

## ЗАХОДИ ЗІ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЗСУВНОГО СХИЛУ

Зоценко М.Л., Винников Ю.Л., Харченко М.О., Марченко В.І.  
Полтавський національний технічний університет  
імені Юрія Кондратюка  
м. Полтава, Україна

Титаренко В.А.  
ДП «Державний науково-дослідний інститут  
будівельних конструкцій»  
м. Київ, Україна

**АНОТАЦІЯ:** Наведено результати обстеження й оцінювання стійкості зсувного схилу, інженерні рішення щодо ліквідації аварійного стану та відновлення експлуатаційної придатності масиву.

**АННОТАЦИЯ:** Приведены результаты обследования и оценки устойчивости оползневого склона, инженерные решения по ликвидации аварийного состояния и возобновления эксплуатационной пригодности массива.

**ABSTRACT:** The inspection and estimation results of landslide slope stability, engineering decisions for elimination of accident conditions of slope and renewal of serviceability of the massif are presented.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** Схил, зсув, підпірна стіна, армування ґрунту, метод скінченних елементів.

### ВСТУП

Однією з найактуальніших геотехнічних задач сьогодення є забезпечення безаварійної експлуатації будівель і споруд на зсувонебезпечних і зсувних територіях [1 – 6]. Це викликано тим, що для забезпечення стійкості ґрунту на схилі, особливо забудованому різними спорудами, необхідне проведення об'ємних інженерних вишукувань і геотехнічних розрахунків. Як правило, для забезпечення стійкості схилу влаштовують

дренування, утримуючі споруди різних конструкцій, що зводяться за цілим рядом технологій, паралельно із пасивним захистом території за рахунок насадження дерев, влаштування організованого водостоку тощо. Ці заходи дуже часто є досить витратними, а тому не виконуються у повному обсязі, що з часом призводить до активізації зсувних процесів і кінець-кінцем руйнування будівель і споруд, розташованих у межах схилу [4, 5].

**Мега роботи** - за результатами обстеження зсувного схилу виконати оцінювання його стійкості, розробити інженерні рішення щодо ліквідації аварійного стану та відновлення експлуатаційної придатності схилу після зсуву.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У м. Київ після сильних злив у травні 2013 р. в районі Байкового кладовища відбувся зсув ґрунту шириною приблизно 34 м і довжиною 13...52 м (рис. 1).

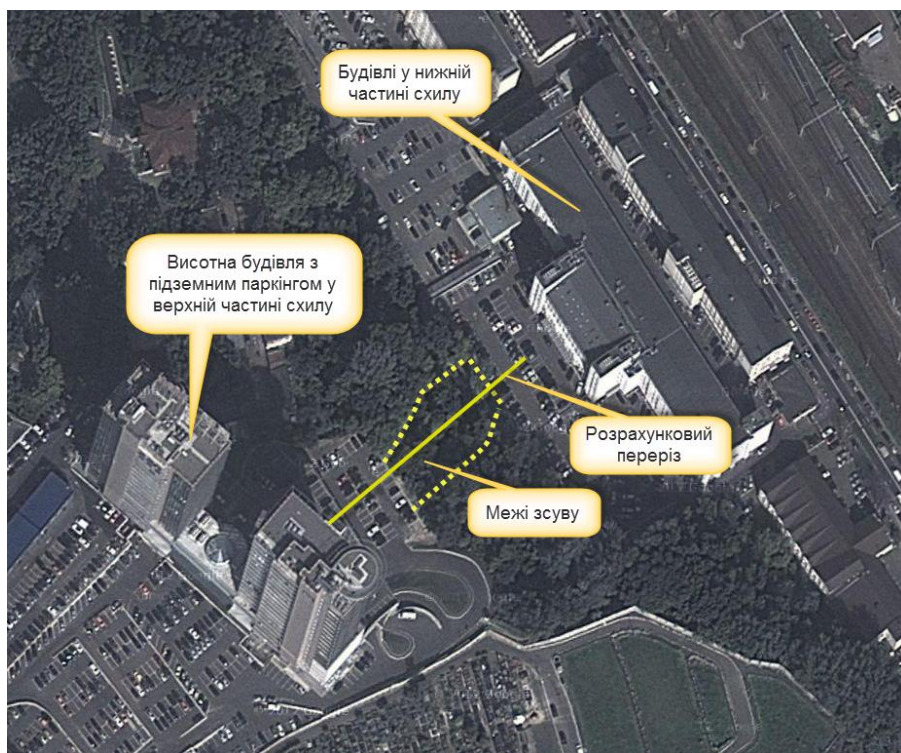


Рис. 1. Ситуаційна схема розташування зсуву ґрунту на схилі

У верхній частині схилу, крутизна якого в середньому складає  $20...22^\circ$ , а висота  $35...37$  м, зведена багатоповерхова будівля з підземним паркінгом, у нижній частині – 5-6 поверхові будівлі. Відстань від бровки зриву до паркінгу висотних будівель складала  $18,5$  м (рис. 2). При цьому постала серйозна загроза безпечній експлуатації висотної будівлі (рис. 3).

*a*



*б*



Рис. 2. Видгляд території після зсуву: *a* – у верхній частині схилу;  
*б* – у нижній частині схилу

Зсув ґрунту спричинив руйнування колодязів і труб зливової каналізації. Інтенсивні опади та витoki води з пошкоджених комунікацій різко прискорили розвиток існуючих й утворення нових ярів. У період опадів розріджений ґрунт у вигляді ґрунтової пульпи виноситься до

підніжжя схилу. Підпірна стіна в нижній частині схилу після зсуву повністю втратила свої експлуатаційні якості та потребує відновлення.



Рис. 3. Фото багатоповерхової будівлі та аварійного стану схилу

Для ліквідації аварійного стану та відновлення експлуатаційної придатності схилу після зсуву було проаналізовано наявну проектну документацію, матеріали інженерно-геологічних вишукувань, а також проведено обстеження й розрахунок стійкості схилу з урахуванням фактичного балансу земляних мас на момент обстеження, навантажень від існуючих будівель і запропонованих заходів зі стабілізації схилу.

З аналізу проектної документації та матеріалів попередніх інженерно-геологічних вишукувань встановлено, що висотні будівлі з підземним паркінгом звели у 2008 р. При проведенні вишукувань для їх будівництва відзначався розвиток небезпечних інженерно-геологічних процесів і явищ, таких як зсуви та яроутворення. Для того, щоб зменшити довантаження верхньої частини схилу, в якості фундаментів використано буронабивні палі, нижні кінці яких влаштовано в пісках харківської світи,

мілких і середньої крупності, середньої щільності, водонасичених. Крім цього, проектом рекомендовано виконати організований стік поверхневих і підземних вод. Нижня частина схилу була закріплена підпірною стінкою з буронабивних паль діаметром 600 мм, обкладеною бутовим каменем, висотою 1,5...2,5 м. За таких рішень будівля не впливала на загальну стійкість схилу.

У результаті обстеження схилу після зсуву встановлено, що він характеризується наявністю значного нашарування (6...13 м) делювіальних ґрунтів. До несприятливих фізико-геологічних процесів та явищ віднесено: активне яроутворення; виникнення наростаючих зсувних процесів з відокремленням блоків у делювіальних і лесових породах з подальшими обвалами й опливінами; утворення «лесового карсту»; суфозія механічного характеру в нижній частині схилу, що виникає через винос піщаного матеріалу з існуючих джерел; площинний змив ґрунтів за рельєфом і їх розмивання тимчасовими водотоками в період значних дощових опадів; активний морфогенез дослідженої території в зв'язку з порушенням правил експлуатації дренажних споруд і дощостоків.

Візуальним обстеженням зсувного схилу також зафіксовано, що з кінця травня і до початку липня з'явилися додаткові тріщини-заколи, що утворилися на відстані 3...5 м вглиб території (на плато).

Для аналізу впливу зсуву на стійкість будівлі проведено чисельне моделювання методом скінченних елементів (МСЕ) даної геотехнічної ситуації (рис. 4, *a – в*). На основі проведених розрахунків встановлено, що стійкість будівлі на пальових фундаментах забезпечена, а стійкість схилу – ні (коефіцієнт стійкості  $k_{st}=1,12 < 1,2$ ). Тому були спочатку розроблені першочергові заходи з ліквідації аварійного стану схилу, що ґрунтувалися на необхідності влаштування аварійної системи водовідведення.

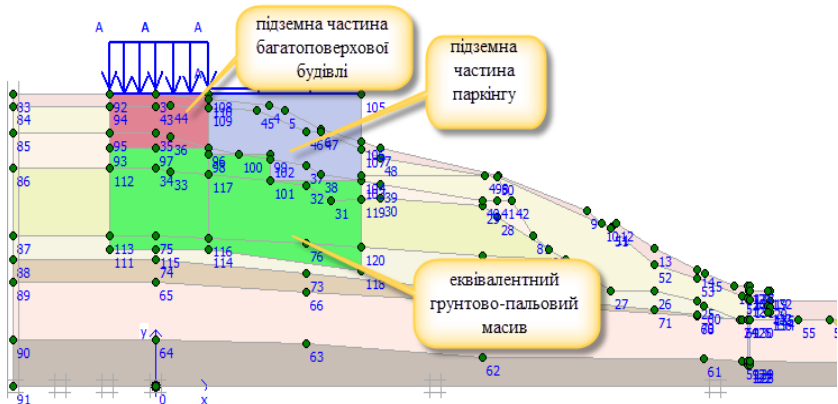
Після завершення першочергових заходів розроблено рекомендації за підготовчими роботами зі стабілізації зсуву:

- 1) розчищення схилу від звалищ сміття до корінних ґрунтів;
- 2) видалення нижньої частини «язика» зсуву й ґрунтів із поверхні, що мають м'якопластичну та текучу консистенції;
- 3) засипання існуючих ярів місцевим глинистим ґрунтом, що має показник текучості не більше  $I_L < 0,5$  з пошаровим ущільненням;
- 4) виконання виположування вертикальних сколів ґрунту за схилом;
- 5) розчищення джерел біля підніжжя схилу.

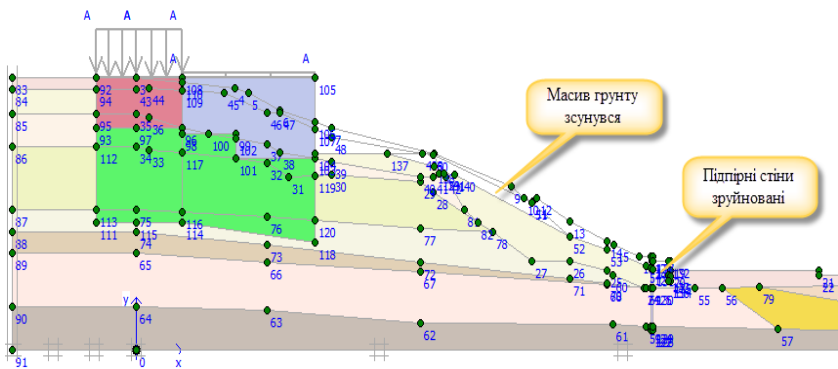
На наступному етапі запропоновано низку інженерних заходів для стабілізації схилу, що можуть залежати від подальшого використання його території. При цьому розглядалося два варіанти:

- використання території схилу як паркової зони (рис. 5 і рис. 6, *a*);
- подальша забудова схилу (рис. 6, *б*).

а



б



в

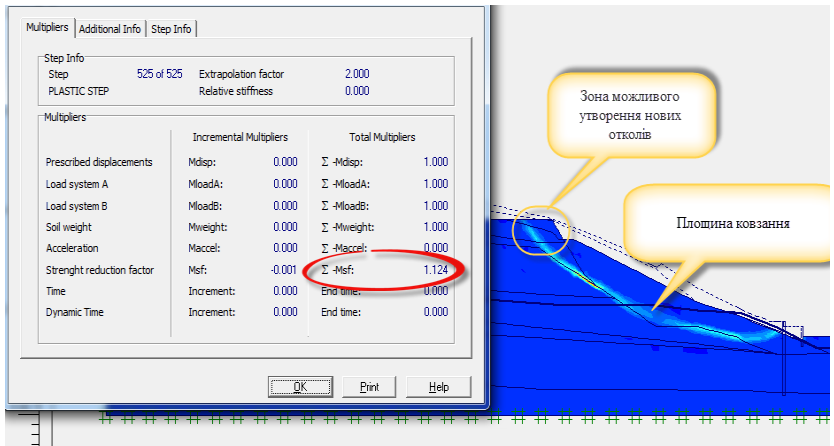
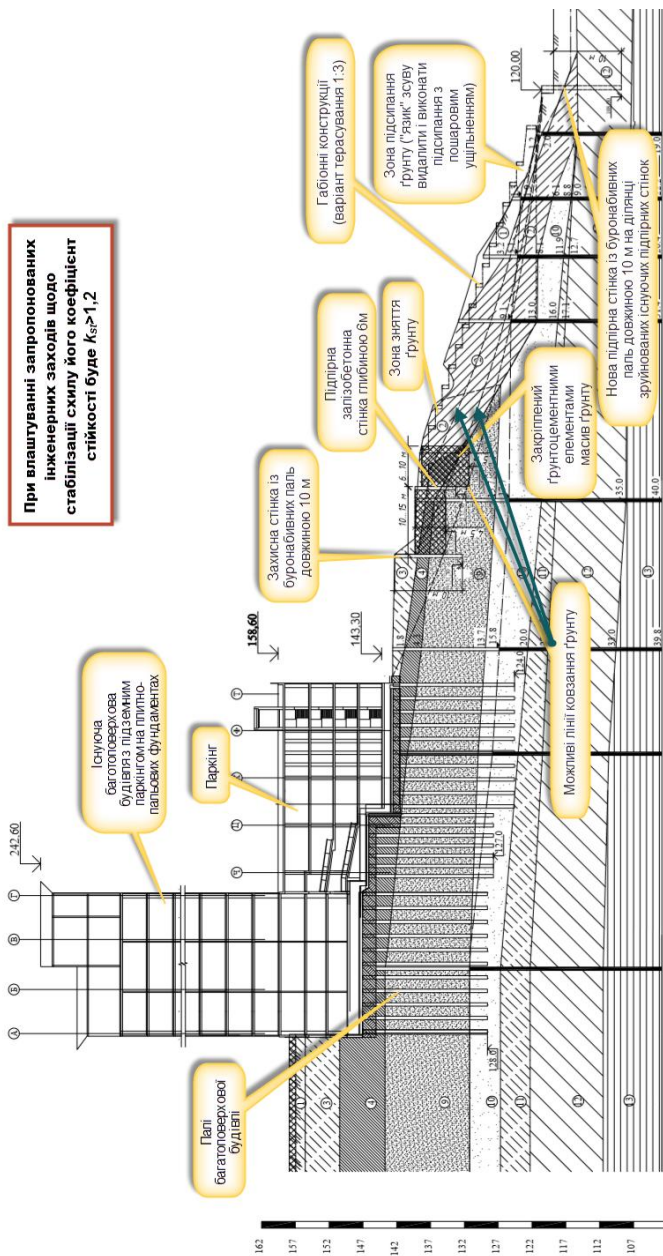


Рис. 4. Розрахункові схеми до визначення стійкості схилу: а – етап зведення багатоповірхової будівлі; б – після зсуву; в – результат визначення стійкості схилу після зсуву



**При влаштуванні запропонованих інженерних заходів щодо стабілізації схилу його коефіцієнт стійкості буде  $K_{st} > 1,2$**

Рис. 5. Варіант проектних інженерних заходів щодо стабілізації схилу у разі використання його в якості паркової зони

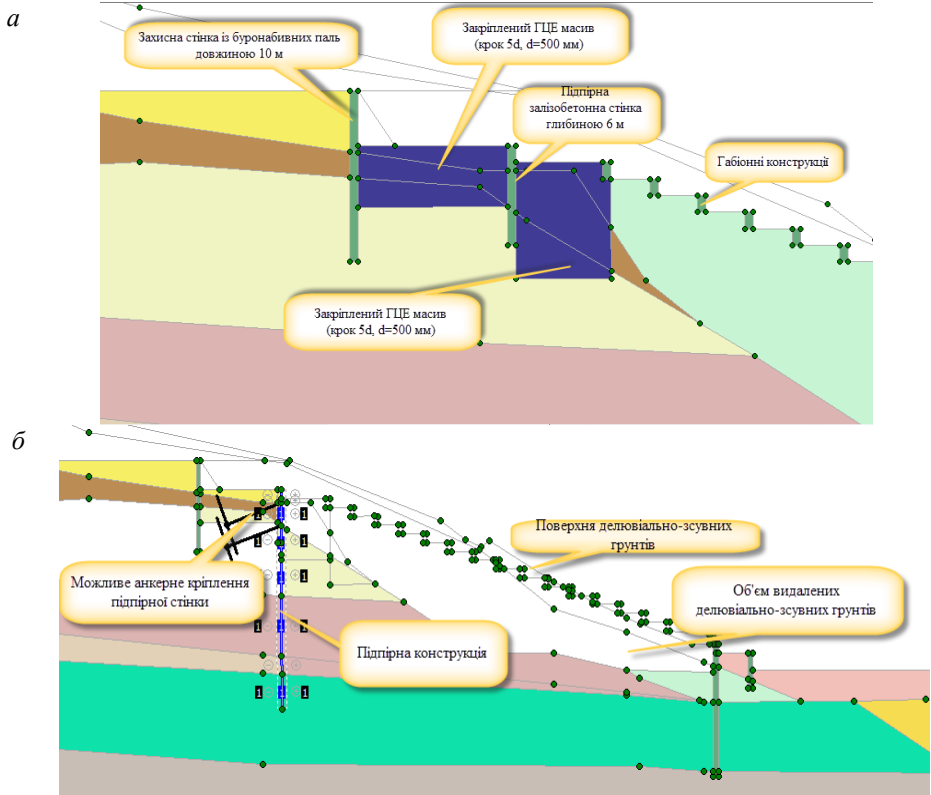


Рис. 6. Розрахункові схеми до визначення стійкості схилу після влаштування проектних інженерних заходів щодо його стабілізації; *a* – при використанні його в якості паркової зони; *б* – при його наступній забудові

## ВИСНОВОК

Таким чином, комплексними дослідженнями, що включали інструментальні обстеження схилу, аналіз інженерно-технічної документації, аналітичні та чисельні розрахунки МСЕ, встановлено фактичні коефіцієнти стійкості схилу, а також можливі наслідки подальшого розвитку зсувних явищ і розроблено рекомендації щодо можливості подальшого використання зсувного схилу.

У разі використання території схилу як паркової зони (рис. 5 і рис. 6, *a*), зокрема, доцільно: 1) у верхній частині схилу біля утвореного після зсуву обриву влаштувати підпірну стіну з буронабивних паль довжиною 10 м, яка виключить можливість подальшого відколювання блоків



лесованого супіску; 2) провести терасування (при співвідношенні довжини до висоти 1:3) з улаштуванням габіонних конструкцій шириною 0,5 м і висотою 1,0 м, при цьому виконати зрізання ґрунту з верхньої частини схилу та підсилення в його нижній частині; 3) внизу схилу на ділянці нижче існуючих зруйнованих підпірних стін влаштувати нову підпірну стіну з буронабивних паль довжиною 10 м; 4) для можливості використати в якості місць для паркування другої зверху тераси необхідно додатково влаштувати підпірну стіну глибиною 6 м і виконати закріплення другої та третьої тераси вертикальними ґрунтоцементними елементами діаметром 500 мм з кроком  $5d=2,5$  м; 5) на поверхні схилу та терас висадити дерева, що мають розгалужену та глибоку кореневу систему.

При забудові схилу (рис. 6, б) доцільно виконати повне зрізання делювіальних ґрунтів потужністю 6...13 м. При цьому необхідно буде влаштувати підпірну стінку глибиною 17...25 м, стійкість якої потрібно буде забезпечувати анкерним кріпленням. На місці видалених делювіальних ґрунтів можливо звести нову будівлю. Для регулювання рівня ґрунтових вод й уникнення «баражного» ефекту рекомендується влаштувати за периметром нової будівлі дренажну систему чи поглинаючі сфердловини.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення: ДБН В.1-3-97. – К.: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 1998. – 72 с. – (Національний стандарт України).
2. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення: ДБН В.1.1-24:2009. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 30 с. – (Національний стандарт України).
3. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти: підручник / [М.Л. Зоценко, В.І. Коваленко, А.В. Яковлев та ін.]. – Полтава: ПНТУ, 2004. – 568 с.
4. Великодний Ю.Й. Захист територій від зсувів: навч. посібник / Великодний Ю.Й. – Полтава: Поліграфічний центр «Скайтек», 2006. – 116 с.
5. Досвід стабілізації зсувних схилів річкових долин / [М.Л. Зоценко, Ю.Й. Великодний, В.А. Титаренко та ін.] // Світ геотехніки. – 2010. – №1. – С. 4–10.
6. Bowmen E.T. General Report of TC 208. Slope Stability in Engineering Practice / E.T. Bowmen, R.J. Fannin // Proc. of the 18<sup>th</sup> Inter. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Challenges and Innovation in Geotechnics. – France, Paris: Press and Pons, 2013. – P. 2137–2144.

Стаття надійшла до редакції 01.10.2013 р.