

Дмитро КАСІЯНЧУК¹, Людмила ШТОГРИН²

Кафедра геодезії та землеустрою, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, Івано-Франківськ, 76019, Україна, тел. +38(097)4729516,

ел. пошта: dima_kasiyanchuk@ukr.net ¹<https://orcid.org/0000-0003-4761-5320>, ²<https://orcid.org/0000-0001-8381-1236>

<https://doi.org/10.23939/istcgcap2023.98.050>

ОЦІНКА РИЗИКІВ ЗСУВНОЇ НЕБЕЗПЕКИ НА ПРИКЛАДІ КАДАСТРУ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК КОСІВСЬКОГО РАЙОНУ

Метою досліджень, які висвітлені у цій статті, є аналіз зсувної небезпеки через оцінювання впливу природної складової факторів на землекористування у межах Косівського району Івано-Франківської області. Зростання кількості негативних наслідків від розвитку зсувних процесів у межах території дослідження, та у карпатському регіоні України зокрема, потребує створення нових підходів до оцінювання земельних ресурсів та здійснення цивільного будівництва, з метою зменшення негативних наслідків зсувів на довкілля та людську діяльність. **Методика.** Дослідження зсувних процесів виконано з використанням геофізичних методів, з прив'язкою GPS, геостатистичних методів аналізу даних. На основі сформованого картографічного шару кадастру земельних ділянок і карти ризиків зсувної небезпеки для Косівського району виконано векторний аналіз із оцінкою ризику в кожній ділянці відповідно до його кадастрового номера. **Результати.** За допомогою засобів геоінформаційного та геостатистичного аналізу із використанням QGIS виконано розрахунок еколого-геологічного ризику природної складової факторів зсувної небезпеки. Важливим результатом досліджень є побудова карт ризиків зсувної небезпеки земельних ділянок на основі даних Державного земельного кадастру, з використанням плагіну Kadastr.Live Toolbar. **Наукова новизна.** Вперше виконано аналіз природної складової ризиків зсувної небезпеки для території Косівського району як основи для оцінювання таких ризиків для окремих кадастрових зон. Виконано аналіз ризиків на прикладі окремих територій як основу для уточнення нормативно-грошової оцінки та зміни цільового призначення земель чи ведення господарської діяльності, що потребує гідрогеологічного довивчення. **Практична значущість.** Використано методологію розподілу на природну та техногенну складові факторів оцінки ризиків зсувної небезпеки, що дає змогу виділити в межах території дослідження зони, де ймовірність розвитку і активізації зсувів є найвищою під час дослідження природних факторних характеристик.

Ключові слова: зсув; кадастр; земельні ділянки; ризик.

Вступ

Уже створено і впроваджено багато геоінформаційних систем, які комплексно аналізують ЕГП і ґрунтуються на просторово-часових прогнозах. Проте компонентам процесу ЕГП, особливо просторовій складовій, притаманна різна динаміка в різних регіонах та різні фактори, що сприяють його розвитку. Тому пошук методів аналізу зсувних процесів як одного із найпоширеніших видів ЕГП є важливим етапом дослідження, із урахуванням факторного навантаження на процеси розвитку зсувів у межах ділянок із забудовою чи використовуваних в інших господарських цілях. Сучасні ГІС дають змогу виконувати широкий спектр геостатистичного та просторового аналізів. Можливості інтеперабельних наборів даних значно покращують використання та аналіз різних дослідних моделей.

Питання вивчення зсувів, прогнозування та пом'якшення їхніх негативних наслідків є основним пунктом порядку денного Всесвітнього

форуму з питань зсувів [Casagli et al., 2022], як і вплив зміни клімату через збільшення кількості опадів на активізацію зсувів. У роботах [Santangelo et al., 2022; Snitynskyi et al., 2020; Ivanik et al., 2019] підкреслено важливість річкової ерозії та тектонічних факторів у виникненні природних загроз в Українських Карпатах, урахуваючи зсуви.

Важливою з погляду аналізу впливу природних факторів, особливо в регіонах із високими рівнями ґрунтових вод, є праця [Tumkiv, Kasiyanchuk 2018], де розглянуто вивчення даних із пропусками.

Використання методів фотограмметрії на основі даних БПЛА [Puniach, et al., 2018] дало змогу виявити фактори, що впливають на точність знімання та відображення оновлюваних кадастрових даних для територій, на яких розвиваються зсувні процеси.

У публікації [Zweifel, et al., 2021] досліджено рушійні сили неглибоких зсувів у Швейцарії з урахуванням регіональних відмінностей терито-

рій, геологічних і геоморфологічних умов та клімату.

Отримані картографічні матеріали у праці [Pontes, et al., 2021] подано як важливий технічний внесок для управління ризиками зсувів, а також планування землекористування для зменшення геотехнічних проблем, що виникають на місці.

У статті [Wood, et al., 2022] підсумовано нові змішані методи та масштабований підхід для встановлення пріоритетів ризиків у контексті організації з кількома небезпеками, декількома цілями та критеріями.

Використання даних багаторічних спостережень на основі геодезичного моніторингу дало авторам [Sestras, et al., 2022] змогу узагальнити інформацію про динаміку зсувів і ерозії для прогнозування майбутніх рухів і розроблення превентивних стратегій, основаних на новій методології, яка поєднує доступні та поширені інструменти і техніки геоаналізу.

Своєчасне та раціональне прогнозування зсувів має вирішальне значення для проектування та розвитку ключової інфраструктури, здатної захистити життя людей у сейсмоактивних регіонах, що досліджено в праці [Panagiotis, et al., 2022]. Це дослідження пропонує нову модель гібридного косейсмічного прогнозування зсувів (COLAFOS), яка враховує три параметри, а саме: середній нахил, експозицію та типи геологічних форм.

Землекористування територій, використовуваних для складування, стало проблемою дослідження [Sammargo, Terracciano, 2023], де на основі взаємодії деяких аналітичних і спеціалізованих даних із різних джерел із використанням кількох інструментів ГІС сформували карти життєвих циклів екосистеми території.

Автори роботи [Marin, et al., 2023] дослідили таку важливу характеристику різних типів і процесів, які також можуть впливати на інфраструктуру та планування землекористування, як повільні зсуви, що часто недооцінюють. Тому вивчення територій, на які впливають повільні рухи, дає можливість краще зрозуміти просторові та часові закономірності цих процесів, їх формування, механізми та потенційні ризики.

Використання геоінформаційних систем для просторового аналізу ймовірності виникнення або активізації процесів ЕГП має на меті вирішення різноманітних завдань – від адміністративного управління до запобігання або пом'якшення наслідків невідкладних ситуацій.

В Івано-Франківській області зсувами уражено майже 2 % території, площа якої становить близько 250 м², загальна кількість зсувонебезпечних територій перевищує 640 м², 80 % з яких пов'язані з господарською діяльністю.

Основними природними причинами розвитку зсувів є розмив річкових берегів, сейсмічні поштовхи, збільшення крутизни схилів. Найбільших збитків від масового розвитку зсувів 2010–2012 рр., селевої та річкової ерозії зазнали гірські та передгірні райони області.

Зсувний процес торкнувся здебільшого Верховинського району – території басейну ріки Річка, зсувами охоплено близько 50–60 % території; Косівського району – м. Косів та населених пунктів басейну річок Рибниця та Люча; Коломийського району – правий берег р. Прут Снятинський район – с. Снятин, Новоселиця.

Об'єктом досліджень є аналіз впливу зсувних процесів, через оцінювання ризику їх розвитку в межах окремих ділянок, на основі земельного кадастру.

Мета

Метою досліджень, висвітлених у цій статті, є аналіз зсувної небезпеки через оцінювання впливу природної складової факторів на землекористування у межах Косівського району Івано-Франківської області. Зростання кількості негативних наслідків від розвитку зсувних процесів у межах території дослідження та у карпатському регіоні України зокрема, потребує створення нових підходів до оцінювання земельних ресурсів та здійснення цивільного будівництва, з метою зменшення негативних наслідків зсувів на довкілля та людську діяльність.

Вихідні дані

Опрацьована просторова база даних зсувів (ДНВП "Геоінформ України") в Івано-Франківській області та Звіт про геологічне вивчення надр за темою № 29/10-34 [Кузьменко, Штогрин, 2010].

Для оцінювання ризиків зсувної небезпеки земельних ділянок використано дані Державного земельного кадастру, із використанням плагіну Kadastr.Live Toolbar та карти еколого-геологічної оцінки ризиків зсувної небезпеки Івано-Франківської області [Касіянчук, 2016; Shtohryn, et al., 2020].

Гідрогеологічні умови формування зсувних процесів у межах досліджуваної території

Розвиток геологічних процесів у Карпатах підпорядкований певним закономірностям, що характеризують вплив як природних, так і техногенних умов і чинників. Серед першої групи чинників виділимо кліматичні, які визначають інтенсивність процесів вивітрювання, а також режим опадів, з якими пов'язані зсувні потоки.

Косівський район (рис. 1) розташований на низькогір'ї Покутських Карпат та верозійних межиріччях Передкарпаття у внутрішній та зовнішній зонах Передкарпатського прогину.

Неогенові відклади представлені тортонським (тираська, косівська світи) і сарматським (дашавська світа) ярусами міоцену.

У зовнішній зоні прогину поширена товща гіпсів та ангідритів – тираська світа. Це пачка хомогенних порід, інколи з глинистими прошарками, її потужність лише до 40 м. Вона являє собою дуже важливий маркувальний горизонт. Потужна піщано-глиниста товща, розміщена вище від гіпсів тираської світи – це галицька серія, до складу якої входить косівська світа з трьома горизонтами – вербовецьким, прутським та коломийським. Косівська світа складена темно-сірими тонкошаровими глинами, алевролітами, сірими пісковиками із прошарками глин та гравелітів, які спостерігаються у верхній частині розрізу. Нижня частина товщі характеризується наявністю туфів. Вербовецькі шари – це сірі глини з тонкими прошарками пісковиків, а також туфів.

Уся товща, що залягає вище від косівської світи, називається дашавською світою. Косівська світа відповідає нижній частині галицької серії, а дашавська світа – верхній її частині. За віком косівська світа належить до верхнього тортону, а дашавська – до нижнього сармату. Нижньосарматський і середньосарматський під-

яруси нерозділені (N1s1-2) та представлені товщою слюдистих глин, алевролітів і пісковиків сумарною потужністю від 15 до 55 м. Глини переважно вуглисті [Годунько, 2009].

За схемою інженерно-геологічного районування – це територія Південно-Покутсько-Буковинської передгірської рівнини. Літологія – прісноводно-вугленосна фація.

За схемою гідрологічного районування України весь район розташований у межах Дністровсько-Прутської гідрологічної області. Досліджувані села Косівського району (Вербівці, Кобаки, Рожнів) розміщені в басейні р. Тарновець, яка впадає у р. Рибницю – праву притоку р. Прут.

Сучасний рельєф Косівського району сформувався у результаті тектонічних рухів і безперервної дії екзогенних факторів. Зсуви й опливини, переважно, приурочені до ділянок схилів великих річкових долин. Розвиткові цих процесів сприяють літологічні, тектонічні [Shtohryn, et al., 2021], геоморфологічні та гідрологічні умови. Головні з них такі:

1. Значна обводненість та зволоження схилів у зв'язку з великою кількістю опадів, порушення умов залягання та цілісності порід схилу внаслідок тектонічної діяльності, низьке положення базису ерозії, унаслідок чого утворюється різниця висот між бровкою та підшовою схилу, зміна режиму водоносних горизонтів і їх відслонення. Головна частина зсувів приурочена до зон поздовжніх і поперечних тектонічних розломів. Часто підземні води спричиняють сповзання великих мас гірських порід. Починається зсув у верхніх частинах схилів. Переважно циркоподібна форма. Зсуви розміщені групами.

2. Процеси фізичного та хімічного вивітрювання – ці явища приурочені переважно до корінних осадових порід скельних відслонень, берегових обривів, бортів промоїн, схилів великих ярів. Вивітрюванню також сприяє текстура порід, тріщинуватість та інші властивості гірських порід.

Найпоширенішими є четвертинні відклади, до основного типу яких належать елювіальні відклади потужністю 1–2 м. Елювіальні утворення найрозвиненіші на підвищених, більшменш ущільнених ділянках гірського рельєфу, на широких пологих схилах за сприятливого співвідношення інтенсивності вивітрювання та зносу

також зберігаються ділянки елювію. Іншим типом четвертинної акумуляції є алювіальні відклади, пов'язані із діяльністю річкових вод. Поширені вони в межах сучасних і давніх долин, на річкових терасах. Склад алювіальних річкових відкладів різний. Це піщано-глинисті, особливо піщано-галькові породи, суглинки, глини. Посилене вивітрювання призводить до руйнування та розкладання гірських порід на окремі складові частини. Корінні кам'яні породи вкриваються чохлам із продуктів власного руйнування, схили гір набувають зглаженого вигляду. Наноси, які накопичилися на схилах і біля підніжжя гір від зміщення продуктів руйнування гірських порід, утворюють делювіальні відклади. Делювіальні відклади мають значну площу поширення і являють собою відклади дрібноуламкових продуктів площинного змиву талими сніговими та дощовими водами. Велику роль в утворенні делювіальних відкладів відіграє рельєф місцевості, процеси вивітрювання, рослинний покрив та інші природні явища, які призводять до руйнування та переміщення продуктів вивітрювання.

Глибоко розчленований рельєф підсилює розмив порід на схилах і сприяє нагромадженню потужних товщ відкладів біля підніжжя гряд. Потужність делювіальних відкладів у досліджуваному районі від 1 до 5 м, лише місцями збільшується до 10–15 м. У складі алювіально-делювіальних порід переважають суглинки [Годунько, 2009].

Більшість зсувів складної будови з морфологічно ясно вираженими ділянками денудації, перенесення та відкладення зсувного матеріалу. Сповзанню порід сильно сприяє поверхневе зволоження рихлого покриву схилів. Зміщення зсувних мас відбувається у вигляді дрібних насунутих один на одного луск, складених інтенсивно перем'ятими глинами або аргілітами з домішками уламків пісковиків. Потужність зсувних відкладів вимірюється декількома метрами. Зсуви проникають на великі глибини, накладаючи характерний відбиток на морфологію схилів. Генетичні типи зсувів – течії. Вид руху мас гірських порід – воднопластична течія глинистих порід по підготовленій поверхні [Козак, 2010].

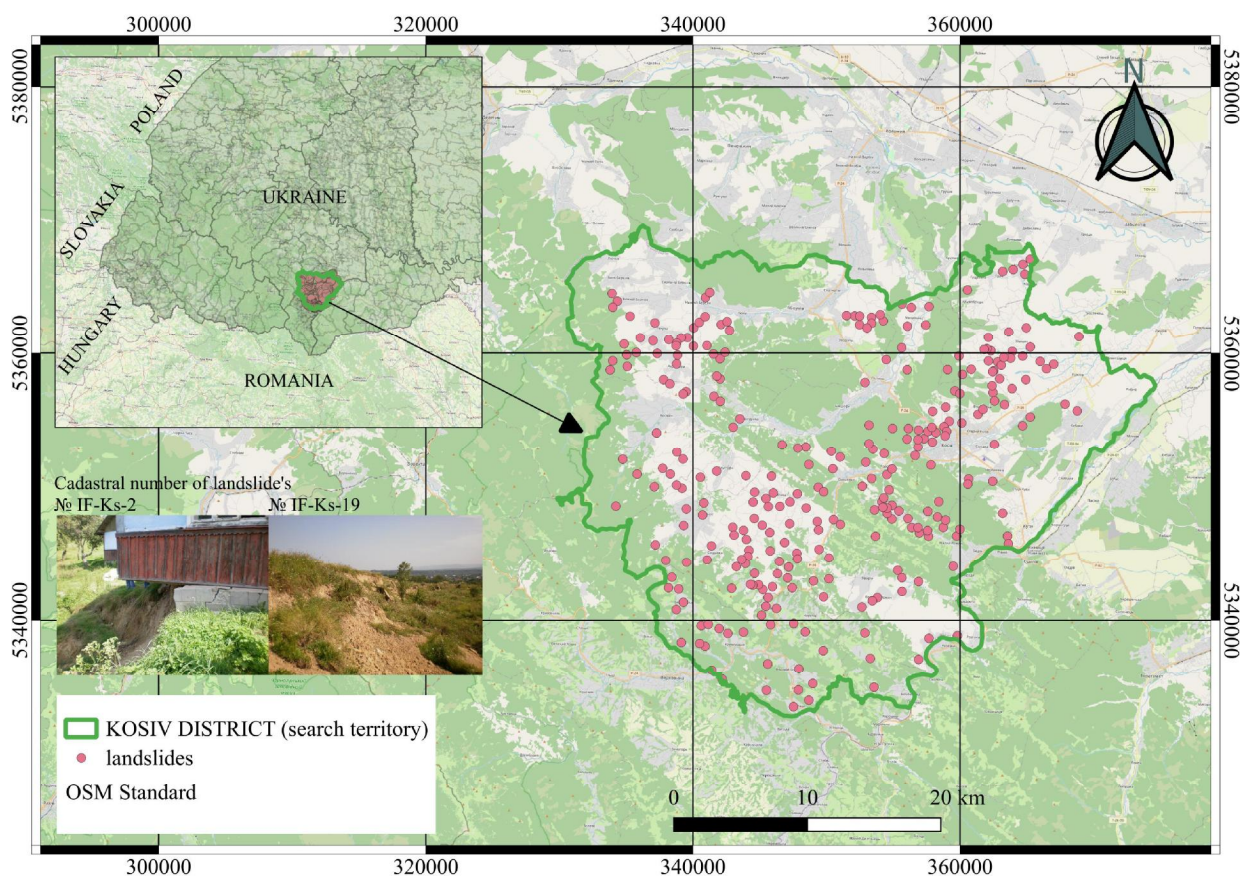


Рис. 1. Карта поширення зсувних процесів на території дослідження

Методика дослідження

Польові дослідження та камеральна обробка даних

Для дослідження зсувних процесів використано геофізичні методи, такі як метод вертикальних електричних зондувань, метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі з прив'язкою GPS [Кузьменко, Штогрин, 2010]. На основі сформованої бази даних виконано розрахунок факторних характеристик, ймовірного показника розвитку зсувних процесів із застосуванням програми QGIS.

Плагін Kadastr.Live Toolbar з використанням програми QGIS шукає місцезнаходження ділянки за кадастровим номером, використовуючи API ресурсу Kadastr.Live. З додаткового: перегляд даних про ділянку на ресурсах Kadastr.Live та Land.gov.ua, а також перевірка площі ділянки за відомостями з ресурсу Kadastr.Live. Плагін

розроблено відповідно до проєкту “Відкриті інструменти просторового планування для України”. На основі сформованого картографічного шару кадастру земельних ділянок і карти ризиків зсувної небезпеки для Косівського району виконано векторний аналіз з оцінки ризику в кожній ділянці відповідно до його кадастрового номера.

Оцінка природної складової ризиків зсувної небезпеки

Основне завдання аналізу статистичних даних – розподіл груп факторів на природні та техногенні компоненти. За результатами аналізу групи факторних ознак розподілено за законом розподілу: нормальний закон розподілу – природна, логнормальний – техногенна складова. Окремим важливим етапом дослідження є оцінювання внеску (коефіцієнта інформативності) характеристик окремих факторів у процес розвитку та активізації зсувів [Кузьменко та ін., 2016].

Таблиця 1

Фактори активізації ЕГП (природна складова) [Касіяничук, 2016]

Група чинників	Фактор	Характеристика його дії на процес	Факторна характеристика
Геологічні	Літофаціальний тип гірських порід, що підстиляють	Визначає здатність гірських порід утримуватися між собою	Коефіцієнт ураженості літофаціальної зони, геологічної світи
	Інженерно-геологічний район	Характеризує: – клімат і ґрунти; – характер рельєфу; – геологічну структуру; – характер порід; – гідрогеологічні умови; – сучасні фізико-геологічні процеси	Коефіцієнт ураженості в межах району (зокрема іншими ЕГП)
Метеорологічні	Опади	Характеризує здатність ґрунтів до зволоження	Кількість (інтенсивність) опадів
Тектонічні	Тектонічні порушення	Визначають ерозійну активність, рівень підземних вод і енергію рельєфу	Відстань до тектонічного розлому
Геоморфологічні	Базис ерозії	Характеризує зміну гідродинамічного тиску	Відстань до базису ерозії
	Висота	Визначає тип і склад гірських порід, мікрогеокліматичну	Абсолютна оцінка над рівнем моря
	Крутість схилу	Визначає напружений стан схилу	Кут нахилу денної поверхні
	Найближчий поверхневий прояв ЕГП	Потенційне джерело зростання напруженості схилу	Відстань до найближчого прояву
	Вододіл Напрямок схилу	Визначає гідрологічні умови стоку	Відстань до вододілу Експозиція схилу

Зсувну небезпеку природної складової факторів оцінювали за методикою [Касіянчук, 2016]:

- 1) виділення природних часових факторів, що впливають на розвиток зсувів (табл. 1);
- 2) оцінка статистичних параметрів вибірки;
- 3) нормалізація рядів даних для приведення їх до безрозмірних значень;
- 4) розрахунок функції взаємної кореляції між факторними характеристиками, що впливають на розвиток зсувів, із розрахунком інформативності – внеску кожного фактора R_{np} (1) [Кузьменко та ін., 2016]:

$$R_{npj} = \frac{\sum_j |r_{i,j}|}{\sum_i \sum_j |r_{i,j}|} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де r_{ij} – коефіцієнт парної кореляції між i, j змінними в матриці коефіцієнтів кореляції факторної характеристики;

- 5) розрахунок інтегрального показника, що враховує комплексну дію всіх факторів, які впливають на розвиток зсувів (2) [Кузьменко та ін., 2016]:

$$\Phi_i = \sum_{j=1}^m X_{ij}^{norm}, \quad (2)$$

де m – кількість часових факторів; i – рік спостереження. виконання тривалого тимчасового прогнозу.

Результати дослідження

Еколого-геологічна оцінка ризиків зсувної небезпеки Косівського району

Відповідно до класифікації переважна більшість зсувів є пластичними та структурно-пластичними, пов'язаними з обвалом гірських порід. Характеристики пластичних зсувів тісно пов'язані з корою вивітрювання та її водонасиченістю. Зсуви пов'язані із залишково-річковими глинистими утвореннями і зсувними відкладеннями. Відповідно до цього механізму пластичне зміщення проявляється у вигляді в'язкопластичної деформації. Структурно-пластичні порушення – це делювіальні фронтальні блоки з пластичним зсувом.

Аналізуючи дані [Кузьменко, Штогрин, 2010], зауважимо, що розміри пластичних зсувів незначні – десятки метрів по довжині та передній кромці, рідко перші сотні метрів. Розміри структурно-пластичного зсуву 100×500 м. Розмір

обвалу 80×60 м, літологічний склад породи піщано-глинистий, піщана частина істотно переволожена, схил крутий – 13°. Усі зсуви узгоджені в тому, що є уламки, що ковзають по корінній основі. Тип корінних порід великою мірою невизначений через відсутність відслонень. Лише в окремих випадках можна стверджувати, що основою є соляні глини неогенового віку воротищенської світи. Зсуви утворюються на схилах, довжина яких 40–500 м і крутизна 10–20°, залежно від форми фронтального зсуву – 3 або циркоподібного – 20. Коефіцієнт аспекту пластичного зсуву становить від 0,2 до 5. Стосовно обсягу зсувів більшість пластичних зсувних обвалів становили 17 великих (понад 1000 м³) і 4 середніх (сотень до 1000 м³), причому лише одна конструкція мала менший пластичний об'єм (близько 200 м³). За глибиною залягання породи, захопленої зсувною деформацією, всі зсуви дрібні, пластичні – 0,3–2,5 м, обвали – 2,8 м, структурно-пластичні – 5 м. Це визначається висотою стіни руйнування (0,3–5 м). Крутизна всіх стінок провалу майже вертикальна. Із урахуванням експозиції схилу, зсуви поширені здебільшого в південному напрямку, а тіло схилу має переважно південно-західний нахил. Поверхня ковзання плоска або злегка циліндрична. Зсув належить до басейну річки Прут.

Згідно із даними спостережень за рівнем води в свердловині її глибина не перевищує 1–2 м. Проте в посушливий період до активізації зсуву в деяких свердловинах, глибина води сягає кількох метрів і навіть перевищує позначку 10 м. Зсуви зазвичай вологі. Спостерігаються окремі витоки

На основі розробленої методики [Касіянчук, 2016] побудовано карту оцінки еколого-геологічних ризиків для території Івано-Франківської області [Kasiyanchuk et al., 2016].

Аналізуючи карту ризиків зсувної небезпеки (рис. 2) для Косівського району Івано-Франківської області, відзначимо наявність чіткого взаємозв'язку між просторовим поширенням та зонами, найуразливішими до їх активізації.

Загальний ризик для території дослідження варіюється від 35,2 до 72,1 %, що є доволі високим показником. Проте це абсолютно чітко підтверджено і складними гідрогеологічними умовами, і результатами польових досліджень. Ураховуючи зміст описаної вище методики, під ризиком розумітимемо комплекс, який відображає

ймовірність розвитку та активізації зсуву, зважаючи на зміни природних умов. Динаміка глобальних змін клімату сьогодні є складовою, що переважає у факторах, які ініціюють зсуви.

Центральна, південна та південно-західна частини району більш схильні до розвитку зсувних процесів, що зумовлено, передусім, накладанням таких факторних характеристик, як: опади, висота, експозиція, кут нахилу, рівень ґрунтових вод, що формують ідеальні умови для активізації гравітаційних процесів.

Південна та південно-західна частини території дослідження характеризуються високим ризиком, що визначається такими факторами: абсолютна висота, опади, кут нахилу, тобто переходом території регіону в гірську.

Варто відзначити, що територія Косівського району істотно помережена річками, що призводить до формування зсувів-обвалів, особливо в басейні р. Черемош. Це спричинено значними укосами річкових берегів та гірськими породами,

що зазнають масоперенесення через вихід ґрунтових вод на поверхню та утворення зони розущільнення гірських масивів.

Важливим фактором високого ризику для території дослідження є розселення мешканців, що сформувало в остаточному вигляді сталий етнологічний, економічний та соціальний устрій території. Будівництво у складних геологічних умовах супроводжується значними ризиками для людської діяльності, особливо в умовах змін клімату, та пускового гачка зсувоутворення – опадів.

Можливості використання даних Державного земельного кадастру як джерела інтероперабельних даних істотно полегшують вивчення тих чи інших параметрів, зокрема тих, що можуть робити значний внесок у тип землекористування.

Аналіз даних за допомогою геоінформаційного підходу дає змогу виконати оцінку зсувної небезпеки у межах будь-якої ділянки.

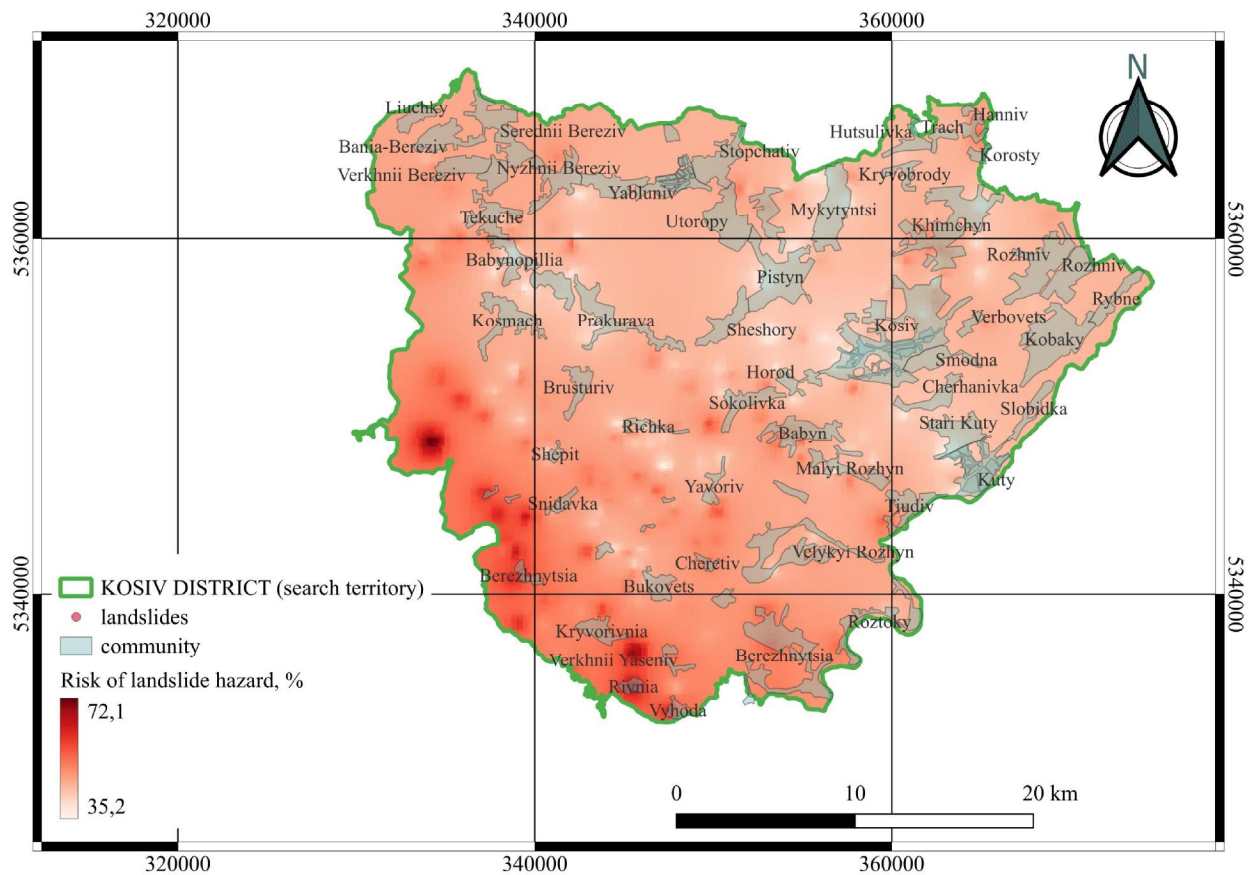


Рис. 2. Карта ризиків зсувної небезпеки Косівського району

Згідно з даними Державного земельного кадастру та плагіном Kadastr.Live, з використанням середовища QGIS у межах території дослідження виділено 65 538 земельних ділянок загальною площею 26969 га. Оскільки площа досліджуваної території становить 877,2 км², то дані земельного кадастру охоплюють близько 30 % площі території, здебільшого населених пунктів.

Структурно кадастрові зони класифіковано на вісім типів: 1) землі житлової та громадської забудови; 2) землі рекреаційного призначення;

3) землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення; 4) землі природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення; 5) землі оздоровчого призначення; 6) землі лісгосподарського призначення; 7) землі водного фонду; 8) землі сільськогосподарського призначення. У табл. 2 наведено загальну характеристику кадастрових ділянок Косівського району у межах кожного з типів земель згідно із призначенням.

Таблиця 2

**Загальна характеристика кадастрових ділянок
Косівського району**

№	Тип призначення	Кількість ділянок, шт.	Загальна площа, га (за даними ДЗК)	Загальна площа, км ²	Частка площі в межах території дослідження, %
1	Землі житлової та громадської забудови (1)	30073	5297	52,97	6,04
2	Землі рекреаційного призначення (2)	141	196,98	1,97	0,22
3	Землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення (3)	553	331,17	3,31	0,38
4	Землі природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення (4)	48	4925,82	49,26	5,62
5	Землі оздоровчого призначення (5)	11	39,02	0,39	0,04
6	Землі лісгосподарського призначення (6)	78	4590,45	45,90	5,23
7	Землі водного фонду (7)	18	96,12	0,96	0,11
8	Землі сільськогосподарського призначення (8)	34616	11492,02	114,92	13,10
	Сума	65538	26968,6	269,7	30,74

У загальній частці 30,74 % територій, для яких визначений тип призначення, найбільші площі займають землі лісгосподарського призначення – 5,23 %, землі природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення, землі житлової та громадської забудови – 5,62 %, землі житлової та громадської забудови – 6,04 % та землі сільськогосподарського призначення – 13,10 %. Як видно з табл. 2, частка земель, які населення використовує для проживання та ведення діяльності, становить понад 62 % від усіх площ ділянок з кадастровим номером, на другому місці землі, що перебувають під охоро-

ною, зокрема ліси – близько 35 %. Усі типи земель подано за їх призначенням згідно із кадастром.

Наступним етапом дослідження є оцінка на основі методів геостатистичного аналізу ризику зсувної небезпеки у межах кожного кадастрового номера.

У табл. 3 наведено результати статистичного аналізу розрахованої за допомогою геоінформаційного підходу із побудовою карти оцінки зсувної небезпеки для окремих кадастрових ділянок у межах Косівського району (рис. 3).

Статистичні характеристики варіативності даних зсувної небезпеки

	Варіативність середніх значень				Варіативність стандартного відхилення				Варіативність мінімальних значень				Варіативність максимальних значень			
	Mean	Min	Max	Std.Dev	Mean	Min	Max	Std.Dev	Mean	Min	Max	Std.Dev	Mean	Min	Max	Std.Dev
(1)	44,4	35,2	61,2	2,7	0,1	0,0	3,8	0,2	44,3	35,2	61,2	2,8	44,5	35,2	61,2	2,7
(2)	47,3	41,1	56,6	3,8	0,2	0,0	1,6	0,4	47,0	40,9	56,6	3,5	47,5	42,2	56,6	4,0
(3)	44,8	38,7	55,3	2,2	0,1	0,0	2,5	0,3	44,6	38,7	55,3	2,2	44,9	38,7	55,5	2,3
(4)	45,2	43,1	54,3	1,6	0,2	0,0	1,1	0,3	44,8	40,5	54,3	2,0	45,7	44,0	54,3	1,7
(5)	43,4	40,4	45,2	1,5	0,1	0,0	0,4	0,2	43,2	39,7	45,2	1,8	43,5	40,9	45,3	1,4
(6)	49,5	44,0	57,6	2,3	0,6	0,0	4,6	0,8	48,7	44,0	54,7	2,1	50,9	44,1	70,2	3,8
(7)	45,6	43,3	50,6	1,9	0,2	0,0	1,1	0,4	45,4	43,2	48,7	1,4	45,7	43,4	51,1	2,1
(8)	45,1	35,2	65,2	2,7	0,1	0,0	3,6	0,2	45,0	35,2	64,4	2,7	45,3	35,2	66,1	2,7

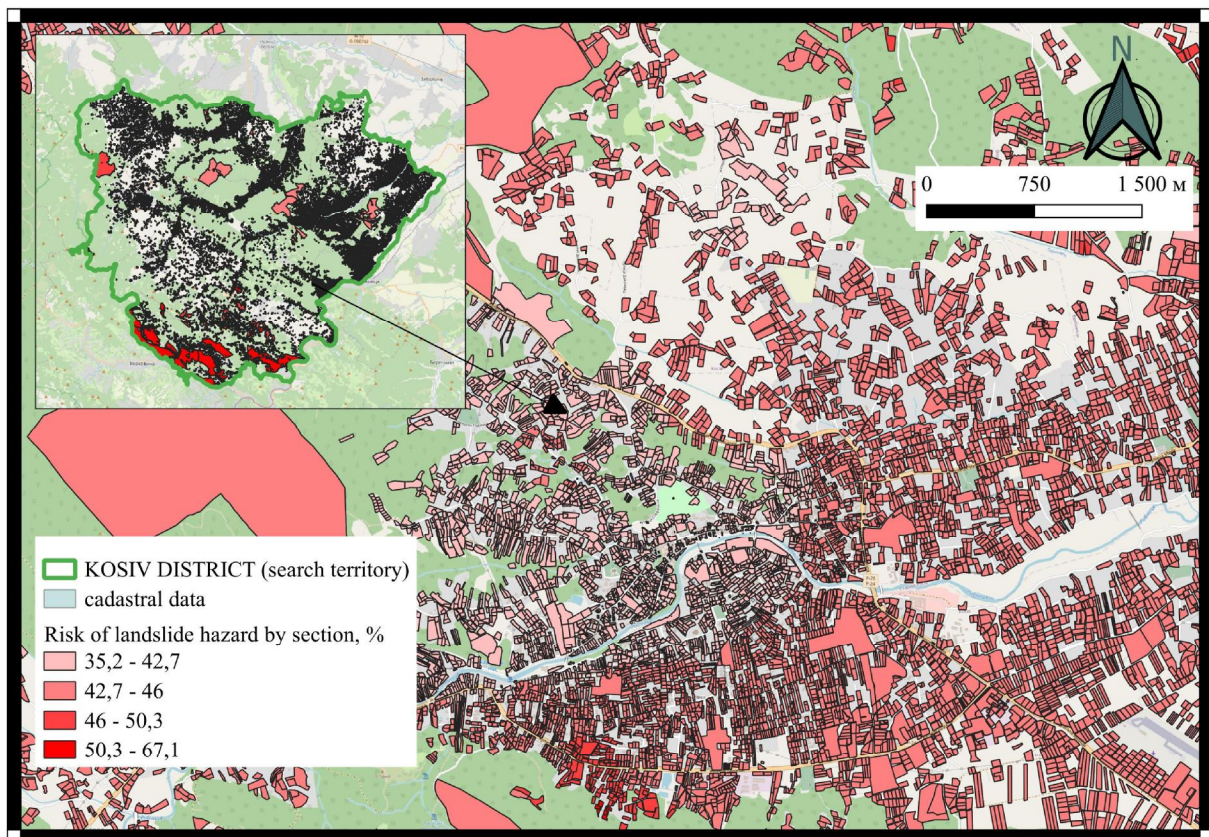


Рис. 3. Карта оцінки зсувної небезпеки для окремих кадастрових ділянок у межах Косівського району

Карту зсувного ризику подано на рис. 2, дані наведено у вигляді пікселів, кожен з яких має відповідне значення. Для побудови карти оцінки зсувної небезпеки для земель у межах Косівського району використано так зване поняття зональної статистики, тобто оцінено значення пікселів растра для полігонів шару кадастрових ділянок. Такий підхід найчіткіше описує ділянки із великою площею чи витягнутої форми.

Зрозуміло, що форми рельєфу є визначальними для формування гравітаційних процесів. Тому подання таких статистичних характеристик, як середнє значення ризику, мінімальне, максимальне, стандартне відхилення дає змогу не тільки чітко оцінити значення самого ризику зсувонебезпеки, а й відобразити просторову зміну для окремої кадастрової ділянки зокрема.

Як видно із карти (рис. 3), розподіл ризику в межах окремого населеного пункту є неоднорідним і залежить від факторів, які ініціюють зсуви (табл. 1). Значення ризику змінюється від 35,2 до 67,1 % та характеризує територію як таку, що зазнає розвитку зсувів, урахувавши складні гідрогеологічні, кліматичні, ландшафтні умови. Така просторова ураженість підтверджена відповідним статистичним аналізом, де стандартне відхилення змінюється від 0,1 до 0,6 %, і характеризує дані як такі, що добре описують значення ризику через оцінку значень пікселів растра карти ризиків зсувної небезпеки Косівського району.

На рис. 4 відображено гістограми розподілів середніх значень ризику зсувної небезпеки для окремих типів призначення земель.

Чітко простежується, що ймовірність для кожного типу – у межах 42–48 %. Зокрема,

- землі рекреаційного призначення: 44–46 %;
- землі оздоровчого призначення: 42–44 %;
- землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення: 44–46 %;
- землі водного фонду: 44–46 %;
- землі лісогосподарського призначення: 48–50 %;
- землі природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення: 44–46 %;
- землі житлової та громадської забудови: 42–44 %;
- землі сільськогосподарського призначення: 44–46 %.

Відзначимо, що території, на яких активно ведеться господарська діяльність, розподілені за нормальним законом, логнормальним – землі природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення. Таку частотну нерівномірність у розподілі можна пояснити тим, що перші характеризуються значною щільністю в межах однорідних природних умовах, другі – різномірністю впливу факторних характеристик, особливо геоморфологічних, що підтверджено просторовим поширенням зсувів у межах Косівського району.

Наукова новизна

Вперше виконано аналіз природної складової ризиків зсувної небезпеки для території Косівського району як основи для оцінювання таких ризиків для окремих кадастрових зон. Виконано аналіз ризиків на прикладі окремих територій як основу для уточнення нормативно-грошової оцінки та зміни цільового призначення земель чи ведення господарської діяльності, що потребує гідрогеологічного довивчення.

Практична значущість

Використано методологію розподілу на природну та техногенну складові факторів оцінки ризиків зсувної небезпеки, що дає змогу виділити в межах території дослідження зони, де ймовірність розвитку і активізації зсувів є найвищою, під час дослідження природних факторних характеристик.

Висновки

Із урахуванням результатів досліджень відзначимо, що:

1) причиною утворення нових або активізації наявних зсувів є геологічна будова схилів, яка уможливорює утворення дзеркала ковзання та основного деформувального горизонту; значні висоти та кути нахилу схилів; екстремальна кількість атмосферних опадів; техногенні фактори – підрізка та завантаженість схилів;

2) використання зональної статистики значень пікселів растра для полігонів шару кадастрових ділянок дало змогу оцінити значення ризику зсувної небезпеки для окремих територій;

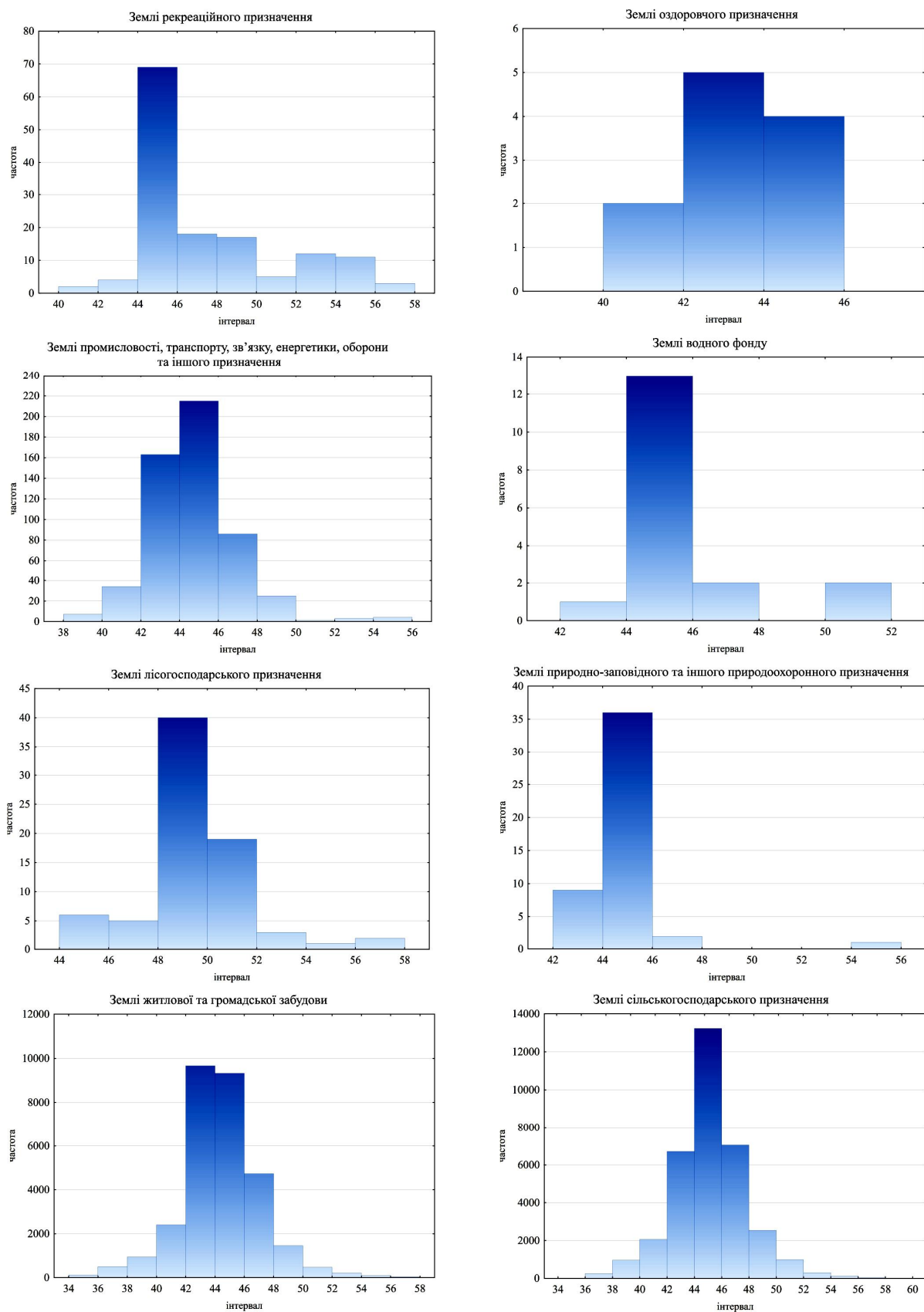


Рис. 4. Гістограми розподілу середніх значень ризику зсувної небезпеки

3) оцінка ймовірності ризику зсувної небезпеки кадастрових ділянок варіює від 35,2 до 67,1 %, значення 44–46 % є найповторюванішим;

4) приймаючи управлінські рішення на регіональному рівні щодо зменшення негативного впливу на навколишнє середовище наслідків зсувних процесів, необхідно враховувати прогнози можливого виникнення зсувів та оцінку ризику поширення зсувів;

5) моделювання зсувної небезпеки у межах окремих ділянок на основі даних кадастру дає змогу чітко структурувати територію за ймовірністю розвитку гравітаційних процесів під впливом природної складової факторів.

Зважаючи на це, необхідно використовувати комплексний підхід, урахуовуючи не тільки природну, а й техногенну складову факторів, та усі поширені типи ЕГП. Це дасть змогу виділити у вже сформованому кадастрі зони із найвищим зсувним ризиком. Це, своєю чергою, слугуватиме основою для чіткого розмежування зон територій за небезпекою. Оцінка земельних ділянок, зміна їх господарського призначення визначатиметься внеском ризику кадастрового номера до розвитку ЕГП, зокрема з урахуванням часової складової.

Література

- Годунько Р. Й. (2009). Державний природознавчий музей НАН України. *Звіт про виконані дослідження водно-болотних угідь Косівщини*.
- Касіянчук, Д. В. (2016). Оцінка екологічних ризиків для природної та техногенної складової екзогенних процесів Карпатського регіону: дис. канд. геол. наук. Івано-Франківськ. 154 с. <http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/8277>
- Козак П. І. (2010). Кадастр зсувів, Косівський р-н, Івано-Франківська область. Львівська ГЕП.
- Кузьменко Е. Д., Штогрин Л. В. (2010). Інформаційний звіт про геологічне вивчення надр за темою № 29/10-34). *Результати геологічного обстеження зсувних ділянок в Косівському районі Івано-Франківської області*. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. (Додаток 1. Івано-Франківськ. 138 с.).
- Кузьменко Е. Д., Білов П. В., Вдовина О. П., Демчишин М. Г. (2016). *Прогнозування зсувів. Монографія*. Івано-Франківськ, ІФНТУНГ. 601 с.
- Casagli, N., Canuti, P., Sassa, K. et al. (2022). The Sixth World Landslide Forum (WLF6) on November 14–17, 2023, Florence, Italy. *Landslides*, 19. <https://doi.org/10.1007/s10346-022-01941-4>
- Ivanik, O., Shevchuk, V., & Gadiatska, K. (2019). Geological and Geomorphological Factors of Natural Hazards in Ukrainian Carpathians. *Journal of Ecological Engineering*, 20(4). <https://doi.org/10.12911/22998993/102964>
- Kasiyanchuk, D. V., Kuzmenko, E. D., Chepurna, T. B., Chepurnyi, I. V. (2016). Calculation of that environmental and geological landslide risk estimate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 1(10(79)), 18–25. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.59687>
- Marr P., Jiménez Donato Ya., Carraro E., Kanta R., & Glade T. (2023). The Role of Historical Data to Investigate Slow-Moving Landslides by Long-Term Monitoring Systems in Lower Austria. *Land*, 12(3):659. <https://doi.org/10.3390/land12030659>
- Panagiotis, A., Psathas, Papaleonidas, A., Iliadis, L., Papathanassiou, G., & Valkaniotis, S. (2022). COLAFOS: a hybrid machine learning model to forecast potential coseismic landslides severity. *Journal of Information and Telecommunication*, 6:4, 420–449. <https://doi.org/10.1080/24751839.2022.2062918>
- Pontes, C. V., Boszczowski, R. B., & Ercolin Filho, L. (2021). Geological-geotechnical risk mapping of gravitational mass movements in an urban area in Colombo, Brazil. *Soils and Rocks*, 2021, 44(4), e2021070721. <https://doi.org/10.28927/SR.2021.070721>
- Puniach E., Bieda A., Ćwiałka P., Kwartnik-Pruc A., Parzych P. (2018). Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for Updating Farmland Cadastral Data in Areas Subject to Landslides. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(8):331. <https://doi.org/10.3390/ijgi7080331>
- Sammarco, F. S., & Terracciano, A. (2023). Networks, Cycles and Urban Metabolism. Mapping Critical Environment: Giugliano in Campania (Naples) as a Case Study. *Journal of Mediterranean Cities*, 3(1), 101–118. https://doi.org/10.38027/mediterranean-cities_vol3no1_7
- Santangelo, M., Althuwaynee, O., Alvioli, M. et al. (2023). Inventory of landslides triggered by an extreme rainfall event in Marche-Umbria, Italy, on 15 September 2022. *Sci. Data*, 10, 427 <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02336-3>
- Sestras, P., Bilas, co, S., Ros, ca, S., Veres, I., Ilies, N., Hysa, A., Spalević, V., Cîmpeanu, S. M. (2022). Multi-Instrumental Approach to Slope Failure Monitoring in a Landslide Susceptible Newly Built-Up Area: Topo-Geodetic Survey, UAV 3D Modelling and Ground-Penetrating Radar. *Remote Sens.*, 14, 5822. <https://doi.org/10.3390/rs14225822>

- Shtohryn, L., Kasiyanchuk, D., Kuzmenko, E. (2020). The problem of long-term prediction of landslide processes within the Transcarpatian inner depression of the Carpathian region of Ukraine. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, Vol. 15, No. 1, 157–166. <http://www.cjees.ro/viewTopic.php?topicId=844>
- Shtohryn, L., Anikeyev, S., Kuzmenko, E. & Bagriy, S. (2021). Reflection of the activity of landslide processes in the regional gravitational and magnetic fields (on the example of the Transcarpathian region). *Geodynamics*. 1(30), 65–77. <https://doi.org/10.23939/jgd2021.01.065>
- Snitynskyi, V., Khirivskyi, P., & Hnativ, R. (2020). Landslides and erosion phenomena in the foothills of the Carpathian region rivers. *Theory and building practice* (JTBP). Lviv: LPNU. <https://doi.org/10.23939/jtbp2020.01.0098>
- Tymkiv, M., Kasiyanchuk, D. (2018). Research of Data Sequences of Groundwater Levels with Gaps. *Journal of ecological engineering*, 20/3, 141–151. <https://doi.org/10.12911/22998993/99744>
- Wood N., Pennaz, A., Marineau, J., Jones, J., Jamie Jones, J., Ng, P., Henry, K. (2022). *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Vol. 82, November 2022, 103385. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103385>
- Zweifel, L., Samarin, M. & Alewell, C. (2021). Investigating causal factors of shallow landslides in grassland regions of Switzerland. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* Retrieved from <https://doi.org/10.5194/nhess-21-3421-2021>

Dmytro KASIYANCHUK¹, Liudmyla SHTOHRYN²

Department of Geodesy and Land Management, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, 15, Karpatska str., Ivano-Frankivsk, 76019, Ukraine, Phone +38(097)4729516, e-mail: dima_kasiyanchuk@ukr.net ¹<https://orcid.org/0000-0003-4761-5320>, ²<https://orcid.org/0000-0001-8381-1236>

ASSESSMENT OF LANDSLIDE HAZARD RISKS ON THE EXAMPLE OF THE LAND CADASTRE OF KOSIV DISTRICT

The purpose of the research presented in this article is to analyse landslide hazards by assessing the impact of the natural component of factors on land use within the Kosiv district of the Ivano-Frankivsk region. The increasing number of negative consequences of landslide processes in the study area, and especially in the Carpathian region of Ukraine, requires the creation of new approaches to land resource assessment and civil engineering in order to reduce the negative impact of landslides on the environment and human activities. **Methods.** Landslide processes were studied using geophysical methods, GPS and geostatistical methods of data analysis. Based on the created mapping layer of the land cadastre and the landslide hazard map for Kosiv district, a vector analysis was performed to assess the risk in each area according to its cadastral number. **Results.** The environmental and geological risk of the natural component of landslide hazard factors was calculated using geoinformatics and geostatistical analysis tools with the use of QGIS. An important result of the research is the creation of landslide risk maps of land plots based on data from the State Land Cadastre using the Kadastr.Live Toolbar plugin. **Scientific novelty.** For the first time an analysis of the natural component of landslide hazard risks for the territory of Kosiv district was carried out as a basis for the assessment of such risks for individual cadastral zones. The risk analysis was carried out on the example of individual territories as a basis for clarifying the regulatory and monetary assessment and changing the intended use of land or conducting economic activities that require hydrogeological research. **Practical significance.** The application of the methodology of division into natural and anthropogenic components of landslide risk assessment factors allows to identify areas within the study area where the probability of landslide development and activation is the highest when studying natural factor characteristics.

Key words: landslide; cadastre; land plots; risk.

Надійшла 15.10.2023 р.