

П.Є. Григоровський д.т.н., с.н.с., перший заступник директора, Orcid 0000-0003-0527-5890;

Ю.М. Червяков, к.т.н., заступник директора, Orcid 0000-0002-1326-6217;

Л.М. Грубська, ст. наук. співр.;

В.О. Басанський зав. сект. Orcid 0000-0002-7850-7798;

С.О. Мармалюк, провідний інженер, Orcid 0000-0002-6068-5166

ДП "НДІБВ", м. Київ

ТИПОЛОГІЯ ТА РАНЖУВАННЯ ЗСУВНИХ ПРОЦЕСІВ І ПРОТИЗСУВНИХ ЗАХОДІВ У МЕЖАХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ З ВРАХУВАННЯМ КРИТЕРІЮ УРАЗЛИВОСТІ.

Анотація. Традиційний поділ території України за принципом поширення площ зсувів у межах інженерно-геологічних регіонів не враховує критерія уразливості будівель, що залежить від інтегральної оцінки сукупності характеристик технічного стану будівлі, ґрунтової основи і оточуючої території. Традиційний поділ базується на геологічних особливостях територій і не враховує рівня їх урбанізації, заселеності та щільності забудови. В статті виконане ранжування зсувних процесів найбільш поширених на території України з урахуванням критерію уразливості забудови на зсувонебезпечних територіях. Виконане, також, ранжування протизсувних заходів з точки зору запобігання та стабілізації зсувних процесів, часових та фінансових витрат на їх реалізацію. Ранжування виконано на основі колективних експертних оцінок. Ступінь узгодженості думки експертів здійснена за допомогою коефіцієнта конкордації.

Ключові слова: ранжування, зсувні процеси, уразливість забудови, протизсувні заходи, експертна оцінка, коефіцієнт конкордації.

В Україні досить поширена забудова населених пунктів в межах зсувонебезпечних схилів. Несвоєчасно виявлені та не усунені активні процеси і деформації на зсувонебезпечних схилах призводять до виникнення дефектів та пошкоджень будівель і споруд, розташованих в складних інженерно-геологічних умовах і є причиною їх прогресуючих деформацій. Аварії, що виникають внаслідок зсувних процесів призводять до соціального і екологічного збитку. Ліквідація наслідків зсувних процесів вимагає значних матеріальних витрат, пов'язаних з відновленням експлуатаційної придатності постраждалих територій, будівель, споруд, інженерних мереж. Тому, актуальною є проблема захисту територій від виникнення зсувних деформацій.

Відомо, що людська діяльність та початкові складні інженерно-геологічні умови є факторами щодо активізації зсувних процесів, а тривалість життєвого циклу будівель залежить від своєчасного урахування загроз пошкодження та прогнозування зміни їх технічного стану з врахуванням синергетичного впливу сукупності природних, техногенних, будівельних та експлуатаційних загроз. Застосування системи моніторингу з урахуванням визначених граничних параметрів стійкості схилів дозволить своєчасно виявити фактори та параметри, що призводять до втрати (повної чи часткової) такої стійкості і передбачити необхідні протизсувні заходи у правильній послідовності та у необхідному обсязі. Прогнозування динаміки розвитку деформацій будівель з використанням даних інструментального моніторингу дозволить враховувати вплив геодинамічних процесів та інших факторів зовнішнього середовища на експлуатаційну придатність будівель.

Існує традиційний поділ території України за принципом поширення площ та кількості зсувів у

межах інженерно-геологічних регіонів (табл.1). Такий поділ базується на геологічних особливостях територій і не враховує рівня їх урбанізації, заселеності та щільності забудови. З іншого боку в роботах [1-3] при оцінці ризиків зменшення експлуатаційної придатності будівель враховують можливі випадки активізації небезпек, характеристики джерела загрози, віддаленість джерела, тобто, параметр, що характеризує його потужність, технічний стан будівель, умови ущільненості. Для оцінки ризику пошкоджень крім виявлення причин виконують оцінку уразливості будівлі та території в районі будівлі. Уразливістю вважають властивість будівлі втрачати експлуатаційну придатність в результаті можливості її пошкодження під впливом негативних факторів. Ступінь уразливості залежить від сукупності характеристик стану будівлі, ґрунтової основи та оточуючої території.

Традиційний поділ території України за принципом поширення площ зсувів у межах інженерно-геологічних регіонів не враховує критерія уразливості будівель, що залежить від інтегральної оцінки сукупності характеристик технічного стану будівлі, ґрунтової основи і оточуючої території. Тобто, існує вірогідність того, що інженерно-геологічні регіони із значними площами зсувів за традиційним поділом, наприклад гірські райони Карпат, мають низьку щільність забудови, тому зсувні процеси не впливають в значних обсягах на технічний стан нещільної забудови (низька ступінь уразливості). З іншого боку, незначна площа зсувонебезпечних територій з високою щільністю забудови в урбанізованих регіонах в значних обсягах впливає на технічний стан ущільненої забудови (висока ступінь уразливості).

Тому, важливим аспектом наукових досліджень, щодо оптимізації організаційно-технологічних рішень інструментального моніторингу будівель та споруд,

розташованих на зсувонебезпечних територіях, є визначення та ранжування зсувних процесів найбільш поширених на території України з врахуванням критерію уразливості.

Згідно з [4] за механізмом зміщення зсуви класифікують на:

- зсуви (ковзання) - відрив масиву ґрунтів зі зсуванням за певною поверхнею зміщення, що збігається, частково збігається чи не збігається з поверхнею послаблення;

- зсуви в'язкопластичні - зміщення водонасичених порід малої міцності у вигляді в'язкопластичної чи в'язкої течії;

- зсуви суфозійно-просадочні, швидкоплинні через просідання лесових ґрунтів від їх власної ваги при замочуванні або напружень від власної ваги ґрунтів і розподільних тисків фундаментів споруд;

- зсуви гідродинамічного виносу: зміщення ґрунтів під дією фільтраційних сил;

- зсуви раптового розрідження: дуже швидке зміщення ґрунтів за уклоном рельєфу при розрідженні слабоуцільнених глинистих порід чи дрібних пісків;

- зсуви-лавини: дуже швидке зміщення уламкового матеріалу без втрати контакту з основою;

- зсуви складного механізму: різні комбінації типів деформацій; поєднання та перехід одних типів зсувів в інші.

Поширення зсувів у межах інженерно-геологічних регіонів України наведено в табл.1. [4]

За даними табл.1 найбільш зсувонебезпечними регіонами, де зафіксовано найбільше поширення активних зсувів, є Причорноморська западина, а також Дніпровсько-Донецька западина та південно-західний схил Воронезького масиву. З огляду на розташування міст-мільйонників (Київ, Харків, Одеса, Дніпро) дослідження зсувів саме цих інженерно-геологічних регіонів має найбільше значення для забезпечення безаварійної експлуатації будівель і споруд, особливо багатоповерхових і висотних, та розвитку будівельної галузі.

З метою визначення видів зсувів, що найчастіше проявляються в цих інженерно-геологічних регіонах, проведено їх ранжування як одного з найпоширеніших колективних методів експертних оцінок. Суть методу полягає у розташуванні зсувів у порядку значення частоти їх проявлення. Для цього запрошено вісім експертів з числа фахівців у галузі технології та організації будівельного виробництва.

Кожному активному зсуву надається відповідний ранг, який позначається порядковим числом натурального ряду. При цьому ранг 1 експерт надає зсуву, який, з огляду на набутий практичний досвід, найчастіше проявляється в зсувонебезпечних регіонах. Результати ранжування експертами активних зсувів наведено в табл. 2 та на рис. 1, а ранжування зсувів за сумою рангів, наданих експертами з врахуванням критерію уразливості на рис. 2.

Порівняння рангових оцінок експертів у випадку віднесення до однакового рівня будь-якого фак-

Таблиця 1. Поширення зсувів у межах інженерно-геологічних регіонів України

Найменування інженерно-геологічних регіонів	Кількість зсувів, шт.	
	загальна	в т.ч. активних
Причорноморська западина (частини Одеської, Миколаївської, Запорізької областей та АР Крим, Херсонська область)	6031	554
Карпатська складчаста система (частини Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської, Чернівецької областей)	5634	252
Дніпровсько-Донецька западина та південно-західний схил Воронезького масиву (частини Київської, Луганської, Полтавської, Дніпропетровської, Харківської, Черкаської областей, Сумська та Чернігівська області)	4792	452
Український щит (частини Запорізької, Дніпропетровської, Донецької, Київської, Миколаївської, Одеської, Хмельницької, Черкаської областей, Вішницька, Житомирська, Кіровоградська області)	3258	304
Гірський Крим (південна частина АР Крим)	1422	100
Закарпатський прогин (частина Закарпатської області)	820	16
Волино-Подільська плита та Галицько-Волинська западина (частини Івано-Франківської, Львівської, Рівненської, Хмельницької, Чернівецької областей, Волинська та Тернопільська області)	789	55
Індоло-Кубанський прогин (західна частина) (частина АР Крим)	167	14
Донецький басейн (частини Донецької, Луганської, Харківської областей)	109	11

тора або декількох факторів до одного рівня можна здійснити за стандартизованими рангами, розрахованими за наведеною у [2] формулою:

$$R_{ij}^{Stand} = \frac{R_{ij} \cdot D_{total}}{D_i} \quad (1)$$

де R_{ij} – значення i -го рангу j -го фактора;
 D_{total} – середня сума членів ряду явищ або фактора;
 D_i – сума рангів, привласнена i -им експертом за всіма чинниками

$$D_i = \sum_{j=1}^n R_{ij} \quad (2)$$

Значення середньої суми членів ряду факторів D_{total} знаходилося із співвідношення:

$$D_{total} = m(n+1)/2, \quad (3)$$

де m – загальна кількість експертів у групі;
 n – загальна кількість факторів.

Значення середньої суми членів ряду факторів дорівнює:

$$D_{total} = 8(6 + 1)/2 = 28 \quad (4)$$

За допомогою коефіцієнта конкордації (згоди) здійснювали оцінку ступеню узгодженості думки експертів за формулою [5]:

$$W = 12 \cdot S / m^2 \cdot (n^3 - n), \quad (5)$$

де S – загальна сума квадратів відхилень; m – загальна кількість експертів у групі; n – загальна кількість факторів

Якщо W прагне до нуля, то думки експертів повністю не узгоджені, а якщо коефіцієнт наближається до одиниці, наявна єдність думок експертів.

$$W = 12 \cdot 898 / 8^2(6^3 - 6) = 10776 / 13440 = 0,80 \quad (6)$$

Таким чином, значення розрахованого коефіцієнта конкордації свідчить про узгодженість оцінок експертів щодо частоти проявів активних зсувів.

Статистична істотність (значущість) коефіцієнта конкордації перевіряється за критерієм Пірсона χ^2 [6]. За відсутності зв'язаних оцінок експертів розрахункове значення критерію Пірсона визначається за формулою:

$$\chi^2_p = 12 \cdot S / m \cdot n (n + 1) \quad (7)$$

$$\chi^2_p = 12 \cdot 898 / 8 \cdot 6 (6 + 1) = 10776 / 336 = 32,07 \quad (8)$$

Розрахункове значення (χ^2_p) зіставляється з табличними значенням (χ^2_{kp}) для $(n - 1)$ ступенів свободи та визначеної довірчої ймовірності.

Згідно з таблицею Пірсона при рівні довірчої ймовірності 0,95 і числі ступенів свободи $(6-1=5)$ критерій Пірсона $\chi^2_{kp} = 1,145$, тобто $\chi^2_p > \chi^2_{kp}$. У цьому випадку коефіцієнту конкордації можна довіряти та отримані на його основі висновки достовірні.

На підставі аналізу думок експертів можна зробити висновок, що в інженерно-геологічних регіонах України, де зафіксовано найбільшу кількість актив-

Таблиця 2. Ранжування активних зсувів

Позначення зсуву*	Номер експерта								Сума рангів	Відхилення суми рангів	Квадрат відхилення
	1	2	3	4	5	6	7	8			
1	1	2	1	1	1	1	2	1	10	- 18	324
2	1	1	2	3	2	2	1	1	13	- 15	225
3	2	3	3	2	4	3	2	2	21	- 7	49
4	3	5	4	4	3	4	3	4	30	2	4
5	5	4	5	5	6	6	4	3	38	10	100
6	4	6	6	6	5	5	5	5	42	14	196
Сума рангів за всіма чинниками	16	21	21	21	21	21	17	16	154		
Середня сума рангів									28		
Сума квадратів відхилень											898

* 1 – зсуви (ковзання); 2 – зсуви в'язкопластичні; 3 – зсуви суфозійно-просадочні; 4 – зсуви гідродинамічного виносу; 5 – зсуви раптового розрідження; 6 – зсуви-лавини

Таблиця 3. Стандартизовані ранги

Позначення зсуву (табл.2)	Стандартизовані ранги за оцінкою експерта							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1,75	2,67	1,33	1,33	1,33	1,33	3,29	1,75
2	1,75	1,33	2,67	4,00	2,67	2,67	1,65	1,75
3	3,50	4,00	4,00	2,67	5,33	4,00	3,29	3,50
4	5,25	6,67	5,33	5,33	4,00	5,33	4,94	7,00
5	8,75	5,33	6,67	6,67	8,00	8,00	6,59	5,25
6	7,00	8,00	8,00	8,00	6,67	6,67	8,24	8,75

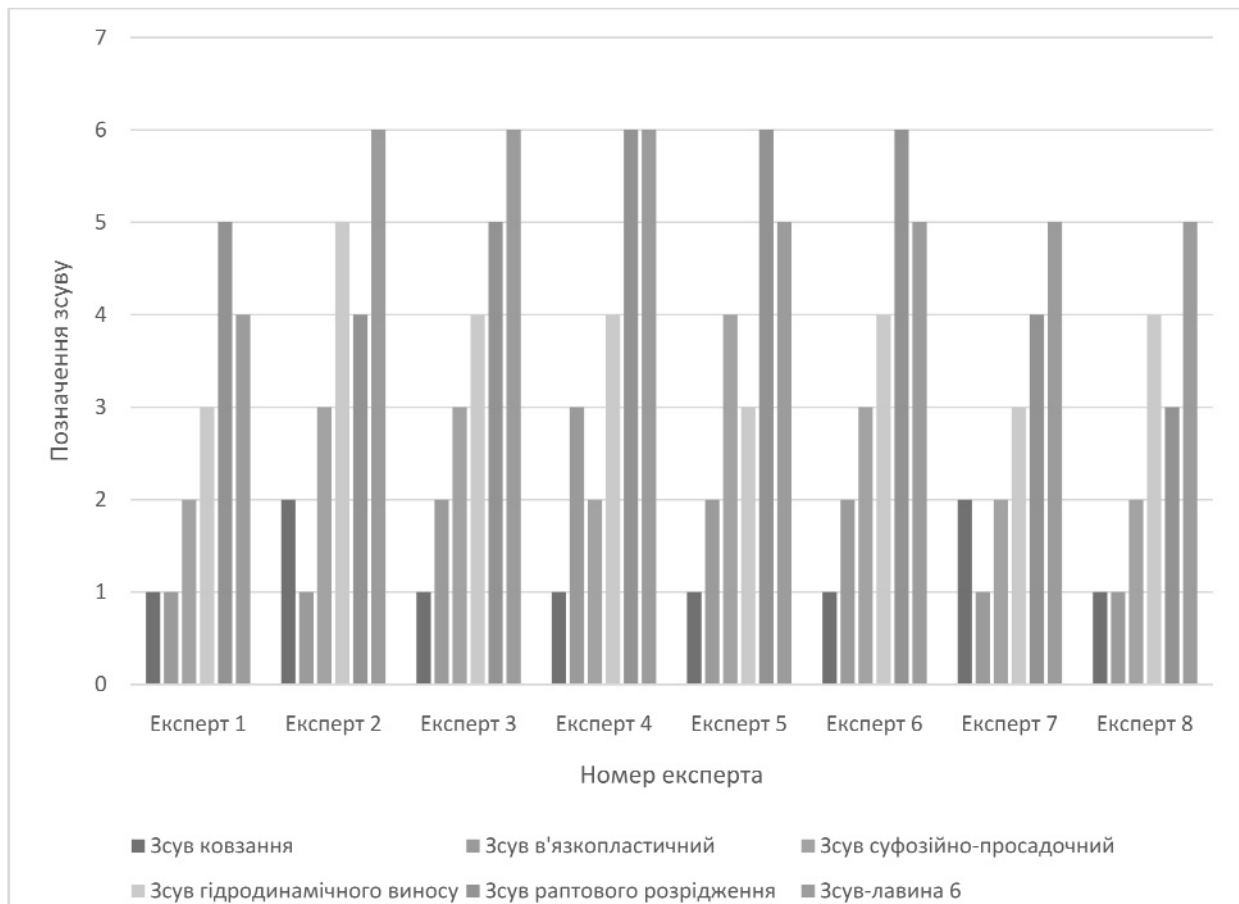


Рис. 1 Результати ранжування експертами активних зсувів

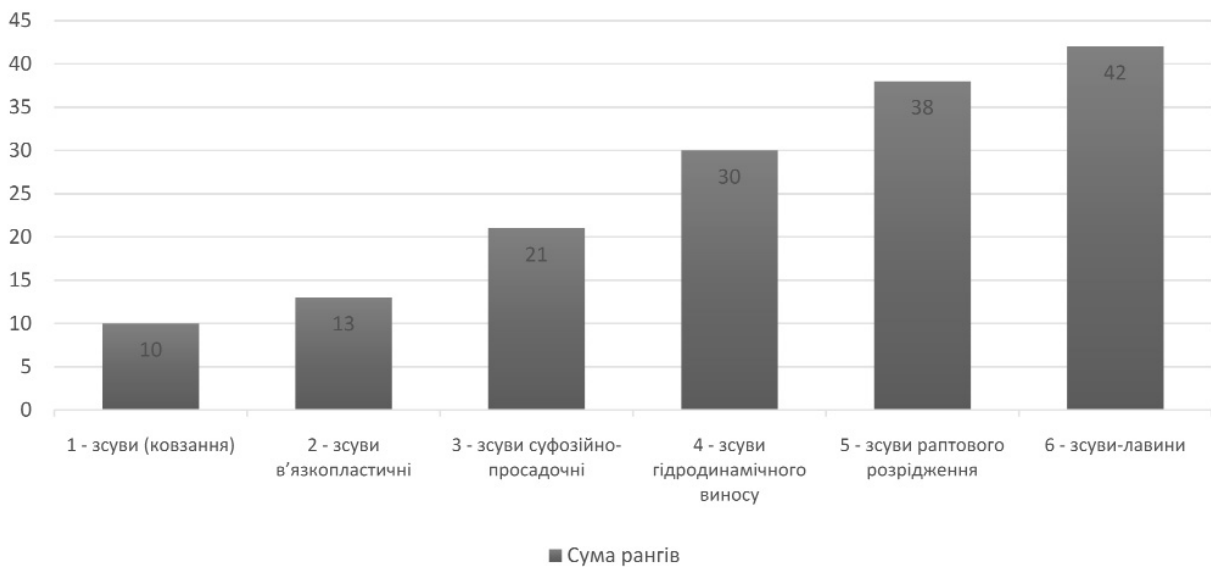


Рис. 2 Ранжування активних зсувів за сумою рангів, наданих експертами з врахуванням критерію уразливості

них зсувів, частота прояву зсувів розташована в такій послідовності (по мірі зменшення частоти прояву): зсуви (ковзання); зсуви в'язкопластичні; зсуви суфозійно-просадочні; зсуви гідродинамічного виносу; зсуви раптового розрідження; зсуви-лавини.

Відповідно до [7] при проектуванні інженерного захисту територій, будівель і споруд від зсувних і обвальних процесів необхідно вживати такі заходи, спрямовані на запобігання та стабілізацію цих процесів (табл. 4):

- зміна рельєфу схилу з метою підвищення його стійкості;
- регулювання стоку поверхневих вод за допомогою вертикального планування території і улаштування системи поверхневого водовідведення;
- попередження інфільтрації води в ґрунті і ерозійних процесів;
- регулювання стоку підземних вод;
- агролісомеліорація;
- закріплення ґрунтів (у тому числі армуванням);

Таблиця 4. Заходи, спрямовані на запобігання та стабілізацію зсувних процесів

№	Заходи з стабілізації зсувних процесів	
1	зміна рельєфу схилу з метою підвищення його стійкості;	
2	регулювання стоку поверхневих вод за допомогою вертикального планування території і улаштування системи поверхневого водовідведення;	
3	попередження інфільтрації води в ґрунті і ерозійних процесів;	
4	регулювання стоку підземних вод;	
5	агролісомеліорація;	
6	видалення нестійких ґрунтів;	
7	закріплення ґрунтів (у тому числі армуванням);	
8	улаштування утримувальних споруд	габіони;
9		підпірні стіни;
10		пальові конструкції, «стіни в ґрунті», шпонки і стовпи;
11		анкерні кріплення;
12		комбіновані споруди;
13	інші заходи (регулювання теплових процесів за допомогою теплозахисних пристроїв і покриттів, встановлення охоронних зон тощо)	

— улаштування утримувальних споруд;
 — інші заходи (регулювання теплових процесів за допомогою теплозахисних пристроїв і покриттів, встановлення охоронних зон тощо).

Визначення найраціональніших протизсувних заходів з точки зору ефективності запобігання та стабілізації зсувних процесів, часових і фінансових витрат на їх реалізацію здійснено за допомогою ранжування із залученням семи експертів. При цьому конкрети-

зовано способи улаштування утримувальних споруд, а інші заходи обмежено встановленням охоронних зон.

Кожному протизсувному заходу надається відповідний ранг, який позначається порядковим числом натурального ряду. При цьому ранг 1 експерт надає заходу, який, з огляду на набутий практичний досвід, є найбільш раціональний.

Результати ранжування експертами протизсувних заходів наведено в табл. 5 та на рис. 3-4.

Таблиця 5. Ранжування протизсувних заходів

Позначення заходу*	Номер експерта							Сума рангів	Відхилення суми рангів	Квадрат відхилення
	1	2	3	4	5	6	7			
1	1	2	1	1	3	1	2	11	-38	1444
2	2	1	1	3	1	2	2	12	-37	1369
3	4	3	2	2	2	3	1	17	-32	1024
4	5	4	3	2	4	4	3	25	-24	576
5	3	6	5	4	3	5	4	30	-19	361
6	6	7	6	5	7	6	6	43	-6	36
7	7	5	4	5	6	7	5	39	-10	100
8	11	10	9	10	9	9	9	67	18	324
9	8	10	10	9	8	8	9	62	13	169
10	10	11	6	6	6	7	7	53	4	16
11	9	8	7	7	5	6	7	49	0	0
12	12	11	10	6	8	7	8	62	13	169
13	11	12	10	8	10	9	10	70	21	441
Сума рангів за всіма чинниками	89	90	74	68	72	74	73	540		
Середня сума рангів								49		
Сума квадратів відхилень										6029

* 1 – зміна рельєфу схилу з метою підвищення його стійкості; 2 – регулювання стоку поверхневих вод за допомогою вертикального планування території і улаштування системи поверхневого водовідведення; 3 – попередження інфільтрації води в ґрунті і ерозійних процесів; 4 – регулювання стоку підземних вод; 5 – агролісомеліорація; 6 – закріплення ґрунтів (у тому числі армуванням); 7 – видалення нестійких ґрунтів; 8-12 – улаштування утримувальних споруд (8 – комбіновані споруди, 9 – анкерні кріплення, 10 – підпірні стіни, 11 – габіони, 12 – пальові конструкції, "стіна в ґрунті", шпонки та стовпи); 13 – встановлення охоронних зон

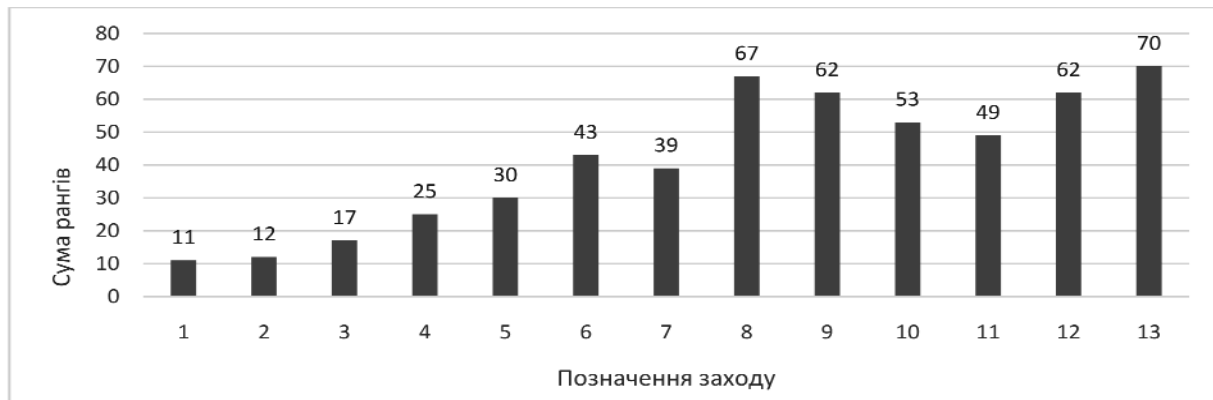
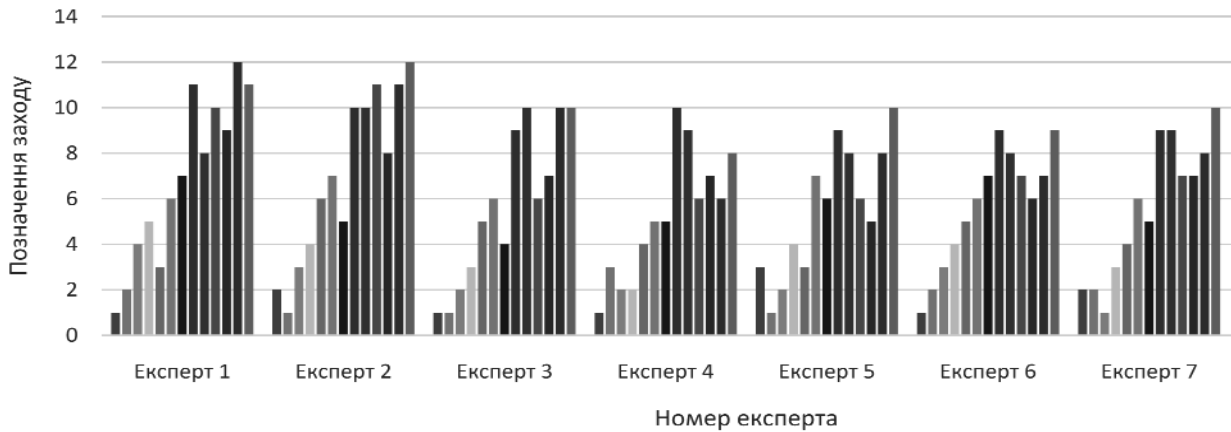


Рис. 3. Результати ранжування протизсувних заходів

1 – зміна рельєфу схилу з метою підвищення його стійкості; 2 – регулювання стоку поверхневих вод за допомогою вертикального планування території і улаштування системи поверхневого водовідведення; 3 – попередження інфільтрації води в ґрунт і ерозійних процесів; 4 – регулювання стоку підземних вод; 5 – агролісомеліорація; 6 – закріплення ґрунтів (у тому числі армуванням); 7 – видалення нестійких ґрунтів; 8-12 – улаштування утримувальних споруд: (8 – комбіновані споруди, 9 – анкерні кріплення, 10 – підпірні стіни, 11 – габіони, 12 – пальові конструкції, "стіна в ґрунті", шпонки та стовпи); 13 – встановлення охоронних зон



- 1 зміна рельєфу схилу з метою підвищення цього стійкості
- 2 регулювання стоку поверхневих вод за допомогою вертикального планування території і улаштування системи поверхневого водовідведення
- 3 попередження інфільтрації води в ґрунт і ерозійних процесів
- 4 регулювання стоку підземних под
- 5 агролісомеліорація
- 6 закріплення ґрунтів (в тому числі армування)
- 7 видалення нестійких ґрунтів
- 8 улаштування утримуючих споруд - комбіновані споруди
- 9 улаштування утримуючих споруд - анкерні кріплення
- 10 улаштування утримуючих споруд - підпірні стіни
- 11 улаштування утримуючих споруд - габіони
- 12 улаштування утримуючих споруд - пальові конструкції

Рис. 4 Ранжування протизсувних заходів за сумою рангів, наданих експертами

Значення середньої суми членів ряду факторів дорівнює: $D_{total} = 7(13 + 1)/2 = 49$ (8)

Розраховані стандартизовані ранги заходів наведено в табл. 6.

Оцінку ступеню узгодженості думки експертів здійснювали за допомогою коефіцієнта конкордації (згоди):

$$W = 12 \cdot 6029 / 72(133 - 13) = 72348 / 107016 = 0,68 \quad (9)$$

Оскільки коефіцієнт конкордації W наближається до одиниці, то наявна єдність думок експертів. Таким чином, значення розрахованого коефіцієнта конкордації свідчить про узгодженість оцінок експертів.

Таблиця 6. Стандартизовані ранги

Позначення заходу*	Стандартизовані ранги за оцінкою експерта						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0,55	1,09	0,66	0,72	2,04	0,66	1,34
2	1,10	0,54	0,66	2,16	0,68	1,32	1,34
3	2,20	1,63	1,32	1,44	1,36	1,99	0,67
4	2,75	2,18	1,99	1,44	2,72	2,65	2,01
5	1,65	3,27	3,31	2,88	2,04	3,31	2,68
6	3,30	3,81	3,97	3,60	4,76	3,97	4,03
7	3,85	2,72	2,65	3,60	4,08	4,64	3,36
8	6,06	5,44	5,96	7,21	6,13	5,96	6,04
9	4,40	5,44	6,62	6,49	5,44	5,30	6,04
10	5,51	5,99	3,97	4,32	4,08	4,64	4,70
11	4,96	4,36	4,64	5,04	3,40	3,97	4,70
12	6,61	5,99	6,62	4,32	5,44	4,64	5,37
13	6,06	6,53	6,62	5,76	6,81	5,96	6,71

*Умовні позначення заходів за табл. 5.

пертів щодо протизсувних заходів.

Значущість коефіцієнта конкордації перевіряється за критерієм Пірсона χ^2 . За відсутності зв'язаних оцінок експертів розрахункове значення критерію Пірсона становить:

$$\chi^2_p = 12 \cdot 6029 / 7 \cdot 13(13+1) = 72348 / 1274 = 56,79 \quad (10)$$

Розрахункове значення (χ^2_p) зіставляється з табличними значеннями (χ^2_{kp}) для (n - 1) ступенів свободи та визначеної довірчої ймовірності.

Згідно з таблицею Пірсона при рівні довірчої ймовірності 0,95 і числі ступенів свободи (13 - 1 = 12) критерій Пірсона $\chi^2_{kp} = 5,23$, тобто $\chi^2_p > \chi^2_{kp}$. У цьому випадку коефіцієнту конкордації можна довіряти та отримані на його основі висновки достовірні.

На підставі аналізу думок експертів можна зробити висновок, що протизсувні заходи з точки зору ефективності запобігання та стабілізації зсувних процесів, часових і фінансових витрат на їх реалізацію можна розташувати в такому порядку (по мірі зниження ефективності застосування): зміна рельєфу схилу з метою підвищення його стійкості; регулювання стоку поверхневих вод за допомогою вертикального планування території і улаштування системи поверхневого водовідведення; попередження інфільтрації води в ґрунті і ерозійних процесів; регулювання стоку підземних вод; агролісомеліорація; видалення нестійких ґрунтів; закріплення ґрунтів (у тому числі армуванням); улаштування габйонів; улаштування підпірних стін; улаштування пальових конструкцій, "стіни в ґрунті", шпонок і стовпів; улаштування анкерних кріплень; улаштування комбінованих споруд; встановлення охоронних зон.

Висновки. 1. В Україні поширена забудова в межах зсувонебезпечних схилів. Несвоєчасно виявлені та не усунені активні процеси і деформації на зсувонебезпечних схилах призводять до виникнення дефектів та пошкоджень будівель і споруд. Ліквідація наслідків зсувних процесів призводить до матеріальних та екологічних збитків, що викликає необхідність їх моніторингу.

2. Традиційний поділ території за принципом поширення площ та кількості зсувів у межах інженерно-геологічних регіонів не враховує їх рівня урбанізації, заселення, щільності забудови та критерія уразливості будівель.

3. Ранжування зсувних процесів на Україні з урахуванням критерію уразливості є важливим аспектом при оптимізації організаційно-технічних рішень інструментального моніторингу споруд, розташованих на зсувонебезпечних територіях.

4. Ранжування зсувних процесів з урахуванням критерію уразливості забудови, виконане з використанням колективних методів експертних оцінок, показало, що в геодинамічних територіях України кількість активних зсувів розташована в такій послідовності: зсуви ковзання, зсуви в'язкопластичні, зсуви суфозійно-просадочні, зсуви гідродинамічного виносу, зсуви раптового розрідження, зсуви-лавини.

Коефіцієнт конкордації (згоди) дорівнює 0,8, що свідчить про узгодженість оцінок експертів.

5. Ранжування протизсувних заходів з точки зору ефективності запобігання та стабілізації зсувних процесів, часових і фінансових витрат на їх реалізацію, виконане з використанням колективних методів експертних оцінок, показало, що їх можливо розташувати в такому порядку: зміна рельєфу схилу з метою підвищення його стійкості; регулювання стоку поверхневих вод за допомогою вертикального планування території і улаштування системи поверхневого водовідведення; попередження інфільтрації води в ґрунті і ерозійних процесів; регулювання стоку підземних вод; агролісомеліорація; видалення нестійких ґрунтів; закріплення ґрунтів (у тому числі армуванням); улаштування габйонів; улаштування підпірних стін; улаштування пальових конструкцій, "стіни в ґрунті", шпонок і стовпів; улаштування анкерних кріплень; улаштування комбінованих споруд; встановлення охоронних зон.

Коефіцієнт конкордації (згоди) дорівнює 0,68, що свідчить про узгодженість оцінок експертів.

Література

1. Григоровський П.Є. Будівельно-інформаційні моделі і методи формування організаційно-технологічних рішень інструментальних вимірювань в будівництві [Текст]: монографія. / П.Є.Григоровський — К: Майстер книг, 2019. — 340 с.
2. Григоровський П.Є. Методологічні основи формування організаційно-технологічних рішень інструментальних

вимірювань при зведенні та експлуатації будівель і споруд дис. ... д-ра техн. наук: спец. 05.23.08. Харків : ХТУБА. 2018. 503 с

3. *Методические рекомендации по оценке риска и ущерба при подтоплении территорий.* — М., 2001. — 56 с.

4. ДБН В.1.1-46:2017 Інженерний захист території, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення

5. Трофименко О.О., Войтко С.В. Функціонування, стратегічний розвиток і регулювання відновлюваної енергетики: монографія. К. Альфа Реклама. 2014. 178 с.

6. Грабовецький Б.Є., Зянько В.В. Ідентифікація змісту та ранжування факторів, що обмежують розвиток венчурного бізнесу, на основі методу експертних оцінок Дельфі. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2013. № 4. С. 46-54.

7. ДБН В.1.1-24:2009 Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування

Reference

1. Grigorovskij P.Ye. *Budivselno-informacijni modeli i metodi formuvannya organizacijno-tehnologichnih rishen instrumentalnih vimiryuvan v budivnictvi [Tekst]: monografiya.* / P.Ye.Grigorovskij — K: Majster knig, 2019. — 340 s.

2. Grigorovskij P.Ye. *Metodologichni osnovi formuvannya organizacijno-tehnologichnih rishen instrumentalnih vimiryuvan pri zvedenni ta ekspluataciji budivel i sporud dis. ... d-ra tehn. nauk: spec. 05.23.08.* Harkiv : HTUBA. 2018. 503 s

3. *Metodicheskie rekomendacii po ocenke riska i usherba pri podtoplenii territorij.* ? M., 2001. ? 56 s.

4. DBN V.1.1-46:2017 *Inzhenernij zahist teritorij, budivel i sporud vid zsuviv ta obvaliv. Osnovni polozhennya*

5. Trofimenko O.O., Vojtko S.V. *Funkcionuvannya, strategichnij rozvitok i regulyvannya vidnovlyuvanoji energetiki: monografiya.* K. Alfa Reklama. 2014. 178 s.

6. *Graboveckij B.Ye., Zyanko V.V. Identifikacija zmistu ta ranzhuvannya faktoriv, sho obmezhuuyut rozvitok venchurnogo biznesu, na osnovi metodu ekspertnih ocinok Delfi.* Visnik Vinnickogo politehnicnogo institutu. 2013. № 4. S. 46-54.

7. DBN V.1.1-24:2009 *Zaxy st vid nebezpechny x geologichny x procesiv. Osnovni polozhennya proektuvannya*

П.Е. Григоровский д.т.н., первый заместитель директора, Orcid 0000-0003-0527-5890;

Ю.Н. Червяков, к.т.н заместитель директора, Orcid 0000-0002-1326-6217,

Л.М.Грубська, ст. науч. сотр.,

В.О.Басанский, зав. сект. Orcid 0000-0002-7850-7798;

С.А. Мармалюк, ведущий инженер. Orcid 0000-0002-6068-5166. ГП НИИСП, г. Киев.

ТИПОЛОГИЯ И РАНЖИРОВАНИЕ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ И ПРОТИВООПОЛЗНЕВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В РАМКАХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ УКРАИНЫ С УЧЕТОМ КРИТЕРИЯ УЯЗВИМОСТИ.

Аннотация. Традиционное деление территории Украины по принципу распространения площадей оползней в пределах инженерно-геологических регионов не учитывает критерия уязвимости зданий зависит от интегральной оценки совокупности характеристик технического состояния здания, грунтового основания и окружающей территории. Традиционное деление базируется на геологических особенностях территорий и не учитывает уровня их урбанизации, заселенности и плотности застройки. В статье выполнено ранжирование оползневых процессов наиболее распространенных на территории Украины с учетом критерия уязвимости застройки на оползнеопасных территориях. Выполнено, также ранжирование противооползневых мероприятий с точки зрения предотвращения и стабилизации оползневых процессов, временных и финансовых затрат на их реализацию. Ранжирование выполнено на основе коллективных экспертных оценок. Степень согласованности мнения экспертов осуществлена с помощью коэффициента конкордации.

Ключевые слова: ранжирование, оползневые процессы, уязвимость застройки, противооползневые мероприятия, экспертная оценка, коэффициент конкордации.

P.E. Hryhorovskiy Doctor of Technical Sciences, First Deputy Director, Orcid 0000-0003-0527-5890;

Y.N. Chervyakov Science, Ph.D, Deputy Director, Orcid 0000-0002-1326-6217;

L.M. Hrubka, Senior Science Specialist;

V.O. Basanskyi, Head of Sector, Orcid 0000-0002-7850-7798;

S.A. Marmaliuk, Lead Engineer. Orcid 0000-0002-6068-5166

State Enterprise "Research institute of building production named V.S. Balitsky", Kyiv.

TYPOLOGY AND RANKING OF LANDSLIDE PROCESSES AND ANTI-LANDSLIDE MEASURES WITHIN THE ENGINEERING-GEOLOGICAL REGIONS OF UKRAINE, TAKING INTO ACCOUNT THE CRITERION OF VULNERABILITY.

Abstract. The traditional division of the territory of Ukraine according to the principle of landslide distribution within engineering-geological regions does not take into account the criterion of building vulnerability, which depends on the integrated assessment of the technical characteristics of the building, soil base and surrounding area. The traditional division is based on the geological features of the territories and does not take into account the level of their urbanization, population and building density. The article ranks the landslide processes most common in Ukraine, taking into account the criterion of building vulnerability in landslide-prone areas. Also, the ranking of anti-landslide measures in terms of prevention and stabilization of landslide processes, time and financial costs for their implementation. The ranking is based on collective expert assessments. The degree of consistency of expert opinion is carried out using the concordance coefficient.

Key words: ranking, landslide processes, building vulnerability, anti-landslide measures, expert assessment, concordance coefficient.