

УДК 551.4:551.435:551.58:528.9(477.87)

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.3-60.18>

ЛАНДШАФТНО-ГЕОМОРФОЛОГІЧНІ ЗМІНИ В КАРПАТАХ ПІД ВПЛИВОМ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ПОГОДНИХ УМОВ: ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ АКТИВІЗАЦІЇ ЗСУВНИХ ПРОЦЕСІВ (2010-2023 РР).

Бігун М.В.

Національний університет «Львівська політехніка»
вул. Степана Бандери, 12, 79000, м. Львів
nikolai852741@gmail.com

У представлений статті основна увага приділяється аналізу даних, які вказують на активність зсувних процесів в Українських Карпатах за період 2010-2023 рр. Особлива увага приділена даним, що стосуються територій, які належать до Передкарпатського прогину. Проведено збір даних про активність зсувів, кількість та розмір зсувних ділянок на території таких адміністративних областей як Чернівецька, Івано-Франківська та Львівська. Описано також дані щодо частоти виникнення на даній території екстремальних погодних явищ, таких як сильні дощі, шквали, снігові бурі, спеки.

Встановлено взаємозв'язок між частотою та інтенсивністю виникнення зсувних явищ у досліджуваному регіоні з частотою виникнення екстремальних метеоумов. Зібрано та проаналізовано дані про особливо зсувонебезпечні райони досліджуваної території. Також виявлено, що активізації зсувних процесів сприяє нераціональне ведення сільського та лісового господарства. За сукупністю впливу ландшафтно-геоморфологічних, тектонічних, геологічних та господарчих факторів найбільш зсувонебезпечним районом Передкарпатського прогину визнано території, які відносяться до Чернівецької та Івано-Франківської областей.

Для запобігання зсувним явищам необхідно впроваджувати новітні методи їх прогнозування, які засновані на зборі та аналізі інформації за допомогою геоінформаційних систем (ГІС) та методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Ці методи дозволяють швидко та якісно збирати та аналізувати дані зі зсувних ділянок, що свідчать про їх активізацію, а також прогнозувати настання та інтенсивність екстремальних метеоумов для досліджуваної території, що створює всі передумови для своєчасного реагування на загрозу зсувів та інших небезпечних явищ. Важливо також приймати законодавчі акти у сфері охорони довкілля, які б дозволяли регулювати ведення сільського та лісового господарств з дотриманням екологічних норм та правил. *Ключові слова:* ландшафтно-геоморфологічні зміни, Українські Карпати, Передкарпатський прогин, зсуви, екстремальні погодні умови, ГІС, ДЗЗ.

Landscape and geomorphological changes in the Carpathians under the influence of extreme weather conditions: spatial analysis of landslide activation (2010–2023). Bihun M.

The presented article focuses on the analysis of data indicating the activity of landslide processes in the Ukrainian Carpathians during the period from 2010 to 2023. Particular attention is paid to data concerning territories that belong to the Precarpathian Depression. Data collection was conducted regarding landslide activity, the number and size of landslide-affected areas within the administrative regions of Chernivtsi, Ivano-Frankivsk, and Lviv. The article also describes data on the frequency of extreme weather events in the region, such as heavy rainfall, squalls, snowstorms, and heatwaves.

A correlation was established between the frequency and intensity of landslide occurrences in the studied region and the occurrence of extreme meteorological conditions. Data were collected and analyzed concerning areas of particularly high landslide risk within the studied territory. It was also found that the activation of landslide processes is facilitated by irrational agricultural and forestry practices. Based on the combined impact of landscape-geomorphological, tectonic, geological, and anthropogenic factors, the most landslide-prone areas of the Precarpathian Depression are located in the Chernivtsi and Ivano-Frankivsk regions.

To prevent landslide events, it is necessary to implement advanced forecasting methods based on the collection and analysis of information using Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing (RS) technologies. These methods allow for the rapid and accurate collection and analysis of data from landslide-prone areas, indicating their activation, as well as predicting the occurrence and intensity of extreme weather conditions for the studied territory. This creates all the prerequisites for timely response to the threat of landslides and other hazardous phenomena. It is also important to adopt legislative acts in the field of environmental protection that would regulate agricultural and forestry practices in compliance with ecological norms and regulations. *Key words:* landscape and geomorphological changes, Ukrainian Carpathians, Precarpathian Depression, landslides, extreme weather conditions, GIS, remote sensing (ERS).

Постановка проблеми. Однією з найбільш глобальних екологічних проблем сучасності є зміна клімату. Це глобальний процес, який має суттєвий вплив на всі природно-кліматичні зони Землі та на більшість природних та антропогенних процесів. За останні 35 років спостерігається поступове підвищення середньорічної температури повітря

та зменшення кількості опадів. Також частіше фіксується настання екстремальних погодних умов, таких як: інтенсивні опади, зливи, повені, різкі коливання температур, вітрові бурі тощо. Інтенсивність впливу зазначених факторів залежить, в тому числі, і від геоморфологічних умов певної території.

Карпатський регіон є одним із найскладніших регіонів України у геоморфологічному відношенні. Рельєф цієї місцевості формується як під впливом тектонічних процесів, так і під дією сучасних кліматичних факторів. Зокрема, екстремальні погодні умови є основними чинниками змін у ландшафтно-геоморфологічній структурі Карпат. В цьому регіоні внаслідок особливостей геоморфологічної структури, таких явищ як паводки, а також високого ступеню антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив та нерациональне ведення сільськогосподарського та лісового господарства найбільший відсоток виникнення зсувних та селевих явищ. Особливо часто такі явища можна помітити в районах, які належать до Передкарпатського прогину.

Актуальність дослідження. Відповідно, вивчення динаміки зсувних процесів в даному регіоні та застосування сучасних методів прогнозування та ліквідації зсувів є надзвичайно актуальною темою наукових досліджень, адже зсуви та інші екзогенні геоморфологічні явища завдають значної шкоди економіці країни та природному середовищу.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Контроль зсувних процесів на складних ділянках Карпатського регіону, збір актуальних даних, прогнозування зсувів є проблемою загальнодержавного значення, оскільки активізація та зростання масштабів зсувних ділянок спричиняє суттєвий негативний вплив на економіку держави та безпеку населення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема виникнення та розповсюдження зсувів, а також їх прогнозування широко досліджується у всьому світі. В Україні особливо зсувонебезпечними є території заходу України, а саме регіон Українських Карпат. Отже, проблема достатньо широко висвітлюється в наукових джерелах Касіянчук, Шехунова, Штогрин, Линник та ін. [3, 5, 10, 11]

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Райони, які належать до Передкарпатського прогину за рахунок ландшафтно-геоморфологічних, геологічних, тектонічних та господарчих особливостей є територіями з високим рівнем небезпеки активізації зсувних процесів, проте збір даних щодо зсувів в цьому регіоні Українських Карпат є несистематичним, що ускладнює прогнозування зсувних процесів цих районах та своєчасне реагування на них.

Новизна. В ході досліджень було проведено збір та систематизацію даних щодо наявності та активності зсувних процесів та екстремальних кліматичних факторів, що впливають на їх виникнення та частоту, на території, що належать до Передкарпатського прогину.

Методологічне або загальнонаукове значення. Проведено аналіз активності зсувних процесів в районах, що належать до Передкарпатського прогину у зв'язку зі зміною кліматичних умов та часто-

тою настання екстремальних погодних явищ.

Викладення основного матеріалу. Розвиток зсувних процесів залежить від геологічних, геоморфологічних, гідрогеологічних (рівень, хімічний склад, умови живлення та дренажу підземних вод), метеорологічних (атмосферні опади, температура тощо), гідрологічних (рівні та витрати води в поверхневих водотоках, ерозійна та абразійна дія поверхневих вод), сейсмічних та неотектонічних (землетруси) природних умов. Їх активізація може бути спровокована техногенною діяльністю (вирубка лісів, зрошення земель, порушення рівноважного профілю схилів при розташуванні інженерних об'єктів на схилах чи поблизу них).

Територія, яка розміщена в межах Українських Карпат, є частиною альпійсько-гімалайського орогенного (колізійного) поясу, в межах якого тектоніка прямо або опосередковано відображається в рельєфі. Найбільш чітке співвідношення рельєфу зі структурним планом спостерігається у Зовнішніх Карпатах, де чергування гірських хребтів і улоговин, їхні висоти, характер розчленування та напрямки простягання пов'язані з серією покривів, що мають значний вплив на напрямок і будову річкових долин, які, в свою чергу, формують регіональні умови розвитку зсувів, селів та інших небезпечних інженерно-геологічних процесів [10]. Проте ці процеси характерні також і для Передкарпаття, зокрема, для районів, які належать до Передкарпатського прогину (рис. 1).

Передкарпатський прогин – це регіон, який лежить між внутрішніми хребтами Українських Карпат і Подільською височиною, охоплюючи частини Львівської, Івано-Франківської та Чернівецької областей. Це перехідна зона між гірською і рівнинною частинами, особливо чутлива до геоморфологічних змін під впливом екстремальних погодних умов.

Передкарпатський прогин поділяється на дві основні зони – Зовнішню та Внутрішню. Такий поділ базується на особливостях геологічного розвитку та тектонічних деформаціях регіону. Зовнішня зона формувалася на різномірних елементах докембрійського та палеозойського фундаменту платформи й представлена теригенно-карбонатними відкладами верхнього міоцену, які утворюють так звану верхню моласу. Внутрішня складчаста зона включає в себе моласові породи нижнього міоцену, які частково перекриті насувами флішових товщ. Ця зона ділиться на дві підзони: Бориславсько-Покутську та Самбірську, які являють собою тектонічні покриви. Фронтальна частина Бориславсько-Покутського покриву є перевернутим насувом Карпат, більшість якого розташована в межах України, за винятком невеликої ділянки поблизу Перемишля. Ширина цього покриву становить 5–10 км, і він насунутий на Самбірську зону в північно-західному напрямку. Бориславсько-Покутський покрив у свою чергу складається з менших структурних елементів:



Рис. 1. Передкарпатський крайовий прогин в системі тектонічного районування України
(джерело: https://nrv.org.ua/tektonichna-budova-ukrayiny/#google_vignette)

Делятинського та Слобода-Рунгурського покривів. Делятинський покрив утворений відкладами крейдового та нижньоміоценового віку, подібно до Скибового (Сколівського) покриву Зовнішніх Карпат. Флішові товщі тут перекриті породами поляницької та воротищенської світ, місцями заміщеними конгломератами. Основу прогину утворюють докембрійські, палеозойські та мезозойські породи. Основні породи, які складають геологічну структуру району - мергелі, глини та пісковики.

Його ландшафт є складним поєднанням хвилястих рівнин, горбогір'їв і терас річок, що робить його особливо вразливим до гідрометеорологічних екстремумів. На цій території переважають денудаційно-алювіальні рівнини, терасові комплекси річок (особливо Дністра, Пруту, Бистриці, Лімниці) [1].

Клімат описаних територій помірно-континентальний, з річними опадами 600–900 мм, іноді з дуже інтенсивними зливами.

В межах Передкарпатського прогину знаходяться населені пункти таких областей як Чернівецька, Івано-Франківська та Львівська.

Ландшафтно-геоморфологічні, геологічні та кліматичні особливості цієї місцевості створюють передумови для виникнення таких явищ як зсуви ґрунту, селі, паводки, розмивання берегів річок тощо. Для вище названих територій характерні часті екстремальні погодні умови як, наприклад, сильні зливи, снігові бурі, шквали тощо. Відповідно, всі згадані особливості формують сприятливі умови для виникнення геоморфологічних змін території. Найчастіше тут виникають зсуви ґрунту. Особливо це стосується територій Івано-Франківської та Чернівецької областей, де інтенсивність та частота виникнення зсувів є суттєвою [4, 5].

В ході дослідження було зібрано статистичні дані щодо частоти виникнення зсувних процесів на території Передкарпатського прогину за період 2013-2023 рр. [2, 3, 6, 8, 9] (рис. 2):

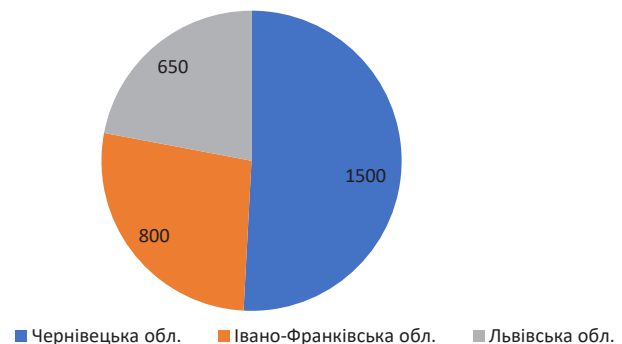


Рис. 2. Середня кількість зсувів на територіях адміністративних областей, які розташовані в Передкарпатському прогині

Згідно з отриманими даними зсуви є найбільш характерними для районів Чернівецької та Івано-Франківської областей. На території Чернівецької області зсуви охоплювали до 70% території Покутсько-Буковинського Передкарпаття. В Івано-Франківській обл. це Коломийський, Калуський, Яремчанський райони; села Шепарівці, Микуличин, місто Калуш. Протягом досліджуваного періоду частота зсувів збільшувалась, особливо, в кілька останніх років. Таке почастищення зсувних процесів можна пояснити кліматичними змінами, які відбуваються в останні десять років практично по всьому світу.

Українські Карпати так само зазнають змін температурного режиму, вологості тощо. Через кліматичні зміни в Карпатському регіоні за останні 10 років почастишала інтенсивність екстремальних погодних явищ, а саме сильних дощів, зумовлених ними паводків та повеней; шквалів та температурних аномалій.

В ході дослідження було зібрано інформацію про кількість випадків вище названих екстремальних метеорологічних явищ на території Українських Карпат та Передкарпатського прогину. Дані було зібрано за період 2013-2023 рр [7].

Аналіз даних про кількість випадків та інтенсивність сильних дощів в Українських Карпатах та Передкарпатському прогині за період 2013-2023 рр. дозволив встановити, що за останні 10 років кількість випадків сильних дощів поступово зростає (рис. 3). За згаданий період часу частота виникнення цього явища збільшилась у 2,0 – 2,5 рази.

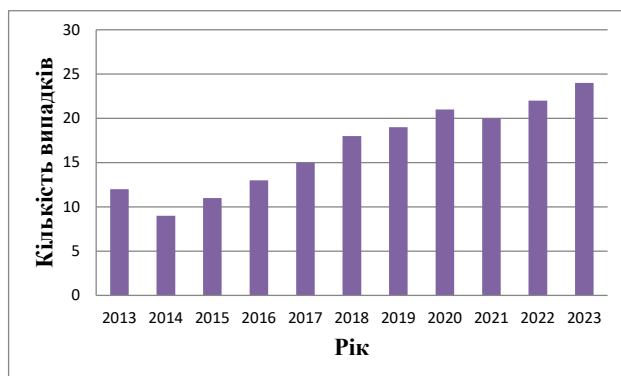


Рис. 3. Кількість випадків та інтенсивність сильних дощів в Українських Карпатах та Передкарпатському прогині за період 2013-2023 рр.

Кількість паводків та інтенсивність за зазначений період часу також дещо збільшилась, хоча їх максимум спостерігався 2018-2020 рр. при різкому зниженні їх частоти до 2023 року (рис. 4). Можливо таке зниження пояснюється протипаводковими заходами, які почали більш активно застосовувати (особливо, в районі Передкарпатського прогину) після того, як потужні паводки 2019-2020 років завдали значних економічних збитків.

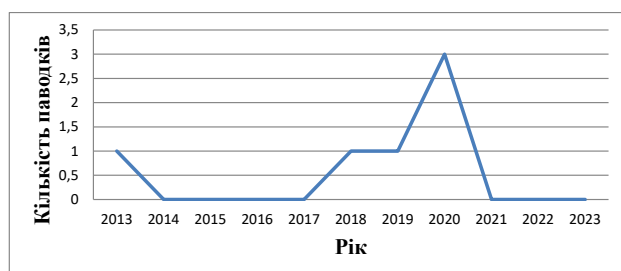


Рис. 4. Кількість випадків та інтенсивність паводків в Українських Карпатах та Передкарпатському прогині за період 2013-2023 рр.

Зібрані дані показали, що збільшення кількості випадків сильних дощів корелює зі збільшенням кількості шквальних вітрів (рис. 5).

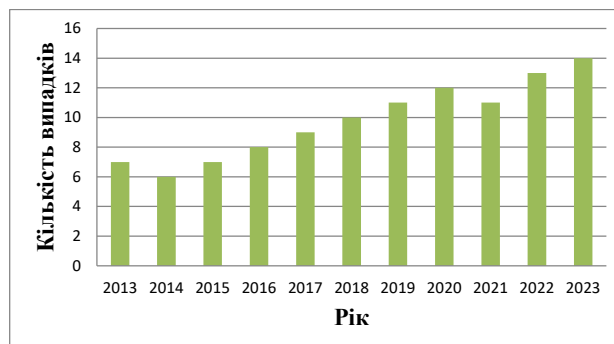


Рис. 5. Кількість випадків шквалів в Українських Карпатах та Передкарпатському прогині за період 2013-2023 рр.

Збільшення кількості сильних вітрів та шквалів поряд з сильними дощами провокує збільшення частоти та масштабності зсувів ґрунту на території Українських Карпат. Особливо це стосується Закарпаття та Передкарпатського регіону, оскільки на цих територіях переважає значна крутизна схилів, глиниста та вапнякова підстилаюча поверхня та суттєва розчленованість рельєфу річковими руслами.

Значний вплив на прояви екстремальних погодних умов також справляє температура повітря. За останні 10 років спостерігається загальносвітова тенденція до збільшення середньорічної температури повітря. Регіон Українських Карпат не є виключенням. У досліджуваний період тут спостерігалось значне підвищення кількості випадків екстремально високих температур повітря (рис. 6):

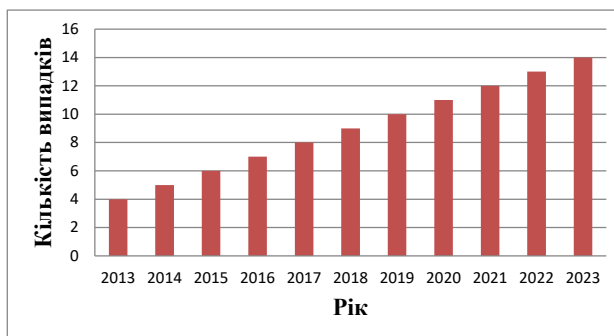


Рис. 6. Кількість випадків температурних аномалій (спек) в Українських Карпатах та Передкарпатському прогині за період 2013-2023 рр.

Рис. 6 демонструє чітку тенденцію до значного зростання температури повітря в Карпатському регіоні. Цьому сприяє не лише загальне потепління клімату, а й нераціональне ведення господарства, а саме: вирубування лісів, руслові роботи, розорювання земель тощо.

Відповідно до підвищення середньорічної температури повітря підвищується також і температура зимових місяців в Карпатському регіоні, отже, кількість випадків екстремально низьких температур суттєво зменшується. Хоча, не дивлячись на загальну тенденцію до збільшення вологості повітря та посилення дощів в Карпатському регіоні, кількість випадків снігових бур та заметів за досліджуваний період постійно зменшувалась (рис. 7):

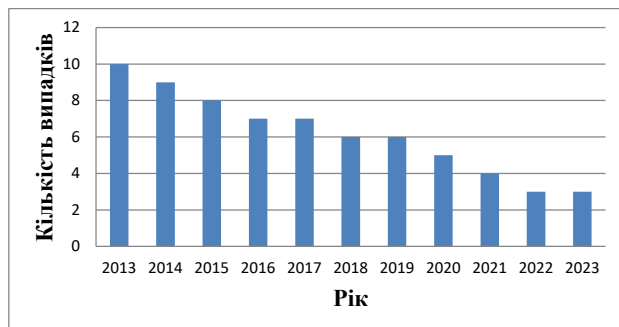


Рис. 7. Кількість випадків снігових бур в Українських Карпатах та Передкарпатському прогині за період 2013-2023 рр.

Як було зазначено вище, Передкарпатський прогин характеризується різноманітним рельєфом, що включає пластово-денудаційні височини, пасмо-во-горбисті форми, а також рівнини, розчленовані долинами і улоговинами. Основні геологічні особливості визначаються тектонічними порушеннями, а також відкладами верхніх молас, які залягають на епібайкальському та епіпалеозойському фундаменті. Ці геоморфологічні та геологічні особливості разом з впливом екстремальних погодних факторів формують передумови до почастішання зсувів в цьому регіоні Українських Карпат.

Геолого-геоморфологічні умови, інтенсивні опади та зміна температурного режиму в досліджуваний період сприяли розвитку селево-зсувних потоків та ерозійних річкових процесів та території Передкарпаття. Більшість новоутворених зсувів являють собою селево-зсувні потоки, які закладені в четвертинних елювіально-делювіальних та делювіальних відкладах, складених глинами та суглинками з уламками переважно пісковиків. Потужність порід, що деформуються, відповідає потужності четвертинних відкладів і може складати 1-5 м [4,11].

Крім того, для Передкарпаття характерною ознакою є наявність гірничо-та нафтодобувної промисловості, що також справляє значний вплив на активізацію зсувів. Для Івано-Франківської області цей техногенний фактор є одним з вирішальних при формуванні нових активних зсувних ділянок. В цьому районі Передкарпатського прогину особливу небезпеку також становить розробка піщано-гравійних відкладів у заплавах передгірської частини рік. Це спричиняє підвищення забруднення підземних вод

головного для використання водоносного горизонту, а також активізації ерозійних і зсувних процесів.

На території Івано-Франківської області зсуви за формою в плані глетчероподібні і фронтальні, їх площі коливалися від 0,1 до 1,2 га. За загаданих десятирічний період було відмічено збільшення зсувних ділянок змішаного та блокового типів. Найбільш активні зсувні процеси було помічено в районах с. Делятин, с. Левушик та с. Манява. В середньому за період 2013-2023 рр. в області виявлено 805 зсувних ділянок загальною площею 301 км² [3].

Одним з найбільш зсувонебезпечних районів Передкарпатського прогину є населені пункти Чернівецької області. Тут за досліджуваний період було в середньому зафіксовано 1450-1612 зсувних ділянок. Загальна площа активних зсувних ділянок в середньому складала 260,4 км². На даній території додатковим чинником прояву зсувів є наявність великої кількості карстонебезпечних ділянок (1,8 тис.). Найбільш небезпечна активізація карсту можлива на ділянках, де техногенне порушені існуючі гідрогеологічні умови, це в зонах впливу водовідборів (відкачка води з кар'єрів, водозабори та ін.), при порушенні шляхів природного стоку (заглиблення русел рік та струмків, будівництво ставків тощо). Найбільш зсувонебезпечною ділянкою в області є м.Чернівці та прилеглі населені пункти [9].

Частина Львівської області, яка також знаходиться в межах Передкарпатського прогину також характеризується наявністю активних зсувів. Найбільш зсувонебезпечними районами на даній території є Стрийський та Дрогобицький райони. За досліджуваний період було відмічено в середньому 1350 зсувних ділянок площею в середньому 530 км².

При природно-історичних умовах в межах Львівської області активізація зсувних процесів відмічається в місцях розповсюдження давніх зсувів. Новітні зсуви утворюються за техногенних обставин, наприклад, вздовж нафтопроводів «Дружба» та «Уренгой-Ужгород» [6].

Аналіз зібраних даних показує, що протягом досліджуваного періоду кількість зсувних ділянок на території Передкарпатського прогину збільшилась не значно, проте в умовах зміни клімату та активізації настання екстремальних метеоумов в Карпатському регіоні, слід очікувати активізації як старих зсувних ділянок в регіоні, так і утворення нових.

Саме тому крім звичайних методів захисту від зсувів, які базуються на зменшенні зсувних сил та збільшенні утримуючих сил (наприклад, зведення інженерних споруд) необхідно більшу увагу приділяти їх прогнозуванню та превентивним заходам.

Одним із сучасних та перспективних методів реєстрації та прогнозування зсувів є застосування технологій геоінформаційних систем (ГІС) та методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

В останні роки геоінформаційні системи стали універсальним інструментом для візуалізації, ана-

лізу, управління та моделювання просторових даних. Завдяки належному використанню ГІС, більшість підходів до прогнозу розвитку зсувів та оцінки зсувонебезпеки дозволяють повністю автоматизувати оцінку та стандартизацію методів управління даними, а застосування методів ДЗЗ на регіональному рівні може допомогти більш точному моніторингу та прогнозування зсувів за рахунок даних,

отриманих з супутникових знімків, літаків та безпілотників [5,10,11].

Висновки. На сучасному етапі важливим є застосування новітніх технологій прогнозування та моніторингу зсувів на місцях, розробка простих та не дорогих методів збору та аналізу інформації про зсуви на окремо взятих територіях та прийняття важливих законодавчих рішень у сфері управління екологічним благополуччям територій.

Література

1. Глушко, В. В., Ковальчук, І. П.. Передкарпатський прогин. *Енциклопедія Сучасної України*. Інститут енциклопедичних досліджень НАН України. 2023. URL: <https://esu.com.ua/article-879807> (дата звернення 18.05.2025)
2. Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України». *Інформаційний щорічник щодо активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів за даними моніторингу ЕГП*. URL: geoinf.kiev.ua (дата звернення 18.05.2025).
3. Івано-Франківська обласна державна адміністрація. *Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Івано-Франківській області за 2013–2023 роки*. URL: https://www.if.gov.ua/storage/app/sites/24/uploaded-files/_%D0%94%D0%9E%D0%9F%D0%9E%D0%92%D0%86%D0%94%D0%AC_2023.pdf (дата звернення 19.05.2025).
4. Касіянчук, Д. В. Вивчення часових змін клімату у межах Карпатського регіону та їх взаємозв'язок з глобальними коливаннями температур. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2022. № 3(42). С. 131–135.
5. Линник, І. Е., & Шмуля, І. А. Аналіз зсувних процесів в Україні та заходи їхнього усунення. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2019. № 12. С. 92–101.
6. Львівська обласна державна адміністрація. *Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Львівській області за 2013–2022 роки*. URL: https://www.if.gov.ua/storage/app/sites/24/uploaded-files/_%D0%94%D0%9E%D0%9F%D0%9E%D0%92%D0%86%D0%94%D0%AC_2023.pdf (дата звернення 21.05.2025).
7. Метеопост. (n.d.). *Архів погоди*. URL: <https://meteorpost.com/weather/archive/> (дата звернення 21.05.2025).
8. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. *Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році*. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf> (дата звернення 22.05.2025).
9. Чернівецька обласна державна адміністрація. *Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернівецькій області за 2013–2022 роки*. URL: <https://bukoda.gov.ua/chernivecka-oda/structure/upravlinnya-ekologiyi-ta-prirodnih-resursiv/regionalni-dopovidi-pro-stan-navkolishnogo-seredovishcha-v-cherniveckij-oblasti> (дата звернення 22.05.2025).
10. Шехунова, С. Б., Сюмар, Н. П., Лобасов, О. П., Стадніченко, С. М.. Аналіз просторових закономірностей поширення зсувів у межах Закарпатської області засобами ГІС. *Український географічний журнал*. 2022. № 3 (119). С.11–20.
11. Штогрин, Л. В., Касіянчук, Д. В., Бараніченко, В. В., & Штогрин, М. В. Геоінформаційний аналіз природних чинників формування зсувів у регіоні Складчастих Карпат (у межах Закарпатської області). *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2023. № 1(27). С.75–84.