхню експозицію та вразливість до конкретних кліматичних загроз.

Розрахунок впливу та ризику

Щоб зрозуміти, як різні території схильні до кліматичних ризиків, слід використовувати дані про прогнозовані зміни кліматичних показників, таких як температура, опади або рівень моря. Ця інформація, як правило, надається національними установами, такими як Український гідрометеорологічний центр або іншими офіційними джерелами кліматичної інформації.

Цей посібник спирається на досвід пілотного проекту в Литві. У цьому контексті були використані дані Литовської гідрометеорологічної служби. В Україні муніципалітети повинні покладатися на національних постачальників даних, щоб забезпечити актуальність та узгодженість на місцевому рівні.

У литовському пілоті експерти проаналізували вплив за такими критеріями:

- Чи є прогнозовані зміни значущими та науково обґрунтованими;
- Наявність актуальної інформації на муніципальному або регіональному рівні;
- Актуальність ризиків для поточних і запланованих стратегічних документів.

Нижче ви можете ознайомитися з висновком експертної групи щодо оцінки експозиції:

Таблиця 5:

Характеристика експозиції до зміни клімату на основі зміни репрезентативних індексів (висновок експертної групи, прибережна зона), базується на прогнозах Литовської гідрометеорологічної служби

Ступінь Експозиції			
Кліматичний драйвер впливу, D	Індекси, St	Δ для Литви, RCP8.5	Ступінь = 0 / 1 / 2 / 3 / 4
1. Підвищення температури	Summer daily maximum mean air temperature change Середньодобова температура	Δ 7,7→10,0 оС	Середній 2
	Cooling Degree Days (CDD) change тривалість опалювального сезону	Δ 207→175 днів	
	Growing season change тривалість вегетаційного періоду	Δ 206→243 дні	
2. Посуха	Consecutive (duration) dry days — тривалість хвили спеки	Δ 2,1→7,0 днів	Низький 1
	Посуха протягом вегетаційного періоду	Δ 4,4 →6,3 днів	
3. Бурі	Days with maximum wind speed > 10,8 m/sec (> 6 beaufort) change Пориви вітру	Δ 17,3 →20,1 день	
4. Теплові хвилі	Days with maximum daily mean air temperature change — середньодобова температура - максимальна добова температура	Δ 7,7→10,0 °С Δ 11,3→14,1 °С	Високий 3
	Тривалість хвиль спеки	Δ 2,1→7,0 днів	
	Tropical nights change тропічні ночі	Δ 0,5→6,5 ночей	
5. Холодні вторгнення / заморозки	Середньорічна тривалість раптових заморозків	Δ 9,4→6,0 днів	Незначна 0
	Цикли замерзання-відтавання	Δ 66→39 днів	
	Послідовні дні (тривалість) зі зміною мінімальної середньої температури повітря < -10 оС (період похолодання)	день/рік	
6. Катастрофічні опади	Кількість днів з сильними опадами	Δ 16 →20,5 днів	Високий 3
	Кількість днів з дуже сильними опадами	Δ 3,4 →4,7 днів	
	Період повернення 1% затоплення, зменшення	20% (Carpathians)	
7. Зменшення снігового покриву	Максимальний сніговий покрив	Δ 21,5 →18,2 см	Низький 1
8. Підвищення рівня моря	Зміна (висоти) штормових нагонів	%	Дуже високий 4
	Підйом рівня Балтійського моря	Δ →35 см	

Оцінка вразливостей

Вразливість відображає, наскільки сильно сектор зазнає впливу конкретної кліматичної загрози, залежно від його чутливості та здатності справлятися з цим.

Наприклад:

- Водний сектор дуже вразливий до посух через зменшення доступності води та підвищений попит.
- Сектор рибного господарства менше потерпає від посух.
- Хвилі тепла суттєво не впливають на водні об'єкти, але становлять серйозну небезпеку для інфраструктури та забудованого середовища.

Для оцінки вразливості експерти використовували **матрицю вразливостей**, яка оцінює, наскільки сильно кожен сектор зазнає впливу різних кліматичних факторів. Значення варіюються від 0 (відсутність впливу) до 4 (дуже сильний вплив).

Нижче наведено приклад з матриці вразливостей, розробленої в ході литовського пілотного проекту.



Таблиця 6:

Матриця аналізу вразливостей

Вразливість									
Сектор, вплив		Драйвер, D							
		1. Підвищення температури	4. Теплові хвилі	6. Екстремальні опади	2. Посухи	8. Підвищення рівня моря	3. Бурі	5. Холодні вторгнення заморозки	7. Зменшення снігового покриву
1. Громадське здоров'я Зростання смертності та серцево-судинної захворюваності та судинних захворювань		1	4	1	1	0	0	1	1
2. Сільське господарство	Втрати врожаю	1	1	2	2	4	1	2	1
	Збільшення кількості хвороб та шкідників	2	2	1	1	4	1	1	1
3. Біорізноманіття	Збільшення кількості хвороб та шкідників	1	2	2	2	3	1	1	0
	Зміна видового складу деревних порід	2	1	1	3	4	1	1	0
4. Водні ресурси	Якість морської та прісної води та евтрофікація	1	0	2	3	4	0	2	2
	Збільшення частоти повеней	1	0	2	4	3	0	0	0
	Ерозія узбережжя	2	0	1	1	3	3	0	0
5. Енергія	Зміна попиту на опалення та охолодження	3	4	1	2	0	1	3	1
6. Інфраструктура	Ефект міського теплового острова	3	4	1	2	4	1	1	1
	Пошкодження доріг та перебої в русі	1	1	1	2	4	1	1	1
	Порушення надання послуг особливої важливості	1	1	1	1	4	3	0	0
7. Надзвичайна ситуація Економічні втрати / підвищена смертність від стихійних лих		3	3	2	4	0	1	2	1

Крок 4.

Вибір впливів зміни клімату для розробки комплексного реагування

Для розробки ефективних та цілеспрямованих заходів реагування важливо переглянути **повний перелік потенційних впливів зміни клімату**, наведений у Додатку 1, та визначити пріоритетність тих, які найбільш відповідають місцевим умовам.

Як визначити пріоритети впливу

Підбір повинен ґрунтуватися на таких критеріях:

- Значення прогнозованого впливу на конкретні сектори та муніципалітети, а також чи є зв'язок між кліматичним драйвером і впливом науково обґрунтованим;
- Наявність достовірних даних на галузевому, муніципальному чи регіональному рівні;
- Узгодження виявлених ризиків з існуючими або запланованими стратегічними документами та політиками.

Результати аналізу

Цей процес допоміг визначити найбільш релевантні кліматичні впливи шляхом врахування:

- Рівнів локальної експозиції,
- Імовірності виникнення,
- Поточної вразливості,
- Адаптаційної спроможності муніципалітетів.

Кліматичні впливи, обрані для розробки **комплексних заходів реагування**, наведені в Таблиці 7 нижче і можуть слугувати натхненням для аналогічних аналізів в українському контексті.

Таблиця 7:

Наслідки зміни клімату, обрані для розробки комплексного реагування

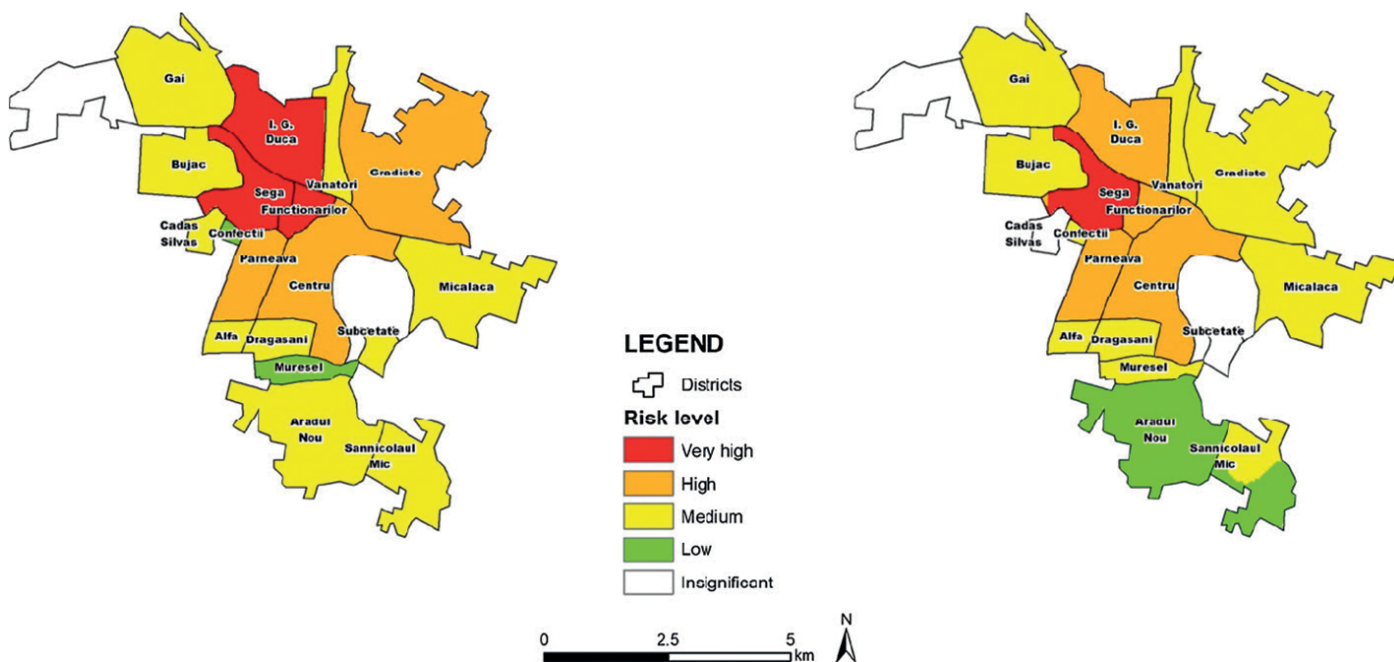
Сектор	Впливи, відібрані для розробки комплексних заходів реагування
Громадське здоров'я	• Зростання захворюваності на трансмісивні хвороби • Підвищення смертності, серцево-судинної захворюваності та судинних захворювань • Підвищення захворюваності на респіраторні хвороби • Підвищений тепловий стрес і тепловий дискомфорт
Сільське господарство	• Втрати врожаю • Збільшення кількості хвороб та шкідників • Деградація ґрунтів
Біорізноманіття, екосистемні послуги та лісове господарство	• Евтрофікація • Збільшення кількості хвороб та шкідників • Лісові пожежі • Зміна видового складу деревних порід
Водні ресурси та прибережна зона	• Якість морської та прісної води і евтрофікація • Ерозія узбережжя • Збільшення частоти повеней
Енергія	• Зміна попиту на опалення та охолодження • Пошкодження виробництва та передачі електроенергії
Інфраструктура	• Пошкодження дорожньої інфраструктури та порушення руху транспорту • Пошкодження об'єктів культурної спадщини • Посилення ефекту міського теплового острова • Порушення роботи очисних споруд
Екстремальні ситуації	• Забруднення довкілля внаслідок стихійних лих • Економічні збитки/підвищена смертність внаслідок стихійних лих • Порушення надання послуг особливої важливості через пошкодження інфраструктури

Крок 5.

Картографування кліматичних ризиків

Після розрахунку рівнів ризику слід **нанести результати на карти**, щоб показати, де виникають найбільш серйозні ризики в місті чи регіоні. Картографування допомагає:

- Комунікації зі стейкхолдерами,
- Пріоритезації адаптаційних дій;
- Координації між секторами.



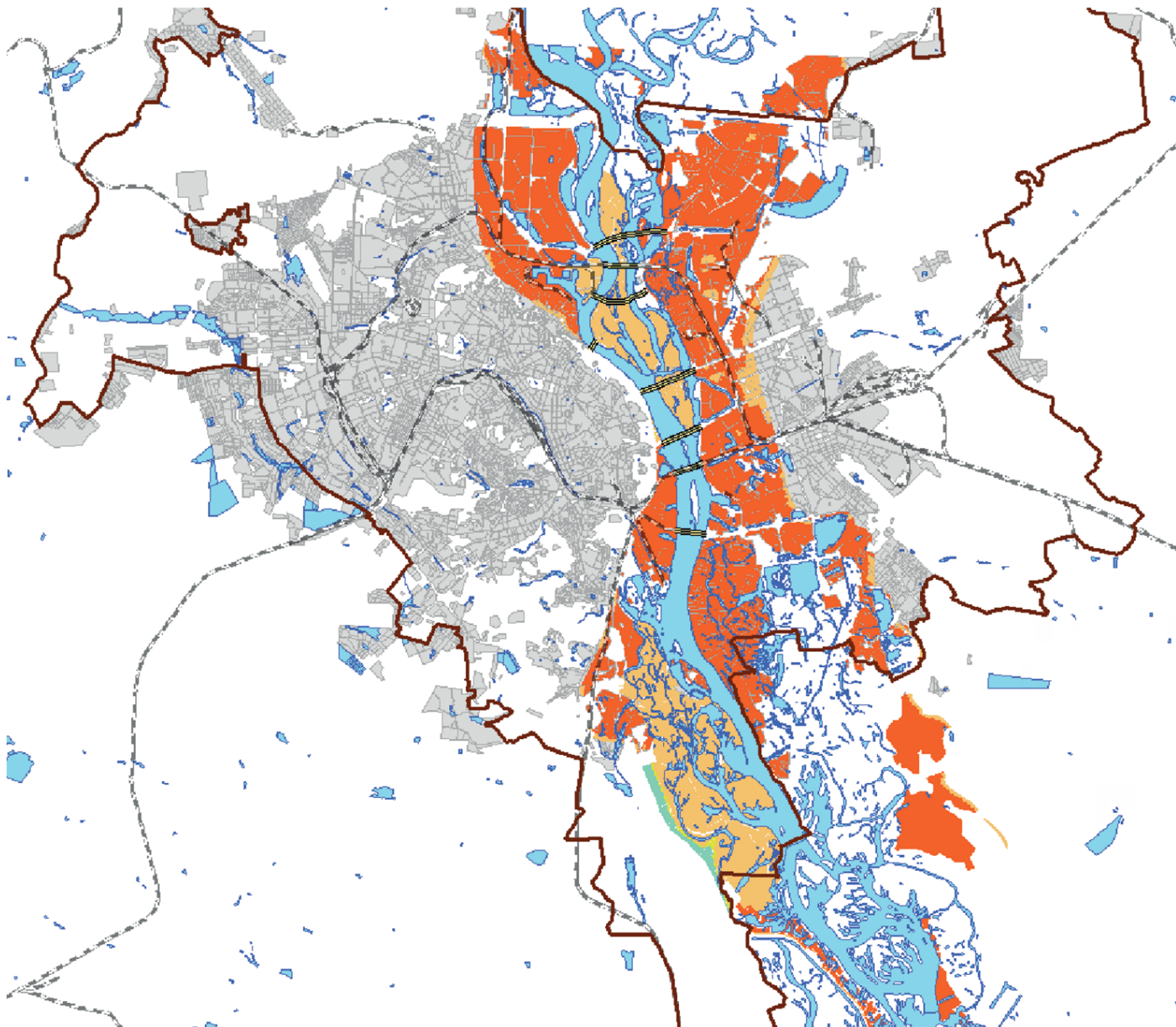
Малюнок 3. Приклади картографування ризиків теплової хвилі в литовських муніципалітетах.

(Джерело: Малюнок з проекту «CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLAN FOR THE MOST SENSITIVE MUNICIPALITIES OF LITHUANIA. Project ClimAdapt-LT.»).

Застосування методів ГІС є хорошим інструментом для комунікації між зацікавленими сторонами і може бути легше використане особами, які приймають рішення, і більш широкими групами громадськості. За допомогою ГІС-інструментів міста можуть візуалізувати:

- Які небезпеки (наприклад, спека, повені) найімовірніше виникнуть;
- Які сфери та активи найбільш вразливі;
- Де вразливості найвищі.

На основі чисельного моделювання також можна побудувати карту ризиків катастрофічних паводків у Києві:

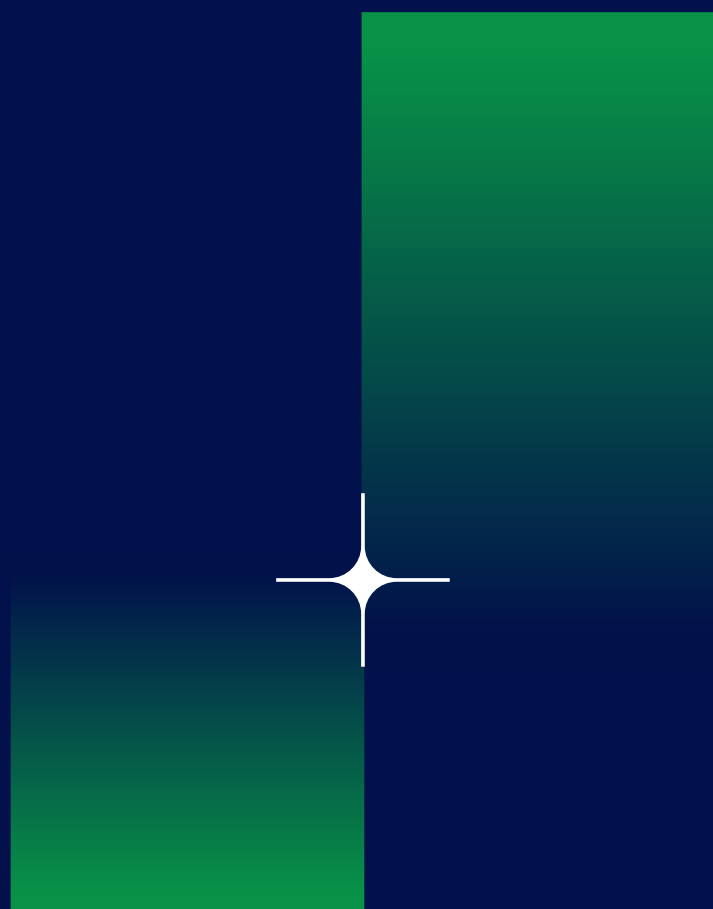


Малюнок 4. Загальний вигляд карти ризиків затоплення території м. Києва за сценарієм з імовірністю 0,1% (один раз на 1000 років, з витратою 36394 м³/с). Чотири рівні ризику позначені різними кольорами.

(Джерело: Андрій Демиденко та ін. «Cost-effective community-based climate change adaptation in Ukraine». *Interdisciplinary Studies of Complex Systems (Kyiv, Ukraine)*, No. 20 (2022) 16-32, DOI⁴

4. <https://doi.org/10.31392/iscs.2022.20.016>

Додатки



Додаток 1

Ланцюги впливу:

Драйвери кліматичного впливу → Потенційні впливи (наслідки). Приклади з литовського кейсу

Після кількох раундів дискусій литовська команда проекту погодила ланцюжки впливу: Драйвери кліматичного впливу → Потенційні впливи (наслідки) цих факторів. Крім того, Литовська гідрометеорологічна служба запропонувала прогнозовані зміни індексів (Δ) за сценарієм 2100 RCP8.5:

Таблиця 8:

Прогнозовані зміни індексів (Δ) для сценарію 2100 RCP8.5 для Литви

Драйвери кліматичного впливу, D	Індекси, St	Δ для Литви, 2100 RCP8.5	Потенційний вплив ЗК в різних секторах, I
1. Підвищення температури	Summer daily maximum mean air temperature change Середньодобова температура	$\Delta 7,7 \rightarrow 10,0$ оС	- Зростання захворюваності на респіраторні захворювання (РЗ) - Зростання трансмісивних захворювань (ЗЗ) - Зростання захворювань, що передаються через воду та харчові продукти (ЗП) - Вплив на психічне здоров'я (МН) - Зміна врожайності (СУ) - Нові сільськогосподарські продукти (NP) - Збільшення кількості хвороб та шкідників (IP) - Евтрофікація (ЕС) - Нові інвазивні види (ІВ) - Зміна ареалів та зникнення видів (ЗВ) - Лісові пожежі (ЛП) - Зміна продуктивності лісів (FP) - Зміна складу деревних порід (TS) - Погіршення екосистемних послуг (ES) - Евтрофікація морів та прісних вод (WE) - Зміна попиту на опалення та охолодження (НС) - Пошкодження об'єктів та інфраструктури виробництва та передачі електроенергії (ПД) - Посилення ефекту міського теплового острова (НІ) - Порушення графіку руху транспорту (ТД)
	Cooling Degree Days (CDD) change тривалість опалювального сезону	$\Delta 207 \rightarrow 175$ днів	
	Growing season change тривалість вегетаційного періоду	$\Delta 206 \rightarrow 243$ днів	
2. Посуха	Consecutive (duration) dry days — тривалість хвилі спеки	$\Delta 2,1 \rightarrow 7,0$ днів	- Зміна складу деревних порід (ЗП) - Лісові пожежі (ЛП) - Погіршення якості води (WQ) - Пошкодження орних земель (DL) - Збільшення вітровалів/вітропадів (WW) - Погіршення екосистемних послуг (ЕП) - Пошкодження та порушення функціональності водної транспортної інфраструктури (BTI) - Економічні збитки від стихійних лих (ЕЗ)
	Посуха протягом вегетаційного періоду	$\Delta 4,4 \rightarrow 6,3$ днів	

Таблиця 8:

Прогнозовані зміни індексів (Δ) для сценарію 2100 RCP8.5 для Литви (продовження)

Драйвери кліматичного впливу, D	Індекси, St	Δ для Литви, 2100 RCP8.5	Потенційний вплив ЗК в різних секторах, I
3. Бурі	Days with maximum wind speed > 10,8 m/sec (> 6 beaufort) change Пориви вітру	Δ 17,3 $\rightarrow$ 20,1 днів	- Збільшення вітровалів/вітропадів (WW), - Прибережна ерозія (CE), - Вплив на прибережний туризм (ПТ), - Пошкодження об'єктів та інфраструктури з виробництва та передачі електроенергії (DA), - Пошкодження та порушення функціональності дорожньої інфраструктури (RI), - Пошкодження та порушення функціонування залізничної інфраструктури (3I), - Пошкодження та порушення функціонування авіаційної інфраструктури (AI), - Пошкодження об'єктів культурної спадщини (ОКС), - Порушення роботи промислових підприємств (ПП), - Забруднення довкілля внаслідок стихійного лиха (СЛ), - Економічні збитки від природних загроз (ЕЗ), - Порушення роботи критично важливих служб через пошкодження інфраструктури (CS)
4. Теплові хвилі	Середньодобова температура — максимальна добова температура	Δ 7,7 $\rightarrow$ 10,0 °C Δ 11,3 $\rightarrow$ 14,1 °C	- Зростання смертності та захворюваності від серцево-судинних захворювань (TDE), - Зростання захворюваності від хвороб органів дихання (ID),
	Тривалість хвиль спеки	Δ 2,1 $\rightarrow$ 7,0 днів	- Збільшення теплового стресу та дискомфорту (DI), - Вплив на психічне здоров'я (ПЗ), - Пошкодження та порушення функціональності дорожньої інфраструктури (RI), - Пошкодження та порушення функціонування залізничної інфраструктури (3I),
	Тропічні ночі	Δ 0,5 $\rightarrow$ 6,5 ночей	- Пошкодження та порушення функціонування інфраструктури водного транспорту (BT), - Пошкодження та порушення функціонування авіаційної інфраструктури (AI), - Пошкодження об'єктів культурної спадщини (ОКС), - Посилення ефекту міського теплового острова (HI), - Погіршення роботи промислових підприємств (ПП)
5. Холодні вторгнення / заморозки	Середньорічна тривалість раптових заморозків	Δ 9,4 $\rightarrow$ 6,0 днів	- Втрати врожаю (ВП), - Зміна продуктивності лісів (ЗП), - Пошкодження та порушення функціональності дорожньої інфраструктури (RI), - Пошкодження та порушення функціонування залізничної інфраструктури (3I), - Пошкодження та порушення функціонування інфраструктури водного транспорту (BT), - Пошкодження та порушення функціонування авіаційної інфраструктури (AI)
	Цикли замерзання-відтавання	Δ 66 $\rightarrow$ 39 днів	
	Послідовні дні (тривалість) з мінімальною середньою температурою повітря < -10 °C	день/рік	

Таблиця 8:

Прогнозовані зміни індексів (Δ) для сценарію 2100 RCP8.5 для Литви (продовження)

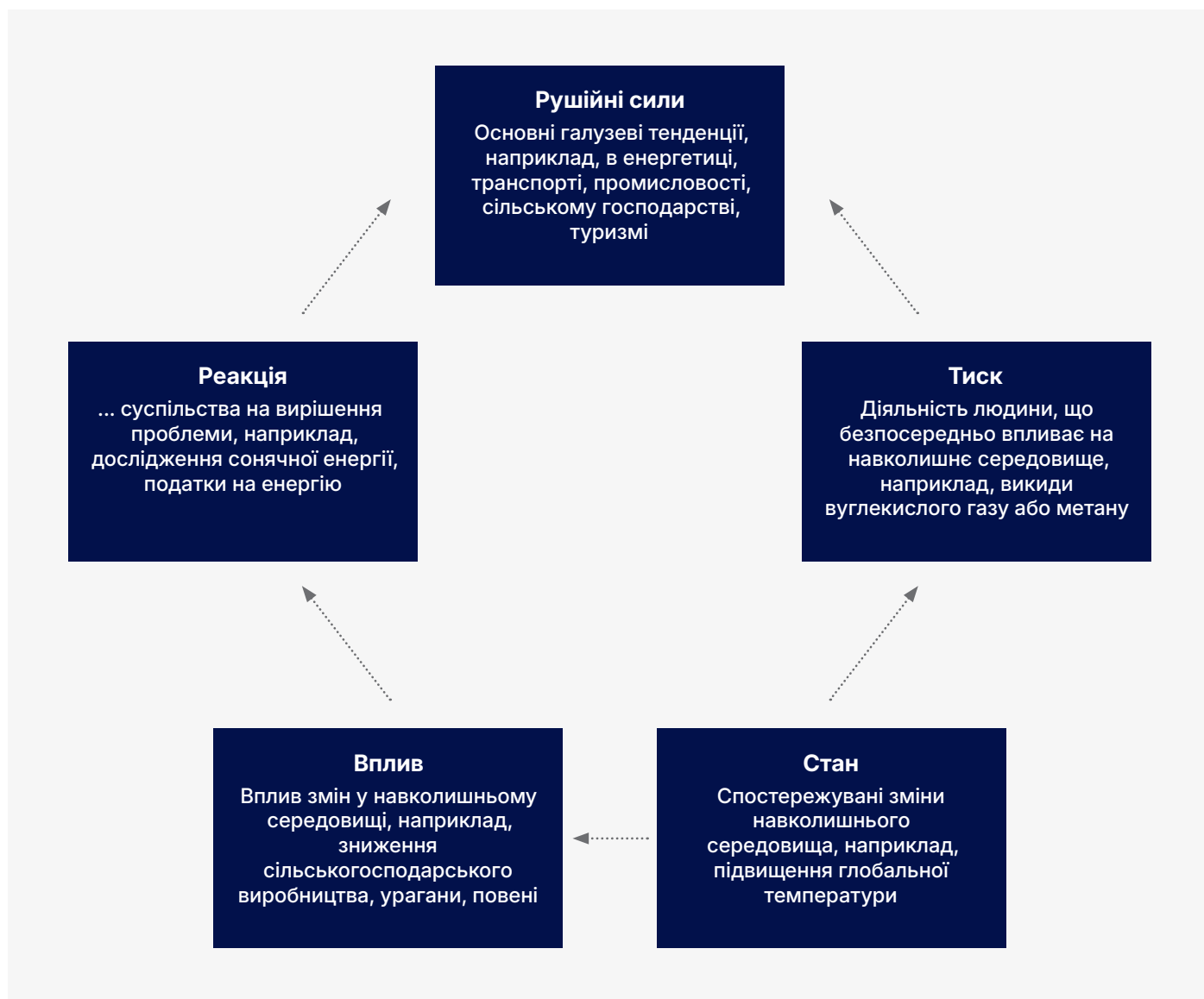
Драйвери кліматичного впливу, D	Індекси, St	Δ для Литви, 2100 RCP8.5	Потенційний вплив ЗК в різних секторах, I
6. Катастрофічні опади	Кількість днів з сильними опадами	$\Delta 16 \rightarrow 20,5$ днів	- Increased morbidity as a result of flooding events (FDE), - Підвищення захворюваності внаслідок повеней (FDE), - Зростання смертності та збитків внаслідок зливових паводків (ЗП), - Втрати врожаю (ВП), - Вплив на якість підземних та поверхневих вод (WQ),
	Кількість днів з дуже сильними опадами	$\Delta 3,4 \rightarrow 4,7$ днів	- Пошкодження орних земель (DL), - Прибережна ерозія (СЕ), - Вплив на прибережний туризм (ПТ), - Вплив на виробництво гідроенергії (ВП), - Пошкодження та порушення функціональності дорожньої інфраструктури (RI), - Пошкодження та порушення функціонування залізничної інфраструктури (3I), - Пошкодження та порушення функціонування інфраструктури водного транспорту (BT),
	Період повернення 1% затоплення, зменшення	20% (Carpathians)	- Пошкодження та порушення функціонування авіаційної інфраструктури (AI), - Пошкодження об'єктів культурної спадщини (ОКС), - Порушення роботи промислових підприємств (ПП), - Порушення роботи очисних споруд (ОС), - Забруднення навколишнього природного середовища, спричинене стихійним лихом (НД), - Економічні збитки від природних небезпек (ЕС), - Збій у роботі критично важливих сервісів через пошкодження інфраструктури (КС) - Шкода, завдана ріллі (ДЛ)
7. Зменшення снігового покриву	Максимальний сніговий покрив	$\Delta 21,5 \rightarrow 18,2$ см	- Пошкодження та порушення функціональності дорожньої інфраструктури (DI), - Пошкодження та порушення функціонування залізничної інфраструктури (3I), - Пошкодження та порушення функціонування інфраструктури водного транспорту (BT), - Пошкодження та порушення функціонування авіаційної інфраструктури (AI)
8. Підвищення рівня моря	Зміна (висоти) штормових нагонів	%	- Прибережна ерозія (ПЕ), - Вплив на якість підземних та поверхневих вод (WQ),
	Підйом рівня Балтійського моря	$\Delta \rightarrow 35$ см	- Вплив на прибережний туризм (ПТ), - Пошкодження та порушення функціональності інфраструктури водного транспорту (TI), - затоплення прибережних територій

Додаток 2

Методологія виявлення, кількісної оцінки та пріоритезації індикаторів ризиків зміни клімату

Для правильної якісної та чисельної кількісної оцінки ризику ми будемо використовувати аналіз ланцюгів впливу Європейського агентства з навколишнього середовища (EEA):⁵

драйвер (D) → тиск (P) → стан (St) → вплив (I) → відповідь (Re):



Малюнок 5. Зображення аналізу ланцюга впливу Європейського агентства з охорони навколишнього середовища. (Джерело: EEA 1997⁵).

5. <https://www.eea.europa.eu/publications/92-9167-059-6-sum/page002.html>

Для належного визначення пріоритетів впливу зміни клімату ми проведемо оцінку ризиків зміни клімату (ЗК) відповідно до міжнародних стандартів та найкращих практик, включаючи ISO 31000:2018 та ISO 31010:2019 «Управління ризиками», стандарти методів оцінки ризиків, IPCC AR5⁶ and AR6⁷, та настанови з найкращих практик: Джерело вразливостей⁸ та Оцінка ризиків, пов'язаних з кліматом. Методологія, що складається з 6 кроків⁹.

Запропонована методологія оцінки ризиків, впливів та заходів реагування на ЗК була запропонована та апробована в рамках проєкту¹⁰ CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLAN FOR THE MOST SENSITIVE MUNICIPALITIES OF LITHUANIA. Project ClimAdapt-LT.

Існує багато дискусій щодо того, як можна шляхом оцінки різних факторів у формулі ризику

Ризик = Ймовірність x Вразливість x Експозиція, або $R = L \times V \times E$,

слід оцінювати ризик^{11, 12}:

Найпростіше пояснення для пішоходів

Найпростіше пояснення зробимо на гіпотетичному прикладі мінімізації ризику падіння цегли на голову перехожих, що проходять повз будівельний майданчик багатоповерхового будинку.

Вірогідність (чи скоріше **загроза, Н**) такого ризику може бути зменшена зменшенням поверховості будівлі.

Експозиція перехожих може бути зменшена вибором якнайдовшої від будівлі траєкторії їх проходу.

А **вразливість** може бути зменшена роздачею перехожим шоломів або спорудженням спеціальних, покритих покрівлею проходів повз будівлю.

Ми успішно використовували таке пояснення множників ризику (hazard probability, exposure, and vulnerability) в проєктах WACDEP Глобального Водного Партнерства.¹³ Проте в Литовському проєкті більш успішними були пояснення на прикладі оцінки ризику паводків (flash floods):

- Ситуація А. Територія Х може постраждати від частих паводків (висока ймовірність паводків). Однак на Території Х відсутні постійні поселення, інфраструктура та економічно цінні земельні ділянки (експозиція до впливу низька або відсутня), тому рівень ризику загибелі людей від повеней на цій території є низьким.
- Ситуація В. Територія Х - це густонаселений район з великою кількістю малоповерхових житлових будинків (висока експозиція до впливу), який, ймовірно, постраждає від частих паводків (висока ймовірність паводків). Рівень ризику загибелі людей від паводків на цій території є високим, оскільки вразливість громади до паводків є високою.
- Ситуація С. Певна територія Х густо заселена багатьма малоповерховими житловими будинками (висока експозиція до впливу) і може постраждати від частих паводків (висока ймовірність паводків). Територія захищена дамбою, що робить її менш вразливою до ризику затоплення порівняно з ситуацією В. Загалом рівень ризику нижчий порівняно з ситуацією В.
- Ситуація D. Певна територія Х є густонаселеною, має багато малоповерхових житлових будинків (висока експозиція до впливу) і, ймовірно, страждає від частих паводків (висока ймовірність затоплення). Місцева влада запровадила систему оповіщення про паводки та підготувала план евакуації, а більшість будівель застраховані. Рівень ризику загибелі людей та економічних збитків від паводків у цій місцевості, порівняно з ситуацією С, нижчий, оскільки здатність адаптуватися до паводків у цій місцевості є кращою.

6. <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/>

7. <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>

8. https://www.adaptationcommunity.net/download/va/vulnerability-guides-manuals-reports/vuln_source_2017_EN.pdf

9. <https://www.giz.de/en/downloads/giz2021-en-climate-related-risk.pdf>

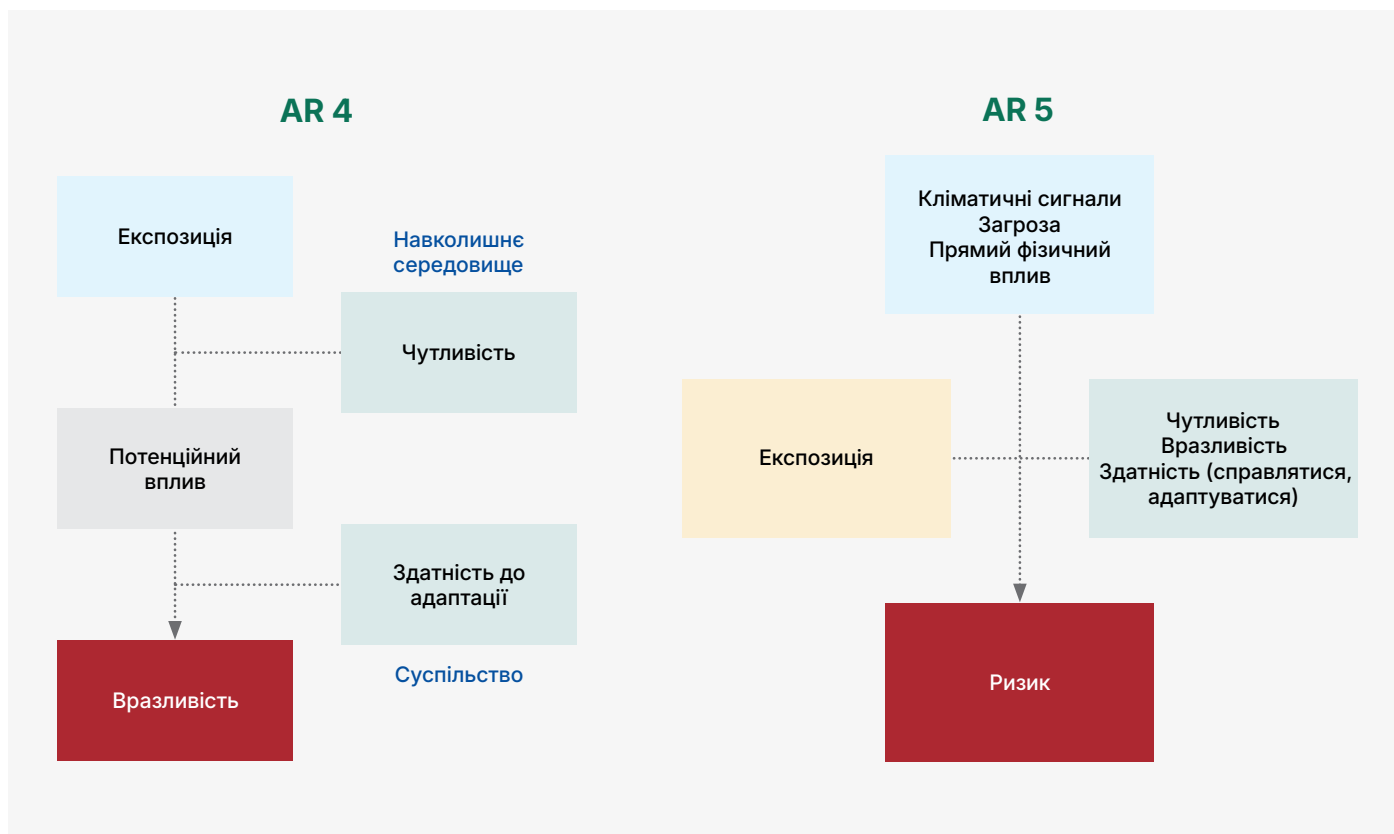
10. <https://klimatokaita.lt/adaptation-to-climate-change/project-climadapt-lt/>

11. https://www.adaptationcommunity.net/download/va/vulnerability-guides-manuals-reports/vuln_source_2017_EN.pdf

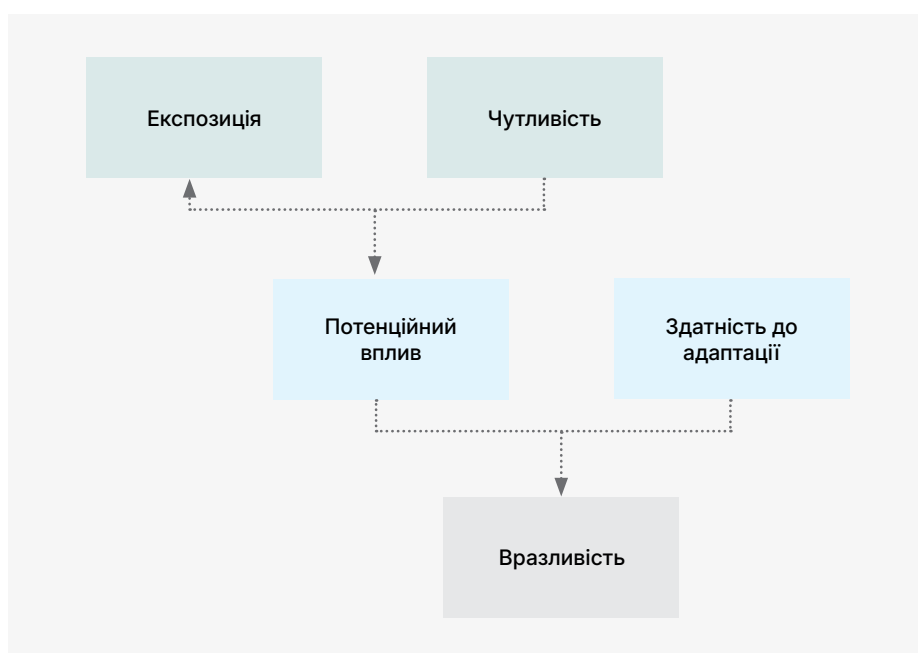
12. https://www.adaptationcommunity.net/wp-content/uploads/2021/12/GIZ_CRM_ConceptPaper.pdf

13. <https://www.gwp.org/en/CACENA/WE-ACT/projects/Programme-goal-and-components1/>

Оцінка ризиків може бути проведена за допомогою якісних або кількісних методів. Перший - експертний підхід — дозволяє визначити якісні рівні всіх трьох факторів ризику у разі відсутності доступних методологій та необхідних даних. В зазначених вище випадках рівень ризику оцінюється якісно, на основі висновків експертів, які користувалися методикою 4-го та 5-го звітів:



Малюнок 6. Порівняння компонентів вразливості до зміни клімату (AP4) та кліматичного ризику (AP5). (Джерело: GIZ та EURAC 2017).¹⁴



Вплив (I) можна оцінити за формулою:

$$I = E * S / (E + S),$$

тобто коли експозиція висока, вплив пропорційний чутливості, $I \sim S$. Але коли експозиція низька, ефект пропорційний експозиції, $I \sim E$.

Вразливість (V) можна оцінити за формулою:

$$V = I * A / (I + A),$$

тобто коли вплив високий, вразливість пропорційна адаптивній здатності, $V \sim A$. Але коли вплив низький, вразливість пропорційна впливу, $V \sim I$.

Малюнок 7.

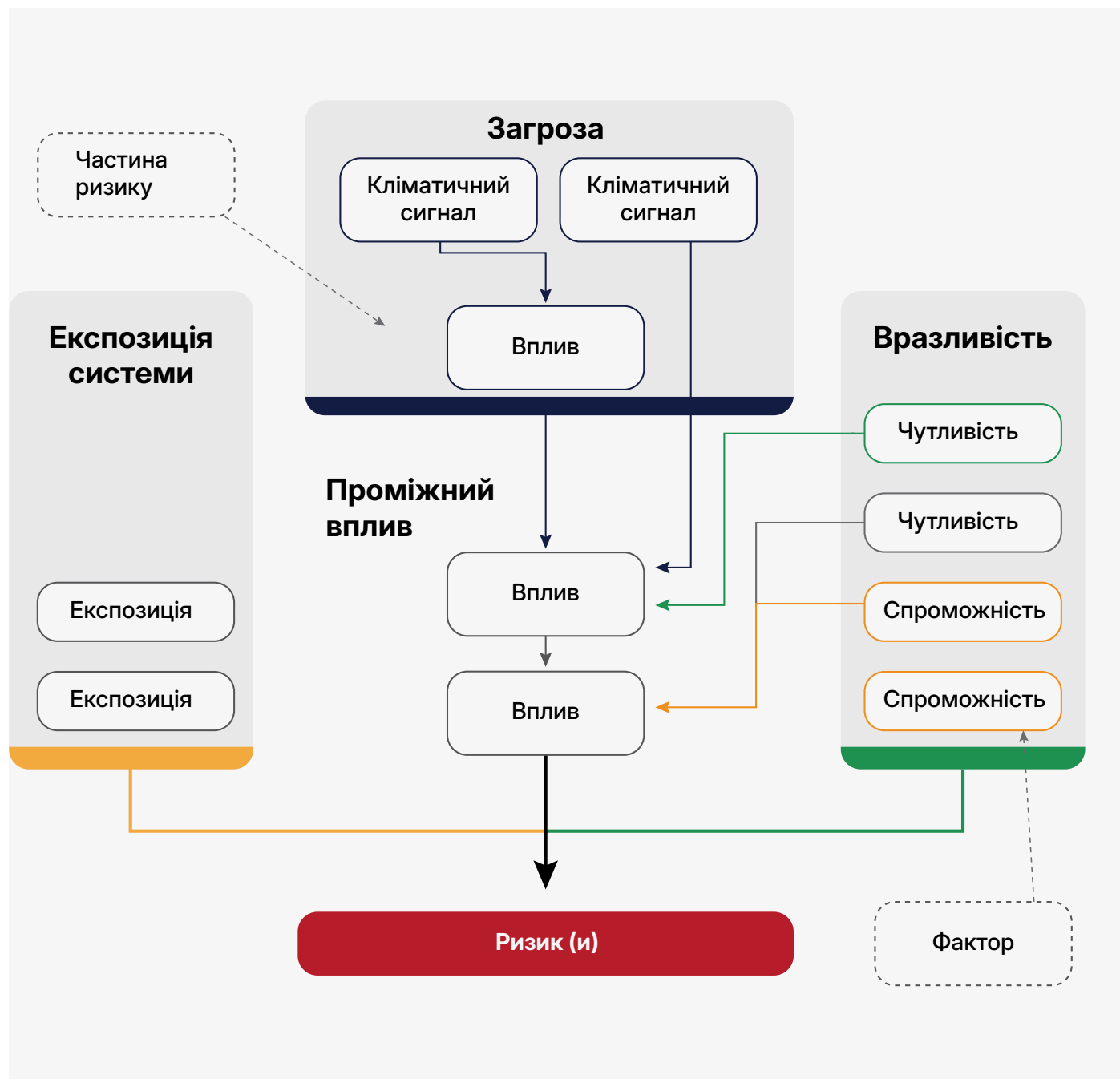
Компоненти вразливості до зміни клімату. (Джерело: GIZ та EURAC 2017).¹⁴

14. GIZ-2017_Risk-Supplement-to-the-Vulnerability-Sourcebook.pdf

Таким чином, в стаціонарних умовах і в гармонійному наближенні (коли чутливість і вплив малі) вплив (I) може бути оцінений як рівний тиску (P) і, отже, пропорційний величині зміни індексу драйвера кліматичного впливу (Δ). У цьому випадку **вразливість** (V) та **ризик** (R) можуть бути оцінені експертами як пропорційні зміні індексу драйверів – Δ , у досліджуваній зоні.

На прикладі литовського проекту ми побачили, що у випадках, коли експерти не могли отримати чітке уявлення про масштаби впливу або вразливості, вони переходили до прямої оцінки величини впливу на клімат на основі оцінки величини зміни індексу драйверів кліматичного впливу – Δ .

У тих випадках, коли доступно більше даних про загрози, експозицію та вразливість, ми пропонуємо використовувати підхід Керівних принципів GIZ:¹⁵



Малюнок 8. Структура та ключові елементи ланцюга впливу (Джерело: GIZ та EURAC 2017).¹⁴

15. (GIZ, EURAC & UNU-EHS (2018): Climate Risk Assessment for Ecosystem-based Adaptation – A guidebook for planners and practitioners. Bonn: GIZ., <https://www.adaptationcommunity.net/wp-content/uploads/2018/06/giz-eurac-unu-2018-en-guidebook-climate-risk-asessment-eba.pdf>)

де Ризик оцінюється за формулою

$$\text{Risk} \sim E * H * V,$$

де H — загроза, E — експозиція, а вразливість (V), у свою чергу, можна оцінити за формулою:

$$V = S/A,$$

де S — чутливість, а A — адаптивна здатність, тому що V пропорційна S і обернено пропорційна A. Враховуючи, що Rs (Resilience) обернено пропорційна чутливості — $Rs \sim 1/S$, формула ризику для розрахунку оцінки ризику буде виглядати наступним чином:

$$\text{Risk} \sim H * E * S/A, \text{ або}$$

$$\text{Risk} \sim H * E / R_s * A.$$

Такий підхід дає можливість оцінити ефективність і результативність зниження ризику за рахунок зниження кожного його множника.

Нагадуємо, що ключ до успіху планів адаптації полягає в тому, щоб показати інвесторам, які множники ризику ви збираєтеся скорочувати та як ви збираєтеся їх скорочувати.

При оцінці заходів щодо зниження ризику за формулою Ризик $\sim H * E * S/A$, загроза H та експозиція E тепер оцінюються переважно чисельно, а чутливість S та адаптивна здатність A оцінюються переважно за допомогою експертної оцінки через відсутність даних та методів. Експертна оцінка не дозволяє розрахувати абсолютні значення ризиків, але дозволяє надати відносні, порівняльні оцінки ризиків. Наприклад, моделюючи певні заходи щодо зниження чутливості S і підвищення адаптаційної здатності A, можна вибрати найбільш ефективні і вигідні методи зниження ризику.

Наведемо декілька прикладів застосування формули **Ризик $\sim H * E * S/A$** для ситуації в Україні, де, згідно з доповіддю Світлани Краковської Overall climate change impact assessment for Ukraine¹⁶, найбільш значними для Півночі України загрозами є

1. Екстремальна спека.
2. Пожежна небезпека та
3. Екстремальні опади для таких впливів зміни клімату:
 - вплив на продовольство,
 - вплив на здоров'я,
 - вплив на інфраструктуру.

Для **впливу на продовольство** від екстремальної спеки H1 розраховуємо ризик так:

$$\text{Ризик} \sim H1 * (1/A_{ag}) * (E1 * S1 + E2 * S2 + ...) / (E1 + E2 +), \text{ де}$$

A_{ag} — адаптаційна здатність агросектору;

$E1, E2$ — щільність с/г культур 1, 2 на км^2 ;

$S1, S2$ — чутливість культур 1, 2 до впливу спеки H1

16. <https://ukrainian-climate-office.org/en/knowledge-hub/overall-climate-change-impact-assessment-for-ukraine/>

Для **впливу на здоров'я** від екстремальної спеки Н1 розраховуємо ризик так:

Ризик ~ $H1 * (1/Aconst) * (E1 * S1 + E2 * S2 + ...) / (E1 + E2 +)$, де

Aconst — адаптаційна здатність муніципального сектору планування;

E1 — кількість затіненої або вкритої зеленню площі на км², E2 — кількість незатіненої або не вкритої зеленню площі на км², S1 — чутливість людей до спеки в затінених або вкритих зеленню приміщеннях, S2 — чутливість людей до спеки Н1 в незатінених або не вкритих зеленню приміщеннях до впливу Спеки.

Для **впливу на здоров'я** від пожежної небезпеки Н2 розраховуємо ризик так:

Ризик ~ $H2 * (1/Awatmgmt) * (E1 * S1 + E2 * S2 + ...) / (E1 + E2 +)$, де

Awatmgmt — адаптаційна здатність системи водного управління;

E1 — кількість зволжених торфовищ на км², E2 — кількість осушених торфовищ на км², S1 — чутливість зволжених торфовищ до впливу Пожежної небезпеки, S2 — чутливість осушених торфовищ до впливу Пожежної небезпеки.

Для **впливу на інфраструктуру** зважуємо ризик так:

Ризик ~ $H3 * (1/Адснс * (E1 * S1 + E2 * S2 + ...) / (E1 + E2 +))$, де

Адснс — адаптаційна здатність дснссектору*;

E1 — кількість дерев'яних, незахищених або безпальових будинків в зоні затоплення,

E2 — кількість бетонних, захищених або пальових будинків в зоні затоплення,

S1 — чутливість (ступінь пошкодження) дерев'яних, незахищених або безпальових будинків в зоні затоплення до дощового паводку,

S2 — чутливість (ступінь пошкодження) бетонних, захищених або пальових будинків до дощового паводку Н3.

Підбираючи різні значення експозиції та чутливості можна заздалегідь оцінити як шляхом зміни культур, розширення зелених насаджень, зволоження торфовищ, захисту будинків в зоні затоплення ризики **для продовольства, здоров'я та інфраструктури** можуть бути зменшені або underwriten. Якщо якісь параметри E, S або A не можуть бути розраховані, слід використовувати якісну експертну оцінку цих параметрів, охоплюючи якнайширші кола стейкхолдерів.