

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2026-84-25>

УДК 368.012:551.583

# ЕВОЛЮЦІЯ АНДЕРРАЙТИНГУ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН: МЕТОДИКА АДАПТАЦІЇ ТАРИФНОЇ ПОЛІТИКИ СТРАХОВИКА

## THE EVOLUTION OF UNDERWRITING IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE: A METHODOLOGY FOR ADAPTING AN INSURANCE COMPANY'S PRICING POLICY

**Пікус Руслана Володимирівна**

кандидат економічних наук, професор,  
професор кафедри страхування, банківської справи та ризик-менеджменту,  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1951-148X>

**Черкасенко Владислав Юрійович**

аспірант,  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5421-4815>

**Pikus Ruslana, Cherkasenko Vladyslav**

Taras Shevchenko National University of Kyiv

У статті досліджено трансформацію підходів до андеррайтингу в умовах посилення кліматичних ризиків. Доведено, що еволюція андеррайтингу в умовах кліматичних змін має системний характер. Визначено напрям трансформації підходів до оцінки ризиків в умовах кліматичних змін. Обґрунтовано необхідність модернізації тарифної політики страховиків з урахуванням зростання частоти та інтенсивності екстремальних погодних явищ. Проаналізовано сучасні методи оцінювання кліматичних ризиків, включаючи використання великих даних, катастрофічного моделювання та ESG-підходів. Запропоновано методологічну модель адаптації тарифної політики страхових компаній, що базується на інтеграції кліматичних сценаріїв, регіональної диференціації ризиків та динамічного ціноутворення. Розроблена гібридна модель тарифоутворення забезпечує поєднання актуарної обґрунтованості, стратегічної гнучкості та ринкової конкурентоспроможності.

**Ключові слова:** андеррайтинг, кліматичні зміни, страхові ризики, тарифна політика, катастрофічне моделювання, ESG, актуарні розрахунки.

The article examines the transformation of approaches to underwriting under conditions of increasing climate risks. It is demonstrated that the evolution of underwriting in the context of climate change has a systemic nature. The direction of the transformation of approaches to risk assessment under climate change has been identified – from retrospective statistical extrapolation to a scenario-oriented, geospatially detailed, and stochastically adaptive approach. It is proven that traditional actuarial methods based solely on historical data show limited predictive power in an environment of nonlinear climate trends, increasing frequency of extreme events, and strengthening correlations between risks. The necessity of modernizing insurers' tariff policies considering the growing frequency and intensity of extreme weather events is justified, particularly through integrating catastrophe modeling and scenario-stress analysis based on climate trajectories. A model for adapting the tariff policy of insurance companies is proposed, based on the integration of climate scenarios, regional risk differentiation, and dynamic pricing. The developed economic-mathematical model of the optimal tariff formalizes the dependence of claim frequency on the climate index, accounts for the extreme nature of loss distributions, and integrates solvency requirements through a VaR constraint. The developed hybrid tariff-setting model ensures a combination of actuarial soundness, strategic flexibility, and market competitiveness. The theoretical significance lies in advancing the concept of climate-oriented underwriting as a component of the financial risk-management system. The methodological novelty consists in combining stochastic modeling, scenario analysis, Solvency II principles, and behavioral demand parameters within a single optimization framework. The practical significance is defined as the potential for adapting the proposed



model to tariff setting by Ukrainian insurers in the process of integration into the European regulatory space and during post-war reconstruction.

**Keywords:** underwriting, climate change, insurance risks, tariff policy, catastrophe modeling, ESG (Environmental, Social, and Governance), actuarial calculations

**Постановка проблеми.** В сучасних умовах кліматичні ризики суттєво впливають на економічну стабільність будь якої країни, формують соціальні ризики, які, в свою чергу, обумовлюють низький рівень добробуту в суспільстві. Кліматичні ризики входять до ключових викликів XXI століття, оскільки зумовлюють підвищення вразливості фінансових систем та ринків. Їхні прояви відчутні у погіршенні кліматичних умов, які проявляються в підвищеній частоті настання й екстремальності стихійних лих, що безпосередньо впливає на рівень страхових збитків і фінансову стійкість страхових компаній.

Найбільш потужні міжнародні перестраховальні групи інформують, що за останні десятиліття обсяг страхових виплат за наслідками природних катастроф суттєво зріс. Це свідчить про те, що традиційні підходи до андеррайтингу страхових компаній, що базуються на історичних даних, стають менш релевантними і втрачають прогностичну точність в умовах нелінійних кліматичних змін. Як наслідок, страхові зобов'язання стають недооціненими, тарифи – економічно необґрунтованими, суттєво знижується платоспроможність страхової компанії.

В цих умовах виникає потреба трансформації андеррайтингу як інструменту оцінки ризику із ретроспективного стану в динамічну систему. Виконання цього завдання неможливе без адаптації тарифної політики страховика до особливої ризикогенності кліматичних змін. Страховий тариф є базисом щодо встановлення фінансових взаємовідносин страхувальника і страховика, формує доступність страхового захисту і забезпечує фінансову стійкість страхової компанії. Надмірна збитковість страхових операцій, зменшення обсягів страхового покриття, а також зростання рівня непокритих страхуванням ризиків є головними наслідками необґрунтованої тарифної політики страховика в умовах кліматичних змін [12, с. 18–22].

Актуальність проблеми суттєво посилюється в умовах підвищення регуляторних вимог до управління ризиками та капіталом страховиків, що формує необхідність врахування кліматичних ризиків у фінансових моделях. Для страхових компаній це озна-

чає потребу інтеграції кліматичних факторів в андеррайтинг і тарифоутворення, а також розробки нових методик адаптації тарифної політики до довгострокових кліматичних трендів.

Отже, проблематика еволюції андеррайтингу в умовах кліматичних змін та методики адаптації тарифної політики страховика є вкрай актуальною. Вона є основою формування системи ризик-менеджменту в страховому бізнесі, забезпечення фінансової стійкості страховиків та ефективного страхового захисту страхувальників в умовах зростаючої кліматичної невизначеності. Особливої актуальності набуває ця проблема для України, де кліматичні ризики поєднуються з інфраструктурною вразливістю та процесами відбудови.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Міжнародні дослідження (Swiss Re, Munich Re, IPCC (Міжурядова група експертів зі зміни клімату) підкреслюють необхідність переходу від статичних моделей оцінювання ризиків до прогнозно-сценарних підходів. Задля вирішення цього завдання розроблено іновативні продукти, які дозволяють страховикам моделювати ризики в часовій перспективі та планувати адаптаційні заходи [1]. Для інтеграції кліматичних ризиків у бізнес-аналіз і звітність, що включають дані моделей та кліматичні сценарії щодо оцінки та управління ризиками, швидкого розповсюдження набув інструментарій Swiss Re Sustainability Compass [2], який дозволяє аналізувати вплив кліматичних трендів на бізнес-ризиків [3].

Рішення для оцінки фізичних кліматичних ризиків, які дозволяють оцінювати ризики за різними майбутніми траєкторіями зміни клімату, розроблені і впроваджуються Munich Re «Climate Change Edition» / Location Risk Intelligence – [4].

Проблематика впливу кліматичних змін на страхову діяльність активно досліджується в міжнародній науковій та аналітичній літературі протягом останніх двох десятиліть. Основні напрями досліджень доцільно поділити на три групи: макроекономічні підходи щодо виявлення впливу кліматичних ризиків і змін на систему фінансових відносин [6]; актуарні підходи до моделювання кліматичних ризиків [15]; трансформація корпоративного управ-

ління ризиками в контексті ESG та сталого розвитку [16-18].

Сильними та перспективними сторонами цих підходів є: використання стохастичного моделювання; врахування екстремальних значень (fat tails); інтеграція геопросторових даних. Водночас існують певні обмеження. Найбільш вагомими із них є висока залежність моделей від припущень, складність валідації довгострокових кліматичних сценаріїв, висока вартість впровадження для страховиків країн із ринками, що розвиваються.

У наукових працях сучасних економістів та актуаріїв акцентується увага на необхідності інтеграції кліматичних моделей у фінансове планування страхових компаній. Разом з тим, питання системної адаптації тарифної політики з урахуванням регіональних особливостей та ринків, що розвиваються, потребують подальшого дослідження.

В українських наукових дослідженнях проблематика кліматичних ризиків у страхуванні перебуває на етапі формування. Переважно розглядаються питання аграрного страхування та страхування майна від наслідків стихійних явищ. Недостатньо уваги приділяється інтеграції кліматичних сценаріїв у андеррайтинг, цифровізації процесу оцінювання ризиків, регіональній диференціації тарифів з урахуванням змін клімату, взаємозв'язку між кліматичними ризиками та платоспроможністю страховиків.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Проведений вище аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить, що спостерігається суттєвий розрив між міжнародною теоретичною базою зазначеної проблеми та практикою її застосування на національному рівні.

Зокрема, міжнародні дослідження достатньо глибоко розкривають макроекономічні та актуарні аспекти кліматичних ризиків, однак бракує прикладних моделей щодо трансформації тарифної політики страхової компанії. Існуючі катастрофічні моделі мають високий потенціал, однак потребують адаптації до регіональних особливостей. Сценарний підхід є методологічно перспективним, проте потребує інтеграції з коротко- та середньостроковим тарифним плануванням.

В українському науковому просторі проблема кліматично орієнтованого андеррайтингу залишається недостатньо дослідженою. В умовах, коли кліматичні ризики поєднуються з інфраструктурною вразливістю та процесами відбудови, нагальним питанням є

формування комплексної методики, яка поєднує актуарні моделі, сценарний аналіз, геопросторову сегментацію та принципи сталого розвитку в єдину систему адаптивного андеррайтингу.

**Формування цілей статті (постановка завдання).** Метою дослідження є розробка методичного підходу до адаптації тарифної політики страховиків в умовах кліматичних змін шляхом трансформації інструментарію андеррайтингу.

Для досягнення поставленої мети в роботі були вирішені наступні завдання:

1. Охарактеризовано трансформацію підходів до андеррайтингу в умовах посилення кліматичних ризиків.

2. Обґрунтовано необхідність модернізації тарифної політики страховиків з урахуванням зростання частоти та інтенсивності екстремальних погодних явищ.

3. Визначено переваги і недоліки сучасних методів оцінювання кліматичних ризиків, включаючи використання великих даних, катастрофічного моделювання, з урахуванням екологічних, соціальних і управлінських факторів (ESG-підходів).

4. Розроблено методологічну модель адаптації тарифної політики страхових компаній, що базується на інтеграції кліматичних сценаріїв, регіональної диференціації ризиків та динамічного ціноутворення.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Андеррайтинг – це професійна оцінка ризиків фінансовими установами (банками, страховими компаніями) для прийняття рішень щодо видачі кредитів, укладання договорів страхування або випуску цінних паперів. Фахівець (андерайтер) аналізує інформацію з метою визначення справедливої ціни ризику, процентної ставки чи страхового тарифу мінімізуючи втрати компанії [7, с. 25–30].

Основними сферами застосування андеррайтингу є страхування, банківська справа та операції з цінними паперами. Традиційно андеррайтинг в страхуванні передбачає: оцінку ризику, класифікацію страхувальників, визначення тарифу, управління портфелем ризиків. Банківський андеррайтинг та андеррайтинг цінних паперів націлені на мінімізацію ризиків суб'єктів господарювання. Отже, процес андеррайтингу включає збір інформації, оцінку ризику та прийняття рішення про згоду на угоду [11, с. 1041–1043].

В умовах кліматичних змін відбувається еволюція від реактивної до проактивної моделі андеррайтингу в усіх сферах. Це озна-

чає врахування кліматичних сценаріїв (RCP / SSP), геопросторових даних, довгострокових трендів температури, опадів та індексів природних катастроф [5, с. 33–38].

Визначаючи вплив кліматичних змін на тарифну політику страховика слід констатувати, що кліматичні зміни спричиняють не тільки підвищення очікуваної частоти страхових випадків, збільшення середнього розміру збитків, а й зростання кореляції між ризиками. Відповідно це зумовлює необхідність переходу до ризик-орієнтованого ціноутворення, використання катастрофічних моделей (Cat Models), регіональної диференціації тарифів, запровадження франшиз та лімітів відповідальності [9, с. 284–286].

Наразі, найбільш розповсюдженою методикою адаптації тарифної політики є п'ятиетапна модель адаптації, що представлена на рисунку 1.

Окремо необхідно відзначити роль в цьому процесі цифровізації, Big Data, супутникового моніторингу, застосування IoT-сенсорів та штучного інтелекту, які дозволяють зробити більш точними оцінки ризиків та суттєво вплинути, з точки зору досягнення мінімального рівня, на асиметрію інформації [15, с. 20–26].

В Україні впровадження таких технологій може стати конкурентною перевагою страховиків у процесі інтеграції до європейського фінансового простору.

До альтернативних методів визначення страхового тарифу в умовах кліматичних змін слід віднести порівняльний аналіз та оцінку ефективності.

Визначимо зміст актуарного методу визначення тарифу на основі історичних даних (традиційний підхід) [10, с. 579–582].

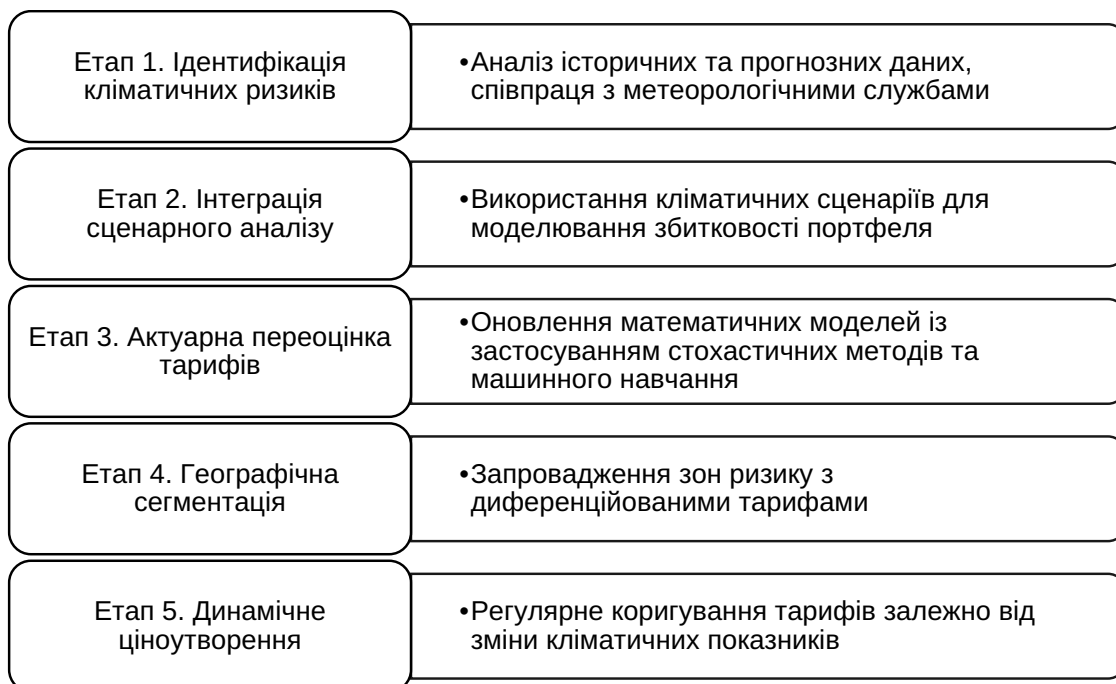
Сутність даного методу полягає в тому, що тариф формується на основі статистики минулих страхових випадків та розраховується за формулою:

$$T = \frac{E(L)}{S} + \alpha \tag{1}$$

де  $E(L)$  – очікуваний розмір збитків,  
 $S$  – страхова сума,  
 $\alpha$  – навантаження (адміністративні витрати, прибуток, резерви).

Перевагами даного методу є: простота застосування, відповідність класичним актуарним стандартам, зрозумілість для регулятора. До недоліків можна віднести, насамперед, неможливість врахування структурних кліматичних зрушень, екстраполяція минулих даних стає менш релевантною, має місце недооцінка «хвостів розподілу» (extreme events) [12, с. 34–38].

Даний метод можна рекомендувати страховикам для короткострокового планування, однак в умовах кліматичної нестабільності



**Рис. 1. Модель адаптації тарифної політики**

*Джерело: сформовано авторами на основі [16–18]*

такий підхід має обмежену прогностичну цінність.

Катастрофічне моделювання (Cat Modeling) – це використання стохастичних моделей для симуляції великої кількості сценаріїв природних катастроф із розрахунком ймовірнісного розподілу збитків:

$$T = \frac{PML \times p}{S} + \alpha \quad (2)$$

де PML – probable maximum loss (ймовірний максимальний збиток),

p – ймовірність настання події,

S – страхова сума,

$\alpha$  – навантаження (адміністративні витрати, прибуток, резерви) [14, с. 18–22].

Перевагами даного методу є врахування екстремальних ризиків, можливість геопроторової деталізації, застосування сценарного аналізу. При цьому основними недоліками слід вважати високу вартість програмного забезпечення, складність адаптації до локального ринку, залежність від припущень моделі [15, с. 12–16].

В цілому, даний метод є найбільш адекватним для страхування майна та аграрних ризиків в умовах кліматичних змін, проте потребує значних інвестицій у дані та IT-інфраструктуру.

Сценарно-стресовий метод (climate stress pricing) передбачає, що тариф формується з урахуванням кількох кліматичних сценаріїв (RCP / SSP). Отже, розраховується середньозважене значення очікуваних збитків:

$$T = \sum_{i=1}^n w_i \times \frac{E(L_i)}{S} + \alpha \quad (3)$$

де  $w_i$  – ймовірність реалізації сценарію,

n – загальна кількість сценаріїв,

i – номер сценарію,

S – страхова сума,

$\alpha$  – навантаження,

E(L<sub>i</sub>) – очікуваний збиток у межах сценарію [5, с. 40–45].

Перевагами сценарно-стресовий методу є врахування, насамперед, довгострокових кліматичних трендів, а також інтеграція в систему управління ризиками (ERM) та узгодженість із регуляторними вимогами (Solvency II, ESG). Проте, існують і недоліки, що проявляються у високій невизначеності ваг сценаріїв, складності короткострокової імплементації та ризику суб'єктивності оцінок. Таким чином, цей метод можна вважати перспективним інструментом стратегічного тарифоутворення, особливо для великих страхових компаній [6, с. 28–32].

Метод машинного навчання (ML-based pricing) є інноваційним і найбільш сучасним методом, який передбачає використання алгоритмів (градієнтний бустинг, нейронні мережі) для прогнозування частоти та в'язкості збитків на основі великих масивів кліматичних і геоданих.

Перевагами машинного навчання є висока точність прогнозування, адаптивність та автоматизація процесу андеррайтингу. Серед недоліків доцільно назвати, насамперед, непрозорість алгоритмів («black box effect»), складність регуляторного погодження, наявність ризику алгоритмічної дискримінації [13, с. 52–58].

Відповідно, метод демонструє найвищу прогностичну ефективність, однак потребує нормативного врегулювання та контролю.

Індексний (параметричний) метод передбачає, що тариф прив'язується до погодного або кліматичного індексу (кількість опадів, температура, швидкість вітру). Виплата здійснюється при перевищенні порогового значення:

$$T = f(I) \quad (4)$$

де I – кліматичний індекс [7, с. 63–70].

Перевагами індексного (параметричного) методу можна вважати мінімізацію морального ризику, швидкість виплат, а також зниження адміністративних витрат. Базисний ризик (невідповідність індексу реальному збитку) та обмежена універсальність є недоліками зазначеного підходу [10, с. 580–583].

В цілому індексний (параметричний) метод є ефективним для сільськогосподарського страхування та страхування масових ризиків, особливо в регіонах із високою кліматичною волатильністю [12, с. 41–45].

ESG-коригований тариф передбачає, що тариф зменшується або збільшується залежно від рівня кліматичної стійкості об'єкта страхування (енергоефективність, адаптаційні заходи) та визначається за формулою:

$$T = T_{base} \times (1 - k_{ESG}) \quad (5)$$

де  $T_{base}$  – базовий тариф,

$k_{ESG}$  – коефіцієнт ESG (екологічність/стійкість) [8, с. 34–39].

Зазначений підхід дозволяє стимулювати превентивну поведінку клієнтів, забезпечувати відповідність принципам сталого розвитку, зменшувати довгострокову збитковість. Ці характеристики слід вважати перевагами методу. До недоліків слід віднести складність оцінки ESG-показників та потребу стандартизації критеріїв [16, с. 21–26].

Таблиця 1

**Порівняльна оцінка альтернативних методів визначення страхового тарифу  
в умовах кліматичних змін**

Метод	Точність	Вартість впровадження	Адаптивність	Доцільність для України
Історичний	Низька (в довгостроковій перспективі)	Низька	Низька	Обмежена
Cat Modeling	Висока	Висока	Середня	Доцільний для великих страховиків
Сценарний	Середня-висока	Середня	Висока	Перспективний
ML-підхід	Дуже висока	Висока	Дуже висока	Перспективний за умови цифровізації
Індексний	Середня	Низька-середня	Середня	Ефективний в агросекторі
ESG-коригований	Середня	Середня	Висока	Стратегічно доцільний

*Джерело: сформовано авторами*

ESG-коригований тариф має значний потенціал для повоєнної відбудови України, сприяючи впровадженню енергоефективних стандартів.

Порівняльна оцінка альтернативних методів визначення страхового тарифу в умовах кліматичних змін наведена в таблиці 1.

Таким чином, в умовах кліматичних змін оптимальною слід вважати гібридну модель тарифоутворення, яка поєднує:

- катастрофічне моделювання для оцінки екстремальних ризиків;
- сценарний аналіз для стратегічного планування;
- ML-алгоритми для оперативного коригування;
- ESG-коефіцієнти для стимулювання превентивної поведінки.

Для України найбільш реалістичною може бути поетапна модель, яка включає:

- впровадження індексного страхування та сценарного аналізу;
- поступова інтеграція Cat-моделей;
- цифровізація андеррайтингу з використанням ML.

Отже, доцільною є пропозиція щодо формалізованої економіко-математичної моделі оптимального страхового тарифу в умовах кліматичних змін, яка інтегрує частоту та в'язкість збитків, кліматичні сценарії, ризик екстремальних подій і вимоги до платоспроможності страховика.

Реалізацію такої моделі можна описати на прикладі, коли страховик формує тариф (Т)

для ризику, чутливого до кліматичних змін. Мета – визначити такий тариф, який:

- покриває очікувані збитки;
- забезпечує нормативну платоспроможність;
- мінімізує ризик банкрутства;
- зберігає конкурентоспроможність.

Задача формулюється як оптимізаційна:

$$\max_T = \Pi(T) \quad (6)$$

за умови:

$$P(U_T < 0) \leq \varepsilon$$

де  $\Pi(T)$  – очікуваний прибуток,

$U_T$  – кінцевий резерв страховика,

$\varepsilon$  – допустима ймовірність дефіциту капіталу [15, с. 27–33].

Модель страхового збитку на першому етапі передбачає визначення частоти страхових випадків, коли кількість страхових подій (N) має розподіл Пуассона:

$$N \approx \text{Poisson}(\lambda(c))$$

де  $\lambda(c)$  – інтенсивність подій, залежна від кліматичного індексу (c) [9, с. 284–287].

Модель залежності:

$$\lambda(c) = \lambda_0 e^{\beta c} \quad (7)$$

де  $\lambda(c)$  – інтенсивність страхових подій,

$\lambda_0$  – базова інтенсивність,

$e$  – експоненційне зростання ( $\approx 2,71828$ ),

$\beta$  – параметр чутливості до кліматичних змін,

$c$  – кліматичний індекс [9, с. 284–287].

На другому етапі визначається в'язкість збитків. Розмір окремого збитку (X) має уза-

гальнений екстремальний розподіл (GEV або Pareto для «хвостів»):

$$X \approx \text{Pareto}(x_m, \alpha(c)) \quad (8)$$

де  $X$  – розмір збитку,  
 $x_m$  – мінімальний збиток,  
 $\alpha(c)$  – параметр товщини «хвоста» розподілу [13, с. 68–75].

Очікуване значення розраховуватиметься за виразом:

$$E(X) = \frac{\alpha(c)x_m}{\alpha(c)-1} \quad (9)$$

Де  $E(X)$  – середній розмір збитку,  
 $x_m$  – мінімальний збиток,  
 $\alpha(c)$  – параметр товщини «хвоста» розподілу Парето [15, с. 27–33].

На третьому етапі визначається сукупний збиток портфеля за формулою:

$$L = \sum_{i=1}^N X_i \quad (10)$$

Де  $L$  – загальний збиток,  
 $N$  – кількість подій,  
 $X_i$  – кожен окремий збиток [15, с. 27–33].  
 Математичне сподівання розраховуватиметься за формулою:

$$E(L) = \lambda(c) \cdot E(X)$$

Де  $E(L)$  – математичне сподівання,  
 $\lambda(c)$  – інтенсивність страхових подій,  
 $E(X)$  – середній розмір збитку [15, с. 27–33].  
 Базова тарифна формула визначатиме нетто-тариф:

$$T_{\text{net}} = E(L) / S \quad (11)$$

де  $E(L)$  – математичне сподівання,  
 $S$  – страхова сума [15, с. 27–33].  
 Ризикова надбавка (risk loading) визначається за використання принципу варіаційного навантаження:

$$T = \frac{E(L)}{S} + \theta \frac{\sqrt{\text{Var}(L)}}{S} \quad (12)$$

де  $\theta$  – коефіцієнт ризикової надбавки.  
 Оскільки:

$$\text{Var}(L) = \lambda(c) \text{Var}(X) + \lambda(c) (E(X))^2,$$

тариф зростає нелінійно зі зростанням кліматичного індексу [12, с. 46–52].

Сценарно-зважена модель передбачає існування ( $n$ ) кліматичних сценаріїв з вагами ( $w_i$ ):

$$T = \sum_{i=1}^n w_i \left( \frac{E(L_i)}{S} + \theta \frac{\sqrt{\text{Var}(L_i)}}{S} \right) \quad (13)$$

Де  $T$  – оптимальний страховий тариф,  
 $n$  – кількість кліматичних сценаріїв,

$w_i$  – вага (ймовірність) сценарію  $i$ ,  
 $E(L_i)$  – очікуваний збиток сценарію  $i$ ,  
 $\text{Var}(L_i)$  – дисперсія сукупного збитку в сценарії  $i$ ,

$S$  – страхова сума,  
 $\theta$  – коефіцієнт ризикової надбавки [13, с. 68–75].

Умова платоспроможності (VaR-обмеження) передбачає вимогу:

$$T \geq \frac{\text{VaR}_\alpha(L)}{S} \quad (14)$$

де  $\text{VaR}_\alpha$  – квантиль розподілу сукупного збитку [12, с. 46–52].

Для розподілу Пуассона-Парето застосовується наближена оцінка через метод Панжера або Монте-Карло [13, с. 68–75].

Отже, в оптимізаційній задачі функція прибутку матиме вигляд:

$$\Pi(T) = T S - E(L) - C \quad (15)$$

де  $C$  – адміністративні витрати.

З урахуванням еластичності попиту:

$$D(T) = D_0 e^{-\eta T}$$

де  $D(T)$  – попит на страхові договори при тарифі  $T$ ,

$\eta$  – цінова еластичність,

$D_0$  – базовий попит,

$e$  – експонента ( $\approx 2.71828$ ),

$\alpha$  – параметр цінової еластичності попиту,

$T$  – страховий тариф [12, с. 46–52].

Тоді вираз можна представити у вигляді:

$$\max_T [T D(T) S - E(L) D(T) - C]$$

Звідси оптимальний тариф:

$$T^* = \frac{1}{\eta} \left( 1 - \frac{\eta E(L)}{S} \right) \quad (16)$$

з урахуванням обмеження платоспроможності:

$$T = \max \{T_{\text{risk}}, T_{\text{VaR}}\}$$

Таким чином, оптимальний тариф зростає при:

- підвищенні кліматичного індексу ( $c$ );
- зменшенні параметра ( $\alpha$ ) (товстіші «хвости»);
- збільшенні інтенсивності ( $\lambda$ );
- посиленні регуляторних вимог до капіталу [9, с. 284–287].

До переваг запропонованої моделі слід віднести, насамперед, врахування екстремальних подій, інтеграцію кліматичного фактору, поєднання ризик-менеджмент і ринкової конкуренції, а також сумісність з регуляторними вимогами європейського союзу Solvency II [15, с. 27–33].

**Висновки.** Результати дослідження свідчать, що еволюція андеррайтингу в умовах

кліматичних змін має системний характер і виходить за межі локальної модифікації тарифних формул. Кліматичний фактор трансформує саму логіку оцінювання ризику – від ретроспективної статистичної екстраполяції до сценарно-орієнтованого, геопросторово деталізованого та стохастично-адаптивного підходу. Традиційні актуарні методи, що базуються виключно на історичних даних, демонструють обмежену прогностичну здатність у середовищі нелінійних кліматичних трендів, зростання частоти екстремальних явищ та посилення кореляції між ризиками.

У роботі обґрунтовано, що модернізація тарифної політики страховиків повинна відбуватися через інтеграцію кількох методичних компонентів: катастрофічного моделювання для оцінки «товстих хвостів» розподілу збитків, сценарно-стресового аналізу на основі кліматичних траєкторій, інструментів навчання для швидкої адаптації тарифів, ESG-коригування для врахування рівня кліматичної стійкості об'єкта страхування. Запропонована гібридна модель тарифоутворення забезпечує поєднання актуарної обґрунтованості, стратегічної гнучкості та ринкової конкурентоспроможності.

Розроблена економіко-математична модель оптимального тарифу формалізує залежність частоти страхових подій від кліматичного індексу, враховує екстремальний характер розподілу збитків та інтегрує вимоги до платоспроможності страховика через VaR-обмеження. На відміну від класичних підходів, модель поєднує ризикове навантаження, сценарну зваженість та еластичність попиту, що дозволяє оптимізувати тариф з позицій як фінансової стійкості, так і ринкової рівноваги. Доведено, що в умовах зростання кліматичної волатильності тариф має нелінійну залежність від інтенсивності екстремальних явищ та параметрів розподілу в'язкості збитків.

Теоретична значення роботи полягає у розвитку концепції кліматично орієнтованого андеррайтингу як складової системи управління фінансовими ризиками. Методична новизна полягає у поєднанні стохастичного моделювання, сценарного аналізу, принципів Solvency II та поведінкових параметрів попиту

в єдиній оптимізаційній постановці. Практичне значення можна визначити як можливість адаптації запропонованої моделі в тарифоутворення страховиками України в процесі інтеграції до європейського регуляторного простору та повоєнної відбудови.

Окремо доведено, що для ринків, що розвиваються, доцільним є поетапний перехід до складних моделей – від індексного та сценарного підходу до повномасштабного катастрофічного та ML-моделювання. Такий еволюційний підхід мінімізує інституційні та фінансові бар'єри впровадження, забезпечуючи водночас поступове підвищення точності оцінювання ризику.

Подальші наукові розвідки доцільно спрямувати на розробку національних кліматичних індексів, адаптованих до специфіки регіональної вразливості України, з урахуванням агрокліматичних зон, урбанізаційних факторів та інфраструктурних ризиків. Необхідним є створення відкритих геопросторових баз даних для страхового ринку, що дозволить зменшити інформаційну асиметрію та підвищити точність катастрофічного моделювання. Перспективним напрямом є дослідження впливу кліматичних ризиків на структуру перестраховування та визначення оптимальних меж утримання ризику (retention level) в умовах зростання PML. Це потребує моделювання багаторівневих портфельних структур та аналізу стійкості перестраховувальних програм до екстремальних сценаріїв. Окремої уваги потребує інтеграція кліматичних ризиків у національну систему пруденційного нагляду, зокрема адаптація принципів Solvency II до українських реалій, розробка кліматичних стрес-тестів для небанківського фінансового сектору та визначення вимог до розкриття кліматичної інформації страховиками.

Таким чином, розвиток кліматично адаптивного андеррайтингу є не лише актуарним завданням, а й елементом фінансової архітектури сталого розвитку. Системна інтеграція кліматичних сценаріїв у тарифну політику страховиків дозволяє мінімізувати довгострокові системні ризики, забезпечити стабільність страхового ринку та підвищити його роль у процесах економічної трансформації.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Swiss Re Climate Risk Services. URL: <https://corporatesolutions.swissre.com/insurance-services/climate-risk-services.html> (дата звернення 01.03.2026)
2. Swiss Re Sustainability Compass. URL: <https://corporatesolutions.swissre.com/insurance-services/risk-data-and-services/sustainability-compass-climate-risk-solution.html> (дата звернення 01.03.2026)

3. Natural catastrophes in 2023: gearing up for today's and tomorrow's weather risks. Zurich: Swiss Re Institute, 2024. 48 p.
4. Munich Re Climate Change Edition. URL: <https://www.munichre.com/rmp/en/products/location-risk-intelligence/climate-change-edition.html> (дата звернення 01.03.2026)
5. Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2023. 184 p.
6. Climate-related risk drivers and their transmission channels. Paris: Network for Greening the Financial System (NGFS), 2022. 62 p.
7. Cummins J. D., Mahul O. Catastrophe Risk Financing in Developing Countries: Principles for Public Intervention. Washington, DC: World Bank, 2009. 256 p.
8. Bolton P., Després M., Pereira da Silva L., Samama F., Svartzman R. The green swan: Central banking and financial stability in the age of climate change. Basel: Bank for International Settlements, 2020. 114 p.
9. Battiston S., Mandel A., Monasterolo I., Schütze F., Visentin G. A climate stress-test of the financial system. *Nature Climate Change*. 2017. Vol. 7. P. 283–288.
10. Kousky C. Informing climate adaptation: A review of the economic costs of natural disasters. *Energy Economics*. 2014. Vol. 46. P. 576–592.
11. Mills E. Insurance in a climate of change // *Science*. 2005. Vol. 309, Issue 5737. P. 1040–1044.
12. Climate Change Risk Assessment for the Insurance Industry. Geneva: The Geneva Association, 2021. 95 p.
13. Climate-related risk and financial stability. Frankfurt am Main: European Central Bank, 2021. 120 p.
14. Global Catastrophe Modelling Framework. Newark: Risk Management Solutions, 2020. 67 p.
15. Catastrophe Modeling and Climate Change: Managing the Uncertainty. Boston: AIR Worldwide, 2021. 54 p.
16. Eccles R. G., Krzus M. P. The Nordic Model: An Analysis of Leading Practices in ESG Disclosure. Boston: Harvard Business School, 2018. 52 p.
17. Brandon R., Krueger P., Schmidt P. ESG Rating Disagreement and Stock Returns. Working Paper. 2021. 57 p. URL: [https://www.ecgi.global/sites/default/files/working\\_papers/documents/gibsonkruegerschmidtfinal\\_1.pdf](https://www.ecgi.global/sites/default/files/working_papers/documents/gibsonkruegerschmidtfinal_1.pdf) (дата звернення 02.03.2026)
18. Berg F., Kölbel J., Rigobon R. Aggregate Confusion: The Divergence of ESG Ratings. 2019. URL: <https://ssrn.com/abstract=3438533> (дата звернення 02.03.2026)
19. Національний банк України. Огляд небанківського фінансового сектору. Київ: НБУ, 2023. 78 с.

## REFERENCES:

1. Swiss Re. *Climate Risk Services*. Available at: <https://corporatesolutions.swissre.com/insurance-services/climate-risk-services.html> (accessed 01 March 2026).
2. Swiss Re. *Sustainability Compass*. Available at: <https://corporatesolutions.swissre.com/insurance-services/risk-data-and-services/sustainability-compass-climate-risk-solution.html> (accessed 01 March 2026).
3. Swiss Re Institute. (2014). *Natural Catastrophes in 2023: Gearing Up for Today's and Tomorrow's Weather Risks*. Zurich: Swiss Re Institute, p. 48 .
4. Munich Re. *Climate Change Edition*. Available at: <https://www.munichre.com/rmp/en/products/location-risk-intelligence/climate-change-edition.html> (accessed 01 March 2026).
5. Intergovernmental Panel on Climate Change (2023). *Climate Change: Synthesis Report*. Geneva: IPCC, 2023, p. 184.
6. Network for Greening the Financial System (2022). *Climate-Related Risk Drivers and Their Transmission Channels*. Paris: NGFS, p. 62.
7. Cummins J. D., Mahul O. (2009). *Catastrophe Risk Financing in Developing Countries: Principles for Public Intervention*. Washington, DC: World Bank, p. 256.
8. Bolton P., Després M., Pereira da Silva L., Samama F., Svartzman R. (2020). *The Green Swan: Central Banking and Financial Stability in the Age of Climate Change*. Basel: Bank for International Settlements, p. 114.
9. Battiston S., Mandel A., Monasterolo I., Schütze F., Visentin G. (2017). A climate stress-test of the financial system. *Nature Climate Change*. Vol. 7, pp. 283–288.
10. Kousky C. (2014). Informing climate adaptation: A review of the economic costs of natural disasters. *Energy Economics*. Vol. 46, pp. 576–592.
11. Mills E. (2005). Insurance in a climate of change. *Science*. Vol. 309, Issue 5737, pp. 1040–1044.
12. The Geneva Association. (2021).. *Climate Change Risk Assessment for the Insurance Industry*. Geneva: The Geneva Association, p 95.

13. European Central Bank. (2021). *Climate-Related Risk and Financial Stability*. Frankfurt am Main: ECB, p. 120.
14. Risk Management Solutions. (2020). *Global Catastrophe Modelling Framework*. Newark: RMS, p. 67
15. AIR Worldwide. (2021). *Catastrophe Modeling and Climate Change: Managing the Uncertainty*. Boston: AIR Worldwide, 2021. 54 p.
16. Eccles R. G., Krzus M. P. (2018). *The Nordic Model: An Analysis of Leading Practices in ESG Disclosure*. Boston: Harvard Business School, p. 52
17. Brandon R., Krueger P., Schmidt P. (2021). ESG Rating Disagreement and Stock Returns. Working Paper. P. 57. Available at: [https://www.ecgi.global/sites/default/files/working\\_papers/documents/gibsonkruegerschmidtfinal\\_1.pdf](https://www.ecgi.global/sites/default/files/working_papers/documents/gibsonkruegerschmidtfinal_1.pdf) (accessed 02 March 2026).
18. Berg F., Kölbel J., Rigobon R. (2019). *Aggregate Confusion: The Divergence of ESG Ratings*. Available at: <https://ssrn.com/abstract=3438533> (accessed 01 March 2026).
19. Natsionalnyi bank Ukrainy. (2023) Ohliad nebankivskoho finansovoho sektoru [National Bank of Ukraine. *Non-bank financial sector review*]. Kyiv: NBU, p. 78.

Дата надходження статті: 03.03.2026

Дата прийняття статті: 24.03.2026

Дата публікації статті: 28.03.2026