

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИНИКНЕННЯ ТА РОЗВИТКУ ЗСУВНИХ ПРОЦЕСІВ НА СХИЛАХ, СКЛАДЕНИХ ЛЕСОВИДНИМИ ВІДКЛАДАМИ**

Розглянуті умови утворення улоговин у покрівлі водотривкого шару в процесі формування четвертинних відкладів на території України. Показано, що саме улоговини є осередками виникнення зсувів внаслідок розвантаження через них потоків ґрунтових вод з плато.

*Ключові слова:* лесові ґрунти, схил, зсув, улоговина.

Рассмотрены условия образования ложбин в кровле водоупорного слоя в процессе формирования четвертинных отложений на территории Украины. Показано, что именно ложбины являются очагами образования оползней вследствие разгрузки через них потоков грунтовых вод с плато.

*Ключевые слова:* лесовые ґрунты, склон, оползень, ложбина.

The conditions of hollows formation in the waterproof layer during the process of quaternary deposits formation on the territory of Ukraine were being considered. It was shown that even the hollow is the center of landslides due to discharge them through groundwater flow from the plateau.

*Key words:* loess soils, slopes, landslides, valleys.

**Вступ.** Майже 70 % поверхні території України складені четвертинними відкладами, які можна віднести до лесових чи лесовидних суглинків. Такі відклади легко піддаються ерозії, розмиванню під дією постійних та тимчасових поверхневих вод. В результаті геологічної діяльності великих річок рівнинна частина України являє собою систему декількох плато, що розділені долинами річок. В свою чергу, великі плато розділяються на менші внаслідок діяльності малих річок, джерел та тимчасових потоків води. На схилах річок, що досягають у висоту декількох десятків, а то й сотень метрів, утворюються ідеальні умови для появи зсувів. Їх поширення значною мірою пов'язане з невиконанням заходів щодо запобігання зсувним процесам і відсутністю підрозділів з інженерного захисту територій і споруд від небезпечних інженерно-геологічних явищ [1]. Подальші дослідження, спрямовані на вивчення стійкості схилів, проводяться в межах комплексної програми протизсувних заходів на 2005–2014 роки, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 22 вересня 2004 року №1256, інд. 33.

Однією з територій з характерною для центральної України геологічною будовою [2–4] є Полтавське лесове плато. На поверхні плато залягають четвертинні леси та лесовані суглинки з прошарками похованого ґрунту потужністю до 20 м. Підстилаються вони четвертинними червоно-бурими глинами твердої і напівтвердої консистенції потужністю 10–12 м, які є водотривими для ґрунтових вод. Під подошвою червоно-бурих глин залягають строкаті глини неогену від сірого до зеленуватого кольору потужністю до 25 м. Як червоно-бурим, так і строкатим глинам притаманні властивості набухання. Червоно-бурі глини оцінюються як середньонабухаючі і навіть сильнабухаючі (тиск набухання глин  $p_{sw} \approx 0,04$  МПа), а строкаті – як слабонабухаючі, іноді – середньонабухаючі (тиск набухання цих глин складає  $p_{sw} \approx 0,015$  МПа).

Нижче строкатих глин залягають дрібнозерністі кварцеві піски Полтавської світи, які поступово переходять у піски верхнього палеогену. Середня потужність пісків 25 м. До пісків приурочено горизонт міжшарових вод, який дренується бортами балок; водотривами міжшарових вод служать темно-сірі глини берекської світи потужністю 1,5 м.

Гідрогеологічні умови Полтавського лесового плато [5–10] характеризуються наявністю постійного безнапірного водоносного горизонту ґрунтового типу, водовміщуючими породами якого служать четвертинні відклади. Живлення горизонту інфільтраційне. Розвантаження водоносного горизонту відбувається у яружно-балочну систему та на схили р. Ворскла у вигляді джерел, замокань тощо, після чого вода фільтрується у піски Полтавської світи. Другий від поверхні рівень ґрунтових вод постійного горизонту приурочений до пісків Харківської світи. Він залягає на значній глибині і суттєвого впливу на інженерно-геологічні умови плато не створює.

**Постановка проблеми.** В процесі вивчення причин виникнення та розвитку зсувних процесів на схилах річкових долин було проведено багато досліджень. Однак досвід вивчення розвитку зсувних процесів, спостереження за деформаціями будівель і споруд, що розміщені на схилах та поблизу них, свідчить, що в однакових на перший погляд інженерно-геологічних умовах одні споруди зазнають значних деформацій аж до руйнування, а інші експлуатуються десятки років [9]. Отже, існують інші фактори, що впливають на стійкість схилів, на які донедавна не звертали особливої уваги.

**Мета роботи.** Виявлення причин виходу ґрунтових вод на схилах, пов'язаних з особливостями інженерно-геологічних умов території.

**Виклад основного матеріалу.** Особливу увагу при вивченні причин виникнення зсувів приділяють ґрунтовим водам [6, 8]. В результаті аналізу причин виходу ґрунтових вод на схил в тому чи іншому місці було зроблено висновок, що рух потоків ґрунтових вод відбувається по улоговинах – пониженнях у покрівлі водотривкого шару [11, 12]. Однак для проведення ефективної боротьби зі зсувами чи попередження їх виникнення необхідне розроблення класифікацій улоговин та їх детальна характеристика. Вивченню особливостей улоговин і присвячені проведені дослідження.

Поряд із сучасними процесами рельєфоутворення на території України, які пов'язані із геологічною діяльністю річок, необхідно відзначити значну роль ерозійної діяльності потоків поверхневих вод протягом всієї геологічної історії. Особливу увагу необхідно звернути на роль тимчасових водних потоків, результатом ерозійної діяльності яких є утворення заглиблень у поверхневих відкладах – улоговин, ярів, балок тощо. Під улоговинами розуміють витягнуте в плані, неглибоке (від декількох десятків сантиметрів до декількох метрів) пониження рельєфу в плані з ухилом вздовж осі. Улоговини не мають чітко вираженої бровки, їх схили мають незначний ухил і плавно переходять до дна чи вододільного простору. Ширина улоговин може варіюватись в межах від декількох до 150–200 метрів. У плані вони можуть мати лінійну чи звивисту форму. Походження улоговин в переважній більшості має ерозійний характер, однак виділяються денудаційні, льодовикові та інші улоговини. В процесі формування геологічних відкладів різного віку на їх поверхні у свій час формувались улоговини різної форми та розмірів. З часом ці утворення перекривались наступними відкладами, однак співвідношення залягання різних шарів ґрунту зараз має визначальне значення, особливо з точки зору руху ґрунтових вод. Розглядаючи

улоговину як особливість залягання інженерно-геологічних елементів, перш за все слід звернути увагу на їх походження (генезис). Як уже було показано [13], улоговини можуть виникати в процесі розмивання поверхні відкладів водонепроникних порід поверхневими текучими водами з подальшим заповненням заглиблень, наприклад лесовими чи лесоподібними ґрунтами. Перекриті в подальшому значною товщею різноманітних відкладів такі улоговини можуть бути виявлені лише в процесі детальних інженерно-геологічних вишукувань, оскільки їх розміри можуть коливатися в досить широких межах і бути меншими від рекомендованих відстаней між розвідувальними свердловинами. Більшість же таких улоговин виявляються лише після виникнення зсувних явищ в результаті цілеспрямованого пошуку.

Улоговина в покрівлі водотривкого шару може бути утворена не лише в період формування таких відкладів, а й у значно пізніший період. Як було сказано вище, рівнинна частина України являє собою систему плато, розділених долинами річок. Активна ерозійна діяльність поверхневих вод призвела до утворення системи ярів і балок, у яких базис ерозії часто знаходиться не лише в межах водотривів, а часто значно нижче. Такі процеси призводять до утворення сучасних улоговин у товщі водотривких порід. І навіть коли ерозійні процеси повністю проходять товщу водотривів, досягаючи піщаних відкладів, в подальшому, завдяки кольматації пісків, створюються умови для виникнення зсувних явищ.

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 якраз над водотривким шаром у товщі лесових чи лесоподібних 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 древніх 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 по утвореному заглибленню.

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 досить рідко. Зазвичай улоговина вміщує один, а інколи (у випадку наявності кількох водотривів) декілька горизонтів ґрунтових вод. В залежності від ухилу дна улоговини (в бік схилу чи в протилежному напрямку) ґрунтові води можуть не виходити на схил або мати постійний чи періодичний (сезонний) характер виходу.

Найчастіше зустрічаються нашарування з одним водотривким шаром, однак в деяких випадках ми маємо справу з декількома водотривками, що може створити умови для виникнення багаторівневої улоговини, причому в плані вони можуть бути як узгодженими (одна над одною) так і неузгодженими. За розміщенням по відношенню до схилів та плато можна виділити улоговини, що розміщені на схилі, улоговини, що розпочинаються на плато і виходять на схил та улоговини, що розміщені на плато без виходу на схил. В останньому випадку, внаслідок ерозійної діяльності постійних та тимчасових водних потоків, з часом улоговини можуть отримувати вихід на схил, що призведе до ускладнення інженерно-геологічної ситуації на даній території. Узагальнена класифікація улоговин представлена в таблиці.

Таблиця

## Класифікація улоговин

| Класифікаційна ознака              | Назва                            | Характеристика   |
|------------------------------------|----------------------------------|--|
| 1                                  | 2                                | 3  |
| За походженням                     | Ерозійні I типу                  | Утворені в результаті розмиву поверхні водотриву в процесі формування відкладів  |
|                                    | Ерозійні II типу                 | Утворені в результаті розмиву товщі відкладів поверхневими текучими водами аж до глибини розміщення водотриву  |
|                                    | Антропогенні                     | Утворені в результаті діяльності людини  |
|                                    | Зсувні                           | Утворені в місцях розташування древніх зсувів  |
| За станом                          | Відкриті                         | Яри і балки з виходом корінних порід на бортах   |
|                                    | Перекриті                        | Балки, борти яких вкриті шаром делювіально-пролювіальних відкладів   |
|                                    | Заповнені                        | 1. Заглиблення у покрівлі водотривкого шару, заповнені природними відкладами, що утворились пізніше<br>2. Улоговини, заповнені антропогенними відкладами |
| За характером вмісту ґрунтових вод | Без ґрунтових вод                | Ґрунтові води відсутні   |
|                                    | З одним горизонтом ґрунтових вод | 1. Без виходу на схил<br>2. З періодичним (сезонним) виходом ґрунтових вод<br>3. З постійним виходом ґрунтових вод                                       |
|                                    | З двома і більше горизонтами     | Ґрунтові води в різних рівнях  |
| За інженерно-геологічним розрізом  | Однорівневі                      | Інженерно-геологічний розріз включає лише один водотривкий шар   |
|                                    | Багаторівневі узгоджені          | Інженерно-геологічний розріз включає декілька водотривких шарів, улоговини співпадають у плані   |
|                                    | Багаторівневі неузгоджені        | Інженерно-геологічний розріз включає декілька водотривких шарів, улоговини не співпадають у плані  |

Продовження таблиці

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|

|                                       |                    |  |
|---------------------------------------|--------------------|--|
| За розміщенням у системі "плато-схил" | Схилів             | Розміщені безпосередньо на схилі                         |
|                                       | З виходом на схил  | Розпочинаються на плато і виходять безпосередньо на схил |
|                                       | Без виходу на схил | Розміщені на плато без виходу на схил                    |

Оскільки улоговини є місцями розвантаження ґрунтових вод на схилі, то саме в цих місцях відбуваються найбільш суттєві зміни у ґрунтах, що їх заповнюють. Зволоження лесових та антропогенних ґрунтів призводить до переходу їх у клас «слабких» ґрунтів, що ускладнюється суфозійними процесами. Класифікація улоговин допоможе виявити небезпеку розвитку зсувних явищ, адже характер улоговини, її форма, розміщення значно впливають на можливість виникнення і розвитку зсувних явищ.

Проведені дослідження дозволяють зробити наступні **висновки**.

1. У процесі формування четвертинних відкладів геологічна діяльність поверхневих текучих вод та діяльність людини призвели до утворення улоговин, які з часом були перекриті лесовими, лесоподібними, делювіальними і антропогенними ґрунтами. Рух ґрунтових вод, що відбувається по цих улоговинах, призводить до виникнення суфозії лесових ґрунтів, викликає їх перехід у текучопластичний і навіть текучий стан і, як наслідок, зменшення характеристик міцності цих ґрунтів. Місця виходу ґрунтових вод на схилах є найбільш небезпечними з точки зору можливості виникнення зсувних процесів.

2. Розроблена класифікація улоговин дозволяє ще на стадії інженерно-геологічних вишукувань визначити місця можливого чи існуючого виходу ґрунтових вод на схил та розробити низку заходів по попередженню виникнення зсувних явищ. Побудова карти поверхні водотривкого шару допоможе виявити улоговини, характеризувати їх та уникнути таких небажаних явищ, як «баражний» ефект при зведенні фундаментів, підняття рівня ґрунтових вод, та допоможе виявити найбільш слабкі ділянки схилу. Також це дозволить вибрати доцільну в кожному окремому випадку дренажну систему та влаштувати її з найбільшою ефективністю.

### Бібліографічні посилання

1. Комплексна програма протизсувних заходів на 2005–2014 роки: Постанова Кабінету Міністрів України від 22 вересня 2004 р. № 1256 – К., 2004.

2. **Демчишин М. Г.** Современная динамика склонов на территории Украины (инженерно-геологические аспекты) / М. Г. Демчишин. – К.: Наук. думка, 1992. – 254 с.

3. Захист територій від зсувів: Навчальний посібник / Ю. Й. Великодний. – Полтава, 2006. – 116 с.

4. **Яковлєв А. В.** Проблеми захисту косогорів від зсувів / А. В. Яковлєв, Ю. Й. Великодний, С. В. Біда // Полтава: ПолтНТУ. 1998. – 10 с.

5. **Біда С. В.** Особливості зсувних процесів на схилах річкових долин / С. В. Біда // Будівельні конструкції: міжвідомчий наук.-техн. зб. – Вип. 75: у 2-х кн. Книга 2. – К.: ДП НДІБК, 2011. – С. 371–377.

6. **Біда С. В.** Підтоплення Полтави та його вплив на розвиток зсувних процесів / С. В. Біда, Ю. Й. Великодний // Будівельні конструкції: міжвідомчий наук.-техн. зб. – Вип. 61. – К.: ДП НДІБК, 2004. – Т. 2. – С. 275–278.

7. **Великодний Ю. И.** Ложбины оползневых склонов Полтавского плато и их разновидности / Ю. И. Великодний, С. В. Беда, А. Н. Ягольник // Строительство, материаловедение, машиностроение // Сб. науч. трудов. Вып. 50. – Днепропетровск: ПГАСА, 2009. – С. 86–89.

8. **Великодний Ю. Й.** Особливості розвантаження ґрунтових вод Полтавського плато / Ю. Й. Великодний, С. В. Біда, А. М. Ягольник, Б. М. Петер, М. П. Кашликов // Нагальні питання вирішення проблеми підтоплення ґрунтовими водами територій міст та селищ міського типу. – Мат. 2-ї міжнар. наук.-практ. конф. (28–31 жовтня 2003 р., Харків). – К.: Знання, 2003, – С. 53–54.

9. **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. зб. Вип. 71. Книга 2. – Київ: НДІБК, 2008. – С. 178–189.

10. **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.

11. **Біда С. В.** Класифікація улоговин Полтавського лесового плато / С. В. Біда, Ю. Й. Великодний, А. М. Ягольник // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірник наук. праць. Випуск 18. – Рівне, 2009. – С. 548–553.

12. **Беда С. В.** Причины развития оползневых процессов на склонах, сложенных лессовыми грунтами / С. В. Беда // Вісник Одеської держ. акад. буд. та арх. / Вип. № 36. – Одеса: ОДАБА, 2009. – С. 52–57.

13. **Беда С. В.** Особенности оценки устойчивости склонов, сложенных лессовыми породами / С. В. Беда // Геотехнические проблемы мегаполисов (труды международной конференции по геотехнике). Москва, 2010. – Т. 5. – С. 1861–1866.

*Надійшла до редколегії 10.04. 2014 р.*