

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ INFORMATION TECHNOLOGY AND MATHEMATICAL MODELING

УДК 332.14:551.3(477)

Oleksiy Rogozhin, D.S. (Economics), Principal researcher

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8101-9368> **e-mail:** olexarog@gmail.com

Victoria Trofymchuk, PhD, Senior researcher

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-5664-9575> **e-mail:** trofymchuk.vk@gmail.com

Ievgen Khlobystov, Prof., D.S. (Economics), Senior researcher

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9983-9062> **e-mail:** ievgen.khlobystov@ukr.net

Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

POSSIBLE MODELS OF REGIONAL ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF ENGINEERING AND GEOLOGICAL HAZARDS IMPACT ON THE STABILITY OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Abstract. The article presents the results of justification of analytical tools for calculating the regional ecological and economic assessment of engineering and geological hazards impact on the stability of buildings and structures. Methodological approaches to performing an economic assessment of the negative impact of an engineering and geological factor on the stability of buildings based on determining the amount of caused or potential damage are considered. It is established that such an assessment is advisable to carry out within the framework of "cost" approach to the real estate objects assessment (based on the book or replacement value of the building), supplemented by "scenario" and "geoecological" approaches to identifying existing engineering and geological threats. The definition of geoecological scenarios reflecting the options for negative impact of seismicity and dangerous exogenous geological processes (hazards) and their territorial combinations allows, in the first approximation, to circumvent the unresolved issues of probability of these threats realization and predicting the degree of damage or destruction of structures as a result. The regional geoecological scenarios we have developed and the assessment models created on this basis reflect almost all mutually exclusive options for the territorial combination of engineering and geological hazards in Ukraine. However, due to the lack of data on the actual damage at the regional level, it was necessary to limit ourselves to a simplified indirect assessment of the hypothetical possibility of damage to structures based on available cartographic materials. It was emphasized that only the accumulation of databases on engineering characteristics, engineering and geological conditions, damage by causes, balance sheet and market value, etc. for all existing structures and buildings can radically improve the state of affairs with the assessment at the regional level.

Key words: ecological and economic assessment, regional impact scenarios, engineering and geological hazards, dangerous exogenous geological processes, buildings and structures.

О.Г. Рогожин, В.О. Трофимчук, Є.В. Хлобистов

Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України,
м. Київ, Україна

МОЖЛИВІ МОДЕЛІ РЕГІОНАЛЬНОЇ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ЗАГРОЗ НА СТІЙКІСТЬ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Анотація. У статті подано результати обґрунтування аналітичного інструментарію розрахунку регіональної еколого-економічної оцінки впливу інженерно-геологічних загроз на стійкість будівель і споруд. Розглянуто методологічні підходи до виконання економічної оцінки негативного впливу інженерно-геологічного фактору на стійкість будівель на основі визначення величини завданої або потенційної шкоди. Встановлено, що таку оцінку доцільно здійснювати в рамках «витратного» підходу до оцінювання об'єктів нерухомості (на основі балансової або відновної вартості будівлі), доповненого «сценарним» і «геоекологічним» підходами для ідентифікації наявних інженерно-геологічних загроз. Визначення геоекологічних сценаріїв, що відображають варіанти негативного впливу сейсміки і небезпечних екзогенних геологічних процесів (загроз) та їх територіальних поєднань, дає змогу у першому наближенні обійти не вирішені в загальному випадку питання імовірності реалізації цих загроз та передбачення ступеня пошкодження або руйнування конструкцій внаслідок цього. Розроблені нами регіональні геоекологічні сценарії і створені на цій основі моделі оцінювання відображають майже всі взаємовиключні варіанти територіального поєднання інженерно-геологічних загроз в Україні. Однак через брак даних щодо реально завданої шкоди на регіональному рівні довелося вимушено обмежитися спрощеною опосередкованою оцінкою гіпотетичної можливості пошкодження споруд за наявними картографічними матеріалами. Наголошено, що докорінно поліпшити стан справ з оцінкою на регіональному рівні може лише накопичення баз даних про інженерні характеристики, інженерно-геологічні умови, пошкодження за причинами, балансову і ринкову вартість тощо для всіх наявних споруд і будівель.

Ключові слова: еколого-економічна оцінка, регіональні сценарії впливу, інженерно-геологічні загрози, небезпечні екзогенні геологічні процеси, будівельні об'єкти і споруди.

<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2025.2.84-100>

Вступ

Врахування внеску інженерно-геотехнічного (загалом геосистемного) фактору у економічній оцінці завданої шкоди є недостатньо дослідженим теоретичним питанням, особливо в контексті оцінювання екосистемних послуг. Нам не вдалося знайти наукових публікацій на цю тему. Водночас у практиці оцінювання вартості об'єктів нерухомості наявні емпірично напрацьовані методичні підходи, які уможливають явне врахування зазначеного фактору в розрахункових моделях шляхом введення параметра імовірності реалізації інженерно-геологічних загроз пошкодження або руйнування споруд і комунікацій.

Специфікою оцінки пошкоджених внаслідок бойових обстрілів будівель і споруд є акцентування на визначенні величини їх *зношування* як залишкового ресурсу, що визначає *залишкову вартість* будівлі.

Аналіз літературних джерел [1-5] показав, що через недостатню розвиненість ринку нерухомості (за виключенням ринку житла) у практиці оцінювання будівель і споруд в Україні здебільшого застосовують методи так званих «витратного» та «порівняльного» методологічних підходів. Вони передбачають визначення у явному вигляді ступеня знецінення будівель, для чого використовують параметри їх рівня зношеності та терміну життя. Тому саме ці методи можуть бути використані для грошової оцінки втрати вартості будівель і споруд внаслідок бойових ушкоджень.

Зокрема, розрахункова величина залишкового ресурсу експлуатації пошкодженої споруди, визначена за спеціальними алгоритмами на основі натурних спостережень і обстежень (як частка від проектного ресурсу експлуатації), без проблем інтегрується у формули оцінки поточної вартості об'єкта нерухомості «витратними» методами на основі кошторису витрат на будівництво та за вартістю узагальнених показників будівельного аналога, а саме у формули (1) [4], (2) [2, с.64], (3) [1, с. 176]:

$$V = [Va \cdot (100 + I) \cdot (100 - WT)] / 10000 + VI, \quad (1)$$

де: V – ринкова вартість будинку;

Va – сума витрат на будівництво нового аналога оцінюваного будинку;

I – величина розумного прибутку інвестора у %;

WT – величина зношеності оцінюваного об'єкта (зворотна до величини залишкового ресурсу споруди) у %; $(100 - WT)$ є, фактично, величиною *залишкового ресурсу* експлуатації будівлі у % від його проектного (або доаварійного) значення, який може бути розрахований аналітично на основі об'єктивних даних обстежень стану будівельних конструкцій за достатньо надійними алгоритмами;

VI – вартість земельної ділянки як незабудованої.

$$Bo = Bземлі + Bвз - З, \quad (2)$$

де: Bo – ринкова вартість об'єкта нерухомості;

$Bземлі$ – ринкова вартість земельної ділянки як вільної та доступної для найбільш ефективного використання;

$Bвз$ – вартість відтворення ($Bв$) або заміщення ($Bз$) об'єкта;

$З$ – вартість загального знецінення (зношеності) об'єкта оцінки.

$$V_{звв} = H_B \cdot S \cdot (1 - K_3), \quad (3)$$

де: $V_{звв}$ – залишкова відновна вартість об'єкта нерухомості;

H_B – нормативна вартість 1 м² або 1 м³ аналогічного об'єкта на дату оцінки;

S – загальна площа або обсяги оцінюваного об'єкта;

K_3 – рівень зношеності об'єкта нерухомості (коефіцієнт); причому $(1 - K_3)$ є коефіцієнтом придатності об'єкта нерухомості (його залишкового ресурсу).

Тоді *розмір сукупної зношеності* (3) будівлі чи споруди, як грошова оцінка втраченого нею експлуатаційного ресурсу, становитиме $З = V_{звв} \cdot K_3$, де $V_{звв}$ – відновна вартість об'єкта.

Відповідно, грошову оцінку завданої шкоди легко отримати як різницю вартості будівлі до і після руйнівної атаки.

Явне врахування інженерно-геологічного ризику в рамках сучасної методології передбачається лише з метою ринкової оцінки вартості комерційної (що приносить дохід) нерухомості в рамках дохідного підходу (для оцінки ступеня задоволення інтересу покупця-інвестора) у складі методу «дисконтування грошових потоків» для визначення ставки дисконтування методом побудови (як складової екологічного ризику). Однак проблематичність отримання даних в умовах недостатньої розвиненості ринків та складність розрахунків перешкоджають виконанню таких оцінок в Україні.

Метою нашого дослідження є розроблення релевантного в умовах воюючої України аналітичного інструментарію *економічної оцінки інженерно-геологічної загрози* і на об'єктовому, і на регіональному рівнях.

Виклад основного матеріалу

На нашу думку, можливим способом врахування інженерно-геологічних загроз для цілісності несучих конструкцій споруд (передусім їх фундаментів) у економічних оцінках є введення відповідного коефіцієнта або до величини зношеності (WT), або до величини відновної вартості об'єкта (Va), наприклад, у формулі (1). У загальному випадку такий коефіцієнт інженерно-геологічної загрози (k_{gh}) має відобразити імовірність реалізації (p_{gh}) сейсмічних струшувань (інтенсивністю 6 балів і більше) та небезпечних екзогенних геологічних процесів (просадок, зсувів, карстових та техногенних провалів, активізованих підтопленням). Найдоцільніше ввести такий коефіцієнт при величині оціночної вартості як додатковий фактор, що безпосередньо впливає на зниження ціни, тобто: $Va \cdot k_{gh} = Va \cdot (1 - p_{gh})$.

На цій основі ми здійснили спробу наблизитися до вирішення проблеми врахування ризику реалізації (фактичного прояву) небезпечних екзогенних геологічних процесів в економічних оцінках із застосуванням логік «експозиційного» та «сценарного» підходів. Перший полягає у заміні показника імовірності реалізації загрози показником ступеня ураженості (експозиції) нею певної території, а другий (в нашому контексті) – у використанні різних показників і алгоритмів розрахунків для різних (найвірогідніших) сценаріїв розвитку подій, що визначають наявність та/або реалізацію різних загроз для стійкості будівельних споруд.

Моделі об'єктового рівня еколого-економічної оцінки.

У загальному випадку грошову оцінку впливу інженерно-геологічного фактору на об'єктовому рівні припустимо інтерпретувати як різницю ринкової вартості будівлі без (V) і з врахуванням (Vg) імовірності реалізації такої загрози, тобто як величину втрати вартості будівлі від цього (LVg) за інших рівних умов: $LVg = V - Vg$.

Ринкову вартість будівлі (V) припустимо розраховувати витратним методом за формулою (1), а урахування впливу інженерно-геологічного фактору здійснити відповідним коефіцієнтом до неї. У загальному випадку цей коефіцієнт (k_{gh}) має відображати імовірність реалізації інженерно-геологічних загроз. Тоді:

$$Vg = [Va \cdot (100 + I) \cdot (100 - WT) \cdot (1 - p_{gh})] / 10000 + VI \cdot (1 - p_{gh}), \quad (4)$$

де: Va – сума витрат на будівництво нового аналога оцінюваної споруди (вартість відновлення);

I – величина розумного прибутку інвестора у %;

WT – величина зношеності оцінюваного об'єкта (зворотна до величини залишкового ресурсу споруди) у %;

VI – вартість земельної ділянки як незабудованої;

p_{gh} – сумарна імовірність реалізації інженерно-геологічних загроз.

Потребують врахування ті загрози, які можуть спричинити пошкодження та/або руйнування будівельних конструкцій, а саме: природні та антропогенні сейсмічні струшування (інтенсивністю 6 балів і більше) та кожний з небезпечних екзогенних геологічних процесів (просадки, зсуви, карстові, суфозійні та техногенні провалля, активізовані підтопленням). Відповідно, розглядається сумарна імовірність всіх цих факторів за найпростішою моделлю: $p_{gh} = p_s + p_p + p_l + p_{pr}$, де: p_s – імовірність сейсмічних струшувань, p_p – імовірність просадок, p_l – імовірність зсувів, p_{pr} – імовірність провалів (карстових, суфозійних та техногенних).

Якщо ж замість вартості відновлення використати відображену в документах технічної інвентаризації балансову вартість (BV) споруди і земельної ділянки (BVI) з урахуванням інфляції до часу здійснення оцінки (індексу споживчих цін або монетарної інфляції i за цей період у %), то формула (4) без врахування інтересу інвестора набуде вигляду:

$$Vg = [BV \cdot i \cdot (100 - WT) \cdot (1 - p_{gh})] / 10000 + [BVI \cdot i \cdot (1 - p_{gh}) / 100]. \quad (5)$$

Але імовірність реалізації події на території оцінюваного об'єкта може бути строго розрахована лише для природної сейсміки за відомою методикою, наведеною у [6, 7].

Пропонуємо наблизитися до вирішення цієї проблеми на основі логіки «експозиційного» та «сценарного» підходів. Перший полягає у заміні показника імовірності реалізації загрози показником ступеня ураженості (експозиції) нею певної території, другий (в нашому контексті) – у використанні різних показників і алгоритмів розрахунків для різних сценаріїв розвитку подій (наявність та/або реалізація різних загроз для стійкості споруд).

В рамках «експозиційного» підходу для загроз просадок, зсувів та провалів заміником показника імовірності їх реалізації може бути показник (коефіцієнт) експозиції (ступеня ураженості) ними території в межах периметра споруди (uk_i) та її земельної ділянки (ul_i) за результатами інженерно-геологічних досліджень. Відповідно, для споруди $p_{gh} \approx uk_{ghK} = p_s + uk_p + uk_l + uk_{pr}$, а для земельної ділянки – $p_{gh} \approx uk_{ghL} = p_s + ul_p + ul_l + ul_{pr}$. З урахуванням цього формула (5) набуває вигляду:

$$Vg = [BV \cdot i \cdot (100 - WT) \cdot (1 - uk_{ghK})] / 10000 + [BVI \cdot i \cdot (1 - uk_{ghL}) / 100]. \quad (6)$$

Зрозуміло, що розмірність цих коефіцієнтів має бути уточнена за результатами практичних оцінок реальних об'єктів, оскільки їх сума може перевищити 1. Попереднім вирішенням цієї колізії може бути врахування лише максимального значення експозиції, тобто: $uk_{ghK} \approx p_s + uk_{max}$ та $uk_{ghL} \approx p_s + ul_{max}$.

Найбільш негативним сценарієм розвитку подій щодо порушення інженерно-геологічної безпеки споруди є фактичний прояв загроз на її території (сейсмічної події та/або небезпечних інженерно-геологічних процесів).

В разі реалізації (фактичного прояву) цих загроз може бути експертно визначений показник (коефіцієнт IN_i) *ступеня пошкодження оцінюваної споруди*, спричиненого кожним з цих небезпечних явищ, за напівкількісною (ранговою) шкалою пошкоджень¹, наприклад: слабкі (поодинокі тріщини, перекоси, розриви проводки тощо – 0,1), середні (тріщини у стінах, перекоси віконних та дверних коробок, розриви кабелів і трубопроводів тощо – 0,3), сильні (деформації фундаментів, стін, інших несучих конструкцій, масовий вивал вікон і дверей тощо – 0,5), руйнівні (масові розриви і часткове обрушення несучих конструкцій – 0,75), нищівні (повне руйнування із масовим обрушенням несучих конструкцій – 1,0). В такому разі доцільно врахувати вплив лише тієї загрози, яка спричинить найбільші пошкодження споруди у формі $(1 - IN_{max})$. Тоді формула (6) набуває вигляду:

$$Vg = [BV \cdot i \cdot (100 - WT) \cdot (1 - IN_{max})] / 10000 + [BVI \cdot i \cdot (1 - uk_{ghL}) / 100]. \quad (7)$$

Зрозуміло, що нищівні пошкодження обнуляють балансову вартість будівлі та значно зменшують ціну земельної ділянки (наскільки – потребує спеціального дослідження).

Крім того, в разі відсутності пошкодження споруди внаслідок небезпечних геологічних процесів доцільно розглянути можливі в умовах України сценарії різних поєднань інженерно-геологічних загроз, що сформувалися під впливом підтоплення у *різних екологічних та сейсмічних умовах*, тобто доповнити «сценарний» підхід *геоекологічним*.

Причому на об'єктовому рівні практично цікавить лише загальна грошова оцінка *взаємопов'язаного комплексу інженерно-геологічних загроз*, наявних у цьому місці (їх інтегрального впливу). Тобто зазвичай не відбувається спеціальне виокремлення впливу кожної загрози, оскільки задача визначення ринкової ціни споруди не потребує цього. Акцент тут робиться на можливих або вже реалізованих руйнівних наслідках та на ціні їх компенсації (чи подолання) у порівнянні з грошовою оцінкою без врахування таких загроз або їх реалізованих наслідків.

Моделі регіонального рівня еколого-економічної оцінки.

На регіональному рівні оцінка комплексів інженерно-геологічних загроз закономірно стає більш узагальненою (через недостатність даних) і набуває чіткої територіальної прив'язки. У загальному випадку *регіональна оцінка економічної шкоди від реалізації інженерно-геологічних загроз* ($LVgr$) потребуватиме визначення вартості всіх пошкоджених споруд i на території без (Vgr) і з врахуванням пошкоджень (VGr), тобто:

$$LVgr = Vgr - VGr, \quad (8)$$

$$\text{де: } Vgr = \sum_{i=1}^n \left[\frac{BV_i(in)(100 - WT_i)}{10000} + \frac{BVI_i(in)}{100} \right];$$

$$VGr = \sum_{i=1}^n \left[\frac{BV_i(in)(100 - WT_i)(1 - IN_i)}{10000} + \frac{BVI_i(in)(1 - uk_{ghL})}{100} \right];$$

BV_i – балансова вартість i -тої пошкодженої від реалізації інженерно-геологічних загроз споруди;

¹ Шкала пошкоджень потребує уточнення, для чого доцільно здійснити спеціальне дослідження.

WT_i – величина зношеності пошкодженого об'єкта (зворотна до величини залишкового ресурсу споруди) у %;

BVI_i – балансова вартість земельної ділянки i -тої пошкодженої споруди;

IN_i – коефіцієнт ступеня пошкодження i -тої споруди;

uk_{ghL} – коефіцієнт ступеня ураженості земельної ділянки інженерно-геологічними загрозами (просадками, зсувами, проваллями тощо);

n – кількість пошкоджених споруд в регіоні;

in – індекс інфляції за період з часу визначення балансової вартості, %.

Зрозуміло, що такий простий підхід до регіональної оцінки на основі узагальнення об'єктової інформації наражається на практично нездоланні труднощі в частині отримання вхідних даних, оскільки статистика пошкодження споруд небезпечними геологічними процесами в Україні централізовано не ведеться, а накопичення бази даних про це в розрізі окремих об'єктів не відбувається.

Тому доводиться використовувати опосередкований підхід, коли здійснюється грошова оцінка *потенційної шкоди* від ще не реалізованих загроз на основі аналізу доступної картографічної інформації про їх поширеність, інтенсивність та імовірність.

Ще однією складністю є недоступність архівних даних муніципальних Бюро технічної інформації про будинки і споруди в населених пунктах України, через що неможливо отримати реальну величину навіть загальної кількості будинків і споруд різних типів на територіях, що досліджуються. Доводиться використовувати розрахунковий підхід на основі орієнтовних припущень щодо розподілу населення по садибних і багатоквартирних будинках в сільських і міських населених пунктах. Щодо населення також маємо його розподіл по населених пунктах лише за даними перепису 2001 р.

Доводиться також вводити додаткові припущення щодо імовірності реалізації інженерно-геологічних загроз та можливих пошкоджень будівель і споруд внаслідок цього.

Через це регіональна економічна оцінка загроз практично можлива лише в рамках еколого-сценарного підходу, на основі картометричного визначення поширених в Україні територіальних поєднань (комплексів) загроз як основи для оцінки потенційної шкоди в ареалах їх поширення.

Ареали поширення регіональних сценаріїв поєданого впливу інженерно-геологічних загроз для стійкості будівель і споруд можуть бути визначені інструментами ГІС-аналізу в середовищі ArcGIS 10.3 за умовами, наведеними в табл. 1 на основі наявної картографічної інформації, тобто з використанням шарів таких електронних карт:

1. Карта прояву та розвитку підтоплення за причинами на території України на 2015 р., оновлена нами [8].
2. Шар зсувонебезпечних ареалів (2005 р., “Геоінформ” Держгеолслужби України).
3. Шар карстонебезпечних ареалів (2005 р., “Геоінформ” Держгеолслужби України).
4. Карта поширення лесових ґрунтів за просіданням на території України (1995 р., “Геоінформ” Мінгео України).
5. Карта-схема впливу інженерно-геологічних умов на техногенне приращення сейсмичності території УССР (“Геоінформ” Мінгео України, 1990 р.).

Таблиця 1. Регіональні сценарії поєднаного впливу інженерно-геологічних загроз для стійкості будівель і споруд в Україні

<i>j</i>	Назва сценарію	Загрози	Засоби ідентифікації інструментами ГІС-аналізу
11	Перезволожені лесові породи в ареалі сумарної сейсмічності з інтенсивністю $I \geq 6$ балів у ареалах загрози зсувоутворення.	Сейсміка, просадки, провалля, зсуви	Перетин картографічних шарів ризику підтоплення, поширення лесових порід, ризику сумарної сейсмічності $I \geq 6$ та зсувоутворення за виключенням ареалів ризику карстоутворення.
12	Перезволожені лесові породи в ареалі сумарної сейсмічності з інтенсивністю $I \geq 6$ балів на підстилаючих вапняках	Сейсміка, просадки, провалля, карст/суфозія	Перетин картографічних шарів ризику підтоплення, поширення лесових порід, сумарної сейсмічності $I \geq 6$ та карстоутворення за виключенням ареалів ризику зсувоутворення.
13	Перезволожені лесові породи в ареалі сумарної сейсмічності з інтенсивністю $I \geq 6$ балів не на вапняках і поза ареалами загрози зсувоутворення.	Сейсміка, просадки, провалля	Перетин картографічних шарів ризику підтоплення, поширення лесових порід, сумарної сейсмічності $I \geq 6$ за виключенням ареалів ризику зсувоутворення та карстоутворення.
14	Перезволожені лесові породи в ареалі сумарної сейсмічності з інтенсивністю $I \geq 6$ балів у ареалах загрози зсувоутворення не на підстилаючих вапняках.	Сейсміка, просадки, провалля, зсуви, карст/суфозія	Перетин картографічних шарів ризику підтоплення, поширення лесових порід, ризику сумарної сейсмічності $I \geq 6$ та зсувоутворення за виключенням ареалів ризику зсувоутворення та ризику карстоутворення.
2	Перезволожені лесові породи в ареалах загрози зсувоутворення та ареалі сумарної сейсмічності з інтенсивністю $I < 6$ балів.	Зсуви, просадки	Перетин картографічних шарів ризику підтоплення, поширення лесових порід, ризику зсувоутворення за виключенням ареалів ризику сумарної сейсмічності $I \geq 6$.
3	Перезволожені лесові породи на підстилаючих обводнених вапняках в ареалі сумарної сейсмічності з інтенсивністю $I < 6$ балів.	Просадки, карст/суфозія	Перетин картографічних шарів ризику підтоплення, поширення лесових порід, ризику карстоутворення за виключенням ареалів ризику сумарної сейсмічності $I \geq 6$.
4	Обводнені підстилаючі вапняки під чохлам пісків або глин, тобто не на лесах	Карст/суфозія	Перетин картографічних шарів ризику підтоплення та карстоутворення за виключенням території поширення лесових порід
5	Перезволожені лесові породи поза ареалами загрози зсуво- та карстоутворення в ареалі сумарної сейсмічності з інтенсивністю $I < 6$ балів.	Просадки	Перетин картографічних шарів ризику підтоплення та поширення лесових порід за виключенням ареалів ризику сумарної сейсмічності $I \geq 6$, ризику карстоутворення та ризику зсувоутворення.

Територіальне зіставлення (перетин) картографічних шарів поширення кожного зі сценаріїв поєднання інженерно-геологічних загроз j з картографічним шаром контурів населених пунктів (частина електронної топокарти М 200000) дає можливість визначити для кожного з поселень b ступінь експозиції його території загрозами ($h_{bj} = S_{bj} / S_b$), зазначеними у сценаріях j (як частку загроженої території у %). Атрибутивна інформація для кожного населеного пункту, крім його площі (S_b), містить дані про чисельність сільського (rur_b) і міського (urb_b) населення (станом на 2001 р.). Це дає змогу орієнтовно визначити для j -того сценарію кількість експонованих загрозами садибних (сільських) будинків bu^j за умовним нормативом ² $a_{rur}=3$ особи на

1 будинок ($bu^j = \frac{\sum_{bj} rur_{bj}}{a_{rur}}$), та кількість багатоквартирних будинків bb^j за

умовним нормативом ² $a_{urb}=100$ осіб на 1 будинок ($bb^j = \frac{\sum_{bj} urb_{bj}}{a_{urb}}$). Причому

врахування середньої відновної вартості садибного (c_1) та багатоквартирного (c_2) будинків (наприклад, за даними табл. 2: $c_1 = \$19,1-23,2$ тис. і $c_2 = \$909-1364$ тис.) дає можливість отримати максимальну оцінку вартості житлових споруд (її можна інтерпретувати як мінімальну оцінку вартості усіх споруд, Vgr^j), експонованих j -тим сценарієм поєднання інженерно-геологічних загроз. Тобто у загальному випадку:

$$Vgr^j = c_1 \frac{\sum_{bj=1}^d rur_{bj}}{a_{rur}} + c_2 \frac{\sum_{bj=1}^v urb_{bj}}{a_{urb}}; \quad (9)$$

де: d – кількість сільських населених пунктів, експонованих сценарієм j ;

v – кількість міських населених пунктів, експонованих сценарієм j .

Тоді мінімальна оцінка вартості споруд з врахуванням потенційних пошкоджень за j -тим сценарієм поєднання інженерно-геологічних загроз (VGr^j) у загальному випадку становитиме:

$$VGr^j = Vgr^j \cdot i \cdot (1 - p_{gh}^j) / 100, \quad (10)$$

де: Vgr^j – мінімальна оцінка вартості усіх споруд в ареалі, експонованому j -тим сценарієм поєднання інженерно-геологічних загроз;

i – індекс інфляції з часу визначення нормативів c_1 та c_2 (середньої вартості садибних та багатоквартирних будинків);

p_{gh}^j – імовірність реалізації суми присутніх за j -тим сценарієм інженерно-геологічних загроз, коефіцієнт; $p_{gh}^j = p_s^j + ul_p^j + ul_l^j + ul_{pr}^j$;

p_s^j – імовірність сейсмічних струшувань у ареалі поширення j -того сценарію, згідно з ЗСР-2004 ($p_s^j = 10^{-3}$);

ul_p^j – коефіцієнт ступеня експозиції (ураженості) території ареала поширення j -того сценарію реальними проявами просадковості;

² Належне обґрунтування значень нормативів a_{rur} та a_{urb} потребує здійснення спеціального статистичного дослідження на основі даних перепису населення та/або документації Бюро технічної інформації (БТІ).

ul^j – коефіцієнт ступеня експозиції (ураженості) території ареала поширення j -того сценарію реальними проявами зсувів;
 ul_{pr}^j – коефіцієнт ступеня експозиції (ураженості) території ареала поширення j -того сценарію реальними проявами проваль.

Таблиця 2. Реальні ціни та розрахункова вартість комерційного будівництва в Україні

		Рік оцінки	Тис. грн.	\$ тис.	Обмінний курс
Вартість будівництва садибних будинків					
1	100 м ² під ключ, з інженерними комунікаціями та поправкою на інфляцію	2021	3000-3500	109,95-128,28	27,2846
2	100 м ² без інженерних комунікацій та поправкою на інфляцію	2021	1783,148	65,354	27,2846
2	Невеликий, 55 м ² ; 6.01.2025 р.	2025	805,000	19,126	42,0889
3	Економ; 6.01.2025 р.	2025	975,000	23,165	42,0889
4	Стандарт; 6.01.2025 р.	2025	2920,000	69,377	42,0889
5	Преміум; 6.01.2025 р.	2025	11685,000	277,627	42,0889
Середня вартість будівництва 1 м ² у комерційних новобудовах					
1	01.10.2020, Україна	2020	13,231	0,4670	28,3105
2	03.2024, Київська область (без м. Київ)	2024	31,4	0,8194	38,325
3	03.2024, Волинська область	2024	31,4	0,8194	38,325
4	03.2024, Дніпропетровська область	2024	40,9	1,0672	38,325
5	6.01.2025, невеликий садибний будинок	2025	14,636	0,3477	42,0889
Розрахункова вартість будівництва умовного багатоквартирного будинку					
1	Аналог 70-квартирної 5-поверхової «хрущовки» (2615 м ² × \$0,3477 тис.)	2025	-	909,24	42,0889
2	Аналог 105-квартирної 5-поверхової «хрущовки» (3922,5 м ² × \$0,3477 тис.)	2025	-	1363,85	42,0889

Джерела: [9], [10], [11], [12], [13].

У кожному із сценаріїв параметр $(1 - p_{gh}^i)$ конкретизується згідно з набором наявних у ньому інженерно-геологічних загроз (див. табл. 1). В разі відсутності даних обстежень поширеності реальних проявів цих загроз, умовно приймається, що відповідний коефіцієнт імовірності (експозиції) становить 0,1 у кожному випадку, крім сейсмічності.

Продовжуючи вводити припущення, можливо врахувати орієнтовну величину пошкоджень споруд для кожної інженерно-геологічної загрози коефіцієнтом in , оціненим за ранговою шкалою, яку використовує формула (7). Приймаємо, що просадки викликають, як максимум, середні пошкодження ($in_p = 0,3$), зсуви – нищівні пошкодження ($in_l = 1,0$), карстові, техногенні чи сейсмогенні провалля – руйнівні пошкодження ($in_{pr} = 0,75$), а сейсмічні події інтенсивністю 6 балів і більше на перезвожених лесах – сильні пошкодження ($in_s = 0,5$) рядової забудови.

Описаний вище підхід можна реалізувати і для *регіональної оцінки прибудинкових територій*, але для цього потрібно знати середню по Україні площу прибудинкових ділянок для садибних і багатоквартирних будинків та їхню середню вартість. Припущення, що середня площа прибудинкової ділянки для садибного будинку³ становить приблизно 5 соток ($s_{rur} = 500 \text{ м}^2$), а для багатопверхового³ – до 25 соток ($s_{urb} = 2500 \text{ м}^2$) інтуїтивно виглядає доволі вірогідним. Це дає можливість розрахувати загальну площу прибудинкових земельних ділянок для садибної і багатопверхової забудови $s_{bu}^j = b_{ur}^j \cdot s_{rur}$ та $s_{bb}^j = b_{ur}^j \cdot s_{urb}$, відповідно. Середню вартість 1 м² присадибної землі умовно приймаємо $c_3 = \$50$, а 1 м² прибудинкової землі у містах – $c_4 = \$275$ (за даними табл. 3).

Таблиця 3. Середня вартість 1 м² землі під забудову в Україні у 2024 р.

		1 сотка, \$	1 м ² , \$
1	Мінімальна 1	1000	10
2	Мінімальна 2	5000	50
3	Середня	27500	275
4	Максимальна	50000	500

Джерела: [14], [15].

Тоді орієнтовна оцінка земельної ділянки в ареалі поширення j -того сценарію без врахування інженерно-геологічних загроз (V_{gr}^j) у загальному випадку виглядатиме таким чином:

$$V_{gr}^j = c_3 \frac{\sum_{bj=1}^d rur_{bj}}{a_{rur}} S_{rur} + c_4 \frac{\sum_{bj=1}^v urb_{bj}}{a_{urb}} S_{urb}; \quad (11)$$

де: $\sum_{bj=1}^d rur_{bj}$ – кількість сільського населення в ареалі поширення j -того сценарію;

$\sum_{bj=1}^v urb_{bj}$ – кількість міського населення в ареалі поширення j -того сценарію;

a_{rur} – середня кількість мешканців у садибному будинку ($a_{rur} = 3$);

a_{urb} – середня кількість мешканців у багатоквартирному будинку ($a_{urb} = 100$).

Відповідно, оцінка *прибудинкової земельної ділянки з врахуванням інженерно-геологічних загроз* у загальному випадку за тих самих припущень щодо імовірності і ураженості ними території, що й для споруд (див. формули (25-31), становитиме:

$$V_{Gr}^j = V_{gr}^j \cdot i \cdot (1 - p_{gr}^j) / 100. \quad (12)$$

Тоді *мінімальна регіональна оцінка потенційної економічної шкоди* для споруд і прибудинкових ділянок від реалізації інженерно-геологічних загроз в ареалі поширення j -того сценарію поєднаного впливу цих загроз ($L_{vgr}^j_{min}$) дорівнює:

³ Належне обґрунтування значень нормативів s_{rur} та s_{urb} потребує здійснення спеціального статистичного дослідження на основі даних реєстрів нерухомості Мін'юсту України.

$$Lvgr_{min}^j = Vgr^j + Vgr^j - VGr^j - VGr^j. \quad (13)$$

Після всіх можливих уточнень на основі здійснення практичних розрахунків моделі умовної оцінки залишкової вартості споруд, наявні в ареалах поширення сценаріїв поєднаного впливу інженерно-геологічних загроз, набули вигляду (14-21):

$$1) VGr^{11} = Vgr^{11} \cdot i \cdot (1 - in_s \cdot p_s^{11} - in_p \cdot ul_p^{11} - in_{pr} \cdot ul_{pr}^{11} - in_l \cdot ul_l^{11}) / 100 = \quad (14)$$

$$= Vgr^{11} \cdot i \cdot (1 - 0,001 \cdot 0,5 - 0,1 \cdot 0,3 - 0,1 \cdot 0,75 - 0,1 \cdot 1,0) / 100;$$

$$2) VGr^{12} = Vgr^{12} \cdot i \cdot (1 - in_s \cdot p_s^{12} - in_p \cdot ul_p^{12} - in_{pr} \cdot ul_{pr}^{12} - in_{pr} \cdot ul_{pr}^{12}) / 100 = \quad (15)$$

$$= Vgr^{12} \cdot i \cdot (1 - 0,001 \cdot 0,5 - 0,1 \cdot 0,3 - 0,1 \cdot 0,75 - 0,1 \cdot 0,75) / 100;$$

$$3) VGr^{13} = Vgr^{13} \cdot i \cdot (1 - in_s \cdot p_s^{13} - in_p \cdot ul_p^{13} - in_{pr} \cdot ul_{pr}^{13}) / 100 = \quad (16)$$

$$= Vgr^{13} \cdot i \cdot (1 - 0,001 \cdot 0,5 - 0,1 \cdot 0,3 - 0,1 \cdot 0,75) / 100;$$

$$4) VGr^{14} = Vgr^{14} \cdot i \cdot (1 - in_s \cdot p_s^{14} - in_p \cdot ul_p^{14} - in_{pr} \cdot ul_{pr}^{14} - in_l \cdot ul_l^{14} - in_{pr} \cdot ul_{pr}^{14}) / 100 = \quad (17)$$

$$= Vgr^{14} \cdot i \cdot (1 - 0,001 \cdot 0,5 - 0,1 \cdot 0,3 - 0,1 \cdot 0,75 - 0,1 \cdot 1,0 - 0,1 \cdot 0,75) / 100;$$

$$5) VGr^2 = Vgr^2 \cdot i \cdot (1 - in_p \cdot ul_p^2 - in_l \cdot ul_l^2) / 100 = Vgr^2 \cdot i \cdot (1 - 0,1 \cdot 0,3 - 0,1 \cdot 1,0) / 100; \quad (18)$$

$$6) VGr^3 = Vgr^3 \cdot i \cdot (1 - in_p \cdot ul_p^3 - in_{pr} \cdot ul_{pr}^3) / 100 = \quad (19)$$

$$= Vgr^3 \cdot i \cdot (1 - 0,1 \cdot 0,3 - 0,1 \cdot 0,75) / 100;$$

$$7) VGr^4 = Vgr^4 \cdot i \cdot (1 - in_{pr} \cdot ul_{pr}^4) / 100 = Vgr^4 \cdot i \cdot (1 - 0,1 \cdot 0,75) / 100; \quad (20)$$

$$8) VGr^5 = Vgr^5 \cdot i \cdot (1 - in_p \cdot ul_p^5) / 100 = Vgr^5 \cdot i \cdot (1 - 0,1 \cdot 0,3) / 100; \quad (21)$$

Уточнені моделі умовної оцінки прибудинкової земельної ділянки з врахуванням інженерно-геологічних загроз в ареалах поширення зазначених сценаріїв набули вигляду (22-29):

$$1) VGr^{11} = Vgr^{11} \cdot i \cdot (1 - p_s^{11} - ul_p^{11} - ul_{pr}^{11} - ul_l^{11}) / 100 = \quad (22)$$

$$= Vgr^{11} \cdot i \cdot (1 - 0,001 - 0,1 - 0,1 - 0,1) / 100;$$

$$2) VGr^{12} = Vgr^{12} \cdot i \cdot (1 - p_s^{12} - ul_p^{12} - ul_{pr}^{12} - ul_{pr}^{12}) / 100 = \quad (23)$$

$$= Vgr^{12} \cdot i \cdot (1 - 0,001 - 0,1 - 0,1 - 0,1) / 100;$$

$$3) VGr^{13} = Vgr^{13} \cdot i \cdot (1 - p_s^{13} - ul_p^{13} - ul_{pr}^{13}) / 100 = \quad (24)$$

$$= Vgr^{13} \cdot i \cdot (1 - 0,001 - 0,1 - 0,1) / 100;$$

$$4) VGr^{14} = Vgr^{14} \cdot i \cdot (1 - p_s^{14} - ul_p^{14} - ul_{pr}^{14} - ul_l^{14} - ul_{pr}^{14}) / 100 = \quad (25)$$

$$= Vgr^{14} \cdot i \cdot (1 - 0,001 - 0,1 - 0,1 - 0,1 - 0,1) / 100;$$

$$5) VGr^2 = Vgr^2 \cdot i \cdot (1 - ul_p^2 - ul_l^2) / 100 = Vgr^2 \cdot i \cdot (1 - 0,1 - 0,1) / 100; \quad (26)$$

$$6) VGr^3 = Vgr^3 \cdot i \cdot (1 - ul_p^3 - ul_{pr}^3) / 100 = Vgr^3 \cdot i \cdot (1 - 0,1 - 0,1) / 100; \quad (27)$$

$$7) VGr^4 = Vgr^4 \cdot i \cdot (1 - ul_{pr}^4) / 100 = Vgr^4 \cdot i \cdot (1 - 0,1) / 100; \quad (28)$$

$$8) VGr^5 = Vgr^5 \cdot i \cdot (1 - ul_p^5) / 100 = Vgr^5 \cdot i \cdot (1 - 0,1) / 100; \quad (29)$$

Територіальний аналіз засобами ArcGIS 10.3 показав, що загальна площа, на якій поширені уточнені регіональні сценарії, становить понад 18% території України (табл. 4). Показово, що абсолютна більшість з них пов'язана з підтопленими лесовими ґрунтами (сценарії 11, 12, 13, 14, 2, 3, 5), вони поширені на майже 13% території України. За площею поширення у першу трійку входять сценарій 13 (45,6% від площі усіх сценаріїв), сценарій 4 (28,4%) та сценарій 12 (19,6%).

Таблиця 4. ГІС-оцінка площі поширення уточнених регіональних сценаріїв поєднання інженерно-геологічних загроз в Україні

		Площа, км ²	% від площі поширення всіх сценаріїв	% від площі усієї України
1	Сценарій 11	3307,5	3,1	0,55
2	Сценарій 12	21050,8	19,6	3,52
3	Сценарій 13	48894,8	45,6	8,18
4	Сценарій 14	739,9	0,69	0,12
5	Сценарій 2	86,98	0,08	0,01
6	Сценарій 3	1476,0	1,4	0,25
7	Сценарій 4	30447,7	28,4	5,10
8	Сценарій 5	1949,4	1,8	0,33
Всі сценарії		107953,2	100,0	18,07
Вся територія України		597542,2	-	100,00

Джерело: авторські розрахунки.

Найбільш загроженими регіонами за сценаріями, пов'язаними з підтопленими лесовими ґрунтами, виявилися Херсонська (48,3% від усієї площі регіону), Миколаївська (37,5%) та Полтавська (28,6%) області. Врахування всіх сценаріїв (тобто додавання до «лесових» сценаріїв сценарію 4, пов'язаного з підтопленими вапняками) змінює трійку лідерів. На перше місце за площею поширення всіх загроз виходить Волинська область (66,7% від усієї площі регіону), далі йдуть Херсонська (54,1%) та Рівненська (44,8%) області (табл. 5).

Таблиця 5. ГІС-оцінка регіональних відмінностей за площею поширення уточнених регіональних сценаріїв впливу інженерно-геологічних загроз в Україні

Регіони		Сценарії, пов'язані з підтопленими лесовими ґрунтами (11-14, 2, 3, 5)		Всі сценарії (11-14, 2-5)		
		км ²	% від усієї площі регіону	км ²	% від усієї площі регіону	% від площі поширення сценаріїв
Україна всього		77505,49	12,97	107953,21	18,07	100,00
1	АР Крим	3926,37	15,30	4515,79	17,60	4,18
2	Вінницька	1331,88	5,04	1375,14	5,20	1,27
3	Волинська	62,30	0,31	13430,50	66,74	12,44
4	Дніпропетровська	5363,13	16,83	5520,33	17,32	5,11
5	Донецька	2081,75	7,87	3002,75	11,35	2,78
6	Житомирська	1033,23	3,46	1033,23	3,46	0,96
7	Закарпатська	1007,81	7,91	1007,81	7,91	0,93
8	Запорізька	5574,18	20,63	5864,65	21,70	5,43
9	Івано-Франківська	0,10	0,00	1,25	0,01	0,00
10	Київська	2386,26	8,26	2386,26	8,26	2,21
11	Кіровоградська	884,44	3,61	893,16	3,64	0,83

Продовження таблиці 5

12	Луганська	1017,76	3,82	1963,62	7,37	1,82
13	Львівська	55,35	0,25	593,12	2,72	0,55
14	Миколаївська	8925,98	37,48	9581,09	40,23	8,88
15	Одеська	8998,26	27,03	9100,74	27,34	8,43
16	Полтавська	8202,00	28,61	8202,00	28,61	7,60
17	Рівненська	28,12	0,14	8972,80	44,81	8,31
18	Сумська	2599,69	10,92	3786,84	15,90	3,51
19	Тернопільська	8,06	0,06	10,61	0,08	0,01
20	Харківська	7000,02	22,31	7568,13	24,12	7,01
21	Херсонська	12272,81	48,34	13738,19	54,11	12,73
22	Хмельницька	43,00	0,21	43,00	0,21	0,04
23	Черкаська	1200,45	5,74	1200,45	5,74	1,11
24	Чернівецька	490,82	6,08	622,87	7,71	0,58
25	Чернігівська	3011,73	9,44	3538,89	11,09	3,28

Джерело: авторські розрахунки.

Результати практичного розрахунку величини потенційної економічної шкоди для споруд і прибудинкових ділянок за уточненими сценаріями поєднаного впливу інженерно-геологічних загроз наведені у табл. 6. Згідно з ними, лідером за потенційною економічною шкодою є сценарій 12 (перезволожені леси в ареалі сумарної сейсмічності $I \geq 6$ балів на підстилаючих вапняках), понад 43% від усієї суми.

Таблиця 6. Оцінка потенційної економічної шкоди за уточненими регіональними сценаріями поєднаного впливу інженерно-геологічних загроз в Україні

		Вартість загальна, \$ млрд			Вартість потенційної шкоди, \$ млрд		
		будинків	землі	Всього	будинкам	землі	Всього
1	Сценарій 11	0,841	7,408	8,249	0,173	2,230	2,403
	% від всіх	1,2	1,4	1,3	2,0	2,0	2,0
2	Сценарій 12	23,177	158,602	181,779	4,183	47,739	51,923
	% від всіх	32,5	29,3	29,7	47,6	43,0	43,3
3	Сценарій 13	30,262	230,026	260,288	3,193	46,235	49,428
	% від всіх	42,5	42,5	42,5	36,3	41,6	41,2
4	Сценарій 14	0,136	1,469	1,605	0,038	0,589	0,627
	% від всіх	0,19	0,27	0,26	0,43	0,53	0,52
5	Сценарій 2	0,000023	0,000266	0,000289	2,9304E-06	5,32771E-05	5,6208E-05
	% від всіх	0,000032	0,000049	0,000047	0,000033	0,000048	0,000047
6	Сценарій 3	0,573	4,343	4,916	0,060	0,873	0,933
	% від всіх	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
7	Сценарій 4	15,204	132,022	147,226	1,140	13,202	14,343
	% від всіх	21,3	24,4	24,0	13,0	11,9	12,0
8	Сценарій 5	1,154	8,293	9,447	0,035	0,829	0,864
	% від всіх	1,6	1,5	1,5	0,4	0,7	0,7
Всі сценарії		71,211	540,694	611,906	8,784	111,109	119,893

Джерело: авторські розрахунки.

На другій позиції – сценарій 13 (перезволожені леси в ареалі сумарної сейсмічності $I \geq 6$ балів поза ареалами загроз зсувоутворення та карстоутворення), понад 36%. На третій позиції – сценарій 4 (підтоплені не лесові породи на карстонебезпечних територіях), понад 11% від усіх. Ці три сценарії обумовлюють понад 90% потенційної шкоди. Показово, що сценарії, пов'язані з підтопленими лесами (сценарії 11, 12, 13, 14, 2, 3, 5, тобто переважна більшість з врахованих), формують понад 87% потенційної шкоди.

Загальна оціночна вартість потенційної економічної шкоди за уточненими регіональними сценаріями поєднаного впливу інженерно-геологічних загроз в Україні для житлових будинків (садибних та багатоквартирних) становить до 8,8 \$ млрд. З урахуванням шкоди для прибудинкових земельних ділянок ця сума зростає до 120 \$ млрд. Зазначені величини припустимо інтерпретувати як мінімальну і максимальну оцінки потенційної економічної шкоди від інженерно-геологічних загроз в Україні, що відрізняються одна від одної більше, ніж на порядок.

Висновки

1. Грошову оцінку завданої шкоди легко отримати як різницю вартості будівлі до і після руйнівної атаки. Для оцінки вартості споруди, що зазнала бойового ураження, найкраще використовувати показник частки втраченого ресурсу її експлуатації (зворотної до частки залишкового ресурсу споруди), розрахований за даними спеціальних обстежень. Це суттєво зменшить суб'єктивність визначення величини грошової оцінки накопиченої зношеності пошкоджених споруд.

2. На об'єктовому рівні оцінку впливу інженерно-геологічного фактору на стійкість будівель і споруд із визначенням величини завданої або потенційної шкоди доцільно здійснювати в рамках «витратного» підходу до оцінювання об'єктів нерухомості (на основі балансової або відновної вартості будівлі), доповненого «сценарним» і «геоекологічним» підходами для ідентифікації наявних інженерно-геологічних загроз. Така оцінка істотно поліпшується шляхом виконання спеціальних натурних обстежень будівельних конструкцій та досліджень підґрунтя конкретних будівель.

3. Визначення геоекологічних сценаріїв для економічної оцінки, що відображають варіанти негативного впливу сейсміки і небезпечних екзогенних геологічних процесів (загроз) та їх територіальних поєднань, дає змогу у першому наближенні обійти не вирішені в загальному випадку питання імовірності реалізації цих загроз та передбачення ступеня пошкодження/руйнування конструкцій внаслідок цього.

4. Відсутність вхідних даних стосовно реально завданої шкоди спорудам (і прибудинковим ділянкам) від реалізації інженерно-геологічних загроз на регіональному рівні змушує використовувати істотно спрощену опосередковану оцінку гіпотетичної можливості пошкодження споруд на основі поєднання логік «витратного», «нормативного», «експозиційного» і, особливо, «сценарного» підходів. Розроблені нами регіональні геоекологічні сценарії відображають майже всі взаємовиключні варіанти територіального поєднання інженерно-геологічних загроз. Причому маємо змогу визначити орієнтовну кількість тільки житлових споруд і тільки двох їх узагальнених типів (садибних і багатопверхових) на основі переписної кількості населення

в населених пунктах за експертно введеними умовними нормативами (наприклад, засобами ГІС-аналізу) у ареалах поширення кожного із сценаріїв поєднаного впливу врахованих загроз.

5. Запропоновані розрахункові моделі можуть бути уточнені шляхом відпрацювання на реальних даних методичних прикладів. Проте, докорінно поліпшити стан справ з оцінкою на регіональному рівні може лише накопичення і відкриття для дослідження баз даних про інженерні характеристики, інженерно-геологічні умови, пошкодження за причинами, балансову і ринкову вартість тощо для всіх наявних споруд і будівель (згідно з реєстрами БТІ, Мініюсту тощо) в усіх населених пунктах території, що вивчається.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пазинич В.І., Свистун Л.А. Оцінка об'єктів нерухомості: навч.пос. [для студ. вищ. навч. закл.] – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 434 с. – ISBN 978-966-364-891-0
2. Оцінка бізнесу та нерухомості: навч. пос. / за заг. ред. проф. В.Р. Кучеренко; уклад.: Я.П. Квач, Н.В. Сментина, В.О. Улибіна, А.В. Андрейченко. – 2-ге видання. – Одеса: Астропринт, 2013. – 235 с.
3. Крупка Я. Д. (2000). Прогресивні методи оцінки та обліку інвестиційних ресурсів. *Економічна думка*, (1), 350-354.
4. Як проводиться оцінка будинку: необхідні документи та критерії оцінки. <https://pareto.com.ua/ua/blog/yak-provoditsya-ocinka-budinku/>
5. Івченко О. Основні методи оцінки нерухомості та їх особливості. <https://pareto.com.ua/ua/blog/osnovni-metodi-ocinki-neruhomosti-ta-yih-osoblivosti/>
6. ДСТУ Б В.1.1-28:2010. Національний стандарт України. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Шкала сейсмічної інтенсивності. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011, – 79 с.
7. Сейсмический риск и инженерные решения. (1981) Пер. с англ. [Под ред. Ц. Ломнитца, Э. Розенблюта]. Москва: Недра, – 1981, 375 с.
8. Рогожин О. Г., Яковлев Є. О., Крета Д. Л. (2023) Оновлена електронна карта прояву та розвитку підтоплення за причинами в Україні // *Екологічна безпека та природокористування*. – 2023. – № 2 (46). – С. 124–137.
9. Турінов Олег. Вартість будівництва будинку в Україні в 2021 р. <https://z500.com.ua/ua/skolko-stoit-stroitelstvo-doma.html>
10. Карамнова Марія. Скільки коштує побудувати будинок в Україні у 2025 р. «Новий дім». 06.01.2025 р. <https://noviydom.com.ua/uk/skilky-koshtuye-pobuduvaty-budynok>
11. Ціна будівництва приватного будинку. Компанія DEWPOINT. <https://dewpoint.com.ua/uk/cena/>
12. Пилипенко Ярослав. Скільки коштує квадратний метр відбудови. 22.05.2024 р. <https://dozorro.org/blog/skilki-koshtuye-kvadratnij-metr-vidbudovi>
13. «Хрущовка». 21.10.2019. <https://rise.lviv.ua/content/article-item/hrushtovka-13.html>
14. Ціна на землю зростає, вартість 1 га землі вже 45 тис. грн. 19.04.2024. <https://superagronom.com/news/18814-tsina-na-zemlyu-zrostaye-vartist-1-ga-zemli-vje-45-tis-grn>
15. Розтр'юпа Василь. Скільки коштує 1 сотка землі під забудову в Україні в 2024 році. 31.07.2024 р. https://24tv.ua/agro24/zemlya-pid-zabudovu-skilki-koshtuye-1-sotka-2024-ukrayini_n2608282

Стаття надійшла до редакції 06.02.2025 і прийнята до друку після рецензування 05.05.2025

REFERENCES

1. Pazynych, V. I., & Svystun, L. A. (2009). Valuation of real estate: tutorial [for students of higher education institutions]. Kyiv: Center for Educational Literature. ISBN 978-966-364-891-0
2. Kvach, Ya. P., Smentyna, N. V., Ulubina, V. O., & Andreichenko, A. V. (2013). Business and real estate valuation: teaching aids. (V. R. Kucherenko, Ed.) (2nd ed.). Odesa: Astroprint.
3. Krupka, Ya. D. (2000). Progressive methods of assessment and accounting of investment resources. *Ekonomichna dumka*, (1), 350-354.
4. How a house is evaluated: required documents and evaluation criteria. Retrieved from <https://pareto.com.ua/ua/blog/yak-provoditsya-ocinka-budinku/>
5. Ivchenko, O. Basic methods of real estate valuation and their features. Retrieved from <https://pareto.com.ua/ua/blog/osnovni-metodi-ocinki-neruhomosti-ta-yih-osoblivosti/>
6. National Standard of Ukraine Б Б.1.1-28: 2010. (2011). Protection against hazardous geological processes, harmful operational influences, and fire. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine, 79 p. [in Ukrainian].
7. Leggett, R. (1976). Cities and geology. Moscow: Mir [in Russian].
8. Rogozhin, O. G., Yakovlev, E. O., & Kreta, D. L. (2023). The updated electronic map of the overwetting manifestation and development by causes in Ukraine. *Environmental safety and natural resources*, 2 (46), 124-137 [in Ukrainian].
9. Turinov, O. The cost of building a house in Ukraine in 2021. Retrieved from <https://z500.com.ua/ua/skolko-stoit-stroitelstvo-doma.html>
10. Karamnova, M. How much does it cost to build a house in Ukraine in 2025. "New House". 06.01.2025. Retrieved from <https://noviydom.com.ua/uk/skilky-koshtuye-pobuduvaty-budynok>
11. The price of building a private house. DEWPOINT Company. <https://dewpoint.com.ua/uk/cena/>
12. Pilypenko, Ya. How much does a square meter of reconstruction cost? 22.05.2024. Retrieved from <https://dozorro.org/blog/skilki-koshtuye-kvadratnij-metr-vidbudovi>
13. «Khrushchovka». 21.10.2019. <https://rise.lviv.ua/content/article-item/hrushtovka-13.html>
14. The price of land is increasing, the cost of 1 hectare of land is already 45 thousand UAH. 19.04.2024. Retrieved from <https://superagronom.com/news/18814-tsina-na-zemlyu-zrostaye-vartist-1-ga-zemli-vje-45-tis-grn>
15. Roztreopa, V. How much does 1 acre of land for development cost in Ukraine in 2024. 31.07.2024. Retrieved from https://24tv.ua/agro24/zemlya-pid-zabudovu-skilki-koshtuye-1-sotka-2024-ukrayini_n2608282

The article was received 06.02.2025 and was accepted after revision 05.05.2025

Рогожин Олексій Георгійович

доктор економічних наук, старший науковий співробітник, головний науковий співробітник Інституту телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України

Адреса робоча: 03186 Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар 13

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8101-9368> **e-mail:** olexarog@gmail.com

Трофимчук Вікторія Олександрівна

кандидат економічних наук, старший науковий співробітник Інституту телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України

Адреса робоча: 03186 Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар 13

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-5664-9575> **e-mail:** trofymchuk.vk@gmail.com

Хлобистов Євген Володимирович

доктор економічних наук, професор, провідний науковий співробітник Інституту телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України

Адреса робоча: 03186 Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар 13

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7620-1613> **e-mail:** ievgen.khlobystov@ukr.net