

ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ НЕБЕЗПЕЧНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

М. О. БондарДержавна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. В. Липківського, 35, м. Київ, 03035, Україна.

Небезпечні геологічні процеси мають неабиякий вплив на особливості містобудівної діяльності в межах міст і промислово-міських агломерацій України, створюють небезпеку життєдіяльності та наносять значні економічні збитки. У межах територій Києва, Дніпропетровська, Чернівців та інших населених пунктів України впродовж десятиліть упроваджуються заходи боротьби та мінімізації наслідків таких небезпечних процесів як зсуви, абразія, підтоплення тощо. Проаналізовано методологію оцінювання ризиків небезпечних геологічних процесів. Оцінка геологічного ризику сприяє обґрунтуванню заходів мінімізації небезпечних геологічних процесів, тому висвітлення й удосконалення її методологічних основ набуває актуального значення. За результатами аналізу охарактеризовано особливості оцінювання окремих типів ризику та наведено математичні формули оцінювання. Детально розглянуто методологічні основи оцінювання питомого, економічного, соціального типів ризиків.

Ключові слова: ризик, вірогідність, небезпечні геологічні процеси, оцінка ризику.

ОЦЕНКА РИСКОВ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

М. А. БондарГосударственная экологическая академия последипломного образования и управления
ул. В. Липковского, 35, г. Киев, 03035, Украина.

Опасные геологические процессы влияют на особенности строительной деятельности в границах городов и промышленно-городских агломераций Украины, создают опасность жизнедеятельности и наносят существенные экономические убытки. В рамках территории Киева, Днепропетровска, Черновцов и других населённых пунктов Украины десятилетиями проводятся мероприятия по борьбе и минимизации последствий таких опасных процессов, как оползни, абразия, подтопление и т.д. Проведён анализ методологии оценки рисков опасных геологических процессов. Оценка геологического риска способствует обоснованию мероприятий по минимизации последствий опасных геологических процессов и поэтому освещение и усовершенствование её методологических основ становится особо актуальными. На основании результатов анализа охарактеризованы особенности оценки отдельных типов риска и приведены расчётные математические формулы оценки. Детально рассмотрены методологические основы оценки удельного, экономического и социального типа рисков.

Ключевые слова: риск, вероятность, опасные геологические процессы, оценка риска.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Оцінка геологічного ризику є спеціальним видом проектно-вишукувальної діяльності, спрямованої на забезпечення безпеки населення, об'єктів господарства та навколишнього природного середовища в межах територій, схильних до впливів небезпечних геологічних процесів (далі – НГП), шляхом завчасного здійснення інженерно-технічних та інших заходів щодо зменшення негативних наслідків і запобігання природних надзвичайних ситуацій, зумовлених цими процесами [1].

Аналіз ризику складається з аналізу небезпеки та аналізу можливих наслідків. Аналіз небезпеки полягає в характеристиці процесу (класифікація, виявлення механізму, розміру, швидкості прояву, місця розташування), а також у визначенні частоти прояву процесу (величина річної ймовірності). У свою чергу, аналіз наслідків (можливого збитку) включає виявлення елементів (об'єктів) ризику, їх просторово-часової ймовірності й уразливості.

Сучасні уявлення щодо методологічних основ оцінки ризику розвитку небезпечних геологічних процесів висвітлені в працях О.Л. Рагозіна [2], Т.А. Барабошкіної [3], Г.І. Рудька [4], А.І. Шеко, В.С. Круподерова та інших. Термінологічна основа оцінки ризику розробляється й удосконалюється Міжнародним співтовариством механіки ґрунтів і геотехніки (International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering).

Бахірева Л.В., Осипов В.І. та Кофф Г.Л. визначають геологічний ризик як ймовірність прояву

природних і техногенних геологічних процесів у певному районі.

Шеко А.І., Круподеров В.С. розглядають ризик як ймовірність шкоди; очікувані економічні, соціальні та екологічні наслідки від прояву небезпечних процесів, які оцінюються стосовно конкретних об'єктів [5]. Під геологічною небезпекою вони розуміють можливість (загрозу) прояву геологічних процесів, здатних уражати людей, наносити матеріальний збиток, катастрофічно діяти на навколишнє середовище людини. Раптово реалізована всеосяжна за своїми вкрай несприятливими наслідками, масштабами прояву, небезпека, яка призвела до масової загибелі людей, значного економічного збитку, погіршенню екологічної ситуації, має назву катастрофи.

Класифікація ризиків Рагозіна О.Л. вміщує ряд таксономічних одиниць: класи, групи, типи. Всі ризики поділяють на три класи: природні, соціальні та природно-соціальні. Класи поділяють на групи. У класі соціальних ризиків виділяють дві групи: природні і техноприродні (табл. 1). У групі природних ризиків виділяють гідрогеологічний, метеорологічний, космічний, змішаний, а в групі соціальних ризиків – гірничодобувний, хімічний, машинобудівний, автодорожній і т.д. Серед типів виділяють: сейсмічний, зсувний, селевий і т.д. Ризики розрізняють за масштабом і характером впливу, повнотою обліку, формою прояву, сферою фіксації, рівнем впливу на людину та економіку. Основним принципом оцінки небезпеки впливів НГП і ризику є ймо-

вірнісна оцінка прояву того чи іншого процесу на території. Крім неї, враховують також й енергетичні характеристики процесів (швидкість розвитку, площа проявів і т.п.).

Проблема вивчення та прогнозування небезпечних природних процесів набула на даний час першорядного значення, що пов'язано із загостренням екологічної обстановки в цілому на тлі деградації навколишнього середовища. В останні десятиліття помітно зросли повторюваність і масштаби природних й антропогенних катастроф. Прогнозування небезпечних природних процесів і явищ – визначення ймовірності виникнення та динаміки розвитку

небезпечних природних процесів і явищ, оцінка масштабів і ризику виникнення надзвичайних ситуацій.

Зростання кількості природних катастроф у світі і збитків від них пов'язане з багатьма факторами.

До них належать: зростання чисельності населення, концентрація людських і матеріально-технічних ресурсів у міських агломераціях, освоєння нових сфер виробництва, транспортні шляхи, нафто- і газопроводи, території, схильні до стихійних явищ, будівництво складних, потенційно небезпечних об'єктів (атомні електростанції, греблі водосховищ, сховища горючих і шкідливих речовин, хімічні підприємства та ін.).

Таблиця 1 – Класифікатор абіотичних природних і техноприродних небезпек і ризиків (за О.Л. Рагозіним)

Рівень і ознака виділення	Класифікаційне групування ризику (небезпеки)	
1. Генезис	Природний	Техноприродний
2. Середовище розвитку	Геологічний, гідрологічний, метеорологічний, космічний	Інженерно-геологічний, інженерно-гідрологічний, інженерно-метеорологічний
3. Механізм	Сейсмічний, зсувний, селевий, лавинний, абразійний, карстовий, цунамі, повеней, ураганів і т.д.	Переробки берегів водосховищ, підтоплення територій, наведеної сейсмічності, техногенних зсувів, селів і т.д.
4. Масштаб	Локальний, регіональний (підтипи: міський, районний, суб'єктний (обласний), суперрегіональний (підтипи: державний, національний, міждержавний), глобальний	
5. Характер впливу	Одномоментний (підтипи: разовий, багаторазовий), перманентний (підтипи: відносно постійний, кумулятивний (збільшується), екстенсивний (зменшується)	
6. Повнота обліку	Приватний (від однієї небезпеки), інтегральний (від декількох небезпек)	
7. Форма прояву	Прямий, непрямий, повний	
8. Сфера фіксації	Соціальний (підтипи: повний та індивідуальний першого і другого роду), фізичний (матеріальний), економічний, екологічний	
9. Форма вираження	Подієвий, вартісний, комбінований (наведений)	
10. Ступінь запобігання	Запобіжний, частково запобіжний, незапобіжний (залишковий)	
11. Індивідуальний ризик (люд./люд.-рік)	Малий: $< 2,7 \cdot 10^{-7}$, невеликий: $(2,7-3,3) \cdot 10^{-7}$, середній: $3,3 \cdot 10^{-7} - 10^{-6}$, великий: $10^{-6} - 10^{-5}$, дуже великий: $10^{-5} - 10^{-4}$, виключно великий: $> 10^{-4}$	
12. Економічний ризик (тис. ум. од./ га-рік)	Малий: < 2 , невеликий: $2-10$, середній: $10-20$, великий: $20-100$, дуже великий: $100-200$, виключно великий: > 200	

Небезпечні геологічні процеси різного генезису становлять значну та зростаючу в часі небезпеку для міст і промислово-міських агломерацій України.

Розвиток міст призводить до збільшення вразливості міської інфраструктури відносно природних і антропогенних небезпек.

На даний час, у зв'язку з глобальною урбанізацією, важливого значення набуває низка проблем: картування території міст; вивчення підземного простору міст з метою його раціонального використання; геохімічне вивчення території міст та оцінки її забруднення; оцінка природних небезпек і розробка методів захисту людей та міської інфраструктури від небезпечних процесів [6, 7].

Питання взаємодії міста та геологічного середовища знаходять своє відображення в працях Дашко Р.Е., Зіміної Д.Г., Котлова Ф.В. [8, 9], Котлова В.Ф. [10], Коффа Г.Л. [11], Осипова В.І. [12], Трофимова В.Т. і багатьох інших дослідників.

Природні небезпеки спричинюють катастрофи, впливають на соціальне, матеріальне або природне середовище.

Небезпечні для суспільства процеси, пов'язані з неживою природою, можуть бути розподілені по середовищу їх розвитку на геологічні, гідрологічні, метеорологічні та космічні. Спільними факторами (рушійними силами) цих процесів є гравітаційні поля Землі, Місяця, Сонця, а також планет Сонячної системи, сонячна радіація, тектонічне, магнітне, температурне та інші поля, обумовлені складними перетвореннями речовини та енергії у внутрішніх (підкорових) сферах Землі. Зазначені фактори визначають зовнішні для відповідних середовищ-систем впливи і задають загальну спрямованість розвитку в часі-просторі всіх земних небезпечних природних і техноприродних процесів. До зовнішніх (для певного середовища) відносять і вплив межуючих із ними середовищ, у тому числі і техносфери [13].

В основу сучасної міжнародної стратегії порятунку людства від природних катастроф покладене прогнозування та своєчасне попередження людей про наслідки небезпечних геологічних процесів, оскільки витрати на них набагато нижчі порівняно з витратами на попередження шкоди.

При розвитку (будівництві та реконструкції) урбанізованих територій необхідно враховувати геологічні ризики. У результаті прояву несприятливих геологічних процесів знижуються стійкість міської інфраструктури та безпека проживання людей [14].

Міські території, на яких геологічні умови є сприятливими для розвитку негативних процесів, менш придатні для капітального будівництва, так як вартість будівництва на цих ділянках значно зростає [15].

При оцінці геологічного ризику слід урахувати:

- усі передбачувані випадки активізації наявних геологічних небезпек, а також виникнення нових під впливом природних і техногенних факторів;

- негативні наслідки на оцінюваних об'єктах господарства та на суміжних територіях;

- прогнозовані ураження територій геологічними небезпеками, які є результатом появи та експлуатації оцінюваних об'єктів.

На аналізі всіх наявних матеріалів і даних про наслідки аналогічних за генезисом і (або) інтенсивністю небезпек на інших територіях у природно-техногенних ситуаціях, подібних існуючим, на оцінюваній території повинні базуватись:

- прогнозування розвитку геологічно небезпечних ситуацій;

- оцінка уразливості і ризиків втрат від цих ситуацій;

- визначення точності підсумкових оцінок ризику.

Нині в різних країнах проводиться інтенсивна робота з розробки методики оцінки природних ризиків і складання карт ризику, що дозволяють кількісно оцінювати можливі людські жертви та матеріальні збитки при розвитку одного (індивідуальний ризик) або декількох (комплексний) небезпечних процесів. Оцінка ризику дозволяє також визначити пріоритети в господарському освоєнні територій і здійснювати економічне регулювання у сфері забезпечення безпеки.

Для оцінки очікуваних утрат поряд із можливими небезпеками враховуються і такі чинники, як щільність і характер розселення людей, техногенної інфраструктури, розподіл екосистем і т.д. Важливий елемент оцінки ризику – визначення уразливості окремих територій стосовно тієї чи іншої природної небезпеки.

Основою для проведення оцінки ризику проживання населення на даній території можуть слугувати результати еколого-геологічного моніторингу. Процедура проведення моніторингу стану територій повинна ґрунтуватися на базі даних картографічної інформації щодо природних умов і техногенних факторів, які визначають цей стан. Досвід свідчить, що для обробки великих масивів даних, їх аналізу та оперативного забезпечення достовірною інформацією щодо екологічного стану навколишнього середовища необхідно використовувати сучасні геоінформаційні системи і спеціалізоване програмне забезпечення [16].

Складання карт природних ризиків і встановлення на законодавчій основі допустимого ризику дозволяють управляти природними ризиками і мінімізувати наслідки природних катастроф. Знизити такі ризики можна шляхом розробки заходів щодо регу-

лювання природних небезпек, а також уразливість соціальної та матеріальної сфер. До їх числа відносяться:

- управління природними небезпеками;
- впорядкування господарської діяльності та раціональне використання територій;

- превентивні заходи;
- створення системи попередження і екстреного реагування;

- прийняття своєчасних управлінських рішень;
- страхування від природних ризиків.

Результати оцінки геологічного ризику повинні бути характеристикою кількісного виду можливих фізичних, економічних і соціальних збитків, які виникають під час ураження оцінюваних об'єктів господарства, окремими геологічними небезпеками (диференційований ризик), і сукупністю цих небезпек (інтегральний ризик), при різних поєднаннях заходів щодо попередження природних надзвичайних ситуацій, і, в обов'язковому порядку, при варіанті відмови від цих заходів. Кінцевими показниками оцінки геологічного ризику використовують диференційовані й інтегральні характеристики питомої економічного та індивідуального ризику втрат за один рік, а додатковими показниками – повні значення цих ризиків. Результати оцінки геологічного ризику є основою для визначення необхідності, складу, обсягу, послідовності реалізації та соціально-економічної ефективності заходів, що входять до складу проектної документації щодо запобігання природним надзвичайним ситуаціям, які обумовлені розвитком геологічних небезпек [1].

Аналіз геологічних небезпек і подальша оцінка геологічних ризиків, що проводяться в рамках інженерних вишукувань, спрямовані на

- виявлення (ідентифікацію), розгляд та подання в якісному і, в першу чергу, кількісному представленні об'єктивної, не залежної від людського сприйняття, складової природного ризику;

- забезпечення відповідності планованої діяльності вимогам до безпеки та довговічності, до умов експлуатації за мінімальної вартості і до термінів реалізації поставлених завдань.

Залежно від вирішуваних завдань і специфічних особливостей джерела і об'єкту-реципієнта небезпеки, показниками ризику від одномоментних небезпечних екологічних процесів НГП можуть виступати частота виникнення (імовірність) негативної події, можливий збиток або комбінована характеристика збитку і частоти. При цьому негативними розглядаються лише такі події, які пов'язані з певними втратами (відмовами) реципієнта небезпеки. Їх ймовірність завжди пропорційна (і лише в окремих випадках дорівнює) вірогідності небезпечних подій.

Для територій, схильних до негативних дій одномоментних НГП, найпростішим видом відмови є будь-який випадок виведення з ладу окремих площ внаслідок їх ураження зсувами, селями, карстовими провалами та іншими подібними небезпеками.

Метою роботи є підвищення екологічної безпеки шляхом вдосконалення методики оцінювання геолого-екологічних ризиків.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. У даній роботі розглянуто як об'єкт-реципієнт небезпеки освоєну частку території, що має площу S_0 , при загальній площі S_T (рис. 1). У межах всієї оцінюваної території S_T періодично виникає небезпека H , що кожного разу займає площу S_H . Тоді вірогідність ураження цією небезпекою будь-якої території як на освоєній, так і на не освоєній частці цієї території дорівнює:

$$P(S_T S_0) = S_H / S_T, \quad (1)$$

при $S_H > S_T$ розглядається вірогідність $P(S_T S_0) = 1$.

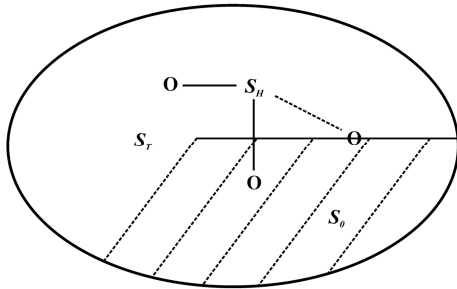


Рисунок 1 – Випадки ураження території таксона (S_T) та його освоєної частки (S_0) небезпечним природним (техноприродним) процесом певних інтенсивності та тривалості дії (S_H)

Отримана імовірність визначає частку можливих втрат об'єкта в разі реалізації небезпеки H . Вона є універсальним показником реакції об'єкта на небезпеку і не залежить від площі об'єкту ураження. Ця імовірність зветься ступенем фізичної уразливості території для небезпеки певного генезису, інтенсивності, тривалості дії або просто фізичною уразливістю і позначається $V_f(H)$. Матеріальний збиток, представлений у вигляді площі ураженого одиничним проявом небезпеки H може бути визначений як:

$$D_f(H) = V_f(H) \cdot S_0 = S_H S_0 / S_T. \quad (2)$$

Імовірнісна сутність виразу (2) полягає в наступному. Небезпека, у разі виникнення на оцінюваній території, зосереджена в її освоєній частці з імовірністю (S_0 / S_T), й при цьому кожного разу пошкоджується площа S_H . Звідси ризик ураження (руйнування, виведення з ладу тощо) одиниці площі в межах освоєної частки території S_0 у часі і просторі з небезпекою H , повний ризик втрат при цій події, обчислюються за математичними виразами відповідно:

$$R_{sf}(H) = P(H) V_f(H), \quad (3)$$

$$R_f(H) = P(H) D_f(H) = R_{sf}(H) \cdot S_0, \quad (4)$$

де $P^*(H)$ – частота виникнення небезпеки H (випадків/рік).

Формула (3) характеризує питомий ризик ураження території, тобто фізичний (предметний) ризик питомих втрат з одиниці площі в межах усєї оціненої території за одиницю часу, що виражається розмірністю га/га-рік, м²/км²-рік і т.д.

Як випливає з виразу (3), питомий ризик ураження територій є основним показником при картографуванні та порівняльній оцінці ризику від НГП, що призводить до втрати земельних угідь, особливо

за відсутності достовірної інформації про розміщення і вартість окремих об'єктів господарства (один із основних інтегральних показників надійності або стійкості територій до дій небезпек будь-якого генезису).

Питомий ризик визначає ймовірність ураження або відмови оцінюваної території при дії небезпеки H за одиницю часу. Стійкість (надійність) такої території до даної небезпеки встановлюється у вигляді безрозмірної цмовірності її безвідмовної роботи за той же час:

$$P(F \setminus H) = 1 - P^*(H) \cdot V_f(H). \quad (5)$$

Повне значення ризику ураження, згідно з формулою (4), визначає умовну швидкість втрати земель у межах освоєної частки території. Значення збитку й ризику для всієї території (якщо вона прийнята за об'єкт небезпеки) можуть бути отримані виразами (2), (4) після заміни S_0 на S_T , що призведе до їх спрощення.

Математичні моделі, що розглянуті в роботі, розроблені для оцінювання ризику від одномоментних, непостійних діючих небезпек. Для перманентних небезпек типу абразії річкової, яружної ерозії, техногенного підтоплення територій та деяких інших фізичних ризиків утрат земель, питома значення фізичного ризику встановлюються через швидкість розвитку процесу.

Оцінювання фізичних ризиків дозволяє оперативно проводити попереднє ранжирування різних за площею територій і об'єктів за можливими втратами земельних ресурсів від різних НГП.

У роботі також виконано оцінювання економічного і соціального ризику.

Фізичний ризик ураження території є основою для визначення інших типів ризику НГП, зокрема, економічного ризику руйнування земель із розташованими в їх межах об'єктами господарства.

Отриманий в роботі показник соціального ризику ураження населення, який до цих пір практично не використовувався для аналізу ризику, визначає в загальному вигляді ймовірність опинитися у зоні катастрофічного розвитку одного або декількох процесів протягом певного часу і зазнати моральних або фізичних втрат, включаючи летальні результати. Соціальний ризик слугує для попереднього оцінювання безпеки великих територій, особливо в дрібному та оглядовому масштабах коли відсутня достовірна інформація про втрати і ступінь захищеності об'єктів господарства й населення від окремих небезпек.

При картографуванні соціального й інших типів ризиків НГП слід використовувати їх питомі показники, що безпосередньо характеризують можливий збиток. Питомим показником і критерієм для ранжування територій може бути індивідуальний ризик ураження населення з певним результатом, визначаючи ймовірність опинитися у числі постраждалих для однієї людини з групи тих, що ризикують в зоні можливого ураження.

Розглянуті в роботі кількісні методи оцінки соціального ризику практично без змін можуть успішно використовуватися для оцінювання екологічного ризику ураження окремих видів і співтовариств

рослинного й тваринного світу.

Більш детально оцінка ризику в різних сферах пов'язана з додатковим врахуванням уразливості окремих об'єктів господарства, населення і біоценозів при дії НПП певної інтенсивності, руйнівної сили, тривалої дії.

Цілковитий економічний ризик утрат від переробки берегів морів, річок, водосховищ і ставків, яро утворення, багаторічного підйому рівня моря, подібного до Каспію в 1978–1995 рр., а також від інших, що відносно постійно розвиваються в часі і просторі перманентних геологічних і гідрометеорологічних небезпек, доцільно визначати переважно через швидкості уражень цими небезпеками оцінюваних об'єктів.

Збиток від процесу підтоплення будівель і споруд зазвичай починає проявлятися лише після деякого часу після початку його дії на ці об'єкти. Даний збиток також істотно залежить від міри агресивності підземних вод до будівельних конструкцій. Тому повний ризик економічних утрат у результаті підтоплення будівель і споруд підземними водами рекомендується встановлювати з урахуванням їх агресивності і часу негативної дії на оцінюваний об'єкт.

Цілковитий економічний ризик від повільних осідань і підняття земної поверхні, пов'язаних з ущільненням, набуханням, випучуванням, осадкою ґрунтів в основі будівель і споруд також безпосередньо залежить від тривалості негативних дій на оцінюваний об'єкт.

У всіх випадках при оцінюванні природного економічного ризику втрат для будівель і споруд додатково оцінюють вторинні природні ризики, що виникають на суміжних територіях унаслідок підпоручими об'єктами потоків підземних вод, будівельне або експлуатаційне зниження їх рівня, утворення зсувів, просідань земної поверхні та інших НПП.

Природний ризик соціальних втрат населення оцінюють для небезпек, що призводять до загибелі й поранення людей у результаті швидких зсувів, провалів, осідань ґрунтів сейсмічного, обвального, карстового або іншого генезису, а також повеней, сильних вітрів, що призводять до руйнування територій і окремих об'єктів господарства.

Приведені в роботі математичні моделі ризику були розроблені для оцінки елементарних негативних ефектів від небезпек певного генезису, інтенсивності (руйнівної сили) і тривалості дії, які руйнують однорідні об'єкти (території, споруди, групи населення тощо).

Сума ризиків елементарних подій для всіх можливих випадків прояву певної небезпеки, що відрізняються за частотою виникнення, інтенсивністю або швидкістю розвитку, а також можливими негативними наслідками, визначає диференційований ризик від цієї небезпеки як в межах одного так і всіх об'єктів в зоні ураження.

Сума диференційованих ризиків від всіх генетичних типів небезпек, що впливають на об'єкт (об'єкти) визначає інтегральний (сумарний) ризик прямих втрат у фізичній, економічній, соціальній або екологічній сферах їх фіксації.

Оцінка природних і техноприродних ризиків повинна, в принципі, передбачати аналіз усіх первинних і, за можливості, вторинних наслідків НПП.

Сумарний ризик визначають тільки в разі вираження всіх результатів оцінки можливих утрат в єдиних вартісних показниках. Виправданою є практика окремого оцінювання соціальних, економічних і екологічних ризиків із подальшим спільним аналізом отриманих результатів і прийняттям на цій основі управлінських рішень для зменшення і запобігання можливих утрат.

ВИСНОВКИ. Розглянуті основні моделі формування різних типів ризиків від одномоментних і перманентних небезпечних геологічних процесів: фізичного, економічного, соціального, екологічного.

Кількісні методи оцінки соціального ризику також можуть успішно використовуватися для оцінювання екологічного ризику ураження окремих видів і співтовариств рослинного й тваринного світу.

Детальність оцінки ризику в різних сферах пов'язана з додатковим врахуванням уразливості окремих об'єктів господарства, населення і біоценозів при дії НПП певної інтенсивності, руйнівної сили, тривалості дії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рекомендации по оценке геологического риска на территории г. Москвы. – М.: ГУПНИИЦ, 2002. – 49 с.
2. Оценка и управление природными рисками / Под ред. А.Л. Рагозина. – М.: "КРУК", 2003. – 320 с.
3. Барабошкина Т.А. Геологические факторы экологического риска. – М., 2001. – 48 с.
4. Инженерная геодинамика Украины и Молдовы (оползневые геосистемы). В 2-х т. / Под ред. Г.И. Рудько, В.А. Осюка. – Черновцы: Букрек, 2012. – Т. 2. – 744 с.
5. Шеко А.И., Круподеров В.С. Оценка опасности и риска экзогенных геологических процессов // Геоэкология. – 1994. – № 1. – С. 11–20.
6. Dixon J.A., Scura L.F., Carpenter R.A., Sherman P.B. Economic Analysis of Environmental Impacts. – London: Earthscan, 1994.
7. Pearce D., Turner R.: Economics of Natural Resources and the Environment. – New York, 1990.
8. Котлов Ф.В. Изменения природной геологической среды на территориях городов и промышленных центров / Рациональное использование земной коры. – М.: Недра, 1974. – С. 27–42.
9. Котлов Ф.В. Рациональное использование и охрана геологической при городском и промышленном строительстве / Инженерно-геологические аспекты рационального использования и охраны геологической среды. – М.: Наука, 1981. – С. 129–174.
10. Котлов В.Ф., Кофф Г.Л. Методологические аспекты оценки состояния геологической среды // Инженерная геология. – 1987. – № 1. – С. 29–36.
11. Кофф Г.Л., Кожевина Л.С., Жигалин А.Д. Общие принципы оценки устойчивости городской экосистемы // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология. Геокриология. – 1997. – № 4. – С. 54–62.
12. Осипов В.И. Геологическая среда и будущее городов: проблемы и решения // «Инженерно-

геологические проблемы урбанизированных территорий»: матер. Междунар. симпозиума. – Екатеринбург: Издательство "Аква-Пресс", 2001. – Т. 1. – С. 72–78.

13. Рагозин А.Л. Общие закономерности формирования и количественная оценка природных рисков на территории России // Вопросы анализа риска. – 1999. – Т. 1, № 2–4. – С. 28–47.

14. Тимошенко М.С. Эколого-экономические аспекты городской застройки с учетом факторов экологического риска [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 3. – Режим доступа:

<http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/967>.

15. Тимошенко М.С. Эколого-экономические аспекты управления факторами экологического риска в условиях городской застройки [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4, част. 1. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1161>.

16. Рогозин А.Л. Основные модели и методы оценки природных рисков. Оценка и управление природными рисками: тематический том / Под ред. А.Л. Рогозина. – М.: КРУК, 2003. – С. 136–142.

RISK ASSESSMENT OF DANGEROUS GEOLOGICAL PROCESSES

M. Bondar

State ecological academy for post graduate education and management
vul. V. Lypkivskogo, 35, Kyiv, 03035, Ukraine.

Dangerous geological processes play an important role in peculiarities of building activity within cities and industrial complexes of Ukraine. They are dangerous to life and cause significant economical losses. Within the area of Kyiv, Dnipropetrovsk, Chernivtsy and other cities the activities, which are connected to prevention and minimization of hazardous processes such as landslides, abrasion, flooding, etc., are being implemented for many decades. The methodology of risk assessment of dangerous geological processes was analyzed. The assessment of geological risk aids justification of the activities for minimization of geological hazardous processes impact. Therefore highlighting and improvement of its methodological basis is an important task. The analysis of results enabled determination of different risk classes' peculiarities estimation. The corresponding calculation formulae are given. The detailed analysis of methodological basis for specific, social and economical risk classes' estimate is provided.

Key words: risk, probability, dangerous geological processes, risk assessment.

REFERENCES

1. (2002), *Rekomendacii po otsenke geologicheskogo riska na territorii g. Moskvy* [Recommendations on estimate of geological risk in Moscow], Kompaniia Nauchno-Issledovatel'skiy Analiticheskiy Tsentr, Moscow, Russia,

2. (2003), *Otsenka i upravlenie prirodnyimi riskami* [Estimate and control of natural risks] edited by Rogozin, A.L., KRUK, Moscow, Russia.

3. Baraboshkina, T.A. (2001), *Geologicheskiiye faktory ekologicheskogo riska* [Geologic environmental hazards], Geoinformmark, Moscow, Russia.

4. (2012), *Inzhiniernaia gieodinamika Ukrainy i Moldovy (opolznievyie gieosistemy)* [Engineer geodynamics of Ukraine and Moldova (landslide geological systems)] vol. 2, edited by Rudko, G.I., Osiuk, V.A., Bukrek, Chernovtsy, Ukraine.

5. Sheko, A.I., Krupoderov, V.S. (1994), "Exogenic geological processes risk assessment", *Gieoekologia*, no.1, pp.11–20.

6. Dixon, J.A., Scura, L.F., Carpenter, R.A., Sherman, P.B. (1994), *Economic Analysis of Environmental Impacts*, Earthscan, London, Great Britain.

7. Pearce, D., Turner, R. (1990), *Economics of Natural Resources and the Environment*, Harvester Wheatsheaf, New York, USA.

8. Kotlov, F.V. (1974), *Izmeneniia prirodnoy gieologicheskoy sriedy na territoriiah gorodov i promyshliennykh tsentrov* [Changes in natural geological environment at cities and industrial centers], Nedra, Moscow, Russia.

9. Kotlov, F.V. (1981), *Racionalnoie ispolzovaniie i okhrana gieologicheskoy sriedy pri gorodskom i promyshliennom stroitelstvie* [Rational use and preservation of geological environment during city and industrial building], Nauka, Moscow, Russia.

10. Kotlov, F.V., Koff, G.L. (1987), "Methodological aspects of geological environment state estimate", *Inzhiniernaia gieologiya*, no.1, pp. 29–36.

11. Koff, G.L., Kozhievina, L.S., Zhigalin, A.D. (1997), "General concepts of city environment system stability", *Inzhiniernaia gieologiya*, no. 4, pp. 54–62.

12. Osipov, V.I. (2001), "Geological environment and future of cities: problems and solutions", *Inzhinerno-gieologichieskiiye problemi urbanizirovannykh territoriy, Materialy Miezhdunarodnogo simpoziuma* [Engineering and geological problems of urbanized territories, proceedings of the International symposium], Ekaterinburg, Akva-Press, vol. 1, pp. 72–78.

13. Rogozin, A.L. (1999), "General laws of genesis and quantity estimate of natural risks at Russia territory", *Voprosy analiza riska*, vol. 1, no. 2–4, pp. 28–47.

14. Tymoshienko, M.S. (2012), "Environmental and economical aspects of city building considering ecological risk", *Engineer bulleting of Don*, no. 3, available at: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/967> (accessed June 4, 2015).

15. Tymoshienko, M.S. (2012), "Environmental and economical aspects of environmental risk control at city building", *Engineer bulleting of Don*, no. 4, part 1, available at: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1161> (accessed June 4, 2015).

16. (2003), *Osnovnyie modeli i metody otsienki prirodnykh riskov. Otsienka i upravlenie prirodnyimi riskami: tematichieskiy tom* [General models and methods for natural risks estimate. Estimate and control of natural risks: thematic volume] edited by Rogozin, A.L., KRUK, Moscow, Russia..

Стаття надійшла 08.06.2015.