

УДК 551:435.82

Касіянчук Дмитро Васильович

аспірант, кафедра геотехногенної безпеки та геоінформатики
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Касіянчук Дмитрий Васильевич

аспірант, кафедра геотехногенной безопасности и геоинформатики
Ивано-франковский национальный технический университет нефти и газа

Kasiyanchuk Dmytro Vasylovych

postgraduate, department of geotechnogenic safety and geoinformatics
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

**ЙМОВІРНІСТЬ РОЗПОДІЛУ ЗСУВНОЇ НЕБЕЗПЕКИ НА
ТЕРИТОРІЇ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ
ВЕРОЯТНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ
НА ТЕРРИТОРИИ ИВАНО-ФРАНКОВСКОЙ ОБЛАСТИ
PROBABLE DISTRIBUTION OF LANDSLIDE HAZARD ON THE
TERRITORY OF IVANO-FRANKIVSK REGION**

Анотація: Проведено аналіз ймовірності розподілу зсувних процесів для природної та техногенної складової факторів.

Ключові слова: зсув, фактор, ймовірність.

Аннотация: Проведен анализ вероятности распределения оползневых процессов для природной и техногенной составляющей факторов.

Ключевые слова: оползень, фактор, вероятность.

Summary: Analysis of the probability distribution of landslide processes for natural and technogenic component of factors.

Key words: landslide factor, probability

Постановка проблеми. На сьогоднішній день створено та впроваджено ряд геоінформаційних систем. Вони комплексно підходять до аналізу ЕГП і базуються на просторово-часовому прогнозі. Однак складові процесу ЕГП, особливо просторові, мають різну динаміку та різні фактори, що сприяють їх розвитку на окремих територіях. Тому побудова ймовірнісних просторових карт дозволить вирішити ряд

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливість розгляду питання вивчення факторів та умов розвитку ЕГП демонструють Світові форуми зсувів, що відбулися у Токіо (2008р.), Римі (2011р.), Пекіні (2014р.). Серед них варто виділити Міжнародну школу LARAM (Оцінка ризиків зсувів та їх пом'якшення) на базі університету Салерно (Італія). Міжнародна програма по зсувах (The International Programme on Landslides – IPL) була запущена для створення нової глобальної міждисциплінарної програми по зсувах і затверджена на Першій сесії Ради представників Міжнародного співтовариства по зсувах (The International Consortium On Landslides – ICL) в штаб-квартирі ЮНЕСКО в Парижі у листопаді 2002 року. Програма була розроблена для посилення існуючих програм співпраці в рамках тематичної сесії по зсувах у другій Всесвітній конференції Організації Об'єднаних Націй щодо зменшення небезпеки від стихійних лих (The 11th United Nations World Conference On Disaster Reduction), що пройшла в Кобе, Японія, у січні 2015. На сьогоднішній день IPL та ICL поєднують у собі всі можливі наукові здобутки, теоретичні та практичні розробки, навчальні програми з дослідження зсувів. Кооперацію з даними організаціями від України забезпечує Інститут телекомунікації та глобального інформаційного простору НАН України.

Важливими є дослідження Касіянчука Д.В., який вперше обґрунтував вибір факторів на основі розрахунку їх факторних характеристик при роздільному прогнозуванні природної та техногенної складової зроблені [2-4]. Подальший аналіз факторів, які впливають на розвиток і активізацію зсувів, що використовуються при прогнозуванні екзогенних геологічних процесів, дозволить виконати розрахунки інтегральних показників та побудувати на їх основі ймовірнісних карт природної та техногенної складових.

Мета і задачі дослідження. Основною метою дослідження є розрахунок інтегральних показників та побудова карт ймовірностей складових факторів.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні питання:

1. На основі аналізу статистичних розподілів факторних характеристик виконати розрахунок інтегральних показників та побудувати відповідні гістограми розподілів.

2. Обґрунтувати розрахунок природної та техногенної складової ймовірностей розвитку ЕГП.

3. Виконати моделювання зсувної небезпеки для території Івано-Франківської області.

Особливості поширення та аналіз зсувних процесів у межах досліджуваної території. Карпатський регіон є одним із найбільш ураженим зсувними процесами, які обумовлені дією внутрішніх сил Землі, та зовнішнім впливом її природних і техногенних факторів [6].

У Івано-Франківській області майже 2% території вражені зсувними процесами, їх площа складає близько 250 км², а загальна кількість становить понад 640 зсувонебезпечних ділянок, 80% з них пов'язані з господарською діяльністю.

Основними природними причинами розвитку зсувів є підмив річками берегів, сейсмічні поштовхи, збільшення крутизни схилів.

Найбільше зазнає збитків від широкого розвитку зсувних процесів, селевих явищ та бокової ерозії річок гірська і передгірська територія області.

Зсувними процесами здебільшого уражені території Верховинського району – басейн р. Річка, де зсувними процесами охоплено приблизно 50-60% території; Косівського району – м. Косів та населені пункти в басейні р. Рибниці, р. Люча; Коломийського району – правобережжя р. Прут; Снятинського району – м. Снятин, с. Новоселиця.

Для проведення статистичного аналізу факторів активізації та розвитку зсувів і подальшого просторового прогнозу створена база геоданих, яка містить поєднану картографічну й атрибутивну інформацію відповідних факторних характеристик груп факторів для природної та техногенної складових (табл. 1, 2).

Таблиця 1

Чинники активізації ЕГП (природна складова)

Група чинників	Фактор	Факторна характеристика
Геологічні	Літофаціальний тип гірських порід, що підстиляють	Коефіцієнт ураженості літофаціальної зони, геологічної свити
	Інженерно-геологічний район	Коефіцієнт ураженості в межах району (в т.ч. іншими ЕГП)
Метеорологічні	Опади	Кількість (інтенсивність) опадів
Тектонічні	Тектонічні порушення	Відстань до тектонічного розлому
Геоморфологічні	Базис ерозії	Відстань до базису ерозії
	Висота	Абсолютна оцінка над рівнем моря
	Крутість схилу	Кут нахилу денної поверхні
	Найближчий поверхневий прояв ЕГП	Відстань до найближчого прояву
	Вододіл	Відстань до вододілу
	Напрямок схилу	Експозиція схилу

Методичні та наукові основи сучасних результатів досліджень.

Основне завдання статистичного аналізу даних полягає в розподілу груп факторів на природну та техногенну складові.

За результатами аналізу було розподілено групи факторних характеристик за законами розподілу: нормальний – природна складова, логнормальний – техногенна складова.

Окремим важливим етапом дослідження є оцінювання внеску (Rnp_i – коефіцієнту інформативності) окремих факторних характеристик у процес розвитку й активізації зсувів, розрахованих за формулою (1) [5]:

$$Rnp_i = \frac{\sum_j |r_{ij}|}{\sum_i \sum_j |r_{ij}|} \quad (1)$$

де r_{ij} – значення коефіцієнта парної кореляції між i, j .

Таблиця 2

Чинники активізації ЕГП (техногенна складова)

Група чинників	Фактор	Факторна характеристика
Геологічні	Наявність ділянок порушення геологічного середовища	Відстань до ділянок порушення геологічного середовища (водозаборів, кар'єрів)
		Коефіцієнт ураженості дорожньою мережею та населеними пунктами в межах району
Ландшафтні	Рослинність	Зміна лісових площ, відстань до границі лісу
Геоморфологічні	Вібрація	Відстань до джерела вібрації, рівень вібрації
	Модифікація схилів	Зміна кута нахилу
	Перевантаження схилів	Коефіцієнт стійкості
	Наявність доріг, залізниць	Відстань до дороги, залізниці
	Наявність населених пунктів	Відстань до населеного пункту
Гідрологічні	Коефіцієнт порушеності	Коефіцієнт порушеності, рівень ґрунтових вод

Вагові коефіцієнти інформативності є оцінні значення, що вказують на відносну важливість або вплив кожної факторної характеристики. Мета визначення вагових коефіцієнтів полягає в можливості встановити нам окреслені пріоритети роботи, тобто підтвердити або спростувати висунуту

гіпотезу. Їх визначають з метою підтвердження правильності вибору факторів та означення «ваги», факторних характеристик.

Результати вагових коефіцієнтів, що представлені у таблиці 3, вказують на рівноцінність впливу факторних характеристик активізації та розвитку природних складових розвитку ЕГП.

Таблиця 3

Вагові коефіцієнт інформативності факторних характеристик факторних характеристик, %

природна складова		техногенна складова	
Коефіцієнт ураженості літофаціальної зони, геологічної свити	10	Відстань до ділянок порушення геологічного середовища (водозаборів, кар'єрів)	12
Коефіцієнт ураженості в межах району (в т.ч. іншими ЕГП)	12	Коефіцієнт ураженості дорожньою мережею та населеними пунктами в межах району	13
Кількість (інтенсивність) опадів	8	Зміна лісових площ	10
Відстань до тектонічного розлому	9	Відстань до джерела вібрації, рівень вібрації	11
Відстань до базису ерозії	8	Зміна кута нахилу	12
Відстань до вододілу	9	Коефіцієнт стійкості	9
Абсолютна оцінка над рівнем моря	15	Коефіцієнт порушеності	14
Кут нахилу денної поверхні	11	Відстань до дороги, залізниці	9
Відстань до найближчого прояву	8	Відстань до населеного пункту	10
Експозиція схилу	10		

Значення вагових коефіцієнтів інформативності як для техногенної, так і для природної складової знаходяться приблизно в однакових відсоткових значеннях. Це перш за все пов'язане геоморфологічними особливостями регіону.

Усі обрані фактори не дублюють один одного, та є незалежними за ступенем своєї факторної дії, що підтверджено додатковим кластерним та факторним аналізом.

Для отримання величини ймовірності зсувної небезпеки необхідно виконати розрахунок інтегрального показника або функції комплексного показника, що пов'язаний із просторовим розподілом. Після визначення

статистичних характеристик розподілів кожної факторної характеристики й виконання процедури нормалізації по кожному з факторів, отримуємо нормалізоване значення факторної характеристики Π_{ij} , де i - номер точки спостереження, j – номер характеристики зсувонебезпеки. Значення сумарного показника $L_{\Sigma i}$ розраховується за формулою [1].

$$L_{\Sigma i} = \sum \Pi_{ij} \times V_j, \quad (2)$$

де Π_{ij} – нормалізовані значення факторної характеристики; V_j – вагові коефіцієнту інформативності j -ї характеристики.

Для отриманої вибірки інтегрального показника зсувної небезпеки, розподіл ймовірностей якого підлягає нормальному закону (рис. 3), розраховуються значення середнього арифметичного та середньоквадратичного відхилення. Після цього, з використанням відомої формули, яка описує диференційну криву нормального закону розподілу ймовірностей випадкової величини $f(\Pi_{ij})$, з перерахунком усіх значень функції ймовірностей таким чином, щоб її максимальне значення рівнялося б одиниці, оцінюються ймовірність зсувної небезпеки в будь-якій точці території (формула 3):

$$f(\Pi_{ij}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{\Pi_{ij}^2}{2}} \cdot \max(f(\Pi_{ij}))^{-1}, \quad (3)$$

де $\max(f(\Pi_{ij}))^{-1} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}$ – уведення поправки для виконання умови,

що максимум кривої рівний 1.

– для логнормального перерахунком усіх значень функції ймовірностей таким чином, щоб її максимальне значення відповідало $e^{-\frac{\Pi_{ij}^2}{2}}$.

Використання геоінформаційної системи просторового аналізу ймовірності виникнення чи активізації ЕГП процесів передбачається для вирішення різного кола завдань – від адміністративного управління до запобігання чи мінімізації наслідків надзвичайних ситуацій.

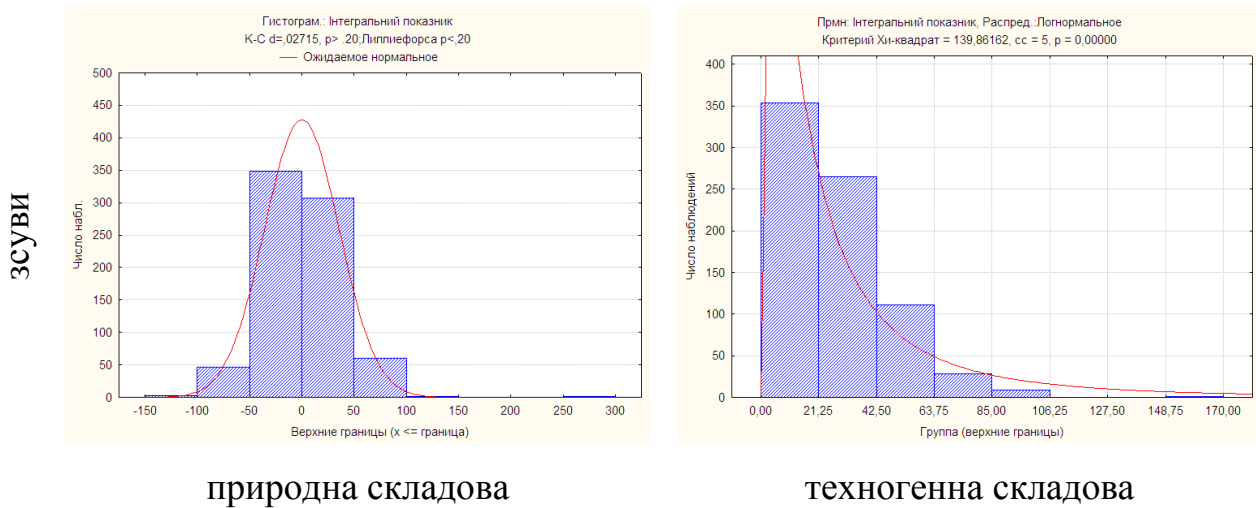


Рис. 3. Гістограми інтегральних показників, розрахованих з урахуванням усіх факторів і їхніх вагових коефіцієнтів інформативності

Аналізуючи дані карт, варто відмітити про існування значної відмінності в основних складових, які активізують зсуви. Розвиток зсувів у межах південно-східної частини регіону на пряму пов'язане із Косівськими глинами, які сприяють їх активізації, а отже є природним процесом. Значна ймовірність розвитку як природної так і техногенної складових у південно-західній частині аргументується складним рельєфом та великою щільністю населення, яке значно впливає на розвиток ЕГП. Ймовірність значного техногенного впливу пояснюється значними вирубками лісів, перевантаженнями схилів, змінами кутів укосів тощо.

Сформована карта дозволяє оцінити таку ймовірність у будь-якій точці, а отже є аналітично змістовною та може бути використана для створення прогнозних ГІС-моделей.

Висновки. Зазначені дослідження є основою для удосконалення існуючих ГІС. Оцінка ймовірностей зсувної небезпеки дозволить забезпечити безпечне будівництво й експлуатацію господарських інженерних споруд, планувати заходи щодо запобігання аварійних ситуацій, ефективніше захищати населення від стихійних лих, що у свою чергу приведе до стабільності екогеосистем та екологічної безпеки регіону.

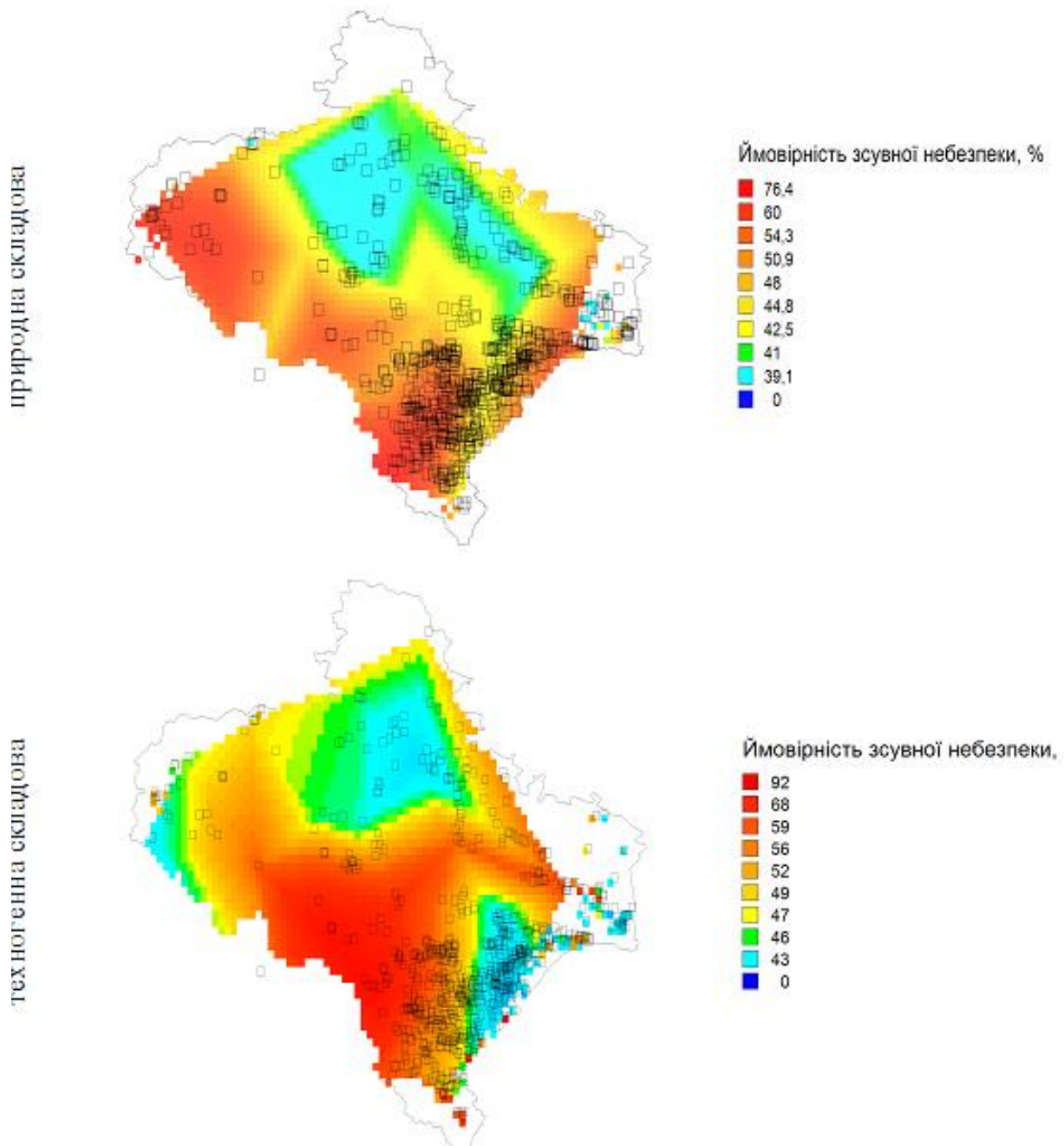


Рис. 5. Схематична карта ймовірності зсувної небезпеки для території Івано-Франківської області (для різних складових)

Література:

1. Закономерная связь между величинами вероятностей возникновения оползней и оползневой опасности при комплексном воздействии природно-техногенных факторов. Научное открытие. Диплом №310. /Кузьменко Э.Д., Крыжанивский Е.И., Карпенко А.Н., Журавель

А.М.// Научные открытия: сборник кратких описаний научных открытий, научных идей, научных гипотез. – 2006. – Москва: МААНОИ, 2007. – С. 64-65.

2. Касіянчук Д. В. Обґрунтування вибору факторів активізації небезпечних геологічних процесів (на прикладі території Карпатського регіону) // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: наук.-техн. журн. - Івано-Франківськ: Симфонія форте. - 2014. - № 2. – С. 42-52.

3. Касіянчук Д. В. Природна і техногенна складова факторів екзогенних геологічних процесів // Матеріали доповідей XII Міжнародної наукової конференції. «Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти» [Електронний ресурс]., 13-16 травня 2013 р. – м. Київ: Всеукраїнська асоціація геоінформатики., 1 електрон.опт. диск (CD-ROM), 12 см.

4. Касіянчук Д. В. Статистичний аналіз факторів природної та техногенної складової розвитку зсувів / Д. В. Касіянчук // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Геологія – Географія – Екологія. - 2014. - № 1128, Вип. 41. - С. 139-148. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/VKhG_2014_1128_41_29.pdf

5. Кузьменко Е. Д., Крижанівський Є. І., Карпенко О. М., Журавель О. М. Прогноз розвитку зсувних процесів як фактор забезпечення надійності експлуатації трубопроводів // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2005. – № 4(17). – С. 24-35.

6. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 році – К.: ДП «Агенство «Чорнобильінформ», 2015. – 365 с.