

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Геологорозвідувальний

(факультет)

Кафедра гідрогеології та інженерної геології

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Саулова Костянтина Сергійовича

(п.ім)

академічної групи 103-16-2

(цифр)

спеціальності 103 «Науки про Землю»

(код і назва спеціальності)

за освітньою програмою «Гідрогеологія»

(офіційна назва)

на тему «Яруга у лесовому схилі як вміщальна основа тунелю та інженерно-геологічні ризики його експлуатації»

(назва за наказом ректора)

**КАФЕДРА
ГІДРОГЕОЛОГІЇ
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ**

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Тішков В.В.			
розділів:				
Загальний	Тішков В.В.			
Спеціальний	Тішков В.В.			
Рецензент	Сливна О.В.			
Нормоконтролер	Загриценко А.М.			

Дніпро
2020

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри

гідрогеології та інженерної геології
(повна назва)

_____ (підпис)
« _____ » _____ 2020 року
Рудаков Д.В.
(прізвище, ініціали)

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню бакалавра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Саулову Костянтину Сергійовичу академічної групи 103-16-2
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 103 «Науки про Землю»

за освітньою програмою «Гідрогеологія»

на тему «Яруга у лесовому схилі як вміщуюча основа тунелю та інженерно-геологічні ризики його експлуатації»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 04.05.2020
№254-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Загальний	<i>Вивчення умов формування водоносних горизонтів природного і техногенного походження, що розташовані в товщі потужних лесових відкладень четвертинного віку, як вміщуючої основи тунелю. Зміна фізико-механічних і міцнісних властивостей породного масиву при підвищенні рівня ґрунтових вод і як наслідок - інженерно-геологічні ризики експлуатації залізнодорожного тунелю в місці його виходу на поверхню.</i>	04.05.2020- 09.06.2020
Спеціальний	<i>Розрахунок стійкості лесового схилу балки Тунельної у межах виходу на поверхню залізно-дорожного тунелю, та заходів, що направлені на зменшення ризиків його експлуатації</i>	

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

Тішков В.В.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі

04.05.2020 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії

12.06.2020р.

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Саулов К.С.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 59 с., 4 рис., 2 табл., 12 джерел.

Об'єкт досліджень – водоносні горизонти природного і техногенного формування розташовані в товщі потужних лесових відкладень четвертинного віку як вміщальна основа тунелю. Зміна фізико-механічних і міцносних властивостей породного масиву при підвищенні рівня ґрунтових вод і як наслідок - інженерно-геологічні ризики експлуатації залізнодорожнього тунелю в місці його виходу на поверхню.

Предмет досліджень – закономірності формування змін фізико-механічних і міцносних властивостей лесових ґрунтів, під впливом природних та техногенних факторів в межах схилової частини глибокої яруги.

Мета роботи – вивчити на основі фондових матеріалів особливості геолого-гідрологічної будови і інженерно-геологічні властивості ґрунтових масивів глибокої лесової схилу в місці виходу тунелю на денну поверхню.

Методи досліджень – збір, аналіз та узагальнення інформації; картографічні методи із застосуванням геоінформаційних технологій; аналітичні розрахунки.

У загальній частині дипломної роботи проаналізовано природні особливості геолого-гідрологічної будови і інженерно-геологічні умови схилової частини лесової товщі б. Тунельна в місці розташування залізнодорожнього тунелю правобережжя міста Дніпро в місцях поширення глибоких яруг. Приведена характеристика механізмів формування та видів зсувних процесів в лесових товщах.

У спеціальній частині виконано оцінку стійкості лесової схилу в місці виходу залізнодорожнього тунелю на поверхню, та наведено заходи направлені на забезпечення зниження ризиків його експлуатації.

Ключові слова: ВОДОНОСНИЙ ГОРИЗОНТ, ЛЕСОВІ ПОРОДИ, ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИЙ ЕЛЕМЕНТ, РІВЕНЬ ҐРУНТОВИХ ВОД, ЗАЛІЗНО ДОРОЖНИЙ ТУНЕЛЬ, ЗСУВ, ГОРИЗОНТАЛЬНИЙ ДРЕНАЖ.

Вступ.....	5
1 УЗАГАЛЬНЕНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГО-ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ БАЛКИ ТУНЕЛЬНА.....	8
1.1 Клімат та орогідрографія району.....	8
1.2 Коротка геолого-гідрогеологічна характеристика.....	10
1.3 Інженерно-геологічні явища і процеси.....	14
2 АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ОБУМОВЛЮЮТЬ МОЖЛИВІСТЬ РОЗВИТКУ ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНОЇ СИТУАЦІЇ, ЇЇ МЕХАНІЗМ ТА ПРОТИДІЇ.....	18
2.1 Аналіз факторів зсувонебезпечної ситуації.....	18
2.2 Механізми формування зсувів в лесових яругах.....	19
2.3 Рекомендації щодо протизсувних заходів.....	21
3 ОЦІНКА ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО СХИЛУ.....	25
3.1 Лопманський залізничний тунель.....	25
3.2 Геоморфологія, рельєф і фізико-геологічні явища.....	28
3.3 Інженерно-геологічні умови схилу, що вивчається.....	30
3.3.1 Геологічна будова.....	30
3.3.2. Гідрогеологічні умови.....	33
3.3.3. Фізико-механічні властивості ґрунтів.....	34
4 МЕТОД РОЗРАХУНКУ СТІЙКОСТІ СХИЛУ ТА РЕЗУЛЬТАТИ.....	40
4.1 Метод круглоциліндричних поверхонь.....	40
4.2 Результати розрахунків стійкості схилу.....	43
5 ОБГРУНТУВАННЯ ТИПУ І ВИДУ ДРЕНАЖНИХ ЗАХОДІВ НА ТЕРИТОРІЇ ЗСУВНОГО СХИЛУ.....	47
5.1 Основні передумови до застосування, вибору типу дренажу і обґрунтування виду водознижуючих заходів.....	47
5.2. Гідрогеологічний розрахунок систематичного дренажу горизонтального типу.....	49
Висновок.....	53
Список використаної літератури.....	56
ДОДАТОК 1 Відзив керівника.....	57
ДОДАТОК 2 Рецензія.....	58
ДОДАТОК 3 Результати перевірки на наявність плагіату.....	59

ВСТУП

Розвиток фізико-географічних явищ і інженерно-геологічних процесів в досліджуваному районі обумовлено геолого-літологічних будовою територій, кліматичними умовами регіону та структурними особливостями рельєфу.

Найбільш вираженими фізико-географічними явищами є розвиток ерозійних процесів, які сприяють формуванню глибоко розчленованих форм рельєфу. Формування яружно-балкової системи відбувається під дією процесів змиву і руслової ерозії.

Сприятливі умови для останньої створюються переважно короткочасними опадами зливого характеру, а з відносно глибоке розташування базису ерозії пов'язано з інтенсивний розмивом ґрунтів і глибокий вріз ерозійних форм.

Найважливіші природні (геологічна будова району, його рельєф, кліматичні умови) і техногенні чинники зумовили розвиток не тільки ерозійних процесів, утворення яружно-балкових систем, але й сприяли розвитку на крутих схилах від вершків зсувних процесів. Зсувні процеси на розглянутій території мають інтенсивний прояв і чітко локалізовані.

Чинники утворення зсувів наступні:

- геоморфологічні:

- глибокий вріз балки тунельної в водороздільний схил, що забезпечує низьке положення базису ерозії;
- неурівноважений профіль схилу;
- значна крутизна схилів балки і її відвершків;
- яружна ерозія схилу;

- кліматичні:

- часті, особливо в весняно-літній час, зливові опади, дощові опади і танення снігу на великій водозбірній площі викликають водонасичення горизонтів лесових відкладень, помітний розмив і зростання ярів, вивітрювання і розпушення лесових порід;

- геологічні:

- схил балки складений легкорозмивними і водонестійкими лесовими породами;

- покрівля водотривких ґрунтів (суглинки і глини ПЕ-10,11), які є поверхнею ковзання для верхніх лесових ґрунтів, має похиле (до 6-10°) і близьке до поверхні залягання;

-гідрогеологічні:

- обводнення лесових порід, що мають фільтраційно-анізотропні властивості, за рахунок підйому рівня підземних вод, витоків з водогінних комунікацій, що призводить до зниження опору зрушенню ґрунтів і розвитку гідродинамічного тиску в основі борту;

- техногенні:

- штучне підрізання і додаткове навантаження схилу;
- додаткове водонасичення ґрунтів за рахунок аврійних витоків з водонесучих систем (район Запорізької шосе);

- відсутність функціонально працюючого відведення дощових і талих вод;

- динамічні дії від посиленних вантажопотоків по Запорізькому шосе і залізно-дорожнього сполучення по тунелю.

Сукупна участь і вплив природних і техногенних факторів вимагає додаткових досліджень, а за наближеною оцінкою становить 60% на 40%.

У геоморфологічному відношенні досліджувана територія розташована в межах вододільного плато правого берега ріки Дніпро, глибоко й інтенсивно порізаного ярово-балковою мережею і являється частиною правого схилу балки Тунельна, яка протягується від Запорізького шосе в східному напрямку до р. Дніпро.

Балка Тунельна сформована тривалими екзогенними процесами, початок яких належить до кінця неогену – початку четвертинного періоду. Її форма трапецеїдальна, шириною ~300м по верху й 50-60 м по низу. Загальна глибина врізу балки становить 51.0-55.0 м. У верхів'ї балки поперек її простягання на насипі влаштована автодорога – Запорізьке шосе, під якою в тунелі прокладено одну

гілку залізної дороги сполученням Київ-Одеса. Тунель з'єднує балку Тунельну з балкою Зустрічною і прокладений на абсолютній відмітці 105.0м. Будівництво тунелю і залізної дороги проводилось в 20-30-ті роки минулого століття, введені в експлуатацію в 1932р.

Тому *метою дипломної роботи* є вивчення інженерно геологічних умов яруги у лесовому схилі як вміщючої основи тунелю та інженерно-геологічні ризики його експлуатації.

Виходячи з цього, в роботі для розробки заходів забезпечення стійкості лесового схилу як вміщючої основи тунелю поставлені наступні *задачі*:

- вивчення геологічної будови та гідрогеологічних умов району;
- вивчення та аналіз інженерно-геологічних умов в межах розміщення та виходу на поверхню залізно-дорожнього тунелю, що суттєво впливає на фізико-механічні та міцності властивості ґрунтів за період його експлуатації;
- обґрунтування результатів розрахунків стійкості схилу в природних умовах та при втратах з водонесучих комунікацій;
- розробка заходів забезпечення стійкості лесового схилу за рахунок дренажного водозниження.

Метою даної роботи є оцінка стійкості ґрунтових масивів лесового схилу в місці виходу тунелю на денну поверхню в умовах додаткових втрат води з водонесучих комунікацій.

Для досягнення зазначеної мети на підставі комплексного аналізу та узагальнення результатів досліджень минулих років виконано оцінку і прогноз зміни інженерно-геологічних умов ділянки виходу залізно-дорожнього тунелю на денну поверхню б. Тунельна з обґрунтуванням заходів, що забезпечують його подальшу експлуатацію.

1 УЗАГАЛЬНЕНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГО-ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ БАЛКИ ТУНЕЛЬНА

1.1 Клімат та орогідрографія району

Клімат району

Дніпропетровська область розташована на кордоні Середнього і Нижнього Придніпров'я, в центрі степової зони Східної Європи.

Клімат Дніпропетровської області помірно-континентальний. Ступінь континентальності клімату території області змінюється з північного заходу на південний схід.

Формування клімату - результат складної взаємодії кліматообразуючих факторів [7].

Відповідно до даних, приведених у ДСТУ-Н В.1.1-27:2010, згідно архітектурно-будівельного районування території України, м. Дніпро знаходиться у II кліматичному районі - Південно-Східному (Степовому).

Клімат району досліджень помірно-континентальний, характеризується короткою малосніжною зимою і тривалим теплим літом. Характерними особливостями клімату є: малосніжною зимою і тривалим теплим літом. Характерними особливостями клімату є: значні коливання температур протягом року, місяця, сезону; зливовий характер літніх дощів; часті відлиги взимку, і в зв'язку з цим, нестійкий сніговий покрив; інтенсивне весняне сніготанення

Найбільш холодним місяцем є січень із середньомісячною температурою $(-5^{\circ}) - (-7^{\circ}\text{C})$, а найбільш теплим - липень із середньомісячною температурою $+22.2^{\circ}\text{C}$. Середньорічна температура $+8.5^{\circ}\text{C}$. Максимальна температура $+40^{\circ}\text{C}$, мінімальна (-34°C) . Дата переходу середньодобової температури повітря через: $+8^{\circ}\text{C}$ - початок 19 жовтня, закінчення - 9 квітня; $+10^{\circ}\text{C}$ - початок 10 жовтня, закінчення - 16 квітня.

Тривалість періоду з середньодобовою температурою $< \text{і рівною } 0^{\circ}\text{C}$ становить 111 діб. Середньорічна кількість опадів, що випадають, становить 558

мм на рік, в холодну пору року 66мм, добовий максимум 82мм. Найбільша їх кількість випадає в теплий період року - 320 мм. Оподи випадають у вигляді короткочасних дощів. Протягом літа бувають тривалі бездошові періоди, а восени оподи характеризуються затяжними дрібними дощами.

Взимку оподи випадають, переважно, у вигляді снігу, але бувають і дощі. Річне число днів з опадами становить 80-125.

Середньорічне значення відносної вологості змінюється в межах 70-80%. Мінімальне значення відносної вологості в літній період (травень-серпень) - 58-59%, максимальне (листопад-березень) - 83-89%. Середньорічний дефіцит вологості становить 3.5-4.0мм, максимальний (липень) досягає 10.1-10.6мм.

Випаровування становить 700-800мм, що майже в 2 рази перевищує річну суму опадів. За співвідношенням річних сум опадів і випаровування м. Дніпро відноситься до зони недостатнього зволоження.

Сніговий покрив лежить на протязі 70 днів з грудня по березень, середня висота покриву за зиму 15см.

Переважаючими вітрами в межах м. Дніпро є вітри північно-західного і південного напрямку, повторюваність яких відповідно 18% і 15%. Переважання цих вітрів зберігається в весняно-літній період, восени і взимку збільшується число днів з вітрами південно-східного напрямку (до 14.5%), в період весняної повені найбільш часті (до 17%) південні вітри. Середня швидкість вітру 3.1 м/сек. Найбільші середні місячні швидкості (3.8м/сек) спостерігаються взимку, найменші (2.3-2.4м/сек) влітку. Сильні вітри (понад 15 м/сек) бувають частіше в січні і лютому (1.9 дня в кожному з цих місяців), найбільш рідко (0.5 дня в місяць) - у вересні. Максимальна швидкість вітру - 24 м/сек.

Нерівномірному розподілі опадів і випадання їх в основному в теплий період, високі значення випаровування, а також зливової характер опадів створюють в цілому погані умови для харчування мають розвиток в вивченому районі водоносних горизонтів.

Орогідрографія району

З точки зору фізико-географічного положення, Дніпропетровська область знаходиться в південно-східній частині України, у степовій і лісостеповій фізико-географічних зонах (ліси займають 3,9% території області), по обох берегах середньої течії Дніпра. Вона розташована в середніх широтах помірному поясу, простягається з півночі на південь майже на 190км, а з заходу на схід - на 300 км.

У фізико-географічному відношенні досліджений район входить до складу Сурсько-Дніпровського ерозійного району степової області південних відрогів Придніпровської височини.

Район виділяється великий ерозійної розчленованістю. Яружно-балкові ділянки з еродованими чорноземами займають більшу частину території району. Широко поширені круті берегові яри. В їх верхів'ях спостерігаються вертикальні обриви висотою 8 – 10 м, іноді 15 м. Поперечний профіль яру трапецієподібний. У тих місцях, де на схилах виступають стійкі до розмиву породи, профіль набуває ступінчастий вигляд.

Часто зустрічаються дво- і трифазні балки з терасованими схилами, яри і балки врізаються в кристалічний фундамент.

Глибина розчленування на ряді ділянок перевищує 100 м, щільність яружно-балочної сітки на ряді ділянок становить близько 1 км.

1.2 Коротка геолого-гідрологічна характеристика.

В геологічному розрізі досліджуваної площі обмеженої просп. Праці і тальвегом балки Тунельна до глибини 78м від поверхні землі беруть участь четвертинні відкладення лесового комплексу, представлені перешаруванням суглинків і супісків (шари 6-9), червоно-бурими суглинками і глинами (шари 10-11), які підстилаються неогеновими відкладеннями - глинами (шари 12-13) і пісками (шар 14), а також буровугільних палеогеновими відкладеннями (шари 15-16).

Нижче по схилу четвертинні відкладення виклинюються, а в тальвегу розвинені супісчано-суглинні верхнє четвертинні слої балочного делювію (шари 3-4). З поверхні покривні відкладення перекриті насипними (шар 1) і ґрунтово-рослинними ґрунтами (шар 2).

Опис геологічних шарів корінних відкладень, їх глибини залягання і потужності наводяться зверху вниз по черговості їх залягання.

Товща лесових ґрунтів, представлена суглинками елювіально-делювіальні генезису - шару 6, edIIIpl, верхнечетвертичного, прилуцького горизонту, шару 8, edIIIpo, середньочетвертичних, потягайлівського горизонту і супісками еолово-делювіальними, середньочетвертичних - шару 7, edIIIn і шару 9, vdIIog дніпровського і Орільського горизонтів, плащеобразно перекривають схил у верхній і середній його частинах і виклинюються в притальвежній частині. Забарвлення лесових ґрунтів від буро-жовтих, жовто-бурих, жовтих, світло-жовтих до бурих з червонуватим відтінком.

Відзначається карбонатизація ґрунтів у вигляді ниток, жовен. Консистенція тверда вище рівня підземних вод і туго-м'якопластична, пластична - в зоні капілярної кайми і нижче рівня. Шари не витримані по потужності і простиранню. Потужність лесової товщі змінюється від 5.6 м до 15.0 м у верхній частині схилу і від 0.0 м до 2.3 м в притальвежній частині схилу, де шари виклинюються.

На глибинах від 5.9 м до 16.6 м (в межах близьких до водорозділу) і на глибинах 2.7-5.5 м (в притальвежній частині схилу) лесова товща підстиляється делювіальними бурими, червоно-бурими суглинками, твердими - шар 10dllzv, середньочетвертичних, завадовського горизонту і делювіальними красно-бурими глинами, твердими - шар 11dlmг нижньочетвертичними, мартоношського горизонту. По всій товщі суглинків шару 10 є включення жовен карбонатів, а в глинах шару 11 - жовна карбонатів і друзи гіпсу.

Поширення шарів 10 і 11 повсюдне, за винятком нижньої частини схилу, де є виходи на денну поверхню, а потім їх вклинювання. Чіткої межі поділу суглинків і глин не простежується. Їх загальна покрівля має поступове занурення

в сторону тальвегу балки, за винятком окремих ділянок, де сталося змінання покрівлі ґрунтів в результаті древніх тектонічних процесів.

У верхній частині схилу покрівля шарів 10 і 11 залягає на глибинах 10-16 м (абс.отм.115-118 м), а в нижній 1-2 м (абс.відм. 88-90 м) з виходом на денну поверхню. Перепад абсолютних відміток покрівлі становить до 30 м.

Під четвертинними відкладеннями на глибинах від 13.3-28.5 м (у верхній частині схилу) до 2.0-4.3 м (в нижній частині) повсюдно розкриті верхньонеогенові відкладення полтавської світи (шари 12 і 13). Відкладення шару 12.N2p1. полтавської світи, представлені глинами сірими, твердими, з включенням жовен карбонатів і друз гіпсу. Залягання покрівлі глин шару 12 має незначне зниження в сторону тальвегу балки (перепад абсолютних відміток покрівлі до 2-х метрів). Потужність сірих глин змінюється від 4.2 м до 11.4 м, зменшуючись вниз по схилу.

Відкладення полтавської світи також представлені зеленувато-сірими глинами шару 13. N2p1. твердими, записоченими, з прошарками піску дрібно-го, з охристими плямами озалізнення, чорними стягненнями оксидів марганцю і останцями вапняку. У притальвежній частині схилу виходять на денну поверхню. Потужність шару 13 - 2.1-6.5 м.

Глинисті утворення неогену шарів 12-13 на глибинах від 25.0-48.0 м (верхня частина схилу) до 11.1-13.2 м (нижня частина схилу) підстилаються пісками шару 14.N2p1 кварцовими, світло-жовтими, білими, дрібними, однорідними, мадовологими вище рівня підземних вод і водонасиченими - нижче рівня. Покрівля пісків шару 14 практично не має ухилу, абсолютні відмітки поверхні покрівлі пісків 85.12-87.83 м.

У притальвежній частині піски шару 14 виходять на денну поверхню. Потужність пісків складає 20.4-33.0 м.

Неогенові піски на глибині 75.0 м (у верхній частині схилу) і на глибині 33.4 м (в тальвегу балки) залягають на верхнепалеогенових буровугільних глинах шару 15P3bc і бурому вугіллі шару 16P3bc бучакського ярусу. Потужність

буровугільних глин шару 15 - 4.6 м, а максимально розкрита потужність бурого вугілля шару 16-1.5 м.

У тальвегу балки на пісках неогену - шару 14 до глибин 10.3-13.0 м від денної поверхні залягають балкові делювіальні сучасні четвертинні відкладення, представлені буро-жовтими супісчано-суглинними грунтами - шар 3dIV твердими вище рівня підземних вод і м'яко-текучепластичними - в зоні капілярної кайми і нижче рівня, а також перевідкладеними червоно-бурими і сірими глинистими запісоченими відкладеннями - шар 4.dIV. Загальна потужність шарів 3 і 4 - 8.0-10.9 м. Корінні відкладення як в тальвегу балки так і по всьому схилу перекриті ґрунтово-рослинними грунтами шару 2, eIV - суглинні чорноземи, тверді, з корінням рослин, потужністю від 0.5-1.0 м на схилі до 2.1-2.3 м в тальвегу.

В районі просп. Праці корінні ґрунти перекриті насипними грунтами шару 1.tIV в районі забудов і прокладання підземних комунікацій. Насипні ґрунти представлені асфальтовим покриттям з шлакової-щебенистої підстилки, суглинками і супісками твердими, з включеннями будеміття до 15%. Потужність шару 1 - від 0.3 м (дорога) до 2.6-4.0 м (відсіпання ґрунту в межах промайданчиків).

На ділянках розвитку зсувів виділені зсувні накопичення - шар 1a.tIV, потужністю від 1.0м до 10.0м.

В гідрогеологічному відношенні в межах схилу балки тунельної фіксуються два водоносних горизонти: четвертинний і неогеновий.

- Четвертинний горизонт приурочений до лесових відкладів, неогеновий - до неогеновим пісках, а в тальвегу балки - до делювіальні відкладенням і пісках.

На ділянках, що наближаються до вододілів четвертинний водоносний горизонт зафіксовано на глибинах 7.2-8.8м (абс-відм. 113.98-119.90 м) від денної поверхні, а в середній частині схилу на глибинах 5.3-5.4м (абс. відм. 107.01-113.03м). Мінімальне положення рівня в річному режимі припадає на листопад-

грудень, максимальне - на квітень-травень. Середньо-багаторічна амплітуда сезонних коливань становить 0.6-0.8 м.

Водовміщуючими є лесові ґрунти шарів 6-9.

Відносним водотривом служать червоно-бурі суглинки шару 10, що залягають на абсолютних позначках 100-116 м.

Потужність водоносного горизонту витримана і тісно взаємопов'язана з глибиною залягання водотриву: на ділянках підвищення покрівлі червоно-бурих водотривких ґрунтів потужність горизонту мінімальна і становить 0.5-0.9 м, а в зниженнях максимальна - 6.3-7.8 м. Вниз по схилу, приблизно на абсолютних позначках денної поверхні 105-108 м на глибинах 5-8 м (абс. відм. 100м), проходить межа поширення четвертичного водоносного горизонту, де він виклинюється і зникає за рахунок випаровування і перетікання в нижче залягаючі піски.

Живлення водоносний горизонт отримує за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, витоків з підземних водонесучих комунікацій, з боку вище розташованих забудованих територій.

Розвантаження відбувається в північному, північно-східному і північно-західному напрямках в яружну мережу балки тунельної і зсувні ділянки.

Режим четвертинного водоносного горизонту непостійний і тісно взаємопов'язаний з кількістю води, поповнює його, а також з періодичним проявом зсувних процесів на схилах, які сприяють швидшому відтоку води з водоносного горизонту.

Неогеновий водоносний горизонт має повсюдне поширення. У верхній і середній частині схилу розкритий на глибинах 26.1-55.3м (абс.отм.70.85-73.40м). Водовміщуючими грантами є неогенові піски (шар 14). Верхнім водотривом служать глини (шар 13), що залягають на глибинах 11.1-42.0м (абс.відм.85.85-87.83м), нижнім водотривом - буровугільні глини (шар 15), що залягають на глибині 75.0м (абс.отм.53.7м).

У тальвегу балки водоносний горизонт розкритий на глибинах 4.3-6.3 м (абс. відм.73.0-74.3 м). Нижнім водотривом служать буровугільні глини (шар

15), що залягають на глибині 33.4м (абс.відм.45.20 м). Верхній водотриви відсутній, в зв'язку з чим неогенових водоносний горизонт тут має єдиний рівень з горизонтом в балкових делювіальних відкладах.

Потужність горизонту у верхній і середній частинах схилу становить 19.7 м, в тальвегу балки - 29.1 м.

За характером неогенових водоносний горизонт безнапірний (у верхній і середній частинах схилу не вся товща пісків в даний час насичена водою). Живлення водоносного горизонту відбувається: на ділянках вододілу і його схилу за рахунок перетікання підземних вод шляхом вертикальної інфільтрації з четвертичного водоносного горизонту в місцях відсутності водотривких шарів; в тальвегу балки за рахунок інфільтрації атмосферних опадів і стічних вод. Основний напрямок потоку - в сторону тальвегу балки, але через додаткове живлення неогенового водоносного горизонту стічними водами, під тальвегом і в при-тальвежних частинах відбулося куполоподібне підняття рівня.

Розвантаження неогенового водоносного горизонту в р. Дніпро (НПГ = 51.4 м).

За сукупністю природних факторів - наявність природної дрени, добре фільтруючі піски, глибоке залягання водотриву - ділянку в тальвегу балки можна було б віднести до типу неппідтоплюємих територій, проте при аналізі досліджень попередніх років відзначено підйом рівня на 4.0-5.0 м, середня швидкість підйому склала 0.2-0.3 м/рік і територія віднесена до категорії підтоплених підземними водами. В результаті процесу підтоплення на окремих ділянках сталося часткове обводнення супісчано-суглинистих ґрунтів балочного делювію - шару 3.

Підтоплення тальвежної частини балки, мабуть, пов'язано із збільшенням кількості атмосферних і стічних вод в тальвегу балки (поява мо-чарів і джерел в ярах і зсувних ділянках - дренавання четвертичного водоносного горизонту), а також забудовою нижче розташованої території висотними будинками на пальових фундаментах, що призвело до погіршення дренавання через баражний ефект.

1.3 Інженерно-геологічні явища і процеси

Розвиток фізико-географічних явищ і інженерно-геологічних процесів в досліджуваному районі обумовлено геолого-літологічних будовою територій, кліматичними умовами регіону та структурними особливостями рельєфу [1, 2].

Найбільш вираженими фізико-географічними явищами є розвиток ерозійних процесів, які сприяють формуванню глибоко розчленованих форм рельєфу. Формування яружно-балкової системи відбувається під дією процесів змиву і руслової ерозії.

Сприятливі умови для останньої створюються переважно короткочасними опадами зливого характеру, а з відносно глибоке розташування базису ерозії пов'язано з інтенсивний розмивом ґрунтів і глибокий вріз ерозійних форм.

Серед інших найбільш виражені зсувні процеси. Зсуви і обвали мас ґрунтів пов'язані з яружно-балковими структурами і з наявністю в підшві ґрунтової товщі лесовидних суглинків або пліоцен-нижньочетвертичних глин. Розвитку цих процесів сприяє також глибокий, до 10 - 15 м, урізання яру системи.

Особливо слід зупинитися на таких інженерно-геологічних процесах, як просадка ґрунтової товщі, представленої лесовидними суглинками. Наявність широкого розрізу (до 10 - 20 м) цих порід призводить до формування в межах слабо дреноуючих ділянок, особливих, знижених форм рельєфу - «подів», з зниженнями в них від кількох до десяти - двадцяти сантиметрів, які в окремих випадках можуть служити локальними областями стоку.

Розвиток просідаючих ґрунтів необхідно враховувати при проектуванні ділянок різного роду будівель та споруд, та звертати особливу увагу на можливість замочування ґрунтів в основі фундаменту.

На основі візуальних досліджень ґрунтів в товщі четвертинних відкладень встановлено, що суглинки і глини часто перевідкладені, характеризуються сірими, темно-сірими кольорами, суглинки лесовидні легкі палево-жовтого і жовтого відтінку, макропористі, слабо пов'язані. Суглинки лесовидні середні - жо-

втого, буро-жовтого, коричневого відтінків, щільність їх збільшена, макро пористість зменшена. Характерним для цих суглинків є ниткоподібна та жовно-подібна карбонатність, наявність залізисто-марганцевих включень і гіпсу.



2 АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ОБУМОВЛЮЮТЬ МОЖЛИВІСТЬ РОЗВИТКУ ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНОЇ СИТУАЦІЇ, ЇЇ МЕХАНІЗМ ТА ПРОТИДІЇ

2.1 Аналіз факторів зсувонебезпечної ситуації.

Найважливіші природні (геологічна будова району, його рельєф, кліматичні умови) і техногенні чинники зумовили розвиток не тільки ерозійних процесів, утворення яружно-балкових систем, але й сприяли розвитку на крутих схилах від вершків зсувних процесів [1]. Зсувні процеси на розглянутій території мають інтенсивний прояв і чітко локалізовані.

Чинники утворення зсувів наступні:

- геоморфологічні:
 - глибокий вріз балки тунельної в водороздільний схил, що забезпечує низьке положення базису ерозії;
 - неурівноважений профіль схилу:
 - значна крутизна схилів балки і її відвершків;
 - яружна ерозія схилу;
- кліматичні:
 - часті, особливо в весняно-літній час, зливові опади, дощові опади і танення снігу на великій водозбірній площі викликають водонасичення горизонтів лесових відкладень, помітний розмив і зростання ярів, вивітрювання і розпушення лесових порід;
- геологічні:
 - схил балки складений лекторозмивними і водонестійкими лесовими породами;
 - покрівля водотривких ґрунтів (суглинки і глини ПГЕ-10,11), які є поверхнею ковзання для верхніх лесових ґрунтів, має похиле (до 6-10°) і близьке до поверхні залягання;
- гідрогеологічні:

КАФЕДРА
ПІДРОГЕОЛОГІЇ
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

- обводнення лесових порід, що мають фільтраційно-анізотропні властивості, за рахунок підйому рівня підземних вод, витоків з водогінних комунікацій, що призводить до зниження опору зрушенню ґрунтів і розвитку гідродинамічного тиску в основі борту;

- техногенні:

- штучне підрізання і додаткове навантаження схилу;
- додаткове водонасичення ґрунтів за рахунок аврійних витоків з водонесучих систем (район Запорізької шосе);
- відсутність функціонально працюючого відведення дощових і талих вод;
- динамічні дії від посилених вантажопотоків по Запорізькому шосе і залізно-дорожнього сполучення по тунелю.

Сукупна участь і вплив природних і техногенних факторів вимагає додаткових досліджень, а за наближеною оцінкою становить 60% на 40%.

2.2 Механізми формування зсувів в лесових яругах

За механізмом формування мали місце і потенційно можливі зсувні зрушення можна поділити на три типи:

- Зсуви, що витікають.
- Зсуви ковзання.
- Зсуви-обвали.

Зсуви витікання формуються на пологих ділянках схилів з ухілами поверхні до 10° при різкому зволоженні верхніх горизонтів лесовидних суглинків на фоні регіонального підйому рівня ґрунтових вод. При цьому відбувається повне зрушення структурних зв'язків і перетворення верхньої частини масиву в безструктурну в'язко текучу масу, яка під впливом гравітаційних сил швидко зміщується по схилу у вигляді потоку. Зсув відбувається по прошкаркам непродіаних важчих і щільних суглинків, що залягають на глибинах 10-15 метрів.

Площа зсуву може досягати десятків тисяч квадратних метрів, обсяги зсувних мас - сотні тисяч кубометрів. Зсуви течії важко прогнозовані, активізація їх і зміщення відбуваються в короткий проміжок часу.

Структурні зсуви *ковзання* - формуються на тих же схилах, що і попередні, але з захопленням всієї товщі суглинків. В результаті поступового зволоження схилу, що приводить до ослаблення структурних зв'язків в ґрунтах, гідростатичного навантаження і пригрузки за рахунок будівель і споруд, відбувається «розчалоування» лесовидних суглинків в нижній частині схилу і вертикальне зміщення масиву вздовж схилу на величину до десятків сантиметрів. Площа зсуву по фронту досягає сотень метрів і десятків метрів в глибину схилу. Ґрунти не втрачають структурних зв'язків, будівлі та споруди на схилах нерідко зберігають цілісність, але відбуваються деформації і розриви комунікацій.

Зсув, як правило, відбувається по першому регіональному водотриві - червоно-бурим глинам.

Для зсувів даного типу характерний поетапний їх розвиток з утворенням паралельних тріщин вгору по схилу.

Загальний обсяг ґрунтових мас, узятих у зміщення, може досягати мільйонів кубометрів. Процес зсуву носить тривалий характер і супроводжується поступовою деформацією будівель і споруд, приводячи їх в аварійний стан, як це спостерігається в балці Тунельна.

Зсуви-обвали виникають на крутих обривистих схилах в результаті перезволоження і руйнування структури лесовидних суглинків на певній глибині. При цьому практично миттєво відбувається відрив і руйнування масиву. Глибина захоплення - від декількох метрів до десятків метрів, обсяг може досягати десятків тисяч кубометрів. Зсуви цього типу широко поширені на схилах балок і глибоких яруг, інтенсивно забудованих, як правило, індивідуальними одноповерховими будинками, що скидають господарські побутові стоки в різного роду колодязі, вигрібні ями і т.д.

Основними зсувоутворюючими факторами розвитку зсувних процесів в лесових породах регіону є геоморфологічні і геолого-гідрогеологічні особливо-

сті території, техногенний вплив на геологічне середовище при визначальній ролі в їх активізації зміни водного балансу в бік збільшення приходної і зменшення витратної його частин.

2.3 Рекомендації щодо протизсувних заходів

Серед протизсувних заходів можна умовно виділити дві групи [1, 2, 12]: це пасивні попереджувальні або охоронно-обмежувальні та активні, які потребують облаштування різноманітних споруд.

До першої групи відносяться такі заходи:

- заборона підрізки зсувних схилів та влаштування на них різного роду відкосів;
- недопущення різного роду підсилок як на схилах, так і над ними в межах території загрози;
- заборона будівництва на схилах;
- заборона вибухових та гірничих робіт поблизу зсувних ділянок;
- обмеження в особливих випадках швидкості пересування залізничного транспорту в зоні, що прилягає до зсувної ділянки;
- недопущення знищення дерево-кущової рослинності та трав'яного покриву на зсувних ділянках та поблизу них;
- обмеження господарської діяльності в межах зсувних ділянок та поблизу них;
- заборона поливу земельних ділянок, а іноді і їх розорювання;
- недопущення скиду на зсувний схил дощових, талих, стічних та інших вод.

Застосування перерахованих вище заходів не пов'язане з витратою значних коштів, часу і матеріалів, тому що при їх проведенні немає необхідності в облаштуванні будь-яких споруд. Слід лише відмітити, що ці заходи можуть дати очікуваний результат, тобто зупинити рух зсуву, не відразу, а через певний проміжок часу, іноді – через декілька років, або при наявності початкових ознак

закладання зсуву (тріщини заколу, дрібні пагорби, просадки) – не дати йому розвинутиись взагалі.

Активні протизсувні заходи потребують облаштування тих або інших споруд. Цю групу робіт можна умовно поділити на декілька підгруп.

До однієї з підгруп відносяться заходи, що направлені на припинення або послаблення процесів, які безпосередньо впливають на виникнення зсувів. Дуже поширеною причиною виникнення зсувних процесів є руйнуюча діяльність берегів водотоками. Тому на практиці часто застосовують берегоукріплювальні та відбійні споруди і, навіть, регуляцію русел водотоків.

Неврівноваженість порід на схилах часто викликана випаданням великої кількості атмосферних опадів або різким таненням значного снігового покриву. Боротьба з цією причиною виникнення зсувів досягається головним чином шляхом регуляції поверхневого стоку. Регулювання поверхневого стоку має перед собою мету зменшення інфільтрації поверхневих вод в породи, що досягається:

- перехватом поверхневих вод;
- відводом вод в сторону від зсуву.

Перехват поверхневих вод на незабудованих територіях здійснюється за допомогою простих нагірних каналів та огорожувальних валів, розташованих вздовж зсувного схилу, які відводять воду за межі території, що захищається (в річки, струмки, яри та ін.). Якщо на схилах розташовані поливні сільськогосподарські угіддя, то повинні бути встановлені норми поливу, які дозволяли б зволожувати ґрунт в межах розвитку кореневої системи, але виключали б просочування води та насичення нею порід, що залягають нижче. Слід також оберегти лісову рослинність на схилах, а де її немає – проводити заліснення, тому що вона, змінюючи режим стоку, позитивно впливає на стабільність схилів. Дуже гарно закріплює ґрунти схилів коренева система акації. Трав'яний покрив, який поглинає воду і в деякій мірі регулює поверхневий стік, необхідно зберігати.

Для регулювання стоку при захисті промислових та міських об'єктів, прибігають до вертикального планування території та облаштування водостіч-

ної мережі закритого типу. При вертикальному плануванні повинні бути усунені всі пониження, в яких може накопичуватись вода, причому в зоні біля зсуву забороняються великі підсіпки, а дерновий покрив, по можливості, зберігається. Якщо дерновий покрив зрізається, то поверхневий шар розпушується, а потім втрамбується або закатується. Штучні шари насипаються тонкими прошарками (до 20 см) та утрамбовуються пошарово. Окремі ділянки (площі, проїзди та ін.) іноді покриваються каменем, асфальтом і іншими матеріалами. До планування схилу можна віднести і облаштування на відкосах берм. Берми розділяють високий відкіс на відкоси меншої висоти, що підвищує стійкість порід на схилі. Закрита стічна мережа включає в себе вуличні лотки, дощоприйомники, водостічні підземні колектори, завданням яких є підвищення інтенсивності стоку. При захисті невеликих об'єктів може застосовуватись і відкрита водостічна мережа, яка складається з ряду неглибоких каналів (збирачів, кюветів) і магістральних каналів, що відводять воду за межі території, яка захищається. Дно та стінки каналів облаштовуються водотривким матеріалом (бетон, важка глина)

Дуже часто причиною виникнення зсувів є підземні води. Вони можуть притікати до схилів, насичувати на ньому породи, змінювати їхні властивості і викликати гідродинамічний тиск і тим самим знижувати стійкість схилу. Найбільш ефективним засобом в цьому випадку є дренаж, хоча облаштування його доволі складне. Дренажі призначаються для прийняття та відводу підземних вод, що виходять на схилі, недопущення їх в породи, з яких складений схил, шляхом перехвату або пониження рівня до проникнення в схилу частину і для осушення зсувних накопичень.

Існують також заходи, що протидіють сповзанню порід шляхом облаштування споруд, які утримують ґрунтові маси.

Для попередження сповзання порід застосовуються палі, підпірні стінки, контр банкети, стовпи. Палі (бетонні, залізобетонні, іноді – сталеві) слід розташовувати в шаховому порядку, врізаючи їх, частіше за все, на глибину біля 2 м в незміщену породу. Щоб не порушити стійкість схилу при забиванні, палі повинні опускатися в попередньо пробурені свердловини. Цей метод можна за-

стосовувати також при будівництві житлових будинків на схилах, як засіб, що скріплює фундамент у випадку виникнення посувань ґрунту і зберігає споруду від руйнування.

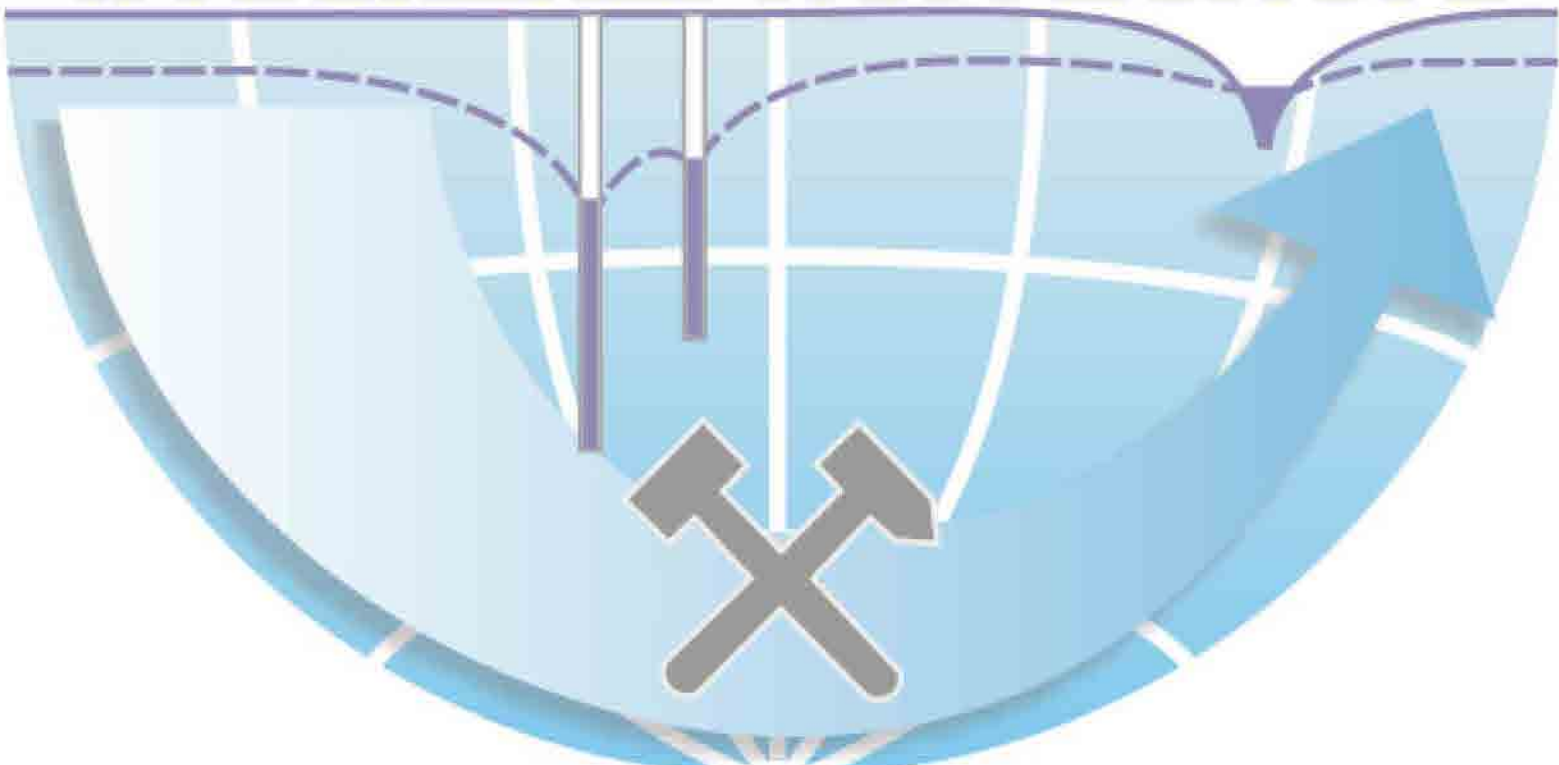
Підпірні стінки облаштовуються в основі або нижній частині схилу. Щоб підпірна стінка не перекинулась від тиску зсувних мас, її основа заглиблюється в нижчезалягаючі стійкі породи, за стінкою і через неї облаштовується дренаж.

Для підвищення стійкості схилу можна застосувати підсипки-контрбанкети, які навантажують схил.

В цілому ряді випадків найбільш активним засобом боротьби із зсувами може стати зняття зсувних мас із схилу. Але треба мати на увазі, що цей метод слід застосовувати тільки тоді, коли об'єм зсувних мас невеликий.

Отже, незважаючи на те, що зсувні процеси є доволі складними за своїм походженням, розвитком, з ними можна і потрібно вести боротьбу.

КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



3 ОЦІНКА ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ ДОСЛІДЖУВА-НОГО СХИЛУ

3.1 Лоцманський залізничний тунель

Ділянка досліджень відноситься до північного порталу лоцманського тунелю залізниці в балці Тунельній.



Рисунок 3.1 – Північний портал лоцманського залізничного тунелю в балці Тунельній

З початку XX сторіччя, при правлінні імператора Миколи II, велося будівництво стратегічної магістральної залізниці "Херсон - Мерефа". Дорога вводилася в експлуатацію вже за Радянської влади (1925-1932).

Одна з ділянок траси Мерефо-Херсонської залізниці (Апостолово - Лоцманка) проходила через пагорб на південній околиці Катеринослава. Щоб по-

долати цю перешкоду, в 1929-му році, був проритий Лоцманський залізнодорожний тунель. Протяжність тунелю склала 860 метрів.

З моменту спорудження тунелю, балка знайшла свою назву "Тунельна". Вона стала свого роду коридором для північного виходу з лоцманської тунелю.

Крізь залізничний насип проходять два тунелі для стічних вод: малий і великий (рис 3.2). Обидва тунелю прориті за часів будівництва ділянки Мерефо-Херсонської залізниці (Апостолове - Лоцманка, 1929). Про це свідчать їх портали, що складаються з кам'яних плит. На схилах тунельної балки знаходяться також залізобетонні канали для відведення дощових вод (рис 3.3). Судячи зі збережених на них написах, канали були споруджені в 1952-му році.

КАФЕДРА ПІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

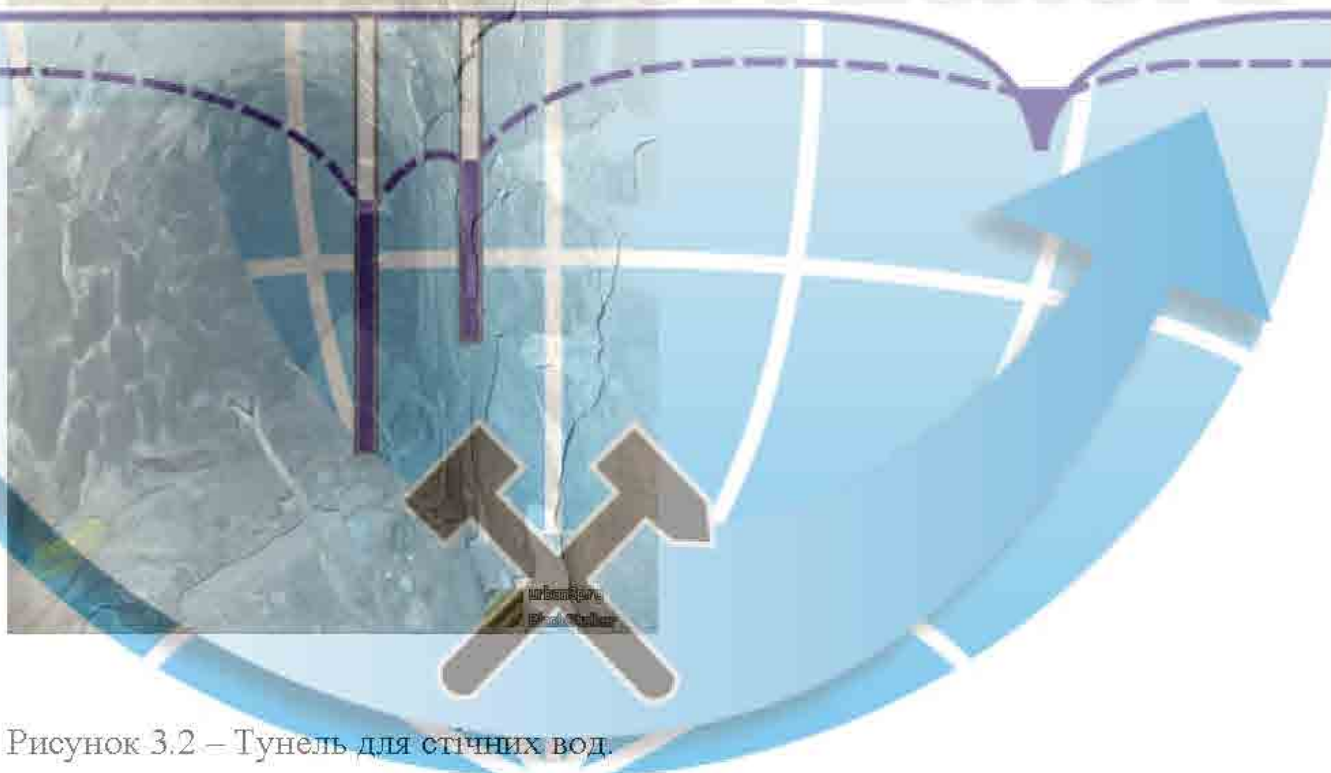


Рисунок 3.2 – Тунель для стічних вод.

Сьогодні вчені заявляють, що цей тунель може впливати на зсувні процеси на цій території через постійне накопичення вод біля нього і обводнення гірських порід.

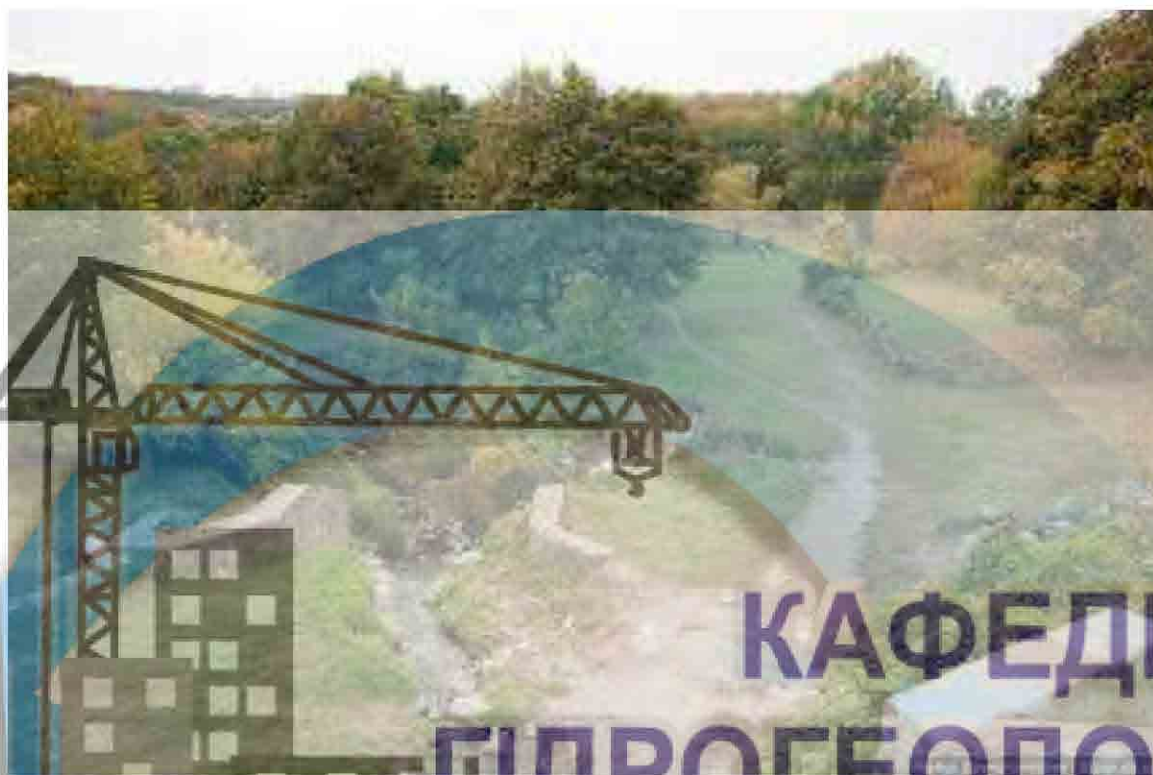


Рисунок 3.3 – Залізобетонні канали для відведення дощових вод.

Саме тому питання про зміцнення люцманського тунелю як і раніше є пріоритетним серед списку завдань запобігання розвитку і поширенню зовнішніх процесів.

Залізничники запевнили, що спільно з вченими було з'ясовано ряд причин, які сприяють обводненню тунелю. Будівництво об'єкта велося з тривалими перервами, і виробки перебували довгий час в умовах підтоплення. Через це обробка тунелю, обводненого агресивними водами, з перших днів початку експлуатації піддавалася корозії.

Заходи, що проводяться з метою усунення вищезазначених дефектів, давали тимчасовий результат і навіть провокували нові проблеми. Наприклад, штольні, побудовані в 1963 році, не мали фільтрів в отворах для прийому води. В результаті в тунель стали потрапляти суглинисто-супіщані фракції в великих кількостях [12].

Не дивно, що така обстановка послужила причиною подальших неприємностей. Тунель став не герметичним. Сьогодні, проїжджаючи по тунелю, можна

побачити струмені води, що безперервно течуть звідкись зверху. Особливо це помітно в центральній частині споруди.

Як з'ясувалося, ще однією причиною підтоплення є каналізаційна труба. За даними досліджень вона в значній мірі пошкоджена і дає велику втрату води в лесові ґрунтові маси над тунелем.

3.2 Геоморфологія, рельєф і фізико-геологічні явища

У геоморфологічному відношенні досліджувана територія розташована в межах вододільного плато правого берега ріки Дніпро, глибоко й інтенсивно порізаного ярово-балковою мережею і являється частиною правого схилу балки Тунельна, яка протягується від Запорізького шосе в східному напрямку до р. Дніпро [12].

Балка Тунельна сформована тривалими екзогенними процесами, початок яких належить до кінця неогену – початку четвертинного періоду. Її форма трапецеїдальна, шириною ~300 м по верху й 50-60 м по низу. Загальна глибина врізу балки становить 51.0-55.0 м. У верхів'ї балки поперек її простягання на насипі влаштована автодорога – Запорізьке шосе, під якою в тунелі прокладено одну гілку залізної дороги сполученням Київ-Одеса. Тунель з'єднує балку Тунельну з балкою Зустрічною і прокладений на абсолютній відмітці 105.0 м. Будівництво тунелю і залізної дороги проводилось в 20-30-ті роки минулого століття, введені в експлуатацію в 1932 р.

На своєму протязі балка прорізає такі геоморфологічні елементи як вододільне плато, схил вододільного плато (правий і лівий схили балки), днище балки. На обох схилах балки спостерігаються відроги, які глибоко прорізають покривні ґрунти.

Безпосередньо ділянка досліджень, знаходиться в межах вододільного плато верхньої частини правого схилу балки Тунельна. Рельєф рівний, загальним ухилом денної поверхні в північно-східному (в бік балки Тунельна) і східному (в бік верхів'я відрогу балки) напрямках. Абсолютні відмітки денної по-

верхні ділянки забудови змінюються від 146.00 м до 155.00 м (система висот - Балтійська).

Вниз від ділянки водорозділу до днища балки знаходиться правий схил балки протяжністю приблизно 410-420 м. Абсолютні відмітки денної поверхні знижуються від 145.00-150.00 м до 90.00-96.00 м. Крутизна схилу змінюється від слабологого до крутого. Весь схил залісений (листові дерева та чагарники), поверхня покрита трав'яною рослинністю.

При візуальному обстеженні схилу балки, північніше від досліджуваної ділянки в верхній його частині (протяжність до 70-80м) крутизна становить $\sim 5-8^\circ$ – схил класифікується як слабологий, нижче знаходиться бровка древнього зсуву, яка з роками виположилась (протяжність 20-30м) і має крутизну $35-40^\circ$ – схил відноситься до крутого. Нижче до днища (протяжність 300-310м) схил пологий і має крутизну $15-20^\circ$.

Днище балки Тунельної представляє собою відносно рівну ділянку поверхні, з боку правого схилу шириною 10-12 м. Абсолютні відмітки днища балки становлять 92.00-96.00м. По вузькому ерозійному врізу шириною 3-4 м і глибиною до 1-2х метрів протікає постійний русловий водотік, стовп води в руслі становить 0.5-0.8 м.

На окремих ділянках правого схилу балки (в районі тунелю залізничного полотна і нижче досліджуваної ділянки), встановлено, що порушення рівноваги мас гірських порід у вигляді проявів зсувних процесів спостерігалися як протягом останніх років, так і раніше. Інтенсивність і періодичність протікання зсувів системно не вивчалось, але враховуючи результати інженерно-геологічних досліджень останнього десятиліття, можна з повною впевненістю сказати, що ситуація стабілізувалась, нових зсувних проявів не зафіксовано, але процес має некерований характер і ступінь небезпеки досить висока.

За даними зсувної служби м. Дніпро правий схил балки Тунельної на окремих ділянках відноситься до зсувонебезпечних.

Під час рекогносцирувального обстеження (період учбової гідрогеологічної та інженерно-геологічної практики) в межах правого схилу балки Тунельної,

діючих зсувів та зсувних процесів, не зафіксовано, про що свідчить відсутність тріщин заколів денної поверхні та "п'яного лісу" (дерева ростуть вертикально). Схил задернований, порослий деревною рослинністю. Про відсутність активної фази зсувних процесів свідчить і стан зливного колектору – сучасні деформації відсутні.

З несприятливих фізико-геологічних процесів також слід відзначити наявність в геологічному розрізі потужної товщі лесових маловологих ґрунтів, здатних при замочуванні проявляти просідні властивості, а в днищі балки підтоплення території підземними водами.

3.3 Інженерно-геологічні умови схилу, що вивчається

3.3.1 Геологічна будова

У геологічному розрізі досліджуваного схилу балки до глибини 39,5 м від денної поверхні землі беруть участь четвертинні відкладення лесового комплексу, представлені перешаруванням супиноків і супісків (шари 3-8), червоно-бурими супинками (шар 9), які підстилаються неогеновими відкладеннями – глинами (шар 11) і пісками (шар 12). У днищі балки розвинені супіщано-суглинні верхньочетвертинні утворення балкового делювію (шар 2а). З денної поверхні корінні відкладення перекриті насипними (шар 1) і ґрунто-рослинними (шар 2) ґрунтами (див. інж-геологічний розріз) [12].

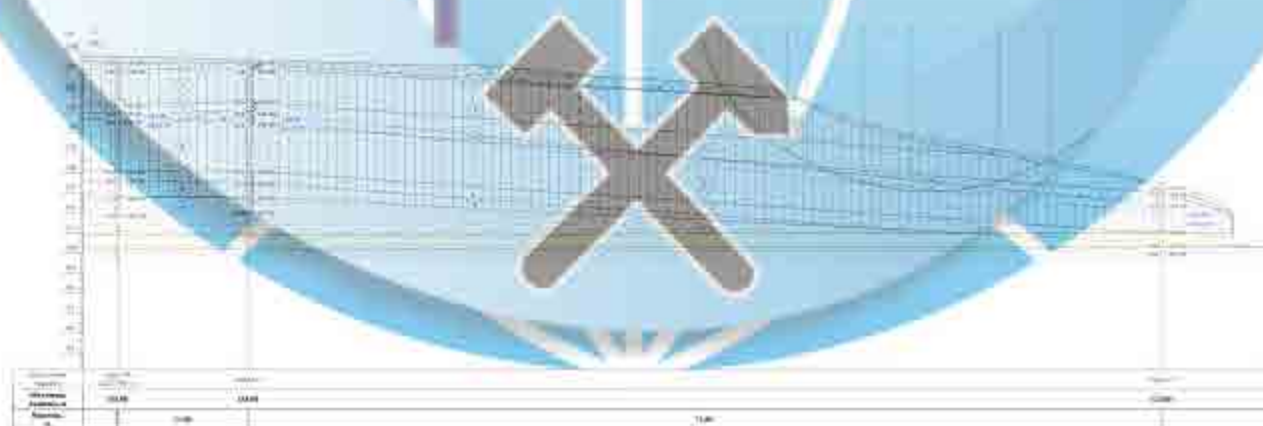


Рисунок 3.4 – Інженерно-геологічний розріз ділянки, що вивчається.

Нумерація шарів співпадає з нумерацією прийнятою в звітах по проведенням інженерно-геологічним вишукуванням на ділянці проекрованої забудови (№2769, №2969/1). У геологічному розрізі вздовж схилу, свердловинами не розкриті нижньочетвертинні червоно-бурі глини (шар 10), які зустрінуті на ділянці проекрованої забудови.

Опис виділених шарів, їх поширення та потужності приводяться зверху вниз по черзі їх залягання.

Техногенні сучасні відкладення

Шар 1 (t IV). Насипні ґрунти – з денної поверхні асфальт темно-сірий на щебенисто-шлаковій підсипці; далі бетон зі шлаками та щебенем, рідше суглинки лесові темно-сірі, напівтверді, з включенням побутових відходів та будівельного сміття (щебінь, шлак, бита цегла та ін.) вмістом до 15-25%. Поширені в межах ділянки проекрованої забудови, та в верхній частині схилу. За давністю утворення відносяться від незлежалих до злежалих. Розкрита потужність 0.3-1.8м.

Сучасні відкладення

Шар 2 (e IV). Ґрунтово-рослинні ґрунти. Суглинки темно-сірі до чорних, тверді, з корінням рослин. На ділянці проекрованої забудови мають локальне поширення, а вздовж усього схилу перекривають корінні відкладення. Потужність змінюються від 0.3м до 0.9м.

Шар 2a (d IV). Балковий делювій - суміш суглинків та супісків, темно-сірого, палево-жовтого, темно-бурого, жовтуватого-бурого, чорного кольору, консистенція тверда вище рівня підземних вод і м'яко-текучепластична та пластична – у зоні капілярної кайми й нижче рівня, з багаточисельними включеннями прожилків окислів заліза, з вкрапленнями гідроокислів марганцю, з жовтими карбонатами, в окремих інтервалах з уламками черепашок і скельних порід вмістом до 35%. Розвинуті у днищі балки. Потужність відкладень шару 2a розкрита свердловиною №20 становить 9.0м.

Четвертинні осадові відкладення

Лесові відкладання (шари 3-8) плащеподібно перекривають схил у верхній і середній його частинах і виклинюються у днищі балки.

Шар 3 (ed III pc+df). Суглинки лесові, жовто-бурі, бурувато-жовті, тверді, з ниткоподібними включеннями карбонатів, вкрапленнями гідроокислів марганцю, у покрівлі з ходами землерийв, заповнених гумусом, з залишками коріння рослин. Поширені на ділянці забудови і в верхній частині схилу, а вниз по схилу виклинюються. Потужність незначна і становить 0.5-2.0м.

Шар 4 (vd III bg). Суніски лесові жовті, бурувато-жовті, в деяких інтервалах жовтувато-сірі, темно-сірі, тверді, з ниткоподібними включеннями карбонатів, вкрапленнями гідроокислів марганцю, у покрівлі з ходами землерийв заповнених гумусом, з залишками коріння рослин. Потужність шару змінюється в широкому діапазоні від 2.6м до 9.8м (ділянка забудови), вниз по схилу - виклинюються.

Шар 5 (ed III-II pl+kd). Суглинки лесові бурувато-жовті, бурі, тверді вище рівня під-земних вод, м'якопластичні в зоні капілярної кайми і нижче рівня підземних вод, з прожилками та дрібними жовтими карбонатів, вкрапленнями гідроокислів марганцю та заліза.

Потужність шару становить 2.9-4.5м на ділянці забудови, зменшуючись вниз по схилу до 1.2-2.0м, а в днищі балки відсутні.

Шар 6 (vd II dn). Суніски лесові жовтувато-бурі, сірувато-жовті, тверді вище рівня підземних вод та пластичні в зоні капілярної кайми і нижче рівня підземних вод, з ниткоподібними включеннями карбонатів. Мають повсюдне поширення. Потужність в межах забудови становить 10.8-13.0м, зменшуючись вниз по схилу до 5.0м, а в днищі балки відсутні..

Шар 7 (ed II zy). Суглинки лесові червонувато-бурі, напівтверді, з включеннями журавчиків та жовтів карбонатів, з вкрапленнями гідроокислів марганцю. Потужність шару вниз по схилу зменшується від 2.9м до 0.4м, а в днищі балки відсутні.

Шар 8 (vd I ti). Суніски лесові жовтувато-сірі, пластичні, з включеннями жовтів карбонатів та плямами гідроокислів заліза. Підстеляють суглинки шару

7 в межах ділянки забудови, а в середній частині схилу виклинюються. Потужність становить 3.8-4.5м.

Шар 9 (d I m_r). Суглинки червоно-бурі, тверді, з вклученнями журавчиків та жовен карбонатів, з прожилками та вкрапленнями гідроокислів марганцю. На ділянці забудови і по схилу балки мають повсюдне поширення, в днищі відсутні. Розкрита потужність становить 5.0-5.3м.

Нижньонеогенові відкладення

Під четвертинними відкладеннями у днищі балки залягають верхньонеогенові утворення полтавської свити (шари 11 і 12).

Шар 11 (N₂^{pl}) Глини строкаті (червонувато-жовтувато-сірі), тверді, із скупченням кристалів гіпсу та вкрапленнями гідроокислів марганцю, з прошарками пісків. Зустрінуті у днищі балки на глибині 9.0м, потужністю 2.5м.

Шар 12 (N₂^{pl}) Піски кварцові, світло-сірі, дрібні, маловологі, з плямами окислів заліза, з уламками пісковика. У днищі балки підстилають глини шару 11 на глибині 11.5м, Розкрита потужність пісків становить 1.5м.

3.3.2. Гідрогеологічні умови

В гідрогеологічному відношенні в межах правого схилу балки Тунельної до розвіданої глибини фіксується один четвертинний водоносний горизонт, який знаходиться в лесових відкладеннях (шари 5-8) і делювіальних (шар 2а) – в днищі балки.

В верхній частині схилу (ділянка забудови) сталий рівень водоносного горизонту, на час виконання інженерно-геологічних вишукувань (червень, 2018р. та грудень 2019р.), зафіксовано на глибинах 11.4-15.5м (абс.відм.138.20-140.00м) від існуючої денної поверхні, в середній частині схилу на глибинах 7.5-6.0м (абс.відм.115.50-106.00м).

Коефіцієнти фільтрації ґрунтів зони аерації і водовмісних ґрунтів змінюються для: суглинків (шари 3,5) – 0.2-0.3м/добу; суглинків (шар 7) – 0.1м/добу; супісків (шари 4,6,8) – 0.6-0.8м/добу.

Відносним водотримним шаром служать щільні червоно-бурі суглинки (шар 9), які залягають в межах ділянки забудови на глибинах 29.3-34.9м (абс.відм.119.90-120.75м), а вниз по схилу – на глибинах 15.0-7.6м (абс.відм.108.00-94.90м).

Вниз по схилу, приблизно від абсолютної відмітки денної поверхні 112.00м до 104.00м четвертинний водоносний горизонт зникає за рахунок випару й перетоку води через скупчення карбонатних включень і жовен, які знаходяться в товщі червоно-бурих суглинків, в нижній водоносний горизонт неогенових піщаних відкладень.

Живлення водоносний горизонт одержує за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, витоків з підземних водонесучих комунікацій з боку просп. Праці і вище розташованих забудованих територій.

В придонній частині балки і в її днищі четвертинний водоносний горизонт знаходиться в відкладеннях ґрунтів шару 2а і частково шару 6, зафіксований на глибинах 2.5-6.5м (абс.відм.90.50-96.00м). В днищі балки горизонт додатково поповнюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, а також живлення від струмка, який постійно протікає в днищі балки.

Розвантаження горизонту відбувається в північно-східному напрямку в балку Тунельну, а потім в р. Дніпро.

3.3.3. Фізико-механічні властивості ґрунтів

Досліджувана товща ґрунтів в межах схилу балки, яка примикає до ділянки забудови за номенклатурними ознаками і властивостями, згідно ДСТУ Б В.2.1-2-96, розділена на 14 інженерно-геологічних елементів (ІГЕ), у межах яких товща є статистично однорідною за складом й властивостями. Нумерація ІГЕ відповідає нумерації виділених шарів [6-10].

В залежності від ступеню водонасичення, на два інженерно-геологічних елементи розділено суглинки шару 5 та супіски шару 6: Ґрунти твердої консистенції, які знаходяться вище зони капілярної кайми рівня підземних вод, відпо-

відно, ПЕ-5 та ПЕ-6а; а в зоні капі лярної кайми та нижче рівня підземних вод ґрунти мають м'якопластичну ПЕ-5а та пластичну (ПЕ-6) консистенцію.

Окремі значення й статистичні параметри характеристик фізико-механічних властивостей ґрунтів (ПЕ-3,4,5,5а,6а,6,7,8,9) приведені у текстовому додатку 2, нормативні та розрахункові показники складу й фізико-механічних властивостей ґрунтів у табличних додатках 1-9 і в таблиці 1 тексту.

Фізичні і міцнісні характеристики ґрунтів прийняті за результатами лабораторних досліджень, за виключенням суцільних ПЕ-6а твердої консистенції, які відсутні на ділянці проектованої забудови, а зустрінуті в середній і нижній частинах схилу, прийнято за матеріалами вишукувань минулих років.

Характеристики міцності ґрунтів отримані двома методами:

1. Одноплосинний зріз за схемою неконсолідованого недренованого зрізу у природному стані, ступенями тисків 0.1-0.2-0.3 МПа (ПЕ-3-5,6а,8), та при повному водонасиченні ступенями тисків 0.05-0.10-0.15 МПа (ПЕ-3,4,6) і ступенями тисків 0.1-0.2-0.3 МПа (ПЕ-5а).

2. По підготовленій змоченій поверхні "плашка по плащі" ступенями тисків 0.1-0.2-0.3 МПа (ПЕ-7,9).

Нижче описані найбільш характерні особливості фізико-механічних властивостей ґрунтів ПЕ-3-5,5а,6а,6-9, які задіяні при розрахунках стійкості схилу.

Суглинки ПЕ-3. Природна вологість змінюється від 0.15 до 0.18 ч.од. (нормативне значення 0.17 ч.од.), число пластичності 0.09-0.11 (нормативне значення 0.10), консистенція тверда (показник текучості <0).

Щільність ґрунту змінюється від 1.50 г/см³ до 1.59 г/см³ (нормативне значення 1.55 г/см³), щільність сухого ґрунту 1.27-1.37 г/см³ (нормативне значення 1.33 г/см³).

У гранулометричному складі вміст часток глинистої фракції діаметром <0.005 мм становить 11.97%, пилуватої фракції з діаметром часток 0.005-0.05 мм становить 70.67%, вміст піщаних часток діаметром 0.05-0.50 мм становить 17.36%. За числом пластичності й гранулометричним складом, згідно ДСТУ Б

В.2.1-2-96, класифікуються як легкі пілуваті. За коефіцієнтом пористості 1.02 - високопористі.

Характеристики міцності ґрунту (при довірчій ймовірності 0.95) при природній вологості: кут внутрішнього тертя 25° , питоме зчеплення 15.0кПа, при повному водонасиченні: кут внутрішнього тертя 16° , питоме зчеплення 12.0кПа.

Супіски ІГЕ-4. Число пластичності 0.05-0.06 (нормативне значення 0.05), консистенція тверда (показник текучості <0), природна вологість змінюється від 0.07 до 0.10ч.од. (нормативне значення 0.08ч.од.). Щільність ґрунту 1.48-1.59г/см³ (нормативне значення 1.52г/см³), щільність сухого ґрунту 1.37-1.46г/см³ (нормативне значення 1.40г/см³).

У гранулометричному складі вміст глинистої фракції розміром <0.005 мм становить 8.69%, пілуватої фракції розміром 0.01-0.05мм – 74.07%, піщаної фракції розміром 0.05-0.25мм – 17.24%. За гранулометричним складом, згідно ДСТУ Б В.2.1-2-96, класифікуються як пілуваті. За коефіцієнтом пористості 0.89 - високопористі.

Характеристики міцності ґрунту (при довірчій ймовірності 0.95) при природній вологості: кут внутрішнього тертя 23° , питоме зчеплення 20.0кПа, при повному водонасиченні: кут внутрішнього тертя 18° , питоме зчеплення 7.0кПа.

Суглинки ІГЕ-5. Природна вологість ґрунту 0.16-0.18ч.од. (нормативне значення 0.17ч.од.), число пластичності 0.09-0.11 (нормативне значення 0.10), консистенція тверда (показник текучості <0).

Щільність ґрунту змінюється від 1.65г/см³ до 1.74г/см³ (нормативне значення 1.69г/см³), щільність сухого ґрунту 1.42-1.47г/см³ (нормативне значення 1.44г/см³).

У гранулометричному складі вміст часток глинистої фракції діаметром <0.005 мм становить 12.40%, пілуватої фракції діаметром часток 0.005-0.05мм становить 70.26%, вміст піщаних часток діаметром 0.05-0.25мм становить 17.34%. За числом пластичності й гранулометричним складом, згідно ДСТУ Б В.2.1-2-96, класифікуються як легкі пілуваті.

За коефіцієнтом пористості 0.86 - високопористі.

Характеристики міцності ґрунту (при довірчій ймовірності 0.95) при природній вологості: кут внутрішнього тертя 22° , питоме зчеплення 25.0кПа, при повному водонасиченні: кут внутрішнього тертя 17° , питоме зчеплення 19.0кПа.

Суглинки ПЕ-5а. Число пластичності 0.10-0.13 (нормативне значення 0.11), консистенція м'якопластична (показник текучості 0.5), природна вологість 0.24-0.27ч.од. (нормативне значення 0.26ч.од.). Щільність ґрунту 1.82-1.95г/см³ (нормативне значення 1.88г/см³), щільність сухого ґрунту 1.46-1.55г/см³ (нормативне значення 1.49г/см³).

У гранулометричному складі вміст глинистої фракції розміром <0.005мм становить 11.90%, пилуватої фракції розміром 0.01-0.05мм – 70.13%, піщаної фракції розміром 0.05-0.25мм - 17.98%. За числом пластичності й гранулометричним складом, згідно ДСТУ Б В.2.1-2-96, класифікуються як легкі пилуваті.

Характеристики міцності при природній вологості (при довірчій ймовірності 0.95) - кут внутрішнього тертя 17° , питоме зчеплення 18.0кПа.

Супіски ПЕ-6а. Число пластичності 0.05, консистенція тверда (показник текучості <0), природна вологість 0.16ч.од. Щільність ґрунту 1.74г/см³, щільність сухого ґрунту 1.51г/см³.

У гранулометричному складі вміст глинистої фракції розміром <0.005мм становить 7.36%, пилуватої фракції розміром 0.01-0.05мм – 71.97%, піщаної фракції розміром 0.05-0.25мм - 20.67%. За гранулометричним складом, згідно ДСТУ Б В.2.1-2-96, класифікуються як пилуваті.

Характеристики міцності ґрунту (при довірчій ймовірності 0.95) при природній вологості: кут внутрішнього тертя 19° , питоме зчеплення 16.0кПа, при повному водонасиченні: кут внутрішнього тертя 20° , питоме зчеплення 9.0кПа.

Супіски ПЕ-6. Число пластичності 0.05-0.07 (нормативне значення 0.06), консистенція пластична (показник текучості 0.68), природна вологість 0.23-0.26ч.од. (нормативне значення 0.24ч.од.). Щільність ґрунту 1.92-1.98г/см³ (но-

нормативне значення 1.95г/см^3), щільність сухого ґрунту $1.52\text{--}1.61\text{г/см}^3$ (нормативне значення 1.57г/см^3).

У гранулометричному складі вміст глинистої фракції розміром $<0.005\text{мм}$ складає 6.94% , пилуватої фракції розміром $0.01\text{--}0.05\text{мм}$ – 72.76% , піщаної фракції розміром $0.05\text{--}0.25\text{мм}$ – 20.30% . За гранулометричним складом, згідно ДСТУ Б В.2.1-2-96, класифікуються як пилуваті.

Характеристики міцності природного стану (при довірчій ймовірності 0.95) – кут внутрішнього тертя 20° , питоме зчеплення 9.0кПа .

Суглинки лесові ІГЕ-7. Число пластичності $0.12\text{--}0.15$ (нормативне значення – 0.14), консистенція напівтверда (показник текучості 0.03), природна вологість змінюється від 0.21 до 0.24ч.од. (нормативне значення 0.23ч.од.). Щільність ґрунту $1.95\text{--}2.03\text{г/см}^3$ (нормативне значення 1.99г/см^3), щільність сухого ґрунту $1.58\text{--}1.67\text{г/см}^3$ (нормативне значення 1.62г/см^3).

У гранулометричному складі вміст глинистої фракції розміром $<0.005\text{мм}$ складає 26.80% , пилуватої фракції розміром $0.01\text{--}0.05\text{мм}$ – 56.10% , піщаної фракції розміром $0.05\text{--}0.5\text{мм}$ – 17.10% . За числом пластичності і гранулометричним складом, згідно ДСТУ Б В.2.1-2-96, класифікуються як важкі пилуваті.

Характеристики міцності ґрунту природного стану (при довірчій ймовірності 0.95): кут внутрішнього тертя становить 6° , питоме зчеплення 25.0кПа .

Супіски лесові ІГЕ-8. Число пластичності $0.05\text{--}0.07$ (нормативне значення – 0.06), консистенція пластична (показник текучості 0.55), природна вологість становить $0.22\text{--}0.25\text{ч.од.}$ (нормативне значення 0.24ч.од.). Щільність ґрунту $1.94\text{--}2.03\text{г/см}^3$ (нормативне значення 1.98г/см^3), щільність сухого ґрунту $1.56\text{--}1.65\text{г/см}^3$ (нормативне значення 1.60г/см^3).

У гранулометричному складі вміст глинистої фракції розміром $<0.005\text{мм}$ складає 8.54% , пилуватої фракції розміром $0.01\text{--}0.05\text{мм}$ – 78.60% , піщаної фракції розміром $0.05\text{--}1.0\text{мм}$ – 12.86% . За гранулометричним складом, згідно ДСТУ Б В.2.1-2-96, класифікуються як пилуваті.

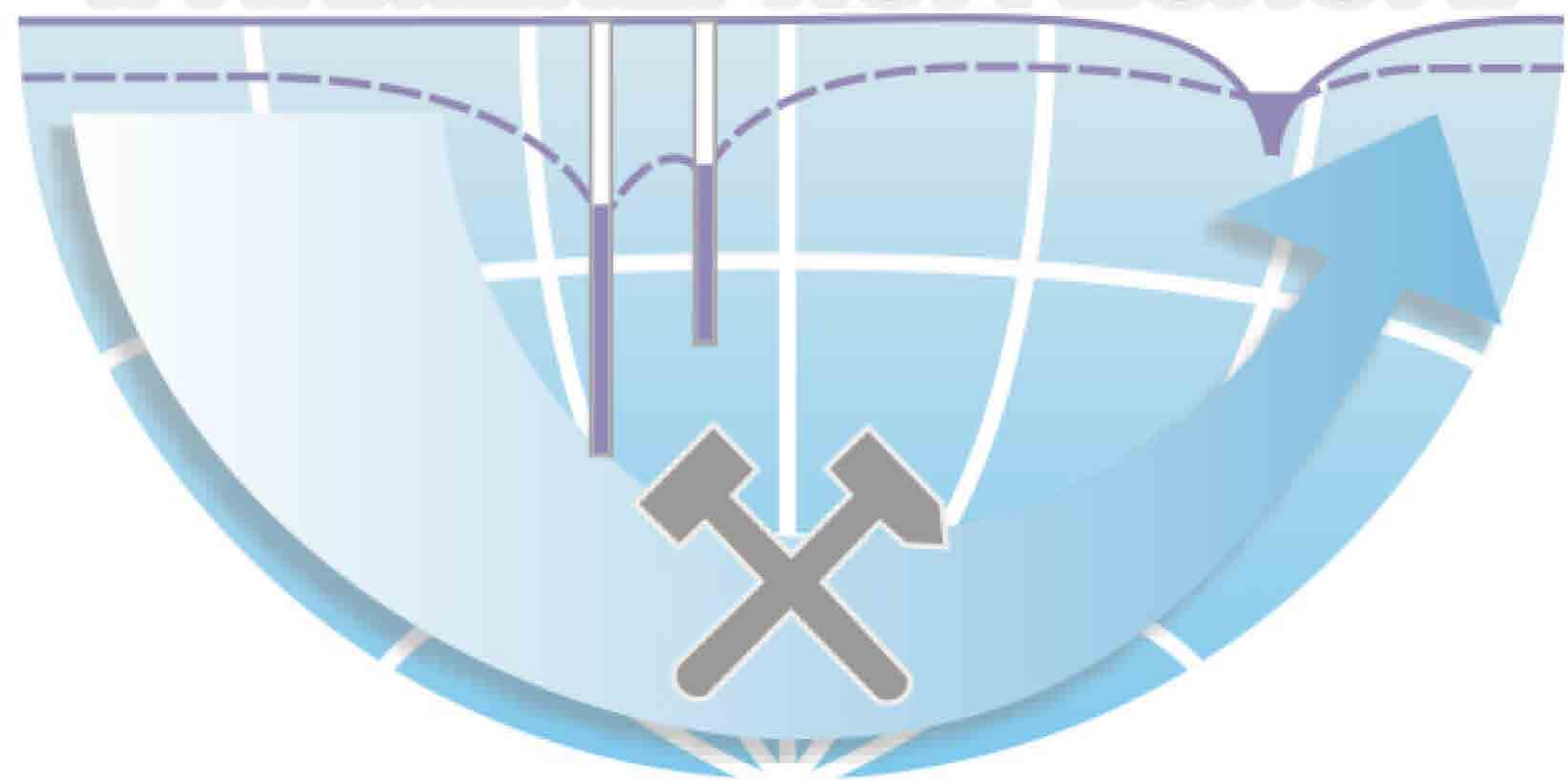
Характеристики міцності природного стану (при довірчій ймовірності 0.95): кут внутрішнього тертя 18° , питоме зчеплення 8.0кПа .

Суглинки ІГЕ-9. Число пластичності 0.13-0.17 (нормативне значення – 0.16), консистенція тверда (показник текучості <0), природна вологість становить 0.21-0.23ч.од. (нормативне значення 0.22ч.од.). Щільність ґрунту 2.00-2.07г/см³ (нормативне значення 2.03г/см³), щільність сухого ґрунту 1.64-1.71г/см³ (нормативне значення 1.67г/см³).

У гранулометричному складі вміст глинистої фракції розміром <0.005мм складає 27.00%, пілуватої фракції розміром 0.01-0.05мм – 68.58%, піщаної фракції розміром 0.05-0.25мм -4.42%. За числом пластичності і гранулометричним складом, згідно ДСТУ Б В.2.1-2-96, класифікуються як важкі пілуваті.

Характеристики міцності природного стану ґрунтів (при довірчій ймовірності 0.95): кут внутрішнього тертя 4⁰, питоме зчеплення 25.0кПа.

КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



4 МЕТОД РОЗРАХУНКУ СТІЙКОСТІ СХИЛУ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

4.1 Метод круглоциліндричних поверхонь [3]



Рисунок. 4.1 – До розрахунку стійкості укосу з використанням методу круглоциліндричної поверхні ковзання.

Метод круглоциліндричної поверхні ковзання для розрахунку стійкості укосів і схилів був уперше запропонований К. Петерсоном у 1916 р. (іноді його називають методом шведського геотехнічного товариства) [3]. Надалі він отримав розвиток у роботах багатьох учених, і на сьогоднішній день вживають декілька його модифікацій, одна з яких розглядається нижче.

Передбачається, що втрата стійкості укосу чи схилу (рис.4.1) може відбутися в результаті обертання відсіку ґрунтового масиву відносно деякого центра O .

Поверхня ковзання в цьому випадку має вигляд дуги окружності з радіусом r і центром у точці O . Масив, що зміщується, розглядається як єдиний недеформований відсік, усі точки якого беруть участь у загальному русі. Коефіцієнт стійкості розраховують за формулою

$$K_{st} = \frac{M_{st}}{M_{sa}}, \quad (4.1)$$

де M_{st} і M_{sa} відповідно утримуючий і перекидаючий моменти, що діють на відсік, відносно центра обертання O .

Для визначення моментів, що входять у формулу (4.1), відсік ґрунтового масиву розбивають вертикальними лініями на окремі елементи. Характер розбивки призначається з урахуванням неоднорідності ґрунту і профілю схилу так, щоб у межах відрізка дуги ковзання основи кожного i -го елемента міцнісні характеристики ґрунту були постійними. Обчислюють сили, що діють на кожний елемент відсіку, тобто вага ґрунту в об'ємі i -го елемента P_{gi} і прикладене до його поверхні зовнішнє навантаження P_{qi} . Суму сил $P_{qi} + P_{gi}$ переносять по лінії їхньої дії і прикладають до основи елемента (точніше, до центра його підосви). Потім цю суму розкладають на складові – нормальну до підосви i -го елемента $N_i = (P_{qi} + P_{gi}) \cdot \cos(\alpha_i)$ і рівнобіжну підосві i -го елемента $T_i = (P_{qi} + P_{gi}) \cdot \sin(\alpha_i)$ сили.

Далі з використанням формули (4.1) визначають утримуючі i -й відсік сили $T'_i = (P_{qi} + P_{gi}) \cdot \cos(\alpha_i) \cdot \operatorname{tg}(\varphi_i) + c_i l_i$.

Момент зрушуючих відсік сил визначають за формулою

$$M_{sa} = r \cdot \sum_{i=1}^n T_i = r \cdot \sum_{i=1}^n (P_{qi} + P_{gi}) \cdot \sin \alpha_i,$$

а момент утримуючих відсік сил – за формулою

$$M_{st} = r \cdot \sum_{i=1}^n T'_i = r \cdot \sum_{i=1}^n [(P_{qi} + P_{gi}) \cdot \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i + c_i l_i].$$

При цьому коефіцієнт стійкості укосу (схилу) визначають за формулою

(4.2):

$$K_{st} = \frac{M_{st}}{M_{sa}} = \frac{r \cdot \sum_{i=1}^n T'_i}{r \cdot \sum_{i=1}^n T_i} = \frac{\sum_{i=1}^n [(P_{qi} + P_{gi}) \cdot \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i + c_i l_i]}{\sum_{i=1}^n (P_{qi} + P_{gi}) \cdot \sin \alpha_i}, \quad (4.2)$$

де K_{st} – коефіцієнт стійкості; M_{st} і M_{sa} – відповідно утримуючий і зрушую-

чий моменти; $\sum_{i=1}^n T_i$ і $\sum_{i=1}^n T'_i$ – відповідно суми утримуючих і зрушуючих сил; r – радіус поверхні ковзання (тобто відстань від точки O до поверхні ковзання); $P_{qi} + P_{gi}$ – сума вертикальних сил – ваги i -го елемента P_{gi} і прикладеної до його поверхні рівнодіючої зовнішніх сил P_{qi} ; α_i – кут нахилу підосви i -го елемента до горизонту;

$l_i = \frac{b_i}{\cos \alpha_i}$ – довжина підосви i -го елемента; b_i – ширина i -го елемента; c_i і φ_i – відповідно питоме зчеплення і кут внутрішнього тертя по підосві i -го елемента; n – кількість елементів, на які розбитий відсік.

При виконанні практичних розрахунків стійкості укосів і схилів за методом круглоциліндричної поверхні слід визначити положення центра обертання O і радіус r , які відповідають найбільш небезпечному випадку. Тому проводиться серія розрахунків при різних положеннях центрів обертання O та значеннях радіусу r . Найчастіше найбільш небезпечна поверхня ковзання проходить через нижню точку укосу чи схилу. Однак якщо в основі залягають слабкі

ґрунти з відносно низькими значеннями міцносних характеристик, то ця умова може не виконуватися.

Тому при виконанні практичних розрахунків роблять так:

– задаються координатами центрів обертання O_1, O_2, \dots, O_n (звичайно ці центри розташовують на одній прямій) і визначають відповідні їм коефіцієнти стійкості $K_{st,1}, K_{st,2}, \dots, K_{st,n}$

– для відповідних цим центрам обертання поверхням ковзання будують епюру значень цих коефіцієнтів (рис.4.1);

– через точку, що відповідає мінімальному коефіцієнту стійкості $K_{st,i} = K_{st,min}$ проводять нормаль до прямої, на якій розташовані центри обертання O_1, O_2, \dots, O_n

– на цій нормалі задаються новими центрами обертання O'_1, O'_2, \dots, O'_n , визначають відповідні їм коефіцієнти стійкості $K'_{st,1}, K'_{st,2}, \dots, K'_{st,n}$ і знову оцінюють мінімальне значення коефіцієнта стійкості.

Цей процес слід повторювати доти, поки не буде знайдене найменше з усіх можливих значення коефіцієнта стійкості $K_{st,min}$. Укіс вважається стійким, якщо виконується умова

$$K_{st,min} \leq K_{st}^H, \quad (4.3)$$

де K_{st}^H – значення нормативного коефіцієнта стійкості. Виконання зазначених розрахунків "вручну" дуже трудомістке, і тому їх виконують на ЕОМ.

4.2 Результати розрахунків стійкості схилу

Геоморфологічна приуроченість правого схилу балки, його геологічні й гідрогеологічні особливості, техногенні фактори такі як: підрізка схилу, прокладка водовідвідних каналів, підтікання води з боку висотної забудови (витоки

води з підземних водогінних мереж) та обводнювання ґрунтів схилу, сприяють прояву зсувних процесів.

Для кількісної оцінки стійкості правого схилу балки Тунельної у межах досліджуваної території виконані розрахунки його стійкості.

Для розрахунків обрано один профіль I-I (розрахунковий створ) від ділянки водорозділу до днища балки. Профіль побудований у співвідношенні вертикального й горизонтального масштабів (один до одного): 1:500 і 1:500 (див. рис 3.4).

Розрахунки стійкості схилу виконано методом круглоциліндричної поверхні (метод Чугасва – по передбачуваній площині ковзання) при умовах:

а) існуючий рельєф досліджуваної частини схилу без навантаження від забудови в природному стані ґрунтів;

б) існуючий рельєф досліджуваної частини схилу без навантаження від забудови при екстремальному замочуванні ґрунтів аварійними і постійними витокami з підземних водовмісних комунікацій з глибини 2.0м від денної поверхні (глибина залягання підземних комунікацій);

Розрахунки по площинам ковзання виконані методом круга циліндричної поверхні.

В якості критерію оцінки ступеня стійкості схилу, використовується кількісний показник - коефіцієнт стійкості K_{st} . (коефіцієнт запасу стійкості), який визначається зі співвідношення утримуючих сил до зсувних.

Метою розрахунків є перевірка, при найбільш несприятливих умовах, можливості виникнення в ґрунтовому масиві граничного стану по втраті стійкості на зрушення.

При обчислюваннях використовувалися розрахункові характеристики фізико-механічних властивостей ґрунтів у природному й водонасиченому станах по першій граничній умові (по несучій здатності при довірчій ймовірності 0.95) і приведені в таблиці 4.1 тексту.

Розрахункові показники фізико-механічних властивостей ґрунтів
при довірчій імовірності $\alpha_1 = 0.95$

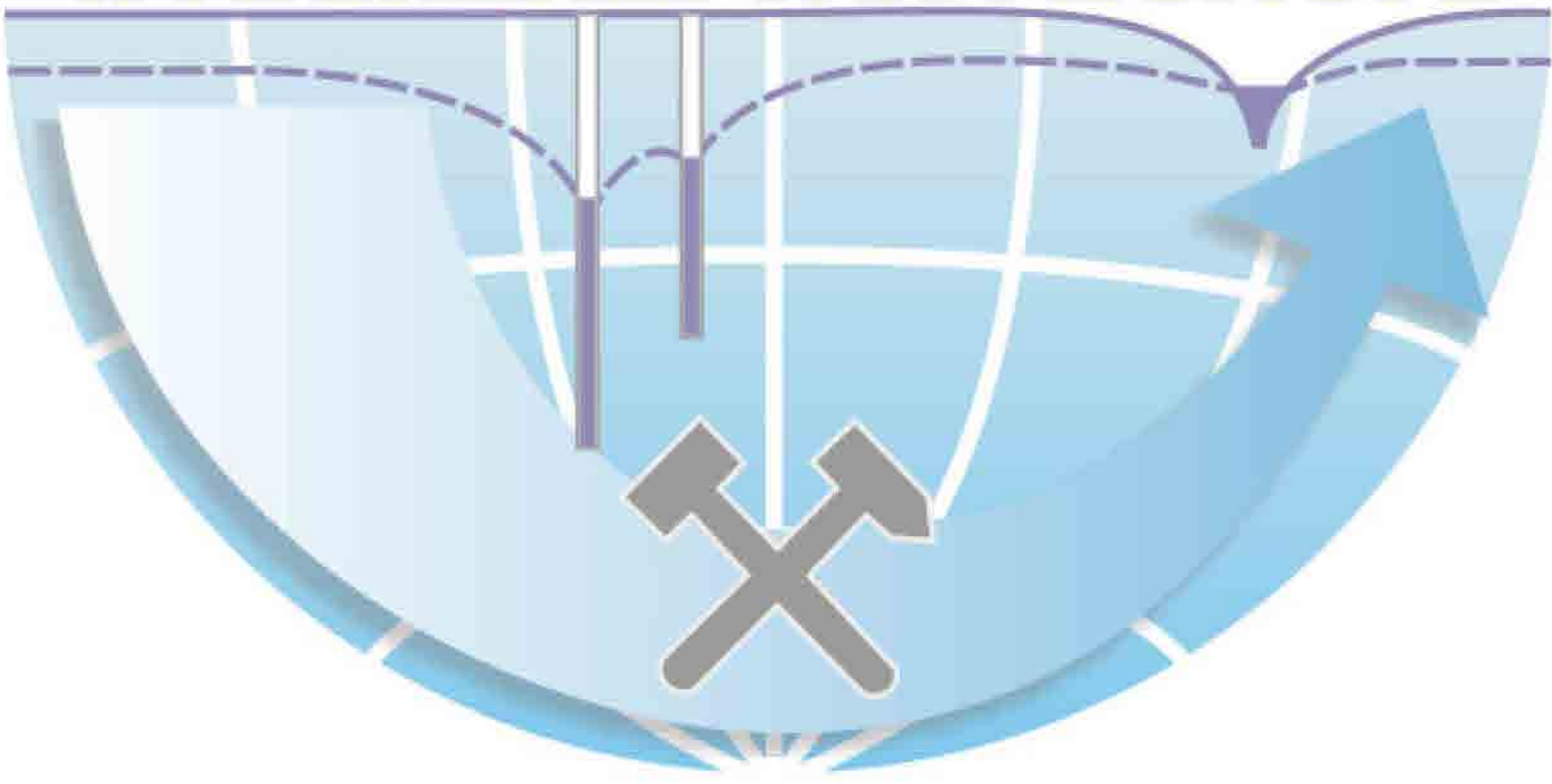
Номер ПГЕ	Питома вага ґрунту, кН/м ³		Зріз неконсолідований при природній вологості		Зріз неконсолідований у водонасиченому стані	
	природної вологості, $\gamma_{\text{ест}}$	водонасиченому стані, $\gamma_{\text{вод}}$	кут внутр. тертя φ , град	питоме зчеплення c , кПа	кут внутр. тертя φ , град	питоме зчеплення c , кПа
1+2+3	15.09	17.63	25	15.0	16	12.0
4	14.78	18.05	23	20.0	18	7.0
5	16.47	18.37	22	25.0	17	19.0
5a	18.19	-	-	-	17	18.0
6a	16.86	18.56	19	16.0	20	9.0
6	19.02	-	-	-	20	9.0
7	19.46	-	-	-	6	25.0
8	19.29	-	-	-	18	8.0
9	19.87	-	-	-	4	25

З огляду на те, що насипні ґрунти (ІГЕ-1), в основному, складаються з суглинистих ґрунтів, ґрунтово-рослинні ґрунти (ІГЕ-2) представлені суглинками, то при розрахунках вони об'єднані в один шар з лесовими суглинками (ІГЕ-3) - 1+2+3.

Найбільш крута ділянка схилу без додаткового навантаження:

-по площині ковзання – $K_{st} = 1.31$ і 1.01 - в природному стані ґрунтів і при їх екстремальному замочуванні аварійними і постійними витокami з підземних водовмісних комунікацій з глибини 2.0м від денної поверхні (глибина залягання підземних комунікацій);

КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



5 ОБГРУНТУВАННЯ ТИПУ І ВИДУ ДРЕНАЖНИХ ЗАХОДІВ НА ТЕРИТОРІЇ ЗСУВНОГО СХИЛУ.

5.1 Основні передумови до застосування, вибору типу дренажу і обґрунтування виду волознижуючих заходів

Горизонтальні дренажі - підземні споруди, що призначені для штучного зниження рівня підземних вод протягом тривалого періоду. Для цього під рівень підземних вод закладаються спеціальні канали-осушувачі або дрени, що безпосередньо відбирають воду з ґрунту і підводять її до різного роду проводячих пристроїв, призначених для виведення підземних вод у водоприймач (річку, озеро, яр і т. п.). У ряді випадків зниження рівня підземних вод на території, що захищається досягається його перехопленням на верхній або нижній (по потоку) границі, для захисту інженерних споруд та підтоплення масивів лесових порід [4, 5, 11].

Залежно від розташування дренажів по відношенню до території, що дрениється і джерел надходження до неї підземних вод розрізняють наступні системи дренажів: систематичний, головний, кільцевий.

Залежно же від застосовуваних пристроїв для перехоплення дренажних вод виділяються наступні типи дренажів: горизонтальний, вертикальний і комбінований.

Горизонтальні дренажі в конструктивному відношенні можуть бути в свою чергу розбиті на наступні основні види:

- а) відкриті дренажі - без заповнення їх поперечного перерізу, що фільтрує - канави і лотки;
- б) закриті дренажі - із суцільним заповненням їх поперечного перетину, що фільтрує;
- в) трубчасті дренажі – з керамічних, бетонних, залізобетонних, азбоцементних труб;

г) галерейні дренажі, що влаштовуються відкритим способом або прохідні закритим (підземним) способом - «власне» дренажні галереї, тунелі, штольні.

В нашому випадку, для захисту тунелю, як по всій йогодовжині, так в місці виходу його на поверхню необхідно застосувати дренажні галереї, тунелі, штольні, що будуть проходитись підземним способом.

Розрізняють горизонтальні дренажі як досконалого, так і недосконалого типів. Дрени досконалого типу повністю прорізають дренається водоносний пласт і своєю основою доходять до водотриву; дрени ж недосконалого типу лише частково прорізають водоносну товщу і не доходять своєю основою до підстиляючого її водотриву.

Систематичний дренаж являє собою систему горизонтальних (вертикальних) дрен, розташованих більш-менш рівномірно по всій дренаємій території (рідше у вигляді комбінації тих і інших дрен).

У горизонтальних дренажах дрени, як правило, розташовуються паралельно одна одній, це дрени-осушувачі. У них головним чином і надходять підземні води з поміж-дренажного простору, внаслідок чого відбувається зниження їх дзеркала до необхідної глибини. Система осушувачів примикає до дрена-збирача або ж безпосередньо до магістрального колектору, що відводить дренажні води у водоприймач. Призначення збирачів складається головним чином в прийнятті води від осушувачів і транспортуванням її до магістрального колектору.

Як обґрунтування дренажних заходів, завданням яких є зниження рівня ґрунтових вод в межах досліджуваної ділянки зсувного схилу в місці виходу тунелю на денну поверхню в балці Тунельна, пропонується спорудження систематичного горизонтального дренажу в підземний спосіб обладнання. Горизонтальний дренаж передбачається за своєю конструкцією самопливним, недосконалим за ступенем розкриття водоносної товщі, за конструктивними особливостями - закритого типу.

5.2. Гідрогеологічний розрахунок систематичного дренажу горизонтального типу.

Основним завданням при розрахунку дренажів даного типу є визначення відстаней між двома сусідніми дренами-осушувачами, а також продуктивність кожної з них (рис 4.1).

Відстань між дренами недосконалого типу для умов ґрунтового водоносного горизонту може бути наближено визначено за формулою С.Ф. Авер'янова [11]:

$$2a = T \left[\sqrt{\frac{8Kh_{max}}{WT} \left(1 + \frac{h_{max}}{2T} \right) + B_1^2} - B_1 \right], \quad (5.1)$$

$$h_{max} = H_1 - S_0, \quad B_1 = 2B; \quad (5.2)$$

$$B = 1,471g \frac{1}{\sin \frac{\pi r_c}{T}}; \quad (5.3)$$

де (рис.4.1),

T - відстань від центру дрени до водотриву;

h_{max} - максимальна висота зниженого рівня підземних вод в міждренному просторі над встановленою висотою рівня води в горизонтальних дренах;

H_1 - глибина занурення дрен під встановлений рівень підземних вод;

S_0 - норма осушення;

r_c - радіус дрени.

Розрахунок дебіту кожної окремої дрени зробимо за формулою:

$$Q = 2WaL; \quad (5.4)$$

де, a - половина відстані між дренами;

L - прийнята довжина горизонтальної дрени;

W - інтенсивність просочування атмосферних опадів або господарсько-каналізаційних вод в ґрунт, виражена товщиною шару води в одиницю часу (розмірність приймається ідентичною коефіцієнту фільтрації).

Розглянемо два найбільш перспективних варіанти розрахунків виходячи з конкретно існуючої завдання: - максимально можливого водозниження в міждренному просторі при збереженні обґрунтовано раціональної відстані між закладенням водознижуючих пристроїв в межах досліджуваної ділянки.

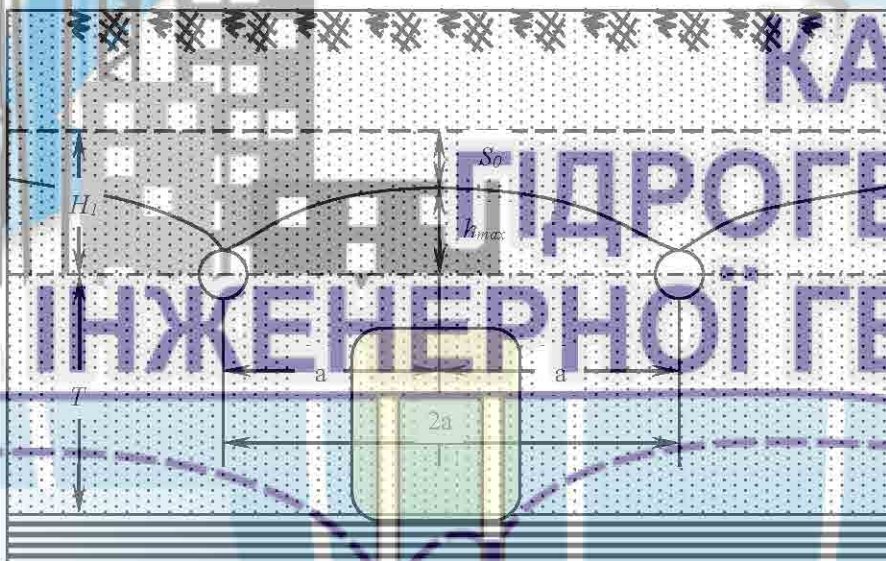


Рисунок 5.2 - Схема для визначення відстані в міждренному просторі горизонтального дренажу недосконалого типу.

Відповідно до поставленої задачі, яка витікає з розрахунків представлених в розділі 4, максимальна висота зниженого рівня підземних вод в міждренному просторі h_{max} (щодо сталого рівня води в дренах (рис. 5.2) повинна знаходитися в межах ґрунту шостого інженерно-геологічного елемента представленого сушіском лесовидним. Таким чином, розрахунок проводився для значень h_{max} відповідно рівних 5.0 м.

Параметр T - характеризує відстань від центру дрена до водотриву прийнятий осередненим і становить 20 м, радіус дрена - r_c - прийнятий 1,00 м.

Таким чином розрахунковий параметр B дорівнює:

$$B = 1,471g \frac{1}{\sin \frac{\pi r_c}{T}} = 1,471g \frac{1}{\sin \frac{3,14 * 1,00}{20}} = 3,70 ,$$

відповідно $B_1 - 7,40$.

У першому варіанті – аварійні втрати з водонесучих колекторів) відстань між дренами $2a$ ($W - 0,008$ м/доб) одно згідно (5.1):

$$2a = 2 \left[\sqrt{\frac{8 * 0,15 * 5}{0,0015 * 20} \left(1 + \frac{5,0}{2 * 20} \right) + 7,40^2} - 7,40 \right] = 24,5 \text{ м.},$$

при цьому розглядалося два підваріанти пов'язаних з різним кількісним показником W - інтенсивністю просочування атмосферних опадів (орієнтовно прийнятому в лесових супісках і суглинках рівним $0,0015$ м/доб - $2a = 48,46$ м), або господарсько-каналізаційних вод в ґрунт ($W - 0,008$ м / добу, $2a = 24,46$ м), виражена товщиною шару води в одиницю часу (м/сут).

Таблиця 2

Відстань між дренами та обсяг скидання при різній величині зниження і інтенсивності техногенного і природного живлення на зсувній ділянці.

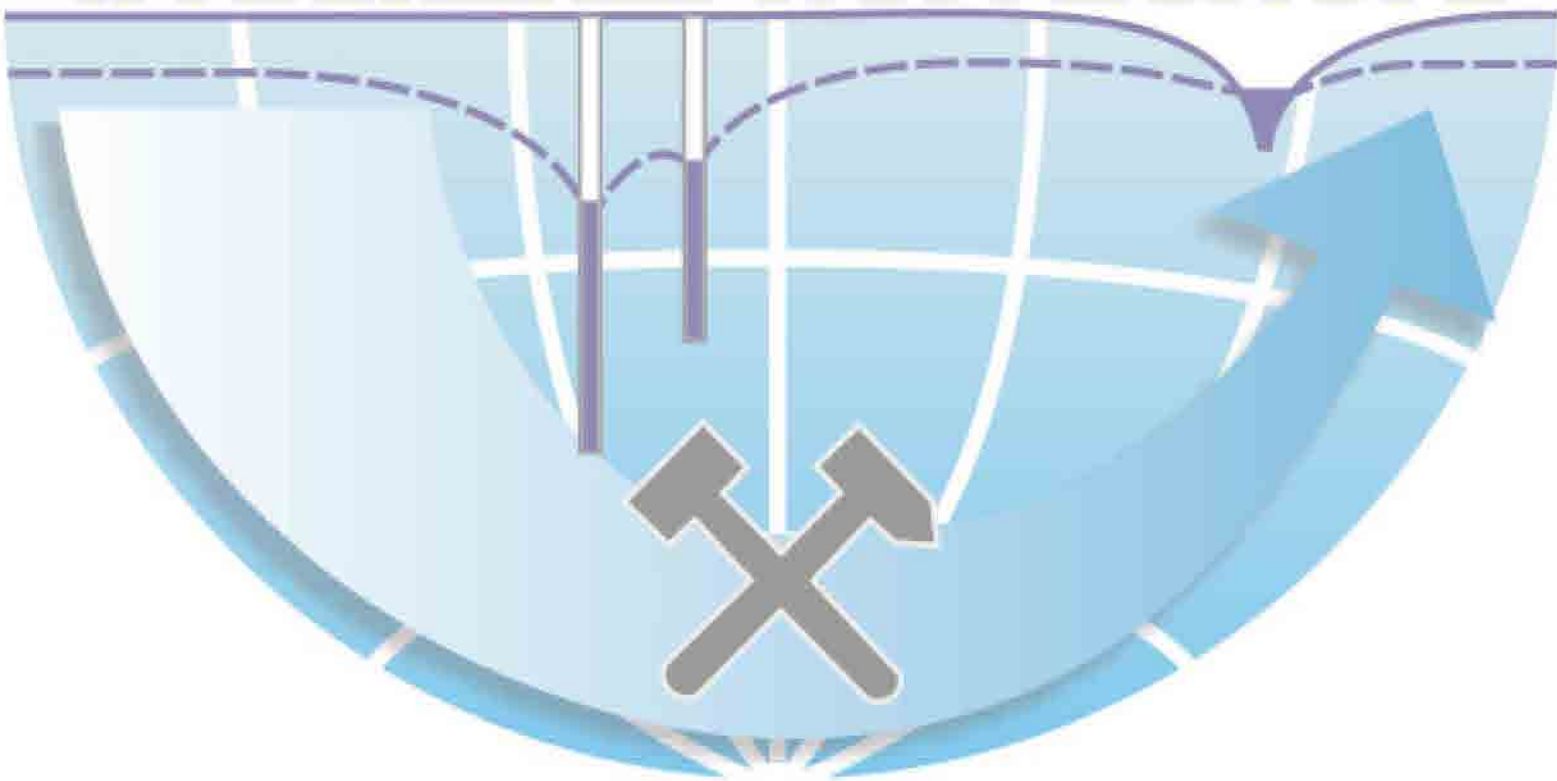
$H_1, \text{ м}$	$k_{ф}, \text{ м/сут}$	$T, \text{ м}$	$S_0, \text{ м}$	$h_{max}, \text{ м}$	$W, \text{ м/сут}$	$W, \text{ мм/год}$	$2a, \text{ м}$	$Q, \text{ при } L=1 \text{ м} \text{ м}^3/\text{сут}$
30,0	0,15	20,0	25,0	5,0	0,008	2920	24,46	0,19
			25,0	5,0	0,0015	540	48,46	0,073

І так, при розгляді ефективності дренажних заходів представлених у вигляді систематичного горизонтального дренажу, недосконалого за ступенем розкриття водоносного пласта в межах розглянутої ділянки можна зробити наступні висновки, - при підтримці рівня підземних вод в міждренному просторі, з

урахуванням можливих аварійних ситуацій, пов'язаних з постійним живленням підземних вод за рахунок втрат з водогінних комунікацій, баражування поверхневого стоку і розвантаження зливових і талих вод у водоносний горизонт, необхідним є розташування водопонижаючих пристроїв в межах 20,0 - 30,0 метрів одна від іншої, в 20 м від водотриву (в 15 м над кривлею кріплення тунелю).

Дебіт горизонтальних дрен розраховувався виходячи з їх довжини в 1 погонний метр в межах зсувонебезпечної ділянки і склав відповідно 0,19 та 0,073 м³/доб з урахуванням двох, раніше обгрунтованих, величин інтенсивності просочування атмосферних опадів 0,0015-0,008 м/доб. [11]:

КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



ВИСНОВОК

Одна з ділянок траси Мерефо-Херсонської залізниці (Апостолово - Лоцманка) проходила через пагорб на південній околиці Катеринослава. Щоб подолати цю перешкоду, в 1929-му році, був проритий Лоцманський залізнодорожний тунель. Протяжність тунелю склала 860 метрів.

З моменту спорудження тунелю, балка знайшла свою назву "Тунельна". Вона стала свого роду коридором для північного виходу з лоцманського тунелю.

Крізь залізничний насип проходять два тунелі для стічних вод: малий і великий. Обидва тунелі прориті за часів будівництва ділянки Мерефо-Херсонської залізниці (Апостолово - Лоцманка, 1929). На схилах тунельної балки знаходяться також залізобетонні канали для відведення дощових вод. Судячи зі збережених на них написах, канали були споруджені в 1952-му році.

На сьогодні цей тунель впливає на зміни інженерно-геологічного стану порід на цій території через постійне накопичення підземних вод навколо нього і обводнення гірських порід, що в свою чергу сприяє розвитку негативних процесів.

Саме тому питання про зміцнення лоцманського тунелю як і раніше є пріоритетним серед списку завдань запобіганню розвитку і поширенню зсувних процесів.

На основі вивченого матеріалу було з'ясовано ряд причин, які сприяють обводненню тунелю. Будівництво об'єкта велося з тривалими перервами, і виробки перебували довгий час в умовах підтоплення. Через це ізоляція тунелю, обводненого агресивними водами, з перших днів будівництва і на початку його експлуатації піддавалася корозії.

Заходи, що проводилися з метою усунення вищезазначених дефектів, давали тимчасовий результат і навіть провокували нові проблеми. Наприклад, штольні, побудовані в 1963 році, не мали фільтрів в отворах для прийому води. В результаті в тунель стали потрапляти суглинисто-супіщані фракції в великих кількостях.

Не дивно, що така обстановка послужила причиною подальших неприємностей. Тунель став не герметичним. Сьогодні, проїжджаючи по тунелю, можна побачити струмені води, що безперервно течуть зверху. Особливо це помітно в центральній частині споруди.

Як з'ясувалося, ще однією причиною підтоплення лесового масиву в межах тунелю є каналізаційна труба. За даними досліджень вона в значній мірі пошкоджена і дає велику втрату води в лесові ґрунтові маси над тунелем.

Тунель з'єднує балку Тунельну з балкою Зустрічною і прокладений на абсолютній відмітці 105.0м.

У геологічному розрізі досліджуваного схилу балки до глибини 39.5м від денної поверхні землі беруть участь четвертинні відкладення лесового комплексу, представлені перенаруванням суглинків і супісків (шари 3-8), червоно-бурими суглинками (шар 9), які підстиляються неогеновими відкладеннями – глинами (шар 11) і пісками (шар 12). У днищі балки розвинені супіщано-суглинні верхньочетвертинні утворення балкового делювію (шар 2а). З денної поверхні корінні відкладення перекриті насипними (шар 1) і ґрунто-рослинними (шар 2) ґрунтами.

Фізичні і міцнісні характеристики ґрунтів прийняті за результатами лабораторних досліджень.

Для кількісної оцінки стійкості схилу балки Тунельної у межах виходу на поверхню залізно-дорожнього тунелю виконані розрахунки його стійкості.

Для розрахунків обрано один профіль I-I (розрахунковий створ) від ділянки водорозділу до днища балки.

Розрахунки стійкості схилу виконано методом круглоциліндричної поверхні (метод Чугаєва – по передбачуваний площині ковзання) при умовах:

а) існуючий рельєф досліджуваної частини схилу без навантаження від забудови в природному стані ґрунтів;

б) існуючий рельєф досліджуваної частини схилу без навантаження від забудови при екстремальному замочуванні ґрунтів аварійними і постійними витокami з підземних водовмісних комунікацій з глибини 2.0м від денної поверхні (глибина залягання підземних комунікацій);

По площині ковзання отримано наступні коефіцієнти стійкості – $K_{st} = 1.31$ і 1.01 - в природному стані ґрунтів і при їх екстремальному замочуванні аварійними і постійними витокami з підземних водовмісних комунікацій;

На основі результатів розрахунків можна зробити висновок, що за умов водонасичення порід лесового масиву його стійкість знаходиться на межі $K_{st} = 1.01$.

В якості заходів, що забезпечать подальшу експлуатацію тунелю, і схилу складеного масивом лесових порід необхідно виконати дренажне водозниження за рахунок спорудження горизонтального галерейного дренажу, що влаштовуються закритим (підземним) способом.

Система осушувачів примикає до дрени-збирача або ж безпосередньо до магістрального колектору, що відводить дренажні води у водоприймач. Призначення збирачів складається головним чином в прийнятті води від осушувачів і транспортуванням її до магістрального колектору.

І так, при розгляді ефективності дренажних заходів представлених у вигляді систематичного горизонтального дренажу, недосконалого за ступенем розкриття водоносного пласта в межах розглянутої ділянки можна зробити наступні висновки, - при підтримці рівня підземних вод в міждренному просторі, з урахуванням можливих аварійних ситуацій, пов'язаних з постійним живленням підземних вод за рахунок втрат з водогінних комунікацій, баражування поверхневого стоку і розвантаженням зливових і талих вод у водоносний горизонт, необхідним є розташування водопонижаючих пристроїв в межах 20,0 - 30,0 метрів одна від іншої, в 20 м від водотриву (в 15 м над покрівлею кріплення тунелю).

Дебіт горизонтальних дрен розраховувався виходячи з їх довжини в 1 погонний метр в межах зсувонебезпечної ділянки і склав відповідно 0,19 та 0,073 м³/доб з урахуванням двох, раніше обґрунтованих, величин інтенсивності просочування атмосферних опадів 0,0015-0,008 м/доб.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ломтадзе В.Д. "Інженерна геологія. Інженерна геодинаміка". "Надра", 1977.
2. Ємельянова О. П. "Основні закономірності зсувних процесів". "Надра", 1972.
3. Рекомендації по кількісній оцінці стійкості зсувних процесів. М., 1984.
4. Основы гидрогеологических расчетов / Ф.М. Бочевер, И.В. Гармонов, А.В. Лебедев, В.М. Шестаков. –М.: Недра, 1969. – 357 с.
5. Справочное руководство гидрогеолога В.М. Максимов, В.Д. Бабушкин, Н.Н. Веригин и др. –Л.: Недра, 1979.- Т.И.-512 с.
6. ДСТУ Б В.2.1-4-96. Ґрунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності і деформованості.
7. ДСТУ-Н.Б.В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія.
8. ДБН А.2.1-1:2008.Інженерні вишукування для будівництва.
9. ДБН В.2.1-10:2018.Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення.
10. ДБН В.1.1-45-2017.Будинки і споруди в складних інженерно-геологічних умовах.
11. ДБН В.1.1-46:2017.Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів.
12. "Звіт про інженерно-геологічні вишукування на об'єкті: "Реконструкція нежитлової будівлі під торгівельно-офісну будівлю по Запорізькому шосе, 11 у місті Дніпрі" (в двох книгах). Книга 1. ГП "ДнепроГИИТИЗ", 2020.