

УДК 624.131.53:624.15

В.О. ОНИЩЕНКО, *д-р екон. наук, проф., ректор Полтавського національного технічного університету ім. Ю.Кондратюка, м. Полтава, Україна*

В.В. МУРАВЛЬОВ, *канд. техн. наук, доцент, проректор Полтавського національного технічного університету ім. Ю.Кондратюка, м. Полтава, Україна*

М.Л. ЗОЦЕНКО, *д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри Полтавського національного технічного університету ім. Ю.Кондратюка, м. Полтава, Україна*

ЗСУВНІ ПРОЦЕСИ В УКРАЇНІ Й ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА РЕГІОНІВ

В роботі розглядаються особливості зсувних процесів, які розвиваються на схилах річок, ярів і балок центрального регіону України. Вказані схили обмежують лесові плато, які є водорозділами, що складені переважно лесовими породами. Особливістю таких схилів є наявність улоговин – невеликих заглиблень у водотривкому шарі, за якими іде розвантаження ґрунтових вод плато. У улоговинах ґрунти мають найменшу міцність, тому зсуви на таких схилах починаються саме у місці їх розташування.

Ключові слова. Зсувні процеси, схили, лесові плато, водотривкий шар, улоговина, міцність.

Постановка проблеми

Останнім часом, з підвищенням дефіциту земельних площ під забудову, усе частіше почали освоюватися зсувні та зсувонебезпечні схили. Недостатня вивченість особливостей інженерно-геологічних умов зсувонебезпечних і зсувних територій забудови у Центральному регіоні України призводить до помилок при проектуванні, спорудженні і

експлуатації на них будівель і споруд. Це проявляється у пошкодженні і навіть руйнуванні будинків, комунікацій, шляхів, порушенні природних і штучних ландшафтів тощо. Про актуальність цієї проблеми свідчить постанова Кабінету Міністрів України від 8 листопада 1996 р за № 1369 «Про інженерний захист територій, об'єктів від зсувів».

Аналіз останніх досліджень

Основна причина зсувів – надлишкове насичення глинистих порід підземними водами. До інших причин виникнення зсувів належать: навантаження схилів інженерними спорудами, ослаблення порід унаслідок вивітрювання, недолуга господарська діяльність людини тощо. Майже 70 % території України складені з поверхні четвертинними відкладами, які можна віднести до лесових порід. Лесові ґрунти розповсюджені здебільшого на водорозділах і над заплавноїх терасах річок. Потужність лесових відкладів складає від декількох сантиметрів до десятків метрів. Таким чином, у багатьох випадках схили річкових долин складені лесовими ґрунтами. Зволоження лесів призводить до руйнування їх структури і супроводжується

втратою міцності ґрунту. Внаслідок чого вони зміщуються вниз по схилу і утворюють делювіальні відклади. У свою чергу ці відклади при перезволоженні теж утворюють зсуви.

Вплив потоків ґрунтових вод на зміну фізико-механічних характеристик лесових і делювіальних відкладів недостатньо вивчений. Методи визначення повного і структурного зчеплення, дають завищені результати, тому схили, на яких активно проявляються зсувні процеси, при оцінюванні їх стійкості визначаються як стійкі.

Усе сказане вище обґрунтовує актуальність досліджень, спрямованих на детальне вивчення особливості зсувних процесів на схилах річкових долин, з метою

забезпечення екологічної безпеки регіонів України.

В червні 1997 року в жилomu мікрорайоні «Тополь-1» [1] у Дніпропетровську стався катастрофічний зсув, в результаті якого був

повністю зруйнований дев'ятиповерховий житловий будинок, школа, два дитячі садки та велика кількість приватних будівель (рисунок 1).

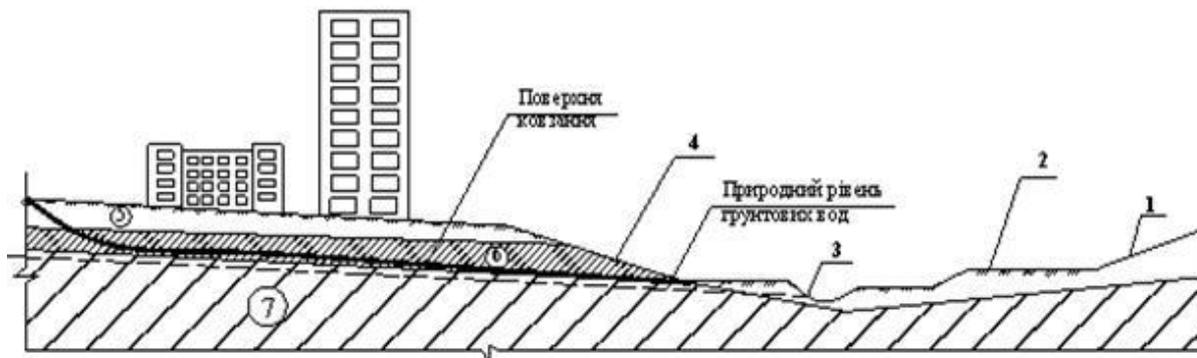


Рисунок 1 – Загальна схема території в поперечному розрізі:

1 – дійсний схил справа від залізничного полотна; 2 – залізничниця; 3 – яр зі струмком; схил зліва від залізничниці, в якому і відбувався зсув.

Шари ґрунту: 5 – суглинок; 6 – лесований суглинок; 7 – лес

На протязі доби ділянка території у вигляді ґрунтового потоку рухалася вниз за схилом з великою швидкістю. В результаті утворилася величезна зсувна чаша з вертикальними бортами висотою 6–8 м. Частина будинків, які були розміщені поблизу периметру чаші зсуву, почали деформуватися внаслідок порушення структури ґрунтів основи. Причиною виникнення зсуву слід вважати техногенне обводнення ґрунтів внаслідок зведення нового мікрорайону. За 10 років рівень ґрунтових вод піднявся вище ніж на 20 м.

На території України подібні зсуви, що поки повільно розвиваються на схилах складених глинистими ґрунтами, мають місце у м. Києві – схил біля Дальніх печер Києво-Печерської Лаври з боку Набережного шосе (біля джерела), зсув у Маріїнському парку (такі зсуви часто іменують «крипом»). Більш швидкі зсуви – до декількох метрів на добу – зсуви на Південному узбережжі Криму, в м. Чернівці (зсув, що активно розвивався в 1995 р.). Причиною цих зсувів було техногенне підвищення рівня ґрунтових вод у межах забудованих територій.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми

Полтавська область, а саме її частина розташована у межах Полтавського лесового плато, – один з найнебезпечніших регіонів з точки зору зсувних процесів. В Україні полтавські зсуви поділяють четверте-п'яте місце з одеськими після Закарпатської, Івано-Франківської і Львівської областей. Загальна площа поширення зсувних процесів складає 63,9 км² або 0,22 % площі області. На стадії періодичних просувань знаходяться зсуви на території Полтавського, Лубенського, Гадяцького, Карлівського та інших районів.

Гідрогеологічні умови Полтавського лесового плато характеризуються наявністю

постійного безнапірного водоносного горизонту ґрунтового типу, водовміщуючими породами якого слугують четвертинні відклади. Розвантаження водоносного горизонту відбувається на схили р. Ворскла у вигляді джерел, замокань тощо, після чого вода фільтрується у піски Полтавської світи. В результаті тампонування природних місць розвантаження ґрунтових потоків внаслідок інженерної діяльності людини з одного боку, та підйому рівня ґрунтових вод, викликаного різноманітними причинами, ґрунтова вода знаходить нові шляхи виходу на схили плато.

Формулювання мети роботи

Метою даної роботи є визначення особливостей геологічної і гідрогеологічної будови схилів річкових долин, які суттєво впливають на розвиток зсувних процесів.

Метою даної роботи є визначення особливостей геологічної і гідрогеологічної будови схилів річкових долин, які суттєво впливають на розвиток зсувних процесів.

Виклад основного матеріалу

При проведенні систематичного вивчення зсувних процесів на території Полтавського лесового плато було відзначено, що в переважній більшості зсувні процеси виникали і розвивались в місцях виходу ґрунтових вод на поверхню схилу. Детальні інженерно-геологічні вишукування дозволили зробити висновок, що в таких місцях у покрівлі водотривкого шару наявні улоговини, по яких і відбувається розвантаження потоку ґрунтових вод. Під улоговинами розуміють витягнуте в плані, неглибоке (від декількох сантиметрів до декількох метрів) пониження рельєфу в плані вздовж схилу. Вони створюють умови для виникнення більш високого гідравлічного градієнта, що в свою чергу негативно впливає на властивості

ґрунтів, які заповнюють улоговини. У більшості випадків над водотривким шаром, що представлений на Полтавському лесовому плато червоно-бурими глинами, залягають лесові ґрунти та їх делювії, які в результаті тривалої дії фільтраційного потоку води значно зменшують свої характеристики міцності. Для більш детального вивчення цих процесів були розглянуті гідрогеологічні умови на ділянках виникнення зсувних процесів.

Перш за все детально була досліджена територія зсуву по Інститутському прорізу. Як і в багатьох інших випадках, розвиток цього зсуву пов'язаний з наявністю улоговини у водотривкому шарі (рисунок 2).

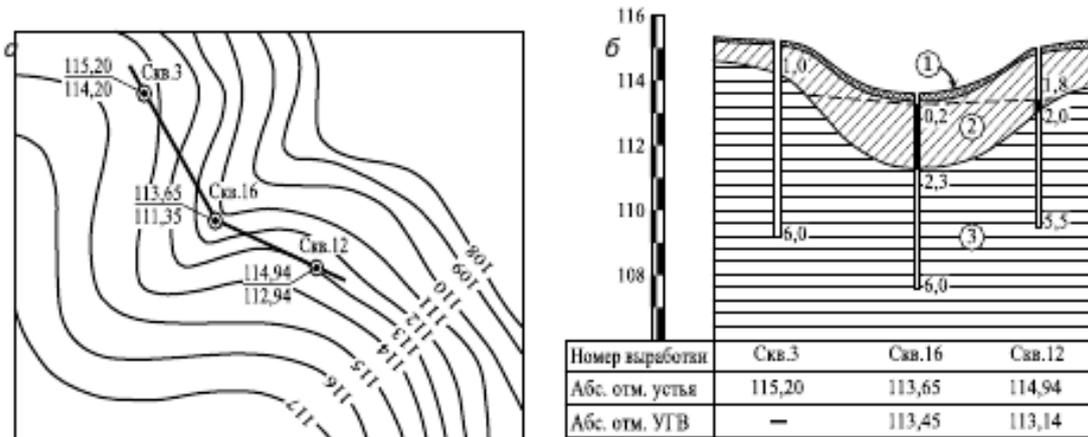


Рисунок 2 – Інженерно-геологічні умови зсувної ділянки по Інститутському прорізу м. Полтави: а – фрагмент карти поверхні водотриву; б – інженерно-геологічний розріз; 1 – ґрунтово-рослинний шар; 2 – суглинок делювіального походження; 3 – червоно - бурі глини

Характерною особливістю цього зсуву є наявність ґрунтових вод лише в улоговині. Таким чином можна відзначити, що ґрунт в улоговині піддавався тривалій дії потоку ґрунтових вод в результаті чого його міцність була значно зменшена, що і призвело до виникнення зсуву. Якщо розглянути поздовжній інженерно – геологічний розріз (рисунок 2б), то можна констатувати, що по схилу відбувався рух потоку ґрунтових вод, що характеризувався гідравлічним градієнтом в межах 0,2 – 0,3. В той же час, у свердловинах, виконаних на

обох бортах зсуву ґрунтові води були відсутні.

Значний вплив на формування улоговин створює діяльність людини. Це не лише сьогоденний вплив, що пов'язаний, наприклад, з прокладанням мереж та комунікацій на значній глибині і руйнуванням поверхні водотривів. У давні часи майже кожне місто України було фортецею, що мало систему підземних ходів, сховищ тощо. Зазвичай ці виробки влаштовувались на схилах якраз над водотривким шаром у товщі лесових чи

лесованих ґрунтів, легких для розробки. Подальше підвищення рівня ґрунтових вод внаслідок природних та антропогенних причин призвело до появи потоків підземних вод, пов'язаних з системою таких виробок. В місцях розміщення стародавніх чи давніх зсувів формуються улоговини, форма і розміри яких пов'язані з поверхнею ковзання цих зсувів. Після стабілізації таких зсувів внаслідок різноманітних причин схили можуть бути збезводнені, але з наступною появою ґрунтових вод їх розвантаження буде проходити якраз за утвореним заглибленням.

Улоговини, сформовані у різні періоди часу, зараз можуть перебувати у різному стані. В більшості випадків улоговини, що утворилися в давні часи, перекриті товщею наступних відкладів, утворених природним шляхом. Улоговини, утворені у наш час, залишаються у більшості випадків відкритими, формуючи системи ярів. Майже завжди геологічну будову таких улоговин вивчати досить легко, адже для цього необхідно лише дослідити схили яру. По тальвегу таких улоговин вільно течуть струмки, продовжуючи ерозійну діяльність. Через деякий час, після припинення ерозії яр перетворюється в балку, схили якої внаслідок діяльності атмосферних вод, танення снігу, розвитку незначних зсувів та інших причин перекриваються товщею делювіально-пролювіальних відкладів. Наявність таких відкладів створює свої особливості розвитку зсувів. Необхідність використання для будівництва територій, що непридатні для сільського господарства, спонукає до вирівнювання таких територій, в результаті чого ми отримуємо улоговини, заповнені ґрунтами антропогенного походження з різноманітними властивостями і характеристиками.

Незважаючи на те, що улоговини утворені у водотривких породах, завдяки розвинутій системі ярів і балок, через яку відбувається розвантаження водоносних горизонтів, в самих улоговинах ґрунтові води можуть бути відсутні. Але це зустрічається лише іноді. Зазвичай улоговина вміщує один, а інколи (у випадку наявності кількох водотривів) декілька горизонтів ґрунтових вод. В залежності від ухилу ложа улоговини (в бік схилу чи в протилежному напрямку) ґрунтові води

можуть не виходити на схил, або мати постійний чи періодичний (сезонний) характер виходу.

Оскільки улоговини є місцями розвантаження ґрунтових вод на схилі, то саме в цих місцях відбуваються найбільш суттєві зміни у ґрунтах, що їх заповнюють, а саме в них розвиваються суфозійні процеси. Зволоження лесових та антропогенних ґрунтів призводить до переходу їх у клас «слабких» ґрунтів.

В Україні проектування і будівництво будівель і споруд в умовах розповсюдження зсувних процесів регламентується державними будівельними нормами «ДБН В.1.1-3-97. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення. Київ, 1998». Основні положення цих норм зводяться до таких спеціальних умов:

- розрізняють зсувні і зсувонебезпечні території;
- зсувні території – на яких вже проявилися зсувні процеси;
- зсувонебезпечні території – на яких можуть проявитися зсувні процеси; ознакою зсувонебезпечної території є ухил схилу у 5^0 і більше;
- у межах зсувонебезпечних територій обов'язково перевіряється стійкість схилу для заданих умов його стану; для цього проводяться додаткові інженерно-геологічні вишукування з метою збирання вихідних даних; при перевірці стійкості схилу в розрахунках враховується тільки структурне зчеплення, як складова питомого зчеплення ґрунтів, які складають схил;
- у межах зсувного схилу для заданих умов його стану обов'язково перевіряють стійкість схилу, при цьому питома зчеплення ґрунтів в розрахунках стійкості не враховується.

Для прикладу розглянемо умови будівництва житлового будинку на зсувному схилі у межах улоговини, яка перекрита потужною товщею насипних ґрунтів. Майданчик забудови, що розглядається, розташований у гирлі балки з абсолютними відмітками від 151,0 до 121,0 м (рисунок 3 і рисунок 4), на схилах якої розвиваються зсувні явища. Про їх наявність свідчать похилі тріщини у будинках тощо [2, 3].



Рисунок 3 – План ділянки забудови



Рисунок 4 – Зсувонебезпечний схил у межах майданчика будівництва

У геоморфологічному відношенні територія належить до Полтавського плато, інженерно-геологічні умови котрого представлені суглинистими відкладами четвертинної формації, що підстеляються строкатими глинами.

Під глинами залягають піски Полтавської та Харківської світи. Перелічені відклади відносяться до корінних і в природних умовах на схилах знаходяться в стійкому стані. Схил на поверхні перекритий насипними та делювіально-пролювіальними відкладами з високим рівнем ґрунтової води в нижній частині схилу. У період танення снігу чи випадання інтенсивних опадів

ґрунтові води виходять на поверхню. У результаті вивчення проведених інженерно-геологічних вишукувань встановлено, що територія схилу, на якій будується житлова будівля, знаходиться в улоговині (рисунок 5), перекрита товщею насипних ґрунтів техногенного походження потужністю від 1 до 8 м. Жирними лініями показана поверхня водотриву.

Детальне вивчення геологічних умов показало, що найбільша товща насипних ґрунтів залягає у напрямку інженерно-геологічного розрізу 1-1 (рисунок 6). Тобто раніше за цим створом було продовження

балки, яку із часом засипали побутовими відходами.

характеристиками, представленими у таблиці 1.

У межах ділянки виділені 7 інженерно-геологічних елементів (ІГЕ) з

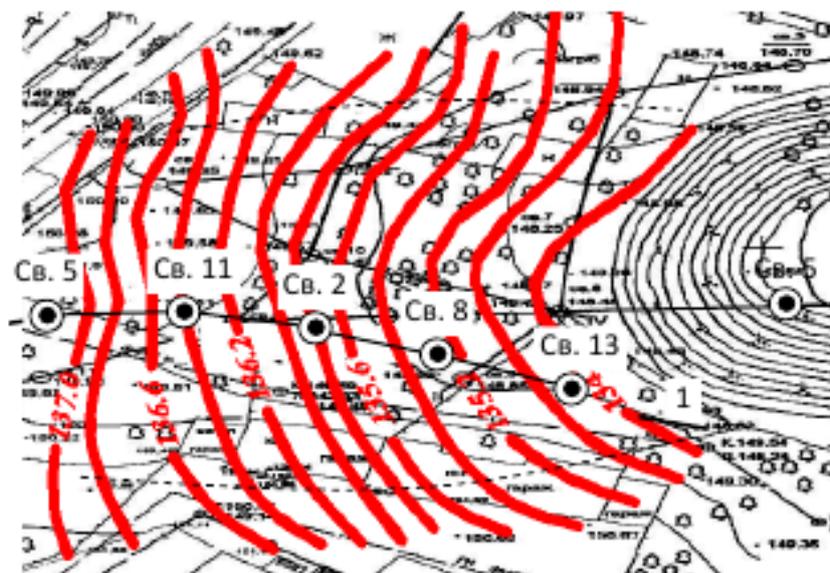


Рисунок 5 – Фрагмент улоговини по Першотравневому проспекту

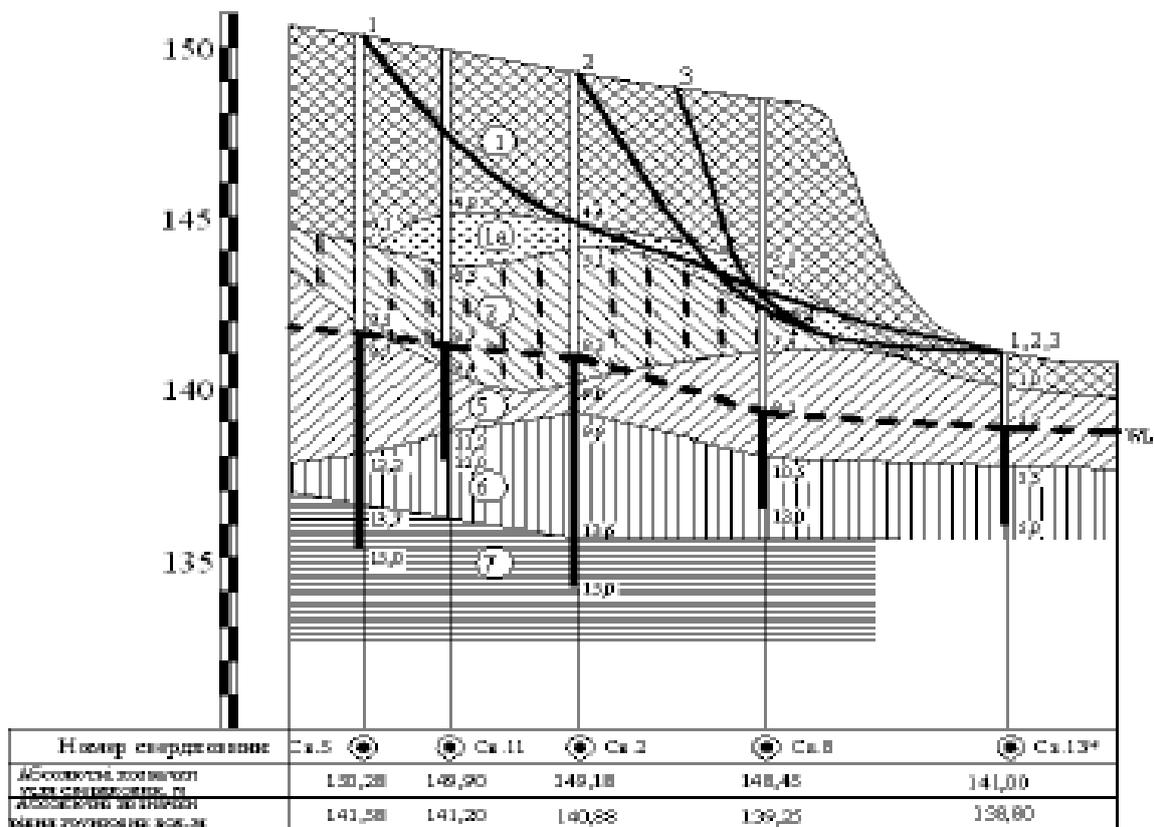


Рисунок 6 – Інженерно-геологічний розріз 1 – 1 ділянки будівництва:
1, 2, 3, – поверхні ковзання для оцінювання стійкості схилу

Таблиця 1. Розрахункові значення фізико-механічних властивостей ґрунтів улоговини

Найменування показника	Од. вим.	Номер ПГЕ				
		2	5	6	7	
Питома вага ґрунту	γ_{II}	кН/м ³	17,11	17,39	19,21	19,38
	γ_{II}	кН/м ³	17,26	17,59	19,27	19,2
Кут внутрішнього тертя	ϕ_I	град	19	18	20	17
	ϕ_{II}	град	20	19	22	17
Питоме зчеплення	c_I	кПа	10,6	17,7	14,8	38,4
	c_{II}	кПа	12,1	19,7	17,5	40,2
Питоме структурне зчеплення	c_I			10,4	8,7	
	c_{II}			12,1	10,1	
Модуль деформації		МПа	8,0	5,0	9,0	14,0

При оцінюванні стійкості схилу при заданих інженерно-геологічних і технічних умовах визначено, що коефіцієнт стійкості при врахуванні навантаження від запроєктованого будинку дорівнює $k_{st} = 0,3$, а зсувний тиск на стримувальні споруди при цьому становить 243 кН/м.п. Попередніми розрахунками встановлено, що для сприйняття такого тиску необхідно було б влаштувати підпірну стінку з буронабивних паль діаметром 500 мм та довжиною 14 м, які розташовуються у 5 рядів.

Такий варіант протизсувної споруди технічно недоцільний й економічно не вигідний. Тому запропоновано комплекс заходів з утримання даного схилу в рівновазі: влаштування двох підпірних стінок (нижньої та верхньої) [4, 5] з буронабивних паль, утворення контрбанкетів та закріплення слабких ґрунтів улоговини вертикальними ґрунтоцементними елементами (ГЦЕ) діаметром 500 мм, які виготовляються за буро змішувальним методом (рисунок 7 і рисунок 8).

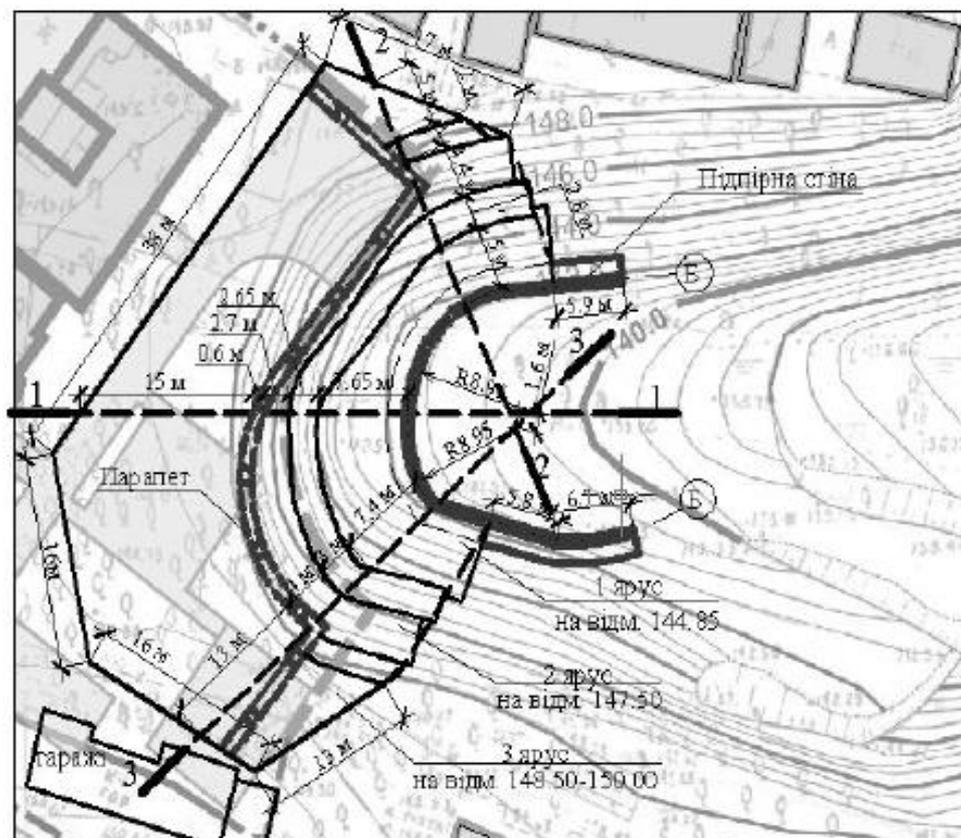


Рисунок 7 – Комплекс протизсувних заходів

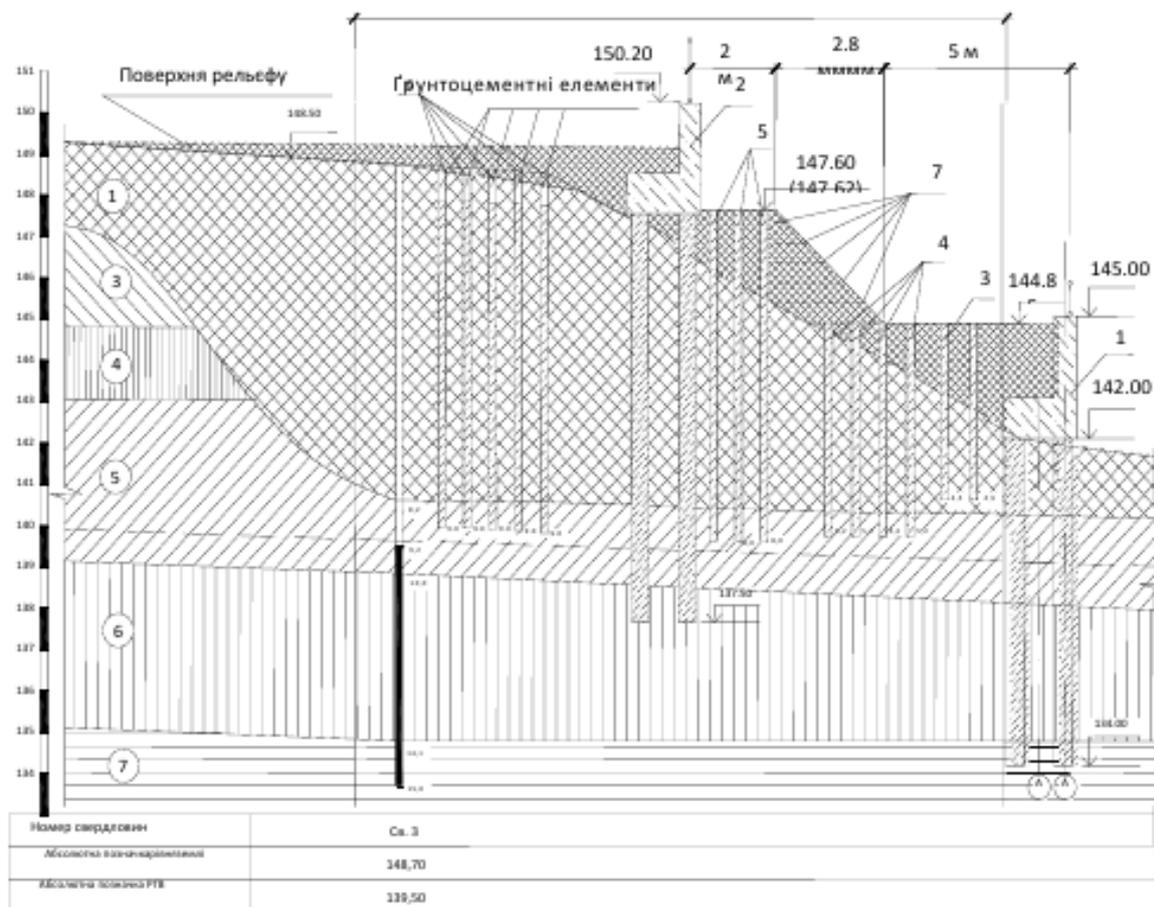


Рисунок 8 – Інженерно-геологічний розріз за 1-1 із протизсувними заходами: 1 – нижня підпірна стіна; 2 – верхня підпірна стіна; 3, 4, 5, 6 – вертикальні ґрунтоцементні закріплюючі елементи; 7 – геотекстиль

Стійкість схилу було встановлено за допомогою програмного комплексу „Plaxis” за умов його посилення комплексом протизсувних заходів. Вихідні дані для розрахунку приймалися за даними технічного звіту за результатами інженерно-геологічних вишукувань на майданчику будівництва, за технічними рішеннями конструкцій будинку, який будується, наданими замовником.

Таким чином встановлено, що за даних умов схил знаходиться у стійкому стані. Завдяки довантаженню нижньої частини схилу й армуванню контрбанкетів, а також улаштуванню верхньої підпірної стінки з двох рядів палей [5] (рисунок 8) вдалося зменшити зсувний тиск до 67 кН/м.п. Даний тиск і сприймає нижня протизсувна підпірна стінка з буронабивних палей діаметром 500 мм, довжиною 8 м, розташованих із

кроком 1600 мм у шаховому порядку. Палі об’єднуються Г-подібним залізобетонним ростверком висотою 3 м та шириною 2,1 м. Стінка має форму підкови і повторює існуючий рельєф, що також покращує її протизсувну властивість. Таким чином, за допомогою комплексу протизсувних заходів вдалося збільшити коефіцієнт стійкості схилу до $k = 1,4$.

Роботи із закріплення схилу виконувалися знизу вгору: влаштування нижньої підпірної стіни; пошарове насипання контрбанкетів висотою 2,5 – 2,7 м, які закріплювалися ґрунтоцементними елементами, завдяки чому з’явилися структурні зв’язки у насипному ґрунті та виникли додаткові сили опору зрушенню; влаштування верхньої підпірної стіни; планування площадки і закріплення ґрунту [7].

Висновки

Проведені дослідження дозволяють зробити такі висновки.

1. Для центрального регіону України характерні, так звані, зсуви, які діють на схилах річкових долин, ярів і балок. Зсуви виникають у товщі лесових порід, які володіють просадочними властивостями внаслідок зволоження і при цьому різко втрачають свою міцність. Зсувні маси лесів стабілізуються на схилах у вигляді делювіальних відкладів. Наступне зволоження делювію призводить до виникнення зсувів у делювіальних відкладах, які переміщуються до підніжжя схилу.

2. Схили річкових долин характерні наявністю улоговин, за якими іде розвантаження ґрунтових вод на схилах. Улоговини мають природне і техногенне походження. Природнім шляхом улоговини утворилися як русла, за якими стікали води при розтаванні льодовиків. Потім ці русла були перекриті лесовими і делювіальними відкладами, за ними вже розвантажувалися ґрунтові води, які послаблювали ці ґрунти в межах улоговин. Сьогодні можна стверджувати, що у межах улоговин ґрунти

мають знижені характеристики міцності порівняно з ґрунтами за їх межами. Саме з цієї причини улоговини є тими ділянками, де утворюються зсуви.

3. Улоговини техногенного походження утворилися внаслідок земляних робіт, які людина проводила на схилах у різні часи від влаштування підземних ходів у давнині до прокладання різних колекторів та інших земляних робіт. Наслідки техногенних улоговин аналогічні до природних.

4. Нейтралізація наслідків зсувних процесів для забезпечення екологічної безпеки територій нормується державними будівельними нормами, за якими ділянки схилів поділяються на зсувонебезпечні і зсувні. Основним критерієм зсувної небезпеки є коефіцієнт стійкості, який визначається за різними умовами для цих видів схилів.

В роботі розглянуті приклади забезпечення стійкості зсувних і зсувонебезпечних схилів за допомогою цементації ґрунтів за бурозмішувальним методом. Досвід показав, що метод цементації при закріпленні схилів має значну перевагу над традиційними методами.

Перелік посилань

1. Гинзбург Л.К., Обрушение склона в жилом микрорайоне./Л.К. Гинзбург, В.Б.Швец// - Основания, фундаменты и механика ґрунтов. – 1999. - №3. - С.28-30.
2. Зоценко М.Л. Зсувонебезпечні території м. Полтави / М.Л. Зоценко, Ю.Й. Великодний, С.В. Біда // Бетон и железобетон в Украине. – 2001. – №1. – С. 14 – 17.
3. Ягольник А.М. Улоговинні зсуви та методи їх стабілізації: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.02 / А.М. Ягольник. – Полтава: ПолтНТУ, 2009. –21 с.
4. Черный Г.И. Геотехнические процессы в сложных ґрунтовых условиях Украины / Г.И. Черный, В.Г. Черный / Світ геотехніки 2000. – Київ: НДІБК, 2000. – С. 4 – 9.
5. Иванов А.И. О напряжённом состоянии оползнеопасного склона // Геоэкология. – 1998. – №5 – с.81-92.
6. Бойко І.П. Чисельне моделювання взаємодії фундаментів з ґрунтовою основою на зсувонебезпечних територіях / І.П. Бойко, О.О. Арешкович, В.О. Сахаров / А.И. Иванов // Світ геотехніки. – 2008. – №1. – С. 13–17.
7. Зоценко М.Л. Особливості оцінювання стійкості схилів Полтавського лесового плато / М.Л. Зоценко, Ю.Й. Великодний, О.В. Борт, С.В. Біда // Будівельні конструкції. Міжвідомчий наук.-техн. збірник. Вип. 71. Книга 2. Київ. НДІБК. 2008. – с. 178-189.

*Стаття надійшла до редколегії 28.10.2015 р. українською мовою
Стаття рекомендована членом редколегії чл.-кор. НАН України А.Г. Шапарем*

В.А. ОНИЩЕНКО, В.В. МУРАВЛЕВ, М.Л. ЗОЦЕНКО

*Полтавський національний технічний університет ім. Ю.Кондратюка,
г. Полтава, Україна*

ОПОЛЗНЕВЫЕ ПРОЦЕССЫ НА УКРАИНЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РЕГИОНОВ

В работе рассматриваются особенности оползневых процессов, которые развиваются на склонах рек, оврагов и балок центрального региона Украины. Указанные склоны ограничивают лессовые плато, которые являются водоразделами, составленные преимущественно лессовыми породами. Особенностью таких склонов является наличие котловин - небольших углублений в водоупорном слое, по которым идет разгрузка грунтовых вод плато. В котловинах почвы имеют наименьшую прочность, поэтому сдвиги на таких склонах начинаются именно в месте их расположения.

Ключевые слова. Оползневые процессы, склоны, лессовые плато, водоупорный слой, котловина, прочность.

V.O. ONISHCHENKO, V.V. MURAVLOV, M.L. ZOTSENKO

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, Ukraine

LANDSLIDE PROCESSES IN UKRAINE AND REGION'S ENVIRONMENTAL SECURITY

This paper considers the features of landslides that develop on the slopes of rivers, ravines and beams in central region of Ukraine. These slopes restrict the Loess Plateau, which are the watershed that composed mainly of loess soils. The feature of such slopes is the presence of basins- a small depressions in the waterproof layer, followed by unloading of groundwater plateau. In hollow soils have the least strength because of landslides on the slopes, which formed, in place of their location.

Keywords. Landslides, slopes, loess plateau, waterproof layer, hollow, strength.