

## МЕХАНІКА ҐРУНТІВ ТА ФУНДАМЕНТИ

УДК 624.131

## ОЦІНКА ІНЖЕНЕРНОГО ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЇ КРИМСЬКОГО УЗБЕРЕЖЖЯ

І.П. Бойко, О.О. Арешкович

На території Кримського узбережжя широко розповсюджені небезпечні геологічні процеси, серед яких найактивнішими є зсуви. Будівництво на зсувонебезпечних територіях супроводжується обов'язковими інженерними захисними заходами цих ділянок, спрямованими на забезпечення їх стійкості. Основним завданням вирішення цієї задачі є розкриття механізму зсувних процесів [1]. В такому випадку важливим етапом є оцінка впливу кожного фактора на формування потенційних поверхонь ковзання, для яких форма і місцерозташування є актуальним.

Об'єктом вивчення є територія, яка розташована на схилі, де потенційно можуть розвиватися зсувні процеси під дією різних чинників, а саме від зміни гідрогеологічної ситуації або перерозподілу ґрунтових мас, а також від сейсмічних навантажень та впливу абразії моря.

В геоморфологічному відношенні ця територія прилягає до балки Лаконі, з північно-західної сторони він обмежений підніжжям г. Ай-Нікола, з північно-східної г. Крестова. Територія знаходиться на верхній сходинці зсуву, який проявився в 1968 р. Поверхня сходинки має незначну хвилястість і нахилена в бік моря під кутом 6–7°. Схил має складчастий характер рельєфа, де проявляються сучасні зсувні процеси. На одному з таких уступів розташовується будівельний майданчик рекреаційного комплексу (рис. 1). З заходу цього майданчика знаходиться уступчастий крутий схил, причому перепад висот сягає 24,0 м. При активізації зсувних процесів в 1968 р. на цій території створилася западина, в якій накопичувалася поверхнева вода з вищерозташованого схилу.



Рис. 1. Розташування будівельного майданчика

Сучасні ерозійні форми рельєфу відслідковуються з південної межі цієї ділянки, які і є причиною локальних зсувів та опливин на її бортах.

У 1985 р. виникла загроза техногенної активізації зсуву через підрізку схилу при будівництві групової котельні та пожежного депо. Біля цієї території проходить Алупкінське шосе, яке має інженерний захист у вигляді підпірної стінки з паль довжиною 12÷14 м, об'єднаних ростверком. Сьогодні на дорозі фіксуються заколи та проявляються деформації підпірних стін.

На ділянці забудови за результатами бурових свердловин виявлені такі інженерно-геологічні елементи з такими значеннями деформаційно-міцнісних характеристик ґрунтів [2].

ІГЕ-1 – насипний ґрунт з включенням будівельного сміття та підсипкою суглинком в твердому стані, товщиною шару 0,5-2,5 м, в окремих зонах має товщину до 7,0 м. Цей шар техногенного походження.

ІГЕ-2 – суглинок в напівтвердому стані з лінзами мулу та з включенням глиб вапняка. Товщина шару 1,3-4,0 м.

ІГЕ-3 – суглинок напівтвердий, в окремих місцях щербенистий з включенням глиб вапняка. Товщина шару від 1,2 м до 9,3 м, місцями і до 14,0 м. Цей шар представлений зсувними відкладами і характеризується модулем загальних деформацій ґрунтів  $E=23$  МПа, зчепленням  $c=28$  кПа, кутом внутрішнього тертя  $\varphi=26^\circ$ , об'ємною вагою ґрунту  $\gamma=20,31$  кН/м<sup>3</sup>.

ІГЕ-4 – щербенистий ґрунт заповнений суглинком в напівтвердому стані, товщина шару від 3,8 м до 6,2 м. Місцями зустрічаються глиби вапняку коралово-водорослевого походження. Модуль загальних деформацій ґрунту складає  $E=38$  МПа, зчеплення  $c=34$  кПа, кут внутрішнього

тертя  $\varphi=31^\circ$ , об'ємна вага ґрунту  $\gamma=21,68 \text{ кН/м}^3$ .

ІҒЕ-5 – суглинок в твердому стані з включенням до 25% піщаника і алевролітів. Товщина змінна – від 2,2 м до 9,4 м. Модуль загальних деформацій  $E=25 \text{ кПа}$ , зчеплення  $c=69 \text{ кПа}$ , кут внутрішнього тертя  $\varphi=25^\circ$ , об'ємна вага ґрунту  $\gamma=20,70 \text{ кН/м}^3$ .

ІҒЕ-6 – щебенистий ґрунт заповнений суглинком в напівтвердому стані. Обломочний матеріал не обкатаний. Товщина шару від 1,4 м до 5,2 м. Модуль загальних деформацій  $E=39 \text{ МПа}$ , зчеплення  $c=30 \text{ кПа}$ , кут внутрішнього тертя  $\varphi=36^\circ$ , об'ємна вага ґрунту  $\gamma=20,60 \text{ кН/м}^3$ .

ІҒЕ-7 – суглинок тугопластичний з включенням дресви алевролітів і піщаників. В окремих зразках помічені різнонаправлені площини ковзання. Товщина змінюється від 4,5 м до 18,5 м. Модуль загальних деформацій  $E=31 \text{ МПа}$ , зчеплення  $c=22 \text{ кПа}$ , кут внутрішнього тертя  $\varphi=30^\circ$ , об'ємна вага ґрунту  $\gamma=21,97 \text{ кН/м}^3$ .

ІҒЕ-8 – аргіліти, тонкоплитчасті з прошарками алевролітів і піщаників. Розвідана товщина 0,5 м-8,7 м. Модуль загальних деформацій  $E=35 \text{ МПа}$ , зчеплення  $c=50 \text{ кПа}$ , кут внутрішнього тертя  $\varphi=33^\circ$ , об'ємна вага ґрунту  $\gamma=22,56 \text{ кН/м}^3$ .

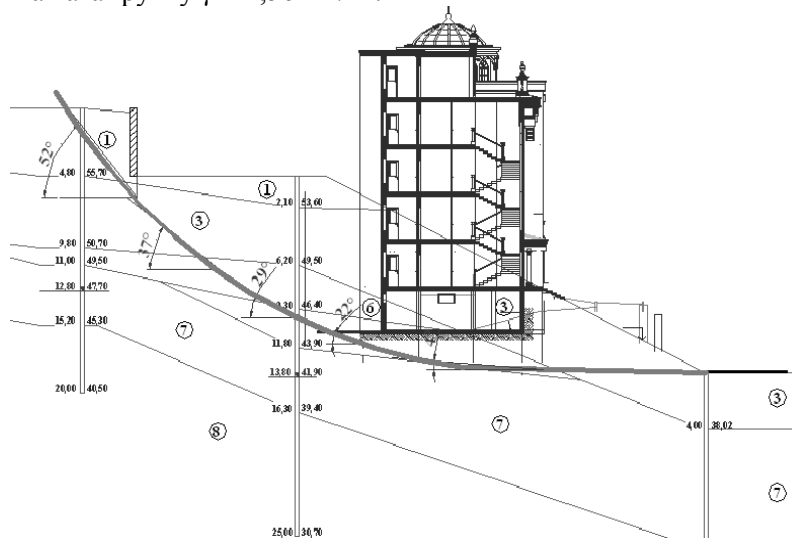


Рис. 2. Інженерно-геологічний переріз

Ділянка забудови знаходиться в зоні проявлення зсувних процесів, які відносяться до території, що примикає до зсуву «Золотий пляж». Визначальним фактором зсувних процесів для нього була абразія моря. Корективи в напружено-деформований стан цього схилу дає збільшення об'ємної ваги шарів ґрунтів, яка зумовлена кількістю поверхневої і підземної води, а також дія гідродинамічної та гідростатичної сил.

Потенційна поверхня ковзання визначається як природними, так і техногенними факторами, серед яких слід виділити такі: рельєф, геологічна будова, гідрогеологічна ситуація, абразія моря, сейсмічні впливи, динамічна дія транспорту, витoki з водонесучих комунікацій, підрізка схилу та його надмірне навантаження. В даному випадку поверхню ковзання слід розглядати в локальній зоні – в межах будівельного майданчика, яка може формуватися в шарі перем'ятих аргілітів (ІҒЕ – 7). Її початок обумовлений тріщинами заколу за верхньою підпірною стінкою, а завершення – біля дороги Алупкінського шосе. Поверхня ковзання має криволінійну форму, причому крутизна змінюється знизу вверх від  $0 \div 2^\circ$  до  $30 \div 50^\circ$ ; в середині схилу – поверхня наближається до круглоциліндричної (рис. 2).

Розрахунки стійкості схилу відповідно до вимог [3] на цій території показали, що горизонтальні зусилля у випадку відкриття котловану до 9,0 м складають 90 тс/пм при значенні коефіцієнта стійкості менше одиниці. Ці результати стали основою для розробки інженерних заходів у вигляді комбінованих конструкцій підпірних стін, в яких поєднуються вертикальні буронабивні палі та нахилені ґрунтові анкери (рис. 3). При заведенні нижнього кінця буронабивної палі в корінні породи (ІҒЕ – 8) мінімум на 1 м використовується «нагельний ефект» в зоні потенційної поверхні ковзання [4]. На окремих ділянках передбачено захисні конструкції у вигляді плити з ґрунтовим анкером (рис. 4).

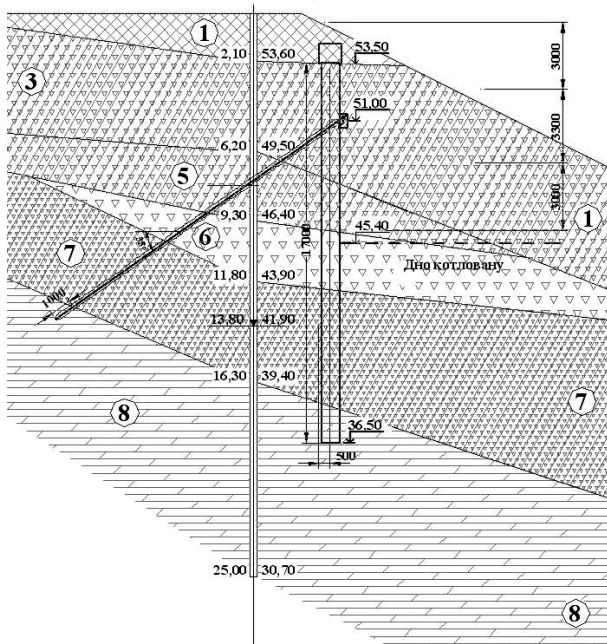


Рис. 3. Схема розташування підпірної стіни

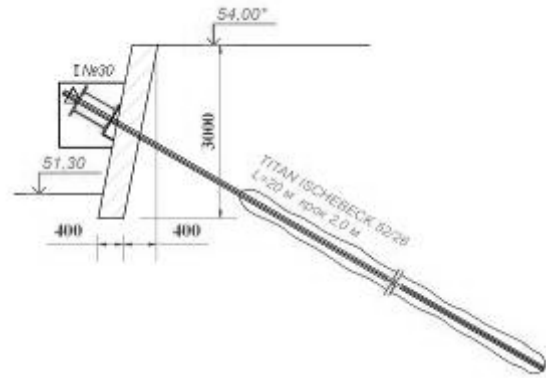


Рис. 4. Конструкція плити з ґрунтовим анкером  
 На ділянках, де перепад висот не перевищує 3 м утримуючі конструкції влаштовуються із армованих плит, які в центрі підсилені ґрунтовим анкером довжиною 21÷24 м, влаштовані під кутом 35° до горизонту. Попередній натяг анкера включає в роботу систему «плита-анкер-ґрунтовий масив».

### Висновки

- В ґрунтовому масиві даного будівельного майданчика, як показують розрахунки стійкості схилу, найбільш критичною виявилася локальна потенційна поверхня ковзання між існуючою підпірною стінкою та автомобільною дорогою.
- До основних чинників, які зумовлюють зсувні процеси на цій території слід віднести зміну гідрогеологічної ситуації, що визначається значеннями фізико-механічних характеристик ґрунтів, а також розвантаження в нижній частині схилу при влаштуванні котловану під будинок. До особливих впливів на стійкість цієї території рекомендується віднести можливу дію сейсмічного навантаження та абразію моря.
- Запропонована комбінована конструкція інженерного захисту цієї ділянки, яка складається із об'єднаних в єдину систему буронабивних паль, що забезпечують «нагельний ефект», і ґрунтових анкерів, заведених в шар аргілітів, що, в свою чергу, забезпечують зменшення переміщень підпірної стіни в бік котловану.

### Список літератури

1. Арешкович О.О. Особливості формування потенційних поверхонь ковзання під дією морських хвиль / Арешкович О.О., Бойко І.П. // Будівельні конструкції. – 2008. – Вип. 71. – Том 1. – С. 291-295.
2. Отчет об инженерно-геологических изысканиях (стадия ТЭО) / «КрымГИИТИЗ». – Симферополь, 2008. – 150 с.
3. ДБН В.І.І-3-97 Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення / Держбуд України – К., 1998. – 40 с.
4. Проект протизсувних споруд та оцінка інженерного захисту території житлового комплексу в смт. Лівадія, п. Ореанда / КНУБА. – К.: КНУБА, 2008. – 31 с.

**Бойко Ігор Петрович** – д.т.н., професор, завідувач кафедри основ і фундаментів Київського національного університету будівництва і архітектури.

**Арешкович Ольга Олегівна** – к.т.н., доцент кафедри основ і фундаментів Київського національного університету будівництва і архітектури.