

**РОЗРОБКА ДБН «ІНЖЕНЕРНИЙ ЗАХИСТ ТЕРИТОРІЙ,
БУДІВЕЛЬ І СПОРУД ВІД ЗСУВІВ ТА ОБВАЛІВ. ОСНОВНІ
ПОЛОЖЕННЯ» ТА ДСТУ-Н «ІНЖЕНЕРНИЙ ЗАХИСТ
ТЕРИТОРІЙ, БУДІВЕЛЬ І СПОРУД ВІД ЗСУВІВ
ТА ОБВАЛІВ» ДО НЬОГО**

Слюсаренко Ю.С., Калюх Ю.І., Шумінський В.Д., Титаренко В.А.
ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»
м. Київ, Україна
Трофимчук О.М., Кліменков О.А., Берчун Я.О.
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ
м. Київ, Україна
Зоценко М.Л., Винников Ю.Л., Великодний Ю.Й., Біда С.В.
Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка
м. Полтава, Україна

АНОТАЦІЯ: Будівництво значної кількості об'єктів відбувається на територіях, де можливі прояви небезпечних інженерно-геологічних процесів, в тому числі зсувів та обвалів. Тому при проектуванні і будівництві об'єктів на схилах слід вирішувати питання інженерного захисту території, будівель і споруд від цих процесів.

АННОТАЦИЯ: Строительство значительного количества объектов происходит на территориях, где возможны проявления опасных инженерно-геологических процессов, в том числе оползней и обвалов. Поэтому при проектировании и строительстве объектов на склонах следует решать вопросы инженерной защиты территории, зданий и сооружений от этих процессов.

ABSTRACT: The construction of a considerable number of new objects is carried out on territories where the occurrences of dangerous engineering-geological processes, including landslides and earthfalls, are possible. Thus for the design and construction of objects on slopes, it is necessary to solve the problems of the engineering protection of territories, buildings and structures against these processes.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: нормативні документи, зсув, обвал, стійкість, інженерний захист.

ВСТУП

Будівництво нових об'єктів все частіше відбувається на ділянках, на яких можливі прояви небезпечних геологічних процесів, зокрема зсувів та обвалів. Це потребує виконання додаткових заходів з інженерного захисту не лише ділянки будівництва, але, як правило, і прилеглої до неї території. При цьому слід звертати увагу не лише на основний дестабілізуючий фактор небезпечних процесів, але і на супутні їх прояви, що можуть призвести до активізації зсувів.

Протягом 2015 – 2016 років в Державному підприємстві «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» розроблено проекти ДБН «Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення» на заміну чинних ДБН В.1.1-3 [1], а ДСТУ-Н «Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів» – в розвиток положень ДБН. Для роботи над проектами документів були залучені провідні фахівці вітчизняних проектних, виробничих, науково-дослідних організацій і навчальних закладів в галузі геотехніки.

В документах містяться основні вимоги до заходів інженерного захисту об'єктів від зсувів і обвалів, матеріалів, які для цього застосовуються, особливостей будівництва та експлуатації при проектуванні об'єктів, складу інженерних вишукувань, вимог щодо оцінки впливу будівництва на навколишнє середовище.

При розробці заходів з інженерної підготовки для захисту об'єктів, що будуються, від проявів небезпечних геологічних об'єктів, включаючи зсуви та обвали, слід виконувати вимоги ДБН В.1.2-14 [2]; ДБН А.2.1-1 [3]; ДБН В.1.1-24 [4]; ДБН В.1.1-25 [5].

Мета інженерного захисту територій, будівель та споруд від зсувів та обвалів – попередження, усунення або зниження до безпечного рівня їх негативного впливу на об'єкти і території (ДБН А.2.1-1 [2]).

Інженерний захист території, будівель та споруд від зсувів і обвалів – це комплекс інженерних споруд, інженерно-технічних, організаційно-господарських і соціально-правових заходів, що забезпечують захист територій та об'єктів, регулюють гравітаційні процеси на схилах та запобігають їх негативному прояву.

Розроблені документи установлюють вимоги щодо інженерного захисту територій, будинків, будівель та споруд від зсувів та обвалів, включаючи сейсмічні райони, райони поширення ґрунтів з особливими властивостями (просадні, ґрунти, що набрякають, насипні, намивні тощо), території над гірничими виробками, а також райони з можливим розвитком інших небезпечних геологічних процесів (підтоплення, затоплення, ерозія та розмиви берегів водотоків і водойм, абразія, карст, суфозія, селеві потоки, снігові лавини тощо).

На даний час забудовано більшість територій з інженерно-геологічними умовами, які не створюють додаткових проблем для будівництва. Це призвело до того, що нові об'єкти будівництва проектуються та зводяться на зсувонебезпечних і зсувних ділянках. Ці ділянки характеризуються значними перепадами відміток поверхні, можливістю активізації зсувних процесів, високим рівнем ґрунтових вод, наявністю ґрунтів, які мають особливі властивості, тощо. Зсувонебезпечними вважаються ділянки схилу або схили, на яких зсувні деформації можуть проявлятися під дією природних чи техногенних факторів і, як правило, мають кут нахилу більше 5° . Зсувним вважається схил, на якому відбуваються або відбувалися у недалекому минулому зсувні деформації порід.

Споруди інженерного захисту повинні функціонувати в екстремальних умовах. Термін служби об'єктів і заходів інженерного захисту повинен відповідати строкам служби об'єктів, які підлягають захисту. Заходи інженерного захисту слід проектувати комплексно з урахуванням прогнозу зміни природних умов, які пов'язані зі зведенням об'єктів захисту і освоєння зсувонебезпечних і зсувних територій. 7Конструкції нових споруд, що зводяться на таких територіях, впливають на гідрогеологічний режим території і в більшості випадків цей вплив негативний, оскільки може призвести до перезволоження ґрунтів схилу, зменшення їх механічних характеристик і порушення стійкості схилу. Це викликає необхідність уточнення питомого структурного зчеплення та кута внутрішнього тертя і розроблення додаткових заходів із захисту об'єктів.

ОСНОВНІ МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ

Зсуви поширені майже на 50% території України. Найбільшого поширення вони набули в Дніпропетровській, Закарпатській, Івано-Франківській, Львівській, Миколаївській, Одеській, Полтавській, Харківській, Чернівецькій областях і АР Крим. На цих ділянках:

- постійно проявляються зсуви, обвали та інші гравітаційні процеси внаслідок природного розвитку рельєфу;

- ті ж явища проявляються епізодично, або навіть одноразово будучи спровокованими аномальними проявами гідрометеорологічних процесів (зливи, повені, урагани) чи активізацією ендогенних процесів (землетруси), але їх підготовка відбувається внаслідок тривалого природного розвитку рельєфу без втручання людини;

- зсуви та обвали мали місце в минулому, але завдяки освоєнню територій з метою будівництва та проведенню заходів з інженерного захисту вони цілковито виключені з природного циклу розвитку територій, або період їх можливого існування подовжений на час, що перевищує нормативну тривалість існування споруд, можливість зсувів на таких територіях

виникає тільки в результаті порушення умов роботи та експлуатації споруд інженерного захисту;

– зсуви, обвали та порушення територій можливі завдяки штучній зміні геологічних, гідрогеологічних та гідрологічних умов в зв'язку з проведенням будівельних, гірничодобувних та інших робіт, пов'язаних зі штучною зміною рельєфу. Класифікація процесів на схилах наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Класифікація процесів на схилах [6, 7]

Основні види руху порід на схилі (типи зсувів)			Типи порід		
			Скельні	Ґрунти	
				Переважно великоуламкові	Переважно дисперсні
Обвали			Обвал скельних порід	Обвал уламкових мас	Обвал глинистих мас
Перекидання			Перекидання блоків скельних порід	Перекидання уламкових мас	Перекидання глинистих мас
Зсуви ковзання	З обертанням (зміщення порід по криволінійній поверхні)	Мало пакетів і брил	З обертанням скельних порід	З обертанням уламкових мас	Із сповзанням глинистих мас (спливи, опливи)
	Консеквентні (зміщення порід по одній або декількох площинах ослаблення в масиві)		Зміщення блоків скельних порід	Зсув пакетів уламкових мас по площині	Зсув пакетів глинистих порід по площині
		Багато пакетів і брил	Зміщення скельних порід по площині	Зсув уламкових мас по площині	Зсув глинистих мас по площині
Зсуви видавлювання (детрузивні)			Зміщення скельних порід по менш міцних породах із зоною перемищення і випирання	Зміщення уламкових порід по глинистих породах з видавлюванням	Зміщення глинистих мас з випиранням у нижній частині зсуву (в язичі)
Зсуви-потоки (деляпсивні)			Брили-блоки скельних порід з явищами повзучості	Повзучість пухких ґрунтів	
				потік уламкових мас	потік глинистих мас
Складні (комбіновані) зсуви			Поєднання двох і більше основних видів руху		

До основних причин і чинників формування та розвитку зсувів відносять:

- інтенсивну горизонтальну та вертикальну розчленованість рельєфу;
- наявність у масиві глинистих ґрунтів, що легко втрачають міцність (особливо це стосується улоговин, утворених у покрівлі водотривкого шару і заповнених із часом четвертинними відкладами);
- неотектонічні рухи порід; тріщинуватість порід;
- похиле залягання порід; сейсмічну активність території;
- зниження міцності порід через постійно діючі процеси зволоження (атмосферні опади) та висушування ґрунту;
- активний розвиток ерозійних й абразійних процесів;
- замочування ґрунтів підземними водами;
- фізико-хімічні особливості гірських порід, що сприяють зменшенню їх міцності під впливом вивітрювання чи суфозії;
- техногенні чинники, що діють на схил тощо.

Інженерний захист об'єктів повинен забезпечувати:

- загальну і локальну (місцеву) стійкість зсувних і зсувонебезпечних територій; – неперевищення гранично допустимих величин деформацій будівель і споруд за ДБН В.2.1-10 на територіях, де існує небезпека активізації існуючих або утворення нових зсувів;
- безпечне проживання людей;
- надійну роботу будівельних об'єктів, а також зон відпочинку;
- збереження заповідних зон, ландшафтів, історичних пам'яток тощо;
- виконання нормативних санітарно-гігієнічних, соціальних та рекреаційних умов на територіях, які захищаються;
- належне архітектурне оформлення об'єктів інженерного захисту;
- раціональне використання земель та природних ресурсів, із дотриманням законодавчих вимог щодо охорони навколишнього середовища.

До засобів та заходів інженерного захисту об'єктів, які підвищують стійкість, відносяться:

- утримуючі споруди (підпірні стінки) і пальові фундаменти та фундаменти глибокого закладання; закріплення масивів ґрунту тим чи іншим способом;
- влаштування фундаментів, які обтікаються зсувними масами ґрунту;
- перехоплюючі протиобвальні споруди та галереї;
- берегозахисні споруди для захисту від підмивання і розмивання берегів та схилів (морські (хвилевідбійні стінки, хвилеломи, хвилерізи), річкові, на водосховищах і водоймах);

– регулювання підземного стоку (дренажі глибокого та неглибокого закладання, застінні дренажі і каптажі);

– регулювання поверхневого стоку (захист поверхні схилів від інфільтрації дощових і талих вод у ґрунт, влаштування водовідвідних конструкцій (лотків));

– зменшення ухилу схилів (зрізання у верхній частині схилів з переміщенням ґрунту в підніжжя для довантаження в місцях очікуваного випарання ґрунту); протиерозійні конструкції; штучна зміна рельєфу схилу шляхом регулювання балансу мас на схилі та планування поверхні зсуву і прилеглої до нього території (зрізка різноманітних виступів, валів, засипання западин тощо);

– агролісомеліорація.

Вибір засобів та заходів інженерного захисту об'єктів повинен базуватись на інженерних розрахунках і техніко-економічному порівнянні варіантів і враховувати містобудівні вимоги, а також вимоги щодо охорони навколишнього природного середовища та раціонального використання земельних ресурсів, забезпечувати підвищення ступеня стійкості територій, що встановлюється розрахунками, надійне та безперебійне функціонування впродовж розрахункового терміну служби об'єктів, які захищаються.

Комплекс протизсувних заходів повинен забезпечити:

– заданий коефіцієнт запасу стійкості схилу шляхом влаштування споруд і виконання найбільш ефективних та економічних заходів по боротьбі з явищами і причинами, що викликають зсув або знижують коефіцієнт стійкості зсувонебезпечних ділянок;

– довготривалу стабілізацію зсувного схилу, на якому будується об'єкт, без будь-яких наднормативних деформацій основи, які можуть вплинути на експлуатацію будинків та споруд;

– стабільність прилеглих схилів від можливості утворення нових та активізації призупинених зсувів, пов'язаних із будівництвом;

– підвищення стійкості схилу до нормативного (мінімально необхідного) коефіцієнта запасу стійкості в залежності від класу наслідків (відповідальності) об'єктів, що захищаються;

– протизсувний захист окремо розташованих об'єктів, якщо неможливо чи економічно недоцільно стабілізувати весь схил.

До складу комплексів повинні включатися протизсувні споруди та види робіт найбільш ефективні для конкретних умов зсувного схилу, які усувають причини його загальної та місцевої стійкості.

Протизсувні заходи повинні проектуватися та встановлюватися з профілактичною метою на найбільш загрозливих ділянках схилу.

Протизсувні споруди та їх окремі елементи в будь-який період їх зведення повинні бути стійкими при зсувних рухах, що можуть виникати під час будівництва споруд. При проектуванні споруд інженерного захисту

об'єктів слід передбачити їх конструктивну міцність, а також довготривалу стійкість проти агресивних впливів.

Обґрунтування оптимального рішення щодо протизсувних заходів допускається виконувати на основі кількісної оцінки ризику, пов'язаного зі зсувом.

Оцінюванню підлягає повний (узагальнений) ризик, пов'язаний зі зсувом, з урахуванням як ймовірних збитків від зсуву, так і очікуваних затрат на протизсувні заходи.

Кількісна оцінка повного ризику, пов'язаного зі зсувом, з метою прийняття рішення щодо протизсувних заходів здійснюється на основі парного порівняння їх можливих варіантів. Оптимальний варіант визначається за критерієм мінімального додаткового ризику, який приймається для кожного варіанта протизсувних заходів з урахуванням ефекту від зниження ймовірних збитків від зсуву внаслідок збільшення очікуваних витрат на проведення протизсувних заходів порівняно з «нульовим» варіантом, за яким додаткові протизсувні заходи не передбачаються.

Основні чинники зсувного ризику і порядок їх врахування наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Основні чинники зсувного ризику і порядок їх врахування

Показник	Вплив на стійкість схилу	Порядок врахування
Крутизна схилу	Негативне зі збільшенням крутості схилу	Збільшення ризику
Висота	Те ж зі збільшенням висоти схилу	Збільшення ризику
Геологічний субстрат (літогенна основа)	В залежності від властивостей порід і їхнього положення відносно зон концентрації напруг у присхиловому масиві	Збільшення або зменшення ризику
Джерела зволоження присхилового масиву	Негативний	Збільшення ризику
Підмиви основи схилу	–	Те ж пропорційно швидкості розмиву
Сейсмічність	–	Збільшення ризику
Динамічні і статичні навантаження	–	Те ж зі збільшенням навантаження
Рослинність	Позитивний	Зменшення ризику
Експозиція	Різний	Збільшення ризику

Економічний ефект інженерного захисту об'єктів визначається розміром відверненої шкоди територіям, будинкам і спорудам від впливу зсувів та обвалів.

При виборі засобів інженерного захисту об'єктів необхідно враховувати циклічність, ритмічність, стадійність та сезонність розвитку зсувів та обвалів, ймовірність впливу інших факторів на стійкість схилів та укосів.

Найбільш доцільно проводити заходи в період мінімальної кількості атмосферних опадів. Закріплення схилів безпосередньо перед початком деформацій вимагає виконання значних обсягів робіт, а в окремих випадках може бути не ефективним.

Розрахунки протизсувних і протиобвальних захисних споруд, а також будівель і споруд на схилах повинні виконуватись за першою та другою групами граничних станів на період будівництва та експлуатації об'єктів з урахуванням можливої зміни фізико-механічних і міцнісних характеристик ґрунтів під дією природних чи техногенних факторів, а також зміни гідрогеологічного режиму.

Територія або схил (укіс) вважаються стійкими у разі виконання умови:

$$k_{st} \geq k_{sn}, \quad (1)$$

де k_{st} – розрахунковий коефіцієнт стійкості;

k_{sn} – нормативний (мінімально необхідний) коефіцієнт запасу стійкості.

Нормативний коефіцієнт запасу стійкості k_{sn} враховує граничні умови методів розрахунку стійкості схилів (укосів) та практичні похибки отримання вихідних даних при інженерно-геодезичних, інженерно-геологічних, геофізичних вишукуваннях тощо.

Оцінювання стійкості схилів та укосів полягає, як правило, в розгляді умови рівноваги ґрунтового масиву шириною 1 м (плоска задача) з вертикальними бічними гранями, умовно вирізаного з масиву схилу в напрямку вектора зсуву (сили, що діють за бічними гранями, не враховуються).

При проектуванні об'єктів на територіях, на яких можливі прояви небезпечних інженерно-геологічних процесів, в складі робочої документації повинні розроблятися заходи з інженерного захисту території, реалізація яких забезпечить зниження до безпечного рівня їх негативний вплив на нове будівництво і подальшу безпечну експлуатацію цих об'єктів.

При розрахунках утримуючих споруд необхідно визначати зсувний тиск E . Епюру зсувного тиску рекомендується будувати методом горизонтальних сил з урахуванням фактичних фізико-механічних характеристик ґрунтів і прогнозу їх зміни на термін служби об'єктів інженерного захисту.

Зсувний тиск для кожного блоку визначається на вертикальний i -й переріз розрахункової області за формулою

$$E_i = F_i \cdot \cos \alpha_i - \frac{\gamma_c}{\gamma_n \cdot \gamma_{fc}} R_i \cdot \cos \alpha_i, \quad (2)$$

де F_i – зсувне зусилля від ваги ґрунтового масиву з урахуванням дії розміщених у зоні зрушення будинків та споруд, фільтраційного тиску тощо;

γ_n , γ_{fc} – коефіцієнти відповідно надійності за навантаженням, відповідальності споруди та сполучення навантажень;

γ_c – коефіцієнт умов роботи;

R_i – опір ґрунтового масиву зміщенню (на зсувонебезпечних схилах слід визначати з урахуванням сил тертя та структурного зчеплення, а на зсувних – лише з урахуванням сил тертя).

Відношення $\frac{\gamma_n \cdot \gamma_{fc}}{\gamma_c}$ характеризує мінімальний запас утримуючих

сил по відношенню до сил зрушення.

Загальний (сумарний) зсувний тиск визначається з урахуванням тиску від попередніх блоків (відсіків)

$$E = \sum_{i=1}^n E_i . \quad (3)$$

Побудова епюри зсувного тиску проводиться у наступному порядку (рис. 2):

– на горизонтальній лінії відкладають відрізки, рівні довжині блоків, на які розбивають розрахунковий переріз;

– на цій лінії у кінці кожного відрізка (блока) відкладають по вертикалі значення зсувного тиску. При цьому кожне його наступне значення отримують шляхом додавання величини зсувного тиску для даного блоку до його попереднього значення. Таким чином можна визначити значення зсувного тиску у будь-якій точці схилу;

– зсувний тиск не може бути меншим, ніж активний тиск ґрунту у будь-якому перерізі.

В розробленому стандарті наведені практичні рекомендації щодо особливостей інженерних вишукувань, визначення фізико-механічних характеристик ґрунтів на зсувних та зсувонебезпечних схилах, розрахунки стійкості схилів, величин зсувного тиску та навантажень від обвалів, заходи щодо інженерного захисту об'єктів від зсувних та обвальних процесів, основні положення розрахунку протизсувних і протиобвальних споруд, конструктивні рішення протизсувних і протиобвальних споруд і фундаментів, вимоги щодо освоєння зсувонебезпечних та обвалонебезпечних територій, особливості організації та технології будівництва об'єктів інженерного захисту на схилах (укосах), основні вимоги до конструктивних рішень дренажів та принципи їх розрахунків, розрахунки параметрів вітрових хвиль і хвильових та льодових навантажень на берегозахисні споруди укінсного профілю, оцінювання ризиків, очікуваних збитків та ефективності протизсувних заходів, врахування впливу сейсмічних дій на схил, контроль за станом схилів в період будівництва та експлуатації протизсувних і протиобвальних споруд, вимоги до охорони навколишнього середовища тощо.

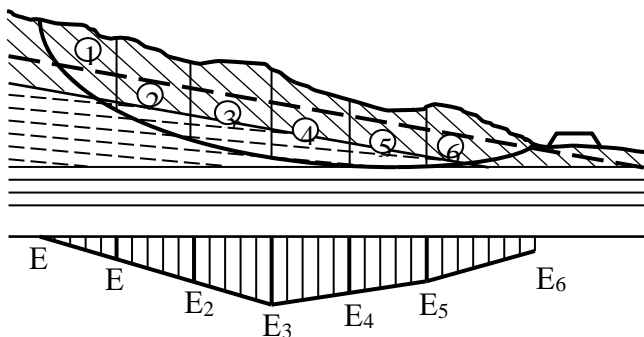


Рис. 2. Розрахунковий переріз схилу з епюрою зсувного тиску

Введення в дію документів, розроблених ДП НДІБК (ДБН та ДСТУ-Н), дозволить більш надійно оцінювати стійкість укосів схилів, проводити проектування інженерного захисту територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів у відповідності до сучасних вимог, застосовувати перевірені сучасні засоби та заходи інженерного захисту об'єктів, що дозволить підвищити надійність і безпеку їх експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення: ДБН В.1.1-3-97. - [Чинний від 1997-07-01]. - К.: Держбуд України, 1998. – 41 с. – (Будівельні норми України).
2. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ: ДБН В.1.2-14-2009. - [Чинний від 2009-01-12]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с. - (Будівельні норми України).
3. Інженерні вишукування для будівництва: ДБН А.2.1-1-2008. - [Чинний від 2008-05-02]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 76 с. - (Будівельні норми України).
4. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування: ДБН В.1.1-24:2009. - [Чинний від 2011-01-01]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 69 с. - (Будівельні норми України).
5. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення і затоплення: ДБН В.1.1-25-2009. - [Чинний від 2011-01-01]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 30 с. - (Будівельні норми України).
6. Varnes, D.J., 1978, Slope movement types and processes, in Schuster, R.L., and Krizek, R.J., eds., Landslides - Analysis and control: Transportation Research Board Special Report 176, National Research Council, Washington, D.C., p. 11–23.

7. Cruden, D.M, and Varnes, D.J., 1996, Landslide types and processes, in Turner, A. Keith, and Schuster, Robert L. eds. Landslides - Investigation and mitigation: Transportation Research Board, Special report no. 247, National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C., p. 36–75.

REFERENCES

1. DBN V.1.1-3-97 Engineering protection of territories, buildings and structures of landslides and avalanches. Key provisions: [Effective as of 01.07.1997]. - K.: State Building Ukraine, 1998. - 41 p.
2. DBN V.1.2-14-2009 1. General principles of reliability and structural safety of buildings, structures and foundations [Effective as of 01.12.2009]. - K.: Ukraine Ministry of Regional Development, 2009. - 37 p.
3. DBN A.2.1-1-2008 Engineering survey for construction [Effective as of 05.02.2008]. - K.: Ukraine Ministry of Regional Development, 2008. - 76 p.
4. DBN V.1.1-24:2009 Protection from dangerous geological processes. The main provisions of the design [Effective as of 01.01.2011]. - K.: Ukraine Ministry of Regional Development, 2010. - 69 p.
5. from flooding and flooding [Effective as of 01.01.2011]. - K.: Ukraine Ministry of Regional Development, 2010. - 30 p.
6. Varnes, D.J., 1978, Slope movement types and processes, in Schuster, R.L., and Krizek, R.J., eds., Landslides—Analysis and control: Transportation Research Board Special Report 176, National Research Council, Washington, D.C., p. 11–23.
7. Cruden, D.M, and Varnes, D.J., 1996, Landslide types and processes, in Turner, A. Keith, and Schuster, Robert L. eds. Landslides—Investigation and mitigation: Transportation Research Board, Special report no. 247, National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C., p. 36–75.

Стаття надійшла до редакції 11.07.2016 р.