

## УДК 624.131.53

С. О. ОЛІШЕВСЬКА<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. будівництва, геотехніки та геомеханіки, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», пр. Д. Яворницького, 19, Дніпро, Україна, 49005, тел. +38 (050) 482 36 14, ел. пошта Olishevskas.s.o@nmu.one, ORCID 0000-0003-0821-1091

## Огляд тенденцій виникнення зсувів у світі та в Україні

**Мета.** Основною метою роботи є систематизація та поглиблений аналіз сучасних тенденцій у сфері запобігання виникненню та розвитку зсувів на території різних країн світу та особливо в Україні, а також розгляд та висвітлення основних факторів, які спричиняють зсуви, та детальне вивчення методів їх передбачення й мінімізації відповідних ризиків. **Методика.** Зсуви є серйозною геологічною небезпекою. Нині спостерігається тенденція до збільшення частоти прояву зсувів унаслідок техногенного впливу у всьому світі. Природні процеси геологічного середовища разом із розробкою родовищ корисних копалин, масовою та масштабною забудовою земельних територій призводять до активізації процесів зсувів. Причиною утворення зсувів є порушення рівноваги між зсувною силою тяжіння та утримувальними силами. **Результати.** Проаналізовано кількість виникнення зсувів за останні роки та детально розглянуто їх розподіл за різними континентами. Визначено та систематизовано причини утворення зсувів як в Україні, так і в інших країнах світу. Розглянуто актуальність проблеми зсувних явищ в Україні, а також наголошено на необхідності прогресивного вивчення процесів зсувоутворення з метою їх запобігання. Підкреслено важливість постійного моніторингу за стійкістю укосів та схилів для зниження ризиків і підвищення безпеки. **Наукова новизна.** Проведено комплексне дослідження сучасних тенденцій у виникненні та розвитку зсувів на території різних країн світу та зокрема України з урахуванням останніх досягнень в галузі геології, геомеханіки та будівництва. На підставі аналізу зроблено висновки про необхідність прогресивного вивчення зсувних процесів із метою їх запобігання. **Практична значимість.** Результати проведеного огляду тенденцій щодо запобігання зсувам можуть бути ефективно використані для поліпшення стратегій управління природними ризиками, а також для розробки нових та вдосконалення наявних інженерних заходів, спрямованих на запобігання зсувам. Це, у свою чергу, сприятиме підвищенню рівня безпеки як населення, так і критично важливої інфраструктури.

*Ключові слова:* зсув; моніторинг; ґрунт; порода; тенденція до запобігання виникненню зсувів; зміна клімату

## Вступ

Зсув – зміщення мас гірських порід по схилу під впливом власної ваги та додаткового навантаження внаслідок підмиву схилу, перезволоження, сейсмічних поштовхів та інших процесів.

Зсуви можуть виникати на будь-якій місцевості, завдати значних збитків як у вигляді людських жертв, так і в матеріальному плані.

Зсуви зазвичай виникають на схилах, складених водотримкими (глинистими) і водоносними породами. Зміщення блоків породи обсягом у десятки кубічних метрів і більше на крутих схилах відбувається внаслідок змочування поверхонь відриву підземними водами.

Головними причинами зсувів слід вважати три групи факторів [5]:

- зміна зовнішньої форми і висоти схилу;
- зміна структури і послаблення фізичних

властивостей порід, що складають схил, за рахунок процесів вивітрювання, зволоження підземними, дощовими, талими і господарськими водами, за рахунок механічного винесення часток плинною водою і виникнення в породі порожнин (суфозія);

– додатковий тиск на породи, які складають схил, за рахунок: гідродинамічного тиску під час фільтрації води у бік схилу, гідростатичного тиску води в тріщинах і порах породи, штучного статичного й динамічного навантаження на схил, а також сучасних тектонічних і сейсмічних явищ.

## Мета

У роботі передбачено: систематизувати та проаналізувати сучасні тенденції у виникненні та розвитку зсувів на території різних країн

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

світу; висвітлити основні фактори, що спричиняють зсуви, методи їх передбачення та мінімізації ризиків.

### Методика

Зсуви є серйозною геологічною небезпекою. Нині спостерігається тенденція збільшення частоти прояву зсувів унаслідок техногенного впливу у всьому світі.

Природні процеси геологічного середовища разом із розробкою родовищ корисних копалин, масовою та масштабною забудовою земельних територій призводять до активізації процесів зсувів.

Причиною утворення зсувів є порушення рівноваги між зсувною силою тяжіння та утримувальними силами.

Це порушення викликають такі причини:

- збільшення крутості схилу внаслідок підмивання водою;
- ослаблення міцності порід унаслідок вивітрювання або перезволоження опадами та підземними водами;
- вплив сейсмічних поштовхів;
- будівельна та господарська діяльність.

Також можна відзначити зростання кількості та інтенсивності зсувів у зв'язку з глобальними змінами клімату.

Збільшення температур, танення льодовиків та зміни водного режиму призводять до зниження стійкості схилів та виникнення нових точок потенційного руйнування.

Очікується, що подальша різка зміна клімату та підвищення температури спричинять ще більше зсувів, особливо в гірських районах зі снігом та льодом.

Щоб оцінити ступінь активізації зсувних процесів у світі, було проаналізовано статистику цих явищ протягом останніх 50 років.

### Результати

Із кінця ХХ століття і до наших днів простежується тенденція збільшення кількості зсувів унаслідок прогресування діяльності людини (вирубування лісів, порушення державних норм проведення відкритих гірничих та будівельних робіт), а також процесу урбанізації, що активно розвивається зараз (рис. 1).

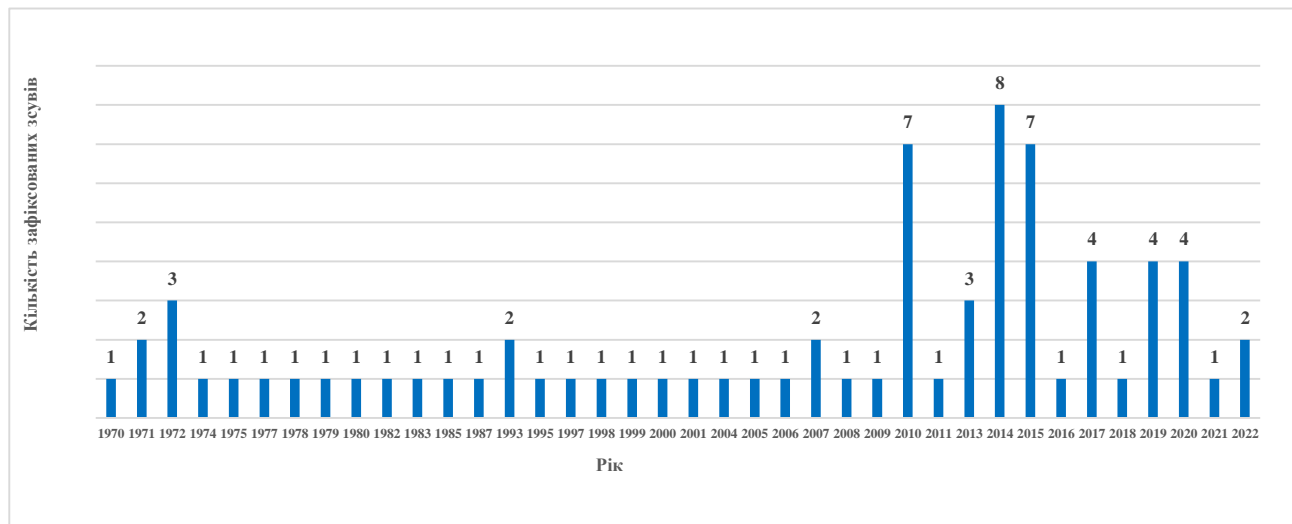


Рис. 1. Кількість зафіксованих зсувів за останні 50 років у світі

Fig. 1. Number of recorded landslides over the past 50 years in the world

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

Також проведено аналіз розподілу зсувів за континентами світу (рис. 2).

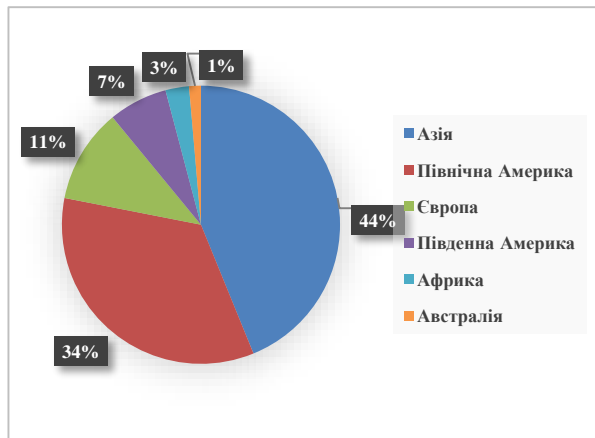


Рис. 2. Розподіл зсувів по континентах за останні 50 років

Fig. 2. Distribution of landslides by continent over the past 50 years

Із рис. 2 можна зробити висновки, що основні місця зсувів розташовані в Азії та Північній Америці, тобто на континентах із великою кількістю вулканічної та сейсмічної активності, із підвищеним обсягом річних опадів та гористим рельєфом [1, 2].

Прояви небезпечних зсувних процесів бувають у Канаді, усіх штатах США, особливо вздовж тихоокеанського узбережжя, у Скелястих горах та Аппалачах, а також вони поширені на американських острівних територіях [6].

Великі зсуви, викликані землетрусами в Азії, мають особливості, пов'язані з тим, що зони з високою сейсмічною активністю збігаються із зоною поширення лесових порід. У природних умовах лесові породи мають значну стійкість. Але в разі збільшення природної вологості несні властивості цих відкладів різко знижуються.

Згідно з оцінкою ймовірності виникнення зсувів і лавин у всьому світі [11, 13], на основі морфологічних, геологічних, метеорологічних і сейсмологічних даних визначено, що «гарячі точки» утворення зсувів розташовані в сейсмічно активних гірських масивах. Небезпеку утворення зсувів для території Азії оцінено від середньої до дуже високої.

Згідно з даними Всесвітньої організації здоров'я у, період із 1998 по 2017 роки зсуви вразили приблизно 4,8 мільйони людей і спричинили понад 18 000 смертей.

В Україні зсуви посідають панівне становище унаслідок значного поширення екзогенних геологічних процесів майже у всіх областях. Вони виникають на порівняно незначній площі, проте їх активізація має значні негативні наслідки через швидкоплинність розвитку, суттєві деформації та руйнування інженерно-господарських об'єктів.

Різноманітність інженерно-геологічних умов України обумовлена особливостями структурно-геологічної будови, зонально-кліматичними, геоморфологічними, гідрогеологічними та сейсмічними характеристиками. Разом із техногенними чинниками це визначає площі розповсюдження екзогенних геологічних процесів і явищ, а також пов'язаних із ними змін довкілля.

Небезпека значно зростає у місцях розташування об'єктів, що створюють сприятливі умови для активізації процесів та виникнення надзвичайних ситуацій техногенного походження. Це гірничодобувні та переробні підприємства, меліоративні системи, промислово-міські агломерації, автомобільні дороги, залізничні колії, нафто- та газопроводи тощо [7].

Сучасна активізація зсувів, що розвиваються на схилах різного генезису, досить часто пов'язана з проявом супутніх процесів – ерозійного та абразійного, що є чинниками підсилення основного процесу. Активізація зсувів на території населених пунктів пов'язана з активною господарською діяльністю без урахування планувальних обмежень, відсутністю належних інженерних та екологічних заходів щодо освоєння територій. Найбільшої шкоди розвиток та активізація зсувів завдає міським територіям зі щільною забудовою та значною чисельністю населення.

Так, за даними Національної доповіді про стан техногенної та природної безпеки в Україні, у 2020 році площа ділянок із розвитком зсувів у межах міських територій складає понад 44,0 км<sup>2</sup>. Зсуви мають розвиток на території 405 населених пунктів, серед яких Київ, Дніпро, Кам'янське, Одеса, Лисичанськ, Куп'янськ, Чернівці та інші [10].

За останніми даними (на 2020 рік), на території України зафіксовано 22 968 зсувів. Порівняльний графік кількості зсувів за 2019 та 2020 роки по всій території України представлено на рис. 3.

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

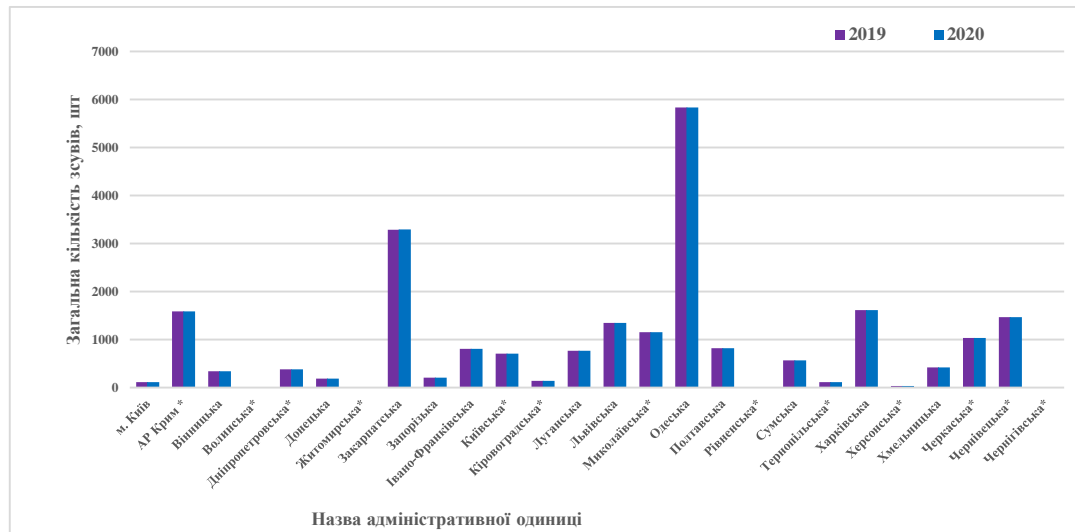


Рис. 3. Гістограма порівняння кількості зсувів за 2019 та 2020 роки за всіма адміністративними одиницями України

Fig. 3. Histogram comparing the number of landslides for 2019 and 2020 for all administrative units of Ukraine

Кількість зсувів рік у рік неухильно зростає. Поширення зсувів на території України представлено на рис. 4.

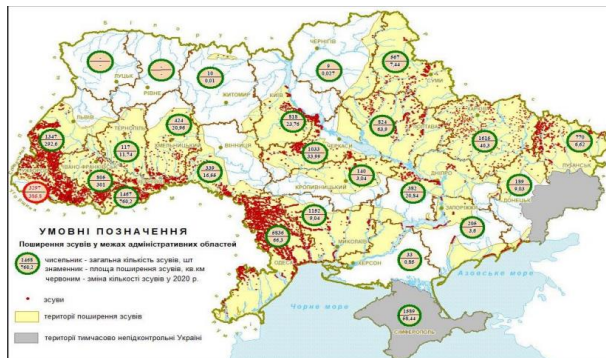


Рис. 4. Поширення зсувів на території України

Fig. 4. Distribution of landslides in Ukraine

Особливу увагу необхідно приділити проблемам зменшення ризику природно-техногенних зсувів на забудованих територіях. Ризик руйнівних (аварійних) проявів зсувів на схилах урбанізованих територій існує через неповне врахування всіх особливостей будови схилу, властивостей порід, наявності або виникнення в присхильових масивах ослаблених поверхонь і зон, впливу на схили важкопрогнозованих стихійних процесів та явищ (землетрусів, ураганів, повеней, штормів). Значну роль у цьому відігра-

ють техногенні впливи, виходи з ладу або неправильна експлуатація систем інженерного захисту. Можливі також прорахунки, допущені під час проектування і здійснення будови, проведення заходів із підготовки інженерного захисту та його здійснення [3, 9, 12].

Використання зсувних схилів для забудови територій у межах узбережжя Чорного й Азовського морів, долин рівнинних рік, гірських схилів Карпат і Криму обумовлює зростання ризику аварій та катастроф. Це спостерігалось у Закарпатській, Чернівецькій областях та в Автономній Республіці Крим.

Розвиток зсувів створює аварійні й катастрофічні ситуації в Чернівцях, Снятині, Косові, Верховині, а також у зонах нафто- та газопроводів Карпатського регіону. Детально вивчені умови розвитку давніх зсувів у басейні р. Кам'янка (Стрийський район Львівської області) вказують на можливість їх катастрофічної активізації з руйнуванням нафтопроводу «Дружба» та моментальним викидом у річкову систему Дністра близько трьох тисяч кубометрів нафти і, як наслідок, повним екологічним знищенням р. Дністер, яка є головним джерелом водопостачання Чернівецької та Одеської областей і Республіки Молдова. Це може призвести до екологічної катастрофи в Європі, за масштабами близької до Чорнобильської.

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

Рис. 3 і 4 демонструють актуальність проблеми зсувних явищ в Україні та необхідність прогресивного вивчення процесів із метою їх запобігання, постійного моніторингу за стійкістю укосів та схилів, регулювання промислової діяльності людини [4, 8].

### Наукова новизна та практична значимість

Проведено комплексне дослідження сучасних тенденцій у виникненні та розвитку зсувів на території різних країн світу та зокрема України з урахуванням останніх досягнень в галузі геології, геомеханіки та будівництва. Результати огляду тенденції зсувів можуть бути використані для поліпшення стратегій управ-

ління природними ризиками, розробки інженерних заходів для запобігання зсувам та підвищення безпеки населення й інфраструктури.

### Висновки

Загалом дослідження світових тенденцій проявів зсувів підкреслює необхідність глибокого розуміння природних та антропогенних факторів, що впливають на цей процес, для розробки ефективних стратегій управління ризиками та забезпечення стійкості геологічно активних регіонів у масштабах усього світу. Необхідно постійно здійснювати ретельне планування забудови, уникаючи будівництва в небезпечних зонах і забезпечуючи стійке управління земельними ресурсами.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барсукова С. О., Шапошник К. В. *Аналіз тенденції прояву зсувів у світі. «Наукова весна» 2023 : матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених.* (Дніпро, 1–3 березня 2023). Національний технічний університет «Дніпровська політехніка». Дніпро, 2023. С. 3–5.
2. Біда О. Аналіз деградації ґрунтів у світі. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Економіка АПК.* 2013. № 20 (2). С. 186–192.
3. Бойко К. Є. Геологічні умови формування сучасних зсувів південного берега Криму. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія».* 2015. Вип. 43. С. 33–38.
4. *ДБН В.1.1-12:2006 (2007). Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівництво у сейсмічних районах України* [Чинний від 1970-01-01]. Київ : Мінбуд України.
5. Зсув (порушення). *Вікіпедія.*  
URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D1%81%D1%83%D0%B2\\_\(%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%83%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D1%81%D1%83%D0%B2_(%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%83%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F))
6. *Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2020 році.*  
URL: <https://mepg.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Natsionalna-Dopovid-2020-2.pdf>
7. Ковров О. С. Екологічна небезпека зсувів в національному та регіональному контексті. *Національний гірничий університет. Збірник наукових праць.* 2018. № 53. С. 278–290.
8. Причина К. *Удосконалення методу розрахунку ґрунтових схилів в умовах міської забудови при змінному рівні підземних вод* : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Дніпропетровськ, 2016. 21 с.
9. Тютюкін О. Л., Ігнатенко Д. Ю. Визначення національних параметрів підпірних конструкцій із ґрунтоцементних паль на зсувонебезпечних схилах. *Наука та прогрес транспорту.* 2021. № 6 (90). С. 97–105. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2020/225281>
10. Barsukova S. O. Analysis of landslide trends in Ukraine. *Widening our horizons.* 2023. P. 37–38.
11. Cao B., Zheng X., Wang H. Formation Conditions and Risk Evaluation of Debris Flow in Tianchi Lake Area of Changbai Mountains Natural Protection Area, China (C101-5). *Landslides.* Springer, Berlin, Heidelberg, 2005. P. 91–97. DOI: [https://doi.org/10.1007/s-540-28680-2\\_10](https://doi.org/10.1007/s-540-28680-2_10)
12. Landslides. *World Health Organization.* URL: [https://www.who.int/health-topics/landslides#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/landslides#tab=tab_1)
13. Nadim F., Kjestad O., Peduzzi P., Herold C., Jaedicke C. Global landslide and avalanche hotspots. *Landslides.* 2006. Vol. 3. P. 159–173. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10346-006-0036-1>

S. O. OLISHEVSKA<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. of Construction, Geotechnics and Geomechanics, Dnipro University of Technology, D. Yavornytskoho Ave., 19, Dnipro, Ukraine, 49005, +38 (050) 482 36 14, e-mail Olishevskas.o@nmu.one, ORCID 0000-0003-0821-1091

## Overview of Landslide Trends in the World and in Ukraine

**Purpose.** The main purpose of the study is to systematize and analyse in-depth current trends in the field of landslide prevention and development in different countries of the world, especially in Ukraine, as well as to consider and highlight the main factors that cause landslides, and to study in detail the methods of their prediction and minimization of relevant risks. **Methodology.** Landslides are a serious geological hazard. Currently, there is a tendency to increase the frequency of landslides due to anthropogenic impact worldwide. The natural processes of the geological environment, together with the development of mineral deposits, massive and large-scale land development, lead to the intensification of landslide processes. The cause of landslide formation is an imbalance between the shear force of gravity and the retaining forces. **Findings.** The number of landslides in recent years has been analysed and their distribution on different continents has been considered in detail. The causes of landslides in Ukraine and other countries of the world are identified and systematized. The urgency of the problem of landslide phenomena in Ukraine is considered, and the need for progressive study of landslide formation processes in order to prevent them is emphasized. The importance of continuous monitoring of slope stability is emphasized to reduce risks and improve safety. **Originality.** A comprehensive study of current trends in the occurrence and development of landslides in different countries of the world and Ukraine in particular was carried out, taking into account the latest advances in the field of geology, geomechanics and construction. Based on the analysis, conclusions were drawn about the need for progressive study of landslide processes in order to prevent them. **Practical value.** The results of the review of landslide prevention trends can be effectively used to improve natural risk management strategies, as well as to develop new and improve existing engineering measures aimed at preventing landslides. This, in turn, will help to improve the safety of both the population and critical infrastructure.

*Keywords:* landslide; monitoring; soil; rock; tendency to prevent landslides; climate change

### REFERENCES

1. Barsukova, S. O., & Shaposhnyk, K. V. (2023). Analiz tendentsii proiavu zsuviiv u sviti. In «*Naukova vesna*» 2023 : ma-terialy XIII Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii studentiv, aspirantiv ta molodykh vchenykh (pp. 3–5). Dnipro University of Technology. Dnipro, Ukraine. (in Ukrainian)
2. Bida, O. (2013). Analysis of soil degradation in the world. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series «AIC Economics*, 20(2), 186-192. (in Ukrainian)
3. Boiko, K. Ye. (2015). Heolohichni umovy formuvannia suchasnykh zsuviiv pivdennoho bereha Krymu. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series «Geology. Geography. Ecology»*, 43, 33-38. (in Ukrainian)
4. *Zakhyst vid nebezpechnykh heolohichnykh protsesiv, shkidlyvykh ekspluatatsiinykh vplyviv, vid pozhezhi. Budivnytstvo u seismichnykh raionakh Ukrainy, DBN V.1.1-12:2006 (2007)*. (1970). Kyiv: Minbud Ukrainy. (in Ukrainian)
5. Zsuv (porushennia). *Wikipedia*. Retrieved from URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D1%81%D1%83%D0%B2\\_\(%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%83%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D1%81%D1%83%D0%B2_(%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%83%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F)) (in Ukrainian)
6. *Natsionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha v Ukraini u 2020 rotsi*. Retrieved from <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Natsionalna-Dopovid-2020-2.pdf>
7. Kovrov, O. S. (2018). Ecological hazard of landslides in national and regional contexts. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 53, 278-290. (in Ukrainian)
8. Prychyna, K. S. (2016). *Udoskonalennia metodu rozrakhunku hruntovykh skhyliv v umovakh miskoi zabudovy pry zminnomu rivni pidzemnykh vod* (Extended abstract of PhD dissertation). Dnipropetrovsk. (in Ukrainian)
9. Tiutkin, O. L., & Ihnatenko, D. Y. (2021). Determination of rational parameters of supporting structures made of soil-cement piles on landslide-prone slopes. *Science and Transport Progress*, 6(90), 97-105. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2020/225281> (in Ukrainian)
10. Barsukova, S. O. (2023). Analysis of landslide trends in Ukraine. *Widening our horizons*, 37-38. (in English)

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

---

11. Cao, B., Zheng, X., & Wang, H. (n.d.). Formation Conditions and Risk Evaluation of Debris Flow in Tianchi Lake Area of Changbai Mountains Natural Protection Area, China (C101-5) (pp. 91-97). In *Landslides*. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: [https://doi.org/10.1007/3-540-28680-2\\_10](https://doi.org/10.1007/3-540-28680-2_10) (in English)
12. Landslides. *World Health Organization*. Retrieved from [https://www.who.int/health-topics/landslides#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/landslides#tab=tab_1) (in English)
13. Nadim, F., Kjestad, O., Peduzzi, P., Herold, C., & Jaedicke, C. (2006). Global landslide and avalanche hotspots. *Landslides*, 3, 159-173. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10346-006-0036-1>

Надійшла до редколегії: 21.02.2024

Прийнята до друку: 20.06.2024