

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

Факультет природничих наук та технологій  
(факультет)  
Кафедра гідрогеології та інженерної геології  
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Профатілова Дмитра Андрійовича  
академічної групи 103-19-2  
(шифр)

спеціальності 103 Науки про Землю  
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Геологія  
(офіційна назва)

на тему «Аналіз інженерно-геологічних умов Покровського вуглепромислового району для оцінки гідрогеомеханічної стійкості техногенного породного масиву»

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Тимощук В.І.			
розділів:				
Загальний	Тимощук В.І.			
Спеціальний	Тимощук В.І.			
Рецензент	Довбніч М.М.			
Нормоконтролер	Дерев'ягіна Н.І.			

Дніпро  
2023

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри

гідрогеології та інженерної геології

(повна назва)

Загриценко А.М.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 року

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу

ступеню бакалавра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Профатілову Дмитру Андрійовичу

(прізвище та ініціали)

академічної групи 103-19-2

(шифр)

спеціальності Науки про Землюза освітньо-професійною програмою Геологія

на тему «Аналіз інженерно-геологічних умов Покровського вуглепромислового району для оцінки гідрогеомеханічної стійкості техногенного породного масиву»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 21.04.2023  
№ 284-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Загальний	Аналіз геолого-гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов досліджуваної території, геолого-технічна характеристика ділянки породного відвалу	21.04.2023- -30.04.2023
Спеціальний	Прогнозна оцінка гідрогеомеханічної стійкості укосів зсувного породного відвалу	01.05.2023- -15.05.2023
	Обґрунтування геотехнічних параметрів захисної споруди на ділянці зсувного породного відвалу	16.05.2023- -05.06.2023

Завдання видано

(підпис керівника)

Тимошук В.І.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі

21.04.2023

Дата подання до екзаменаційної комісії

05.06.2023

Прийнято до виконання

(підпис студента)

Профатілов Д.А.

(прізвище, ініціали)



## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 61 стор., 6 рис., 4 табл., 12 джерел.

Об'єктом досліджень в кваліфікаційній роботі є геолого-гідрогеологічні інженерно-геологічні умови досліджуваної території та геомеханічні процеси на ділянці техногенного породного масиву.

Мета роботи полягає в прогностичній оцінці гідрогеомеханічної стійкості техногенного породного масиву та обґрунтуванні параметрів захисної споруди.

У вступі наведені актуальність та мета роботи, поставлені завдання, які необхідно вирішити в роботі, та здійснено вибір методики для вирішення поставлених завдань.

У загальній частині виконаний аналіз геолого-гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов досліджуваної території, надана геолого-технічна характеристика техногенного породного масиву.

У спеціальній частині за результатами чисельного моделювання напружено-деформованого стану породного відвалу із застосуванням програмного комплексу Phase2 виконана прогностична оцінка гідрогеомеханічної стійкості зсувних укосів породного відвалу.

За результатами виконаних розрахунків обґрунтовані геотехнічні параметри захисної споруди та надані рекомендації щодо підвищення стійкості зсувного породного відвалу.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ТЕХНОГЕННИЙ ПОРОДНИЙ МАСИВ, ГІДРОДИНАМІЧНИЙ РЕЖИМ, ГЕОМЕХАНІЧНІ ПРОЦЕСИ, ГІДРОГЕОМЕХАНІЧНА СТІЙКІСТЬ, ЗАХИСНА СПОРУДА

## ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП .....	5
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДІЛЯНКИ ТЕХНОГЕННОГО ПОРОДНОГО МАСИВУ .....	6
1.1 Фізико-географічні умови досліджуваної території .....	6
1.2 Геолого-гідрологічні та інженерно-геологічні умови ділянки породного відвалу .....	8
2 ГЕОЛОГО-ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА СТАН ПОРОДНОГО ВІДВАЛУ .....	12
2.1 Геолого-технічна характеристика породного відвалу .....	12
2.2 Гідромеханічний стан породного відвалу та його елементів .....	15
3 ОЦІНКА ГІДРОМЕХАНІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ЗСУВНИХ УКОСІВ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАХИСНОЇ СПОРУДИ .....	19
3.1 Прогнозна оцінка гідромеханічної стійкості зсувних укосів .....	19
3.2 Розрахунок висоти захисної споруди за розподілом породного матеріалу зсувних схилах .....	22
3.3 Розрахунок висоти захисної споруди по скочуванню кам'яного матеріалу .....	25
3.4 Розрахунок стійкості захисної споруди на зсув .....	31
ВИСНОВКИ .....	36
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	38
ДОДАТОК А. Розрахункова схематизація .....	41
ДОДАТОК Б. Розрахункові переміщення і деформації .....	44
ДОДАТОК В. Нормативні і розрахункові характеристики .....	54
ДОДАТОК Г. Відзив керівника кваліфікаційної роботи .....	58
ДОДАТОК Д. Рецензія на кваліфікаційну роботу .....	60
ДОДАТОК Е. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи .....	61



## ВСТУП

Кваліфікаційна робота присвячена оцінці гідрогеомеханічної стійкості техногенного породного масиву ДТЕК «Октябрська ЦЗФ» у зв'язку з обґрунтування геотехнічних параметрів захисної споруди.

Об'єктом досліджень в кваліфікаційній роботі є інженерно-геологічні умови досліджуваної території та геомеханічні процеси на ділянці техногенного породного масиву.

Метою роботи є прогнозна оцінка гідрогеомеханічної стійкості техногенного породного масиву та обґрунтування параметрів захисної споруди.

В процесі виконання роботи вирішені наступні задачі:

- виконані аналіз і узагальнення даних щодо геолого-гідрогеологічних, інженерно-геологічних та геолого-технічних умов ділянки породного відвалу;
  - виконана характеристика геолого-технічного стану породного відвалу;
  - виконана прогнозна оцінка гідрогеомеханічної стійкості укосів техногенного породного масиву.
- обґрунтовано геотехнічні параметри захисної споруди.

Основа для виконання прогнозних розрахунків склали результати інженерних вишукувань, дані режимних спостережень та матеріали досліджень, виконаних ТОВ УГК «Донбасгеологорозвідка» (2015), ДГЕ «Дніпрогеофізика», ДВАТ «Дніпродіпрошахт» (1997), ВНДІОСвугілля (1989).

Результат виконаних досліджень доповідався на 78-ій студентській науково-технічній конференції «Тиждень студентської науки» [9].

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ТЕХНОГЕННИЙ ПОРОДНИЙ МАСИВ, ГІДРОДИНАМІЧНИЙ РЕЖИМ, ГЕОМЕХАНІЧНІ ПРОЦЕСИ, ГІДРОГЕОМЕХАНІЧНА СТІЙКІСТЬ, ЗАХИСНА СПОРУДА

## 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДІЛЯНКИ ТЕХНОГЕННОГО ПОРОДНОГО МАСИВУ

### 1.1 Фізико-географічні умови досліджуваної території

Породний відвал розташований у Покровському районі Донецької області на північ від ПАТ «ДТЕК Октябрська ЦЗФ» та на відстані 700 м в північно-західному напрямку від населеного пункту Красноярьське (рис. 1.1).

Досліджувана ділянка приурочена до Донецької складчастої споруди. У геоморфологічному відношенні породний відвал розташований у долині невеликої балки, що січе правий схил річки Водяна і має невеликий ухил у південно-західному напрямку.

Масштаб 1:100000



Рисунок 1.1 – Схема розміщення породного відвалу для складування відходів вуглезбагачення ПАТ «ДТЕК Октябрська ЦЗФ»

Позначки рельєфу на ділянці, де розташовується породний відвал, змінюються від 179,95 м до 184,24 м.



У геологічній будові території беруть участь відкладення кам'яно-вугільної, палеогенової, неогенової та четвертинної систем, техногенні відкладення (вугільні шламонакопичувачі та відходи вуглезбагачення).

За ступенем складності інженерно-геологічних умов ділянка відноситься до третьої категорії складності (ДБН А.2.1-1-2008, додаток Ж).

Досліджувана територія за гідрографічною мережею відноситься до Сіверськодонецько-Дніпровської гідрологічної області недостатньої водності. Річка Водяна, яка протікає на південь від відвалу, входить до басейну Сіверського Дінця. Гідрографічна мережа цього басейну розвинута нерівномірно: на деяких територіях вона є рідкою, а на інших територіях – густою, потужною, також для неї є характерними малі річки та ручаї [1].

За архітектурно-будівельним районуванням відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Покровський район відноситься до зони II – Південно-Східний кліматичний район.

Характеристика кліматичних умов Покровського району:

- клімат помірно-континентальний, переважно м'який, достатньо вологий;
- середня відносна вологість повітря 74%;
- середня кількість опадів за рік 465 мм;
- літо тепле і помірно вологе, середня максимальна температура повітря найтеплішого місяця 27,9° тепла;
- зима малосніжна, нестійка, порівняно тепла, середня мінімальна температура повітря найхолоднішого місяця – 6,9° морозу.

Переважний напрямок вітру східний і південно-східний, швидкість вітру 3,5 ... 5,9 м/с.

Відповідно до ДБН В.1.2-2:2006 «Характеристичні значення навантажень та впливів для міст України»:

- снігове навантаження – 1400 Па;
- вітрове навантаження – 500 Па;
- товщина ожеледі – 22 мм;
- вітрове навантаження при ожеледі – 260 Па.

Нормативна глибина сезонного промерзання, розрахована відповідно до ДБН В.2.1-10-2018 становить:

- для пісків мілкозернистих та супісків – 0,97 м;
- для глин та суглинків – 0,79 м.

## 1.2 Геолого-гідрологічні та інженерно-геологічні умови ділянки будівництва

Породний відвал був сформований на відпрацьованому шламосховищі. Літологічно відходи вуглезбагачення представляють собою піщано-глинисту масу від темно-сірого до чорного кольору з включеннями великоуламкового матеріалу.

Для відбору проби ґрунту порушеної структури та проведення лабораторних робіт з визначення фізико-механічних властивостей ґрунтів, на відвалі складування відходів вуглевидобутку було пробурено чотири інженерно-геологічні свердловини глибиною від 20,0 до 35,0 м.

Абсолютні позначки усть інженерно-геологічних свердловин, при проведенні інженерно-геологічного буріння поверхні породного відвалу, змінюються в межах від 210,0 до 247,0 м.

За результатами польових і лабораторних робіт у розрізі товщі на площі інженерно-геологічних досліджень виділено один інженерно-геологічний елемент (ІГЕ), геологічні, інженерно-геологічні та гідрологічні умови площі інженерно-геологічних досліджень представлені на інженерно-геологічному розрізі (рис. 1.2.2), фізико-механічні властивості ґрунтів наведені у текстових додатках № 3.1-3.4.

За даними, що наведені в [12] ґрунти ІГЕ-1 представлені пухкими техногенними утвореннями –  $tg$ , які літологічно представлені відходами вуглезбагачення кам'яновугільного віку – жорствяно-щебеневою сумішшю: великоуламкові аргіліти, алевроліти та пісковики з піщано-глинистим



заповнювачем від темно-сірого до чорного кольору та вугільним пилом збагачувальної фабрики, які характеризуються неоднорідним складом і різним ступенем ущільнення. На всю потужність ґрунти ІГЕ-1 інженерно-геологічними свердловинами пробуреними не були. Пройдена потужність ґрунтів ІГЕ-1 за наслідками буріння інженерно-геологічних свердловин становить від 20,0 до 35,0 м.

Згідно до Зміни № 1 ДБН В.1.1-12: 2014 «Будівництво у сейсмічних районах України» територія відвалу розташована в районі з п'ятибальною сейсмічністю відповідно до карти ЗСР-2004-А ДБН В.1.1-12: 2014.

Досліджувана ділянка за гідрогеологічним розчленуванням території України приурочена до Донецької складчастої споруди, знаходячись у західній частині області.

Відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-38:2016 в залежності від джерела підтоплення і впливу основних чинників Покровський район, що відноситься до Донецької області, належить до двох типів підтоплення:

- підтоплення техногенне при порушеному балансі ґрунтових вод під впливом господарської діяльності завдяки дії техногенних джерел підтоплення територій (зрошувальні системи, канали, водосховища, ставки) та населених пунктів (мережі водопостачання та водовідведення);
- підтоплення природно-техногенне при слабопорушеному або порушеному балансі ґрунтових вод внаслідок збільшення їх живлення, що пов'язано зі зниженням природного дренажу ґрунту.

Інженерні вишукування для визначення властивостей ґрунтів були виконані відповідно до вимог ДБН А.2.1- 1-2008 та ДБН В.2.1-10:2018.

Схема розташування інженерно-геологічних свердловин і інженерно-геологічний розріз по лінії I-I' наведені на рисунках 1.2.1 та 1.2.2 відповідно.

Масштаб 1:1000

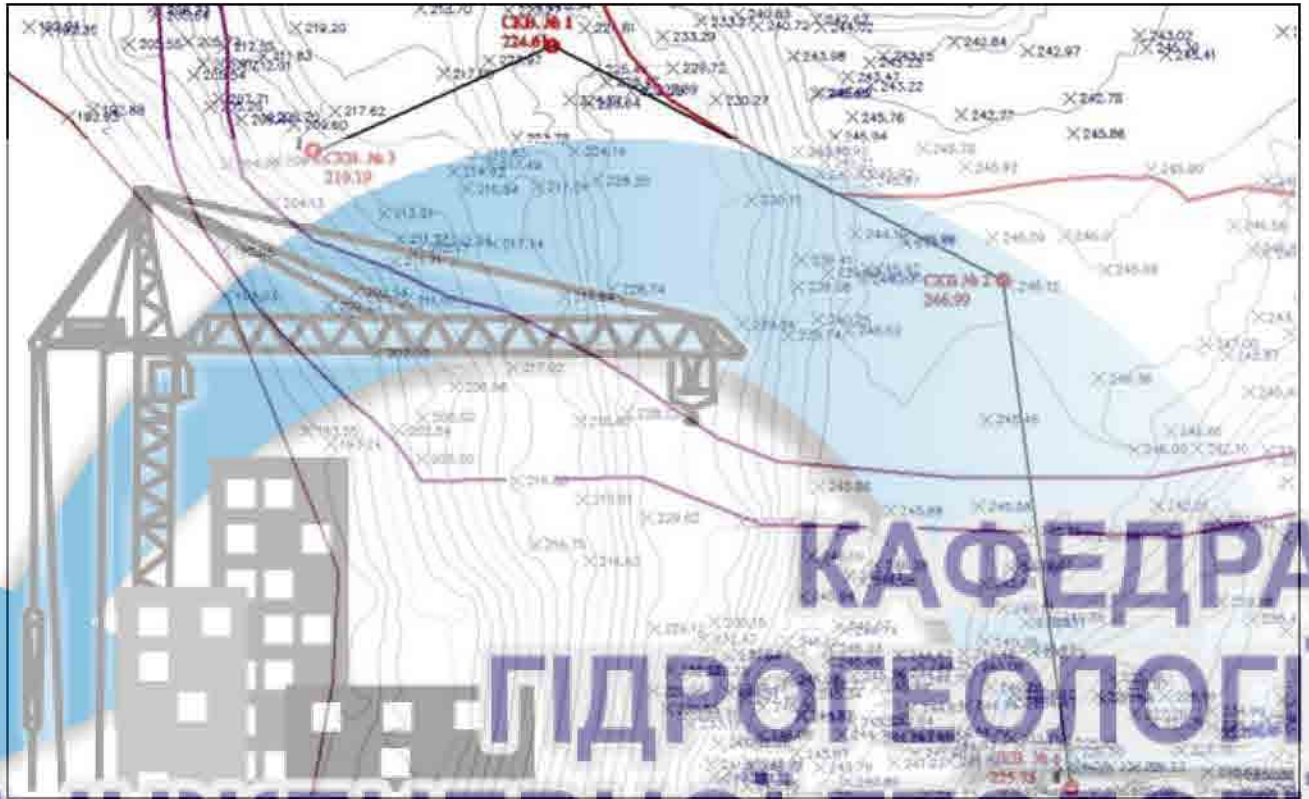
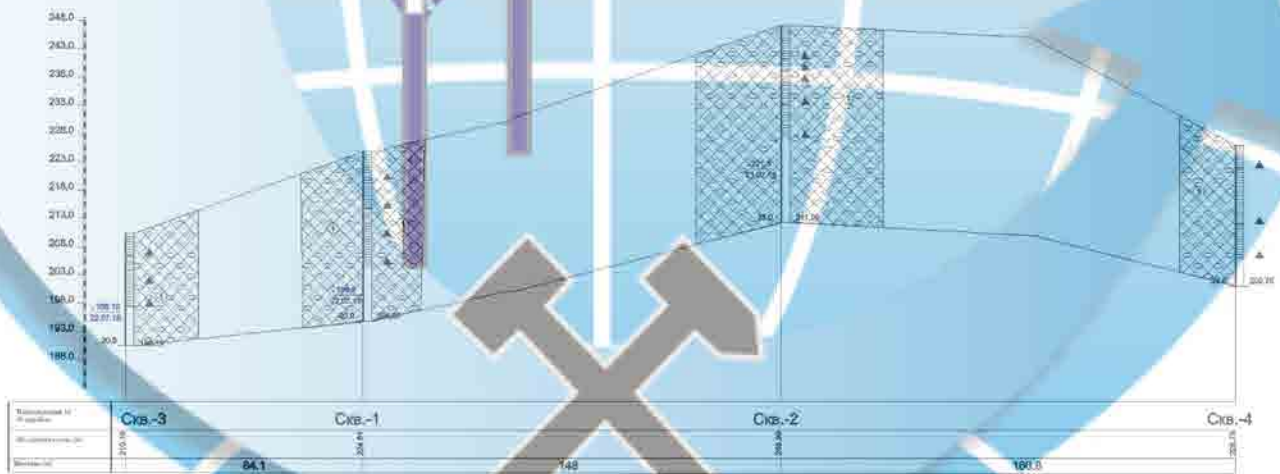


Рисунок 1.2 – Схема розташування інженерно-геологічних свердловин

Масштаб: вертикальний 1:500

горизонтальний 1:1000







## 2 ГЕОЛОГО-ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА СТАН ПОРОДНОГО ВІДВАЛУ

### 2.1 Геолого-технічна характеристика породного відвалу

Породний відвал ПАТ «ДТЕК «Октябрська ЦЗФ» частково розміщується на відпрацьованому ставку-відстійнику фабрики. Згідно робочому проекту, розробленого інститутом «Харківський Водоканалпроект» в 1968-1969 роках, ставок-відстійник побудований на відрозі балки Лисича шляхом влаштування дамби обвалування із суглинку заввишки до 20,0 м, відміткою гребня 189,00 м, шириною гребня 6,0 м та закладенням укосів 1:2,5.

Підробіток території відвалу проводився при виїмці вугілля шахтою «Білицька» в періоди з 1962-1966 років та з 1974-1978 років. У наступні роки підробіток на цій ділянці не проводився і не планувався у майбутньому.

У період експлуатації ставка-відстійника з метою збільшення його обсягу проводилося підсилення дамби обвалування ЦЗФ «Октябрська» відходами гравітаційного збагачення до позначок 201,7...205,5м.

В результаті експлуатації ставка-відстійника та підсилення дамби обвалування відходами гравітаційного збагачення потужність шламів у ставку-відстійнику досягла 22,0...26,0 м.

Згідно до робочого проекту «Технологія формування породного відвалу на відпрацьованому шламосховищі ЦЗФ «Октябрська» ТОВ «Донецьквуглезбагачення», що був розроблений інститутом ВНДІОСвугілля у 1989 році, були відмічені основні особливості, що характеризують умови відвалоутворення на ставку-відстійнику:

- велика протяжність дамб обвалування;
- круті кути закладання укосів дамби – 1:1,25... 1:1,35;
- найслабша частина намівного масиву примикає безпосередньо до північної частини дамби обвалування;
- з зовнішнього боку дамби розташовані сільськогосподарські угіддя, що



обмежує можливість проведення заходів щодо підвищення стійкості дамби.

Також у цьому проекті була виконана оцінка стійкості породних дамб ставка-відстійника яка показала, що при формуванні першого ярусу відвалу запас стійкості західної дамби з привантаженням її по основі забезпечується на рівні  $K_c = 1,172$ , а для північної дамби – без додаткового привантаження –  $K_c = 1,397$ .

При подальшому формуванні відвалу, виконаному згідно з розробленим у 1998 році робочим проектом ДВАТ «Дніпрогіпрошахт», який передбачував будівництво відвалу до позначки 239,9 м, продовжувався подальший підйом шламів при відсіпанні відходів гравітаційного збагачення, що вивозилися на породний відвал.

Станом на 2012 р. породний відвал мав плоску форму з максимальною висотою 60 м і займав площу 33,6 га. Фактичний обсяг заскладованих відходів станом на квітень 2012 р. склав 12,75 млн. м<sup>3</sup>.

За результатами збору вихідних даних у травні 2012 року ДП «Південдіпрошахт» було встановлено наявність на породному відвалі деформацій по типу зсувів, осідань та спливин. У південно-західній частині відвалу спостерігалось осідання верхніх майданчиків та утворення валів випирання.

Для перевірки стійкості породного відвалу НВО «ЕКВО» (м. Харків) було виконано розрахунки за чотирма поперечними перерізами, які показали, що на границі необхідного запасу стійкості для даного класу споруд знаходиться переріз північного укосу ( $K_c = 1,271 \dots 1,299$ ), до якого входить дамба ставка - відстійника, низовий укіс та ємність, що була утворена при підйомі шламів у період відсіпання ярусів відвалу. Цей переріз є найбільш критичним при визначенні стійкості укосів відвалу, оскільки у його основі знаходиться основна частина ставка-відстійника, шлами якого характеризуються низькими показниками несучої здатності.

Станом на травень 2014 року породний відвал експлуатувався збагачувальною фабрикою згідно з робочим проектом, виконаним ДВАТ

«Дніпрогіпрошахт» у 1998 році. Відвал мав плоску форму з максимальною висотою 60 м та займав площу 33,6 га. Фактичний обсяг складованих відходів становив 13,3 млн м<sup>3</sup>. Проектний обсяг – 14 млн. м<sup>3</sup>. Згідно з температурною зйомкою, виконаною у вересні 2014 р., породний відвал не є гарячим.

У серпні 2014 року на верхньому майданчику породного відвалу відбулося осідання його північно-західної сторони з утворенням тріщин, що проходять через декілька ярусів відвалу до його північної сторони. В результаті подальшого огляду породного відвалу було виявлено збільшення кількості та розмірів тріщин з північно-західної сторони, а також численні просідання відвальної маси та зсуви масиву на північній частині відвалу.

Через деякий час від недіючого шламового відстійника з північно-західного боку відбувся раптовий викид пластичної відвальної маси, що супроводжувався зсувом породного масиву північної частини відвалу, про що свідчило зміщення сухої відвальної маси в межах обвідної каналу.

В результаті розвитку зсувних процесів у північній частині породного відвалу та формування фронтального зсуву утворилася «стінка відриву» завдовжки кілька сотень метрів і висотою близько до 20 м. Нижче за її схилом зафіксовані характерні для зсувів елементи рельєфу: вали випирання, просідання та спливини.

Характерною особливістю сформованого рельєфу були специфічні форми у вигляді багатометрових у плані і по висоті каньйонів, крутих схилів і незначних за розмірами відносно рівних ділянок.

Внаслідок сходження селевого потоку на північно-західній ділянці відвалу утворився глибокий і широкий, з декількома уступами каньйон, який починається в центральній частині відвалу і закінчується на його західній границі. Рельєф поверхні складний, з великою кількістю укосів та поверхонь з кутами нахилів від 30 до 45 градусів, а також з вертикальними відривами.

Сформована, в межах північного укосу в результаті розвитку зсувних процесів, поверхня характерна для зсувів видавлювання – з крутою ділянкою у верхній частині зсувного масиву («стінка зриву»), складеного сухими



відходами вуглезбагачення, і пологою ділянкою – в його нижній частині, з пластичними водонасиченими шламами в основі.

## 2.2 Гідромеханічний стан породного відвалу та його елементів

Для оцінки гідрогемеханічного стану породного відвалу, що передуює розвитку зсувних процесів, виконано епігнозне моделювання напружено-деформованого стану зсувного укосу з використанням методу кінцевих елементів. Для чого був використаний програмний комплекс Phase2.

Розрахункова схематизація породного відвалу, розташованого на відпрацьованому ставку-відстійнику, у чисельній кінцево-елементній моделі, реалізованій в пружно-пластичній постановці, була виконана згідно до будови північного укосу породного відвалу для одного з найбільш небезпечних перерізів (додатки 1.1, 1.2). При побудові моделі були прийняті до уваги дані про технологію складування відходів вуглезбагачення на відпрацьованому ставку-відстійнику, а також дані про просторовий розподіл та стан у межах зсувного укосу відходів гравітаційного збагачення (породи) та флотохвостів (шламу), отримані за результатами геофізичних досліджень, виконаних ДГЕ «Дніпрогеофізика».

Розрахункові фізико-механічні та фільтраційні характеристики, що використовуються у чисельній моделі при вирішенні як епігнозної, так і прогнозних завдань, наведені у таблиці 2.1.

Прийняті до розрахунку значення деформаційних і міцнісних характеристик шламів, через значну залежність їх показників від діючого (стискаючого) тиску, встановлені за даними випробувань зневоднених відходів флотаційного збагачення для діапазонів діючих навантажень 0...100, 100...300, 3...500 і 500...700 кПа.

Вплив гідравлічної складової на стійкість породного відвалу в чисельній моделі визначався наявністю та розмірами водонасиченої зони, що формується

за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, які потрапляють на площу відвалу, та вологи, яка міститься в шламах у чаші ставка-відстійника.

Згідно з даними досліджень положення рівневої поверхні визначалося відмітками шламів на верхньому майданчику відвалу і положенням ґрунтових вод у контурах укосів, зафіксованих на відмітках від 223,09 м у їх верхній частині до 201,79 м – у нижній границі.

Аналіз результатів моделювання показав, що напружено-деформований стан породного відвалу, що передує прояв зсувних процесів у контурах північного укосу, характеризується розвитком зон зрушень у основі укосу та деформацій осідання в центральній частині відвалу – на ділянках, що примикають до ємності з шламами, які є неперекритими гравітаційними відходами збагачення (додатки 1.3...1.4).

Таблиця 2.1 – Розрахункові значення фізико-механічних та фільтраційних характеристик відходів вуглезбагачення та ґрунтів основи

Найменування	Питома вага, $\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>	Модуль деформації, $E$ , кПа	Коефіцієнт Пуассона, $\nu$ , дол. од.	Питома зчеплення, $C$ , кПа	Кут внутрішнього тертя, $\varphi$ , град	Коефіцієнт фільтрації, $K_f$ , м/с
шлам текучопластичний (0-100 кПа)	14,7	400	0,35	1,5	10	$2,91 \cdot 10^{-9}$
шлам м'якопластичний (100-300 кПа)	15,9	1600	0,35	5,2	12	$2,44 \cdot 10^{-9}$
шлам пластичний (300-500 кПа)	16,8	3000	0,35	8,9	16	$1,97 \cdot 10^{-9}$
шлам тугопластичний	17,7	3000	0,35	12,7	18	$1,50 \cdot 10^{-9}$



Найменування	Питома вага, $\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>	Модуль деформації, $E$ , кПа	Коефіцієнт Пуассона, $\nu$ , дол. од.	Питоме зчеплення, $C$ , кПа	Кут внутрішнього тертя, $\phi$ , град	Коефіцієнт фільтрації, $K_f$ , м/с
(500-700 кПа)						
порода свіжовідсіпанна	15,8	5000	0,30	10,0	30	$1,16 \cdot 10^{-6}$
порода ущільнена	18,3	18000	0,30	17,0	28	$1,16 \cdot 10^{-6}$
суглинок дамби обвалування	19,0	17000	0,30	23,0	21	$5,32 \cdot 10^{-7}$
суглинок основи	19,5	20000	0,30	32,0	17	$5,32 \cdot 10^{-7}$
піщано-глинистий грунт (суглинок)	18,6	30000	0,30	31,0	24	$1,16 \cdot 10^{-7}$

Концентрація максимальних значень осідання поверхні породного відвалу відбувається біля верхньої берми безпосередньо на контурі емності зі шламами. На цій же ділянці спостерігається розвиток зсувних деформацій, які за своїм положенням відповідають ділянці утворення тріщин відриву на верхньому контурі призми зрушення (додатки 1.5, 1.6).

Перерозподіл напруг у товщі пластичних шламів, перекритих гравітаційними відходами, супроводжується розвитком зсувних деформацій у нижній частині зсувного схилу, з концентрацією максимальних значень горизонтальних переміщень вище гребня дамби первинного обвалування. Критичний стан породного відвалу на цій ділянці визначається відносно близьким положенням шламів до зовнішнього контуру породного укосу, сформованого при підсіпанні дамби обвалування до позначок 192,00...205,5 м і подальшому заповненні ставка-відстійника відходами флотаційного збагачення.

Положення поверхні ковзання за наявності активного порового тиску (відповідно до розподілу в відвальному масиві діючих гідравлічних напорів) у укосах відвалу встановлено по переміщенням точок області, що моделюється, і

значенням найбільших зсувних деформацій, отриманим за результатами моделювання при оцінці стійкості породного відвалу.

Встановлені значення коефіцієнта запасу стійкості для перерізу, що розглядається, характеризуються величинами, які дорівнюють  $K_c = 1,297$  для необводненого і  $K_c = 1,009$  – для обводненого породного відвалу, знижуючись до  $K_c < 1,0$  при досягненні рівнем води положення, близького зафіксованому в межах суміжних південно-західного і південно-східного укосів на момент проведення розвідок у липні-серпні 2015 р.

З виконаного аналізу випливає те, що однією з причин розвитку зсувних процесів у породному відвалі є наявність в основі його північного укосі геомеханічно ослабленої зони, формування якої відбулося в період нарощування греблі обвалування ставка-відстійника та будівництва першого ярусу відвалу. Утворення цієї зони стало результатом неконтрольованого розподілу гравітаційних відходів вуглезбагачення при їх відсіпанні в товщі пластичних шламів на внутрішньому контурі греблі обвалування ставка-відстійника.

В подальшому, при нарощуванні породного відвалу і його обводненні, на центральній ділянці північної дамби ставка-відстійника (у зоні дії максимальних стискаючих напруг) відбулося видавлювання і перетікання пластичних шламів через дамбу первинного обвалування, зі зміщенням перекриваючих їх гравітаційних відходів за межі чаші ставка-відстійника.

Характер зсувних деформацій, що супроводжуються видавлюванням шламів за межі дамби обвалування, підтверджується даними перевірконого буріння на зсувному укосі, яке було виконано при проведенні геофізичних досліджень ДГЕ «Дніпрогеофізика».



## 3 ОЦІНКА ГІДРОМЕХАНІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ЗСУВНИХ УКОСІВ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАХИСНОЇ СПОРУДИ

### 3.1 Прогнозна оцінка гідрогеомеханічної стійкості зсувних укосів

Прогнозна оцінка стійкості породного відвалу на ділянці північного та північно-західного зсувних укосів виконана за результатами чисельного моделювання їх напружено-деформованого стану на основі даних про технологію формування породного відвалу, результатів епігнозного моделювання та даних про сучасний стан відвалу.

При виконанні моделювання до розрахунку було прийнято три перерізи північного укосу, вони були проведені через його центр, західну та східну ділянки. Четвертий переріз був проведений через північно-західний укіс породного відвалу (додатки 2.1... 2.4):

Переріз 1-1 – є найбільш небезпечним з точки зору можливої активізації зсувних процесів. Він включає в себе: дамбу обвалування, низовий укіс та емність зі шламами. Критичність цього перерізу визначається наявністю в основі відвалу основної частини ставка-відстійника, шлами якого характеризуються низькими значеннями деформаційних та міцнісних характеристик.

Переріз 2-2 – розташований на захід від перерізу 1-1 і обраний як суміжний породний укіс, так як він схильний до розвитку зсувних процесів і характеризується переважанням у породному розрізі відходів гравітаційного збагачення.

Переріз 3-3 – розташований на схід від перерізу 1-1 і обраний як суміжний для характеристики стійкості зсувного укосу на ділянці породного відвалу з переважанням у розрізі шламів, що визначають стійкість зсувного укосу.

Переріз 4-4 – визначено положенням ділянки просідання в межах північно-західного укосу породного відвалу, де зафіксовано витікання

пластичних шламів із ємності, сформованої у процесі відсипання гравітаційних відходів вуглезбагачення.

При виконанні розрахунків до уваги були прийняті існуючі конфігурації зсувних укосів, наявність в основі північного укосу водонасичених шламів, зафіксованих за зовнішнім контуром дамби первинного обвалування, та характер профілю, сформований шламовим потоком на північно-західному укосі.

За результатами виконаних розрахунків було встановлено, що формування зон зрушень у межах прийнятих до розгляду перерізів північного укосу відбувається у контурах верхньої крутої частини зсувного схилу - "стілки відриву". Розміри призми зсуву в усіх випадках визначаються розмірами зони обводнення: охоплюють верхню частину стінки відриву в умовах зневодненого масиву, або в зсув залучається весь її об'єм – при обводненні відвалу до відміток прогнозного положення рівня підземних вод.

У зв'язку з цим можливо розглянути два сценарії розвитку зсувних процесів та процесів обвалення породних мас на ділянці зсувного укосу.

Згідно з першим сценарієм, якщо провести дренажні заходи, то дреновані породні укоси зберігають свою стійкість, а в контурах зсувних схилів переважають процеси механічного вивітрювання, які супроводжуються обвалом елементів зсувного масиву у бік низових ділянок породного відвалу. У цьому випадку стійкість породного відвалу на ділянках, що оцінюються, характеризуються коефіцієнтами запасу стійкості, рівними  $K_c = 1,185 \dots 1,284$  для центрального і східного укосів (перерізи 1-1 і 3-3), і  $K_c = 1,542 \dots 1,703$  для західної ділянки північного укосу і північно-західного укосу (перерізи 2-2 та 4-4) (табл. 3.1).



Таблиця 3.1 – Розрахункові значення коефіцієнтів стійкості схилів породного відвалу за варіантами рішення

Варіанти рішень	Коефіцієнт стійкості, $K_c$ , дол.од.			
	Розрахункові перерізи			
	1	2	3	4
Необводнений відвал	1,185	1,542	1,284	1,703
Обводнений відвал	1,039/1,011	1,443	1,189	1,419

Якщо в породному відвалі зберігати досягнуте положення рівня ґрунтових вод, що відповідає положенню в об'ємі відвалу обводненої товщі відходів флотажного збагачення з низькими значеннями фільтраційної проникності, то розвиток зсувних процесів відбуватиметься за другим сценарієм.

Адже наявність у межах зсувних укосів значних гідравлічних напорів сприяє зниженню їх стійкості до величин, істотно нижче допустимих значення коефіцієнта стійкості для перерізів, що відповідають центральній та східній частинам північного укосу, змінюються від  $K_c = 1,039 \dots 1,011$  для перерізу 1-1 в залежності від положення депресійної кривої у породному масиві, до  $K_c = 1,189$  – для перерізу 3-3.

Для західної частини північного укосу (переріз 2-2) і північно-західного укосу (переріз 4-4) значення коефіцієнта стійкості перебувають у межах  $K_c = 1,419 \dots 1,443$ .

До характерних особливостей деформування породного відвалу та його укосів у всіх випадках, також слід віднести формування зон зрушень у основі зсувного уступу, які характеризуються інтенсивним розвитком горизонтальних переміщень на верхньому контурі дамби обвалування відпрацьованого ставка-відстійника (додатки 2.5...2.12).

При загальному зниженні діючих напруг в відвальному масиві, що

відбувся при сходженні зсуву, в його товщі спостерігається присутність окремих геомеханічно навантажених зон, приурочених до верхових ділянок відвалу на контурі ємності зі шламами. До цих же ділянок приурочені зафіксовані випадки видавлювання тонкодисперсних водонасичених шламів через стовбури перевірочних свердловин при проведенні геофізичних досліджень.

Розвиток таких зон в умовах нерівнокомпонентного навантаження супроводжується осіданням ділянок породного масиву на контурі сформованого об'єму зі шламами та можливим видавлюванням їх за межі верхової берми породного відвалу.

Також, наявність у породному масиві локальних геомеханічно навантажених зон, які пов'язані з присутністю в породному масиві залишкових гідравлічних напорів, може призвести до активізації зсувних процесів, зберігаючи при цьому існуючу динамічність північного та північно-західного укосів породного відвалу.

### 3.2. Розрахунок висоти захисної споруди за розподілом породного матеріалу на зсувних схилах

Щоб забезпечити стійкість укосів та захист від зсувних процесів була виконана прогнозна оцінка розподілу породного матеріалу за розрахунковими перерізами північного та північно-західного укосів відвалу, а також розрахунок стійкості захисної споруди на зсув, з метою визначення висоти та габаритів захисної споруди.

Прогнозна оцінка була виконана з метою визначення висоти захисної споруди при розташуванні її в основі зсувних укосів. При її виконанні було враховано: будову та структурні особливості породного відвалу, розташованого на відпрацьованому ставку-відстійнику; морфологічні особливості зсувних ділянок північного та північно-західного укосів; фізико-механічні властивості



відходів гравітаційного збагачення і флотохвостів та закономірності їх зміни при відвалоутворенні; дані про стан відходів вуглезбагачення, отримані за результатами геофізичних досліджень та перевірного буріння; результати моделювання напружено-деформованого стану зсувних укосів породного відвалу.

Морфологічні особливості зсувних укосів були сформовані у результаті фронтального зсуву, що відбувся на відвалі. Вони визначаються характерною для зсувів видавлювання поверхнею – крутою ділянкою у верхній частині зсувного масиву, яку ще називають стіною зриву, яка складена сухими відходами вуглезбагачення, і пологою ділянкою в нижній його частині, з вираженим розвитком форм рельєфу у вигляді валів випирання, просідання та спливин.

Характерні значення кутів зсувного уступу у верхній частині укосу змінюються від  $20^\circ$  до  $28^\circ$  при висоті уступу від 20,0 до 32,0 м відповідно для крайових зон північного зсувного укосу та його центральної частини.

У межах пологих ділянок укосу значення кутів нахилу їх поверхонь перебувають у межах від  $14...22^\circ$  у низовій частині укосу до  $2...5^\circ$  – в основі зсувного уступу.

Результуючі значення кутів нахилу пологих ділянок зсувних укосів для центральної, західної та східної ділянок північного укосу варіюють у межах відповідно  $6...10^\circ$ ,  $9^\circ$  та  $13^\circ$ .

Аналогічні значення для північно-західного укосу ділянці сходження шламового потоку становить  $18^\circ$ .

За умови відносно рівномірного розподілу пластичних шламів у основі зсувного тіла кути залягання їх поверхні встановлені виходячи з досягнення контуром шламів зовнішньої межі зсуву та положенням шламів відносно поверхні сухих відходів збагачення в основі зсувного уступу.

У створі прийнятих до розгляду перерізів глибина залягання обводнених шламів за даними геофізичних досліджень та перевірного буріння знаходиться в межах 4,0 м та  $9,6...13,0$  м (абс. відм. 191,06 та  $187,84...189,97$  м)

відповідно для центральної частини укосу та його крайових ділянок. Ширина смуги шламів у межах пологої ділянки зсуву за різними оцінками перебуває у межах від 35...75 м для крайових зон до 90 м у центрі зсувного укосу. При встановленій потужності шламів в основі зсувного уступу в межах 6,8...10,0 м залягання їх поверхні може бути охарактеризовано кутами, що дорівнюють 6...11° при середньому значенні, близькому до 8°.

За результатами виконаної оцінки було отримано значення кутів для рівномісних укосів, що дало змогу встановити висоту захисної споруди. Так для центральної, західної та східної ділянок вони мають значення 8°, 9° і 13°, відповідно висота захисної споруди, розташованої на зовнішньому контурі зсувного схилу, становить 4,8, 3,7 та 3,0 м. Для північно-західної ділянки породного відвалу кут рівномісного укосу становить 16°, а мінімальна висота захисної споруди 4,0 м. Однак, у цьому випадку до уваги було прийнято існуючий стан породного укосу, наявність у його основі потужної товщі породного матеріалу, сформованої при нарощуванні дамби обвалування (ширина дамби по гребню 39,0 м) та її привантаження, а також стан шламів у породному відвалі.

На цій же північно-західній ділянці проводились геофізичні дослідження та виконувалось перевіряюче буріння, з якого випливає, що розріз в інтервалі глибин 0,0...4,0 м представлений вугільними водонасиченими шламами, в інтервалі 4,0...5,0 м маловологими шламами, а в інтервалі глибин 5,0...10,0 м – шлами практично сухі і характеризуються високою щільністю.

Прийняті кути рівномісних укосів склали основу для розрахунку висоти захисної споруди на ділянці північного та північно-західного зсувних укосів. Цей розрахунок виконаний виходячи з об'єму породного матеріалу в контурах призми зсуву та еквівалентного йому об'єму за умови розподілу породної маси по існуючій поверхні укосів.

Об'єм матеріалу в межах зсувних схилів був оцінений за даними чисельного моделювання відповідно до площ призми зсуву в контурах



розрахункових поверхонь ковзання, встановлених при оцінці стійкості породного відвалу (додатки 2.13...2.20).

Побудова еквівалентних за об'ємом профілів з кутами, що дорівнюють заданим кутам зсуву для рівномісних укосів відповідно до положення розрахункових перерізів дозволило встановити необхідну висоту захисної споруди на оцінюваних ділянках породних укосів (рис. 3.1).

Як бачимо, щоб протидіяти зсувним процесам, висота валу, на прикладі перерізів північного укосу, повинна досягати: для центральної частини 4,80 м, західної 3,70 м, східної 3 м. Для північно-західного укосу мінімальна висота має складати 4 м. При цьому захисна споруда розташовується на зовнішньому контурі зсувного схилу.

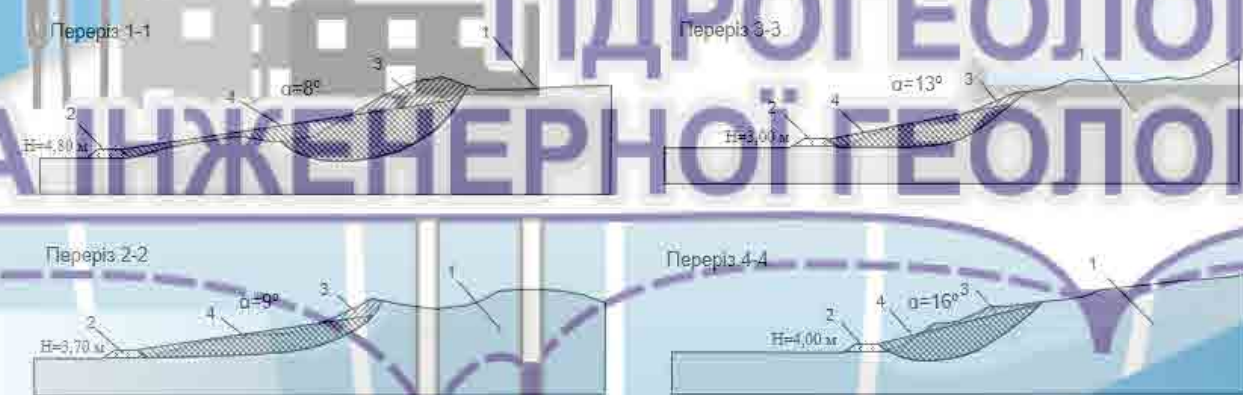


Рисунок 3.1 – Розрахункові схеми до визначення висоти захисної споруди при різних значеннях кута розподілу породного матеріалу по поверхні зсувного укосу. Умовні позначення: 1 – породний відвал, 2 – захисна споруда; 3 – обсяг призми зрушення; 4 – еквівалентний обсяг у межах рівномісного укосу

### 3.3 Розрахунок висоти захисної споруди по скочуванню кам'яного матеріалу

Визначення габаритів захисної споруди на ділянках прогнозованого обвалення виконано згідно з типізацією зсувних схилів за характером профілю

та його крутизни у створі можливого переміщення кам'яного матеріалу [Рекомендації до СН-449-72, 1974]:

- тип 1 – схил одноманітної крутизни та уступчастого профілю при висоті уступів до 5 м, а також ламані схили з довжиною окремих ділянок менше 10 м або при різниці в кутах крутизни до  $5^\circ$ ;

- тип 2 – ламані схили з кутами нахилу від  $30^\circ$  до  $60^\circ$  при довжині ділянок понад 10 м та при різниці в кутах нахилу суміжних елементів  $5^\circ$ ;

- тип 3 – ламані схили з окремими пологими ділянками при кутах нахилу  $\alpha < 30^\circ$  та крутою ділянкою з  $\alpha < 60^\circ$ , при довжині окремих ділянок понад 10 м та різниці в кутах нахилу суміжних ділянок понад  $5^\circ$ ;

- тип 4 – ламані схили з дуже крутими ділянками при  $\alpha > 60^\circ$  та висотою понад 10 м.

Згідно з виконаною типізацією зсувні схили північного та західного укосів породного відвалу з крутизною пологих ділянок до  $20^\circ$  та крутих ділянок до  $60^\circ$  та їх довжиною понад 10 м відносяться до 3 типу (рис. 3.2).

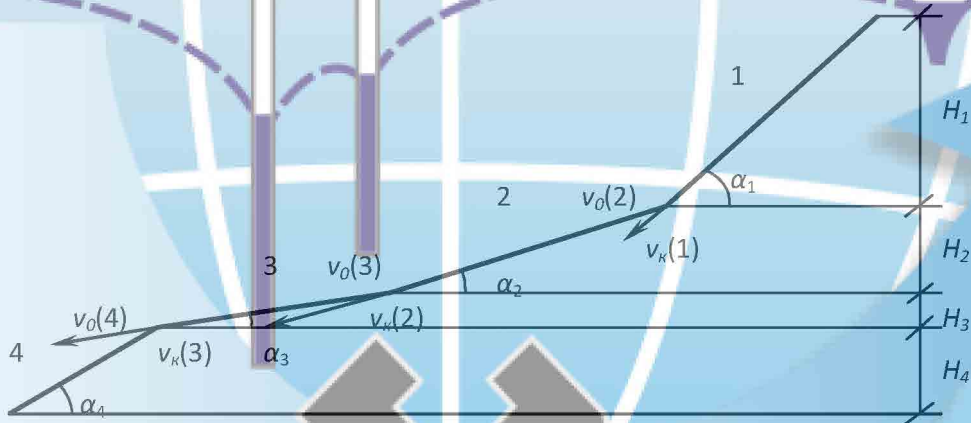


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема зсувного схилу згідно з виконаною типізацією

Розрахункова швидкість руху каміння у підшви верхньої крутої ділянки схилу для цього типу визначається за формулою:



$$v_k = \sqrt{2gH(1 - Kctg\alpha)} = E\sqrt{H}, \quad (3.1)$$

де  $E = \sqrt{2gH(1 - Kctg\alpha)}$  – коефіцієнт, що залежить від крутизни схилу;  $H$  – висота падіння каменю, м;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $K$  – коефіцієнт, що враховує комплексний вплив на швидкість руху каменів всіх факторів, які не піддаються врахуванню окремо (розміри, форма і обертальний рух каменів, мікрорельєф схилу, повітряний опір, характер поверхневого покриття і т.д.), що визначається за формулою  $K = 0,00443\alpha + 0,416$ ;  $\alpha$  – кут нахилу схилу, град.

Наприкінці кожної нижчої ділянки швидкість каміння визначається за формулою:

$$v_k = \sqrt{v_0^2 + 2gH(1 - Kctg\alpha)}, \quad (3.2)$$

де  $v_0$  – початкова швидкість каменю, що впав на пологу ділянку схилу, м/с.

Формула (3.1) застосовується для крутих ділянок схилів ( $\alpha > 30^\circ$ ), формула (3.2) – для пологих ділянок ( $\alpha < 30^\circ$ ).

Визначення розрахункових відхилень траєкторії руху каменів було виконано за такою формулою:

$$l_{\max} = \frac{v_k^2 (tg\alpha - ctg\beta)^2}{2g \cdot tg\alpha (1 + ctg^2\beta)}, \quad (3.3)$$

$$a_{\max} = l_{\max} \cdot tg\alpha, \quad (3.4)$$

де  $l_{\max}$  і  $a_{\max}$  – розрахункові відхилення траєкторії польоту каменю від поверхні схилу відповідно у вертикальному та горизонтальному напрямках, м;  $v_k$  – розрахункова швидкість польоту каменю у створі захисної споруди, яка визначається за формулами (3.1) або (3.2) залежно від типу схилу, м/с;  $\beta$  – кут відбиття.

Для існуючого положення поверхонь зсувного схилу в умовах необхідного породного масиву розрахункові відхилення траєкторій руху каменів характеризуються величинами, які для перерізів, що розглядаються, знаходяться в діапазоні 3,86...4,48 м по горизонталі і 0,99...1,79 м – по

вертикалі (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Розрахунок швидкостей руху каменів на зсувних укосах та відхилень їхньої траєкторії при існуючій конфігурації схилів

породного відвалу					
Розрахунковий профіль	Ділянка профілю	Довжина ділянки, $l$ , м	Висота схилу, $H$ , м	Кут нахилу, $\alpha$ , град	Швидкість руху, $v_g$ , м/с
1	1	17,1	2,7	9,0	6,72
	2	20,4	6,2	16,9	12,51
	3	59,3	31,7	28,1	27,31
	4	27,7	2,5	5,1	27,97
	5	23,2	3,1	7,58	27,06
	6	40,3	40,3	6,71	28,42
	7	34,2	8,8	14,4	31,03
Розрахункове відхилення по горизонталі, $l_{\max}$ , м					3,86
Розрахункове відхилення по вертикалі, $a_{\max}$ , м					0,99
2	1	40,9	20,1	26,2	19,30
	2	23,3	5,2	12,7	21,55
	3	26,8	1,0	2,1	21,72
	4	4,7	2,1	23,6	22,58
	5	27,4	1,8	3,7	23,08
	6	37,3	10,3	15,4	26,77
Розрахункове відхилення по горизонталі $l_{\max}$ , м					4,06
Розрахункове відхилення по вертикалі, $a_{\max}$ , м					1,12
3	1	23,9	8,5	19,6	12,43
	2	18,2	1,3	3,9	13,08
	3	48,1	20,3	22,9	23,33



Розрахунковий профіль	Ділянка профілю	Довжина ділянки, $l$ , м	Висота схилу, $H$ , м	Кут нахилу, $\alpha$ , град	Швидкість руху, $v_e$ , м/с
4	4	33,8	2,0	3,4	23,86
	5	34,8	13,9	21,8	28,71
	Розрахункове відхилення по горизонталі, $l_{\max}$ , м				4,48
	Розрахункове відхилення по вертикалі, $a_{\max}$ , м				1,79
4	1	14,92	6,23	22,7	10,70
	2	10,11	0,69	3,9	11,12
	3	30,51	3,54	6,6	13,40
	4	10,31	0,39	2,2	13,52
	5	16,96	7,96	25,1	18,16
	6	15,96	2,81	10,0	19,44
	7	20,57	13,15	32,6	24,98
	Розрахункове відхилення по горизонталі, $l_{\max}$ , м				6,73
	Розрахункове відхилення по вертикалі, $a_{\max}$ , м				4,30

З урахуванням технічного запасу 0,5 м висота захисної споруди при існуючому положенні зсувної поверхні північного та західного укосів породного відвалу повинна становити не менше:

- Центральна частина північного укосу - 1,49 м;
- Західна частина північного укосу - 1,62 м;
- Східна частина північного укосу - 2,29 м;
- Північно-західний укіс – 4,80 м.

В умовах розвитку зсувних процесів і формування профілів зсувних укосів з кутами нахилів поверхонь, відповідних фактично досягнутим і близьким за своїми значеннями кутах зсуву для рівномічних укосів, значення розрахункових відхилень траєкторій руху кам'яного матеріалу для перерізів 1-1, 2-2 і 3-3 змінюються в межах 3,68...4,05 м та 0,52...0,93 м відповідно у

горизонтальному та вертикальному напрямках (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Розрахунок швидкостей руху каменів на зсувних укосах та відхилень їхньої траєкторії при прогнозній конфігурації схилів породного

Розрахунковий профіль	Ділянка профілю	відвалу				Швидкість руху, $v_e$ , м/с
		Довжина ділянки, $l$ , м	Висота схилу, $H$ , м	Кут нахилу, $\alpha$ , град		
1	1	8,46	9,16	47,3	8,71	
	2	233,65	32,84	8,0	24,17	
	Розрахункове відхилення по горизонталі, $l_{\max}$ , м					3,68
	Розрахункове відхилення по вертикалі, $a_{\max}$ , м					0,52
2	1	6,26	8,71	54,29	9,50	
	2	187,69	29,89	9,0	23,36	
	Розрахункове відхилення по горизонталі, $l_{\max}$ , м					3,86
	Розрахункове відхилення по вертикалі, $a_{\max}$ , м					0,61
3	1	4,71	4,06	40,76	5,39	
	2	126,14	29,12	13,0	23,11	
	Розрахункове відхилення по горизонталі, $l_{\max}$ , м					4,05
	Розрахункове відхилення по вертикалі, $a_{\max}$ , м					0,93
4	1	74,15	21,44	16,0	19,61	
	Розрахункове відхилення по горизонталі, $l_{\max}$ , м					4,34
	Розрахункове відхилення по вертикалі, $a_{\max}$ , м					1,24

Аналогічні величини відхилень траєкторії руху для перерізу 4-4 у межах північно-західного укосу дорівнюють відповідно 4,34 і 1,24 м по горизонталі та по вертикалі.



З урахуванням технічного запасу, рівного 0,5 м, висота захисної споруди, встановлена за результатами оцінки розподілу породного матеріалу на зсувних укосах відвалу та відхилень траєкторій руху кам'яного матеріалу (табл. 3.3), становить

- Центральна частина північного укосу – 5,82 м;
- Західна частина північного укосу – 4,81 м;
- Східна частина північного укосу – 4,43 м;
- північно-західний укіс – 5,74 м.

## КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

### 3.4 Розрахунок стійкості захисної споруди на зсув

Розрахунок стійкості захисної споруди на зсув виконано згідно з рекомендаціями ДБН В.1.1-3-97 щодо визначення зсувного тиску з використанням аналітичного методу визначення тиску ґрунтів на підпирні споруди.

В умовах низьких швидкостей стікання в'язких водонасичених шламів по поверхні зсувних укосів, що характеризуються кутами закладення 8...13°, у розрахунках стійкості захисної споруди динамічна складова зсувного тиску не враховувалася.

При можливому переміщенні шламів на внутрішньому контурі захисної споруди, може відбутися ситуація при якій, відбудеться не зміщення захисної споруди під дією зсувного тиску, а перелив рідких шламів через гребінь.

При допущенні плоских поверхонь ковзання та відсутності сил зчеплення в зсувному масиві формули для визначення активного тиску ґрунту на підпірну споруду мають вигляд.

- з вертикальною задньою гранню:

$$E_a = \frac{\gamma H^2}{2} \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right); \quad (3.5)$$

- з позитивним кутом нахилу задньої грані (рис. 3.3):

$$E_a = \frac{\gamma H^2}{2} \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi - \beta}{2} \right) - \operatorname{tg} \beta \right]^2 \cos \beta. \quad (3.6)$$

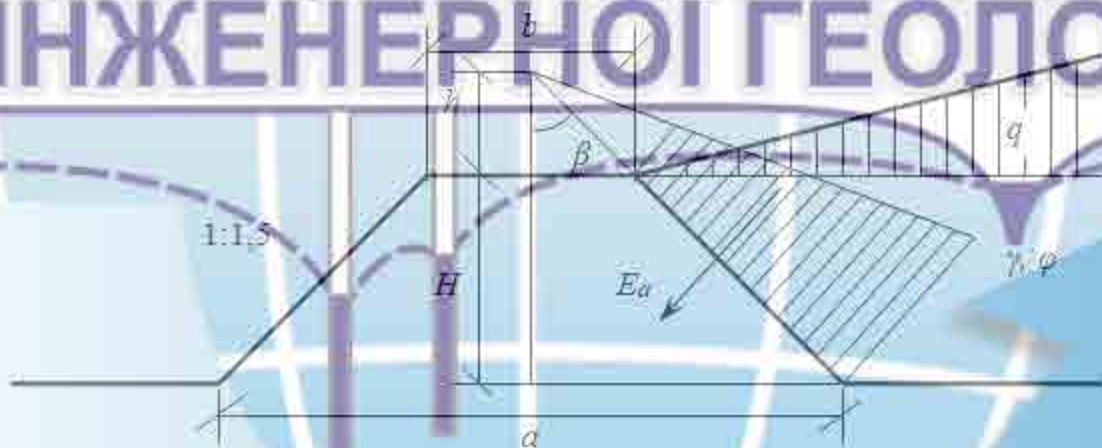


Рисунок 3.3 – Розподіл тисків по задній грані підпірної споруди при дії ваги ґрунту та розподіленого привантаження

Нахил задньої грані підпірної споруди значно впливає на величину активного тиску, причому порівняно з тиском ґрунту при вертикальній задній грані в першому випадку активний тиск буде більшим.



Врахування завантаження горизонтальної поверхні зсувного масиву при її похилому заляганні проводиться заміною у формулах (3.5) і (3.6) першого

множника  $\frac{\gamma H^2}{2}$  виразом:

$$\frac{\gamma}{2} [H^2 + 2Hh], \quad (3.7)$$

де  $h$  – наведена висота шару ґрунту, що дорівнює відношенню середньої інтенсивності навантаження  $q$  в інтервалі призми зсуву до питомої ваги ґрунту  $\gamma$ .

При заданих значеннях параметрів фізико-механічних властивостей породного матеріалу, представленого відходами гравітаційного збагачення та флотохвостами, параметри яких прийняті як розрахункові (питома вага  $\gamma = 14,7$

кН/м<sup>3</sup>, кут внутрішнього тертя  $\varphi = 10^\circ$ ), значення активного тиску при висоті захисної споруди  $H = 5,4$  м та середній висоті наведеного шару ґрунту  $h = 0,4$  м, дорівнює:

$$E_a = \frac{14,7 \cdot (5,4^2 + 2 \cdot 5,4 \cdot 0,4)}{2} \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{10^\circ}{2} \right) = 173,29, \text{ кН/м.}$$

При нахилі граней захисної споруди із закладенням 1:1,5 –  $\beta = 55^\circ$ :

$$E_a = \frac{14,7 \cdot (5,4^2 + 2 \cdot 5,4 \cdot 0,4)}{2} \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{10^\circ + 55^\circ}{2} \right) + \operatorname{tg} 55^\circ \right]^2 \cos 55^\circ = 384,2 \text{ кН/м.}$$

При куті закладення укосів захисної споруди під кутом  $35^\circ$  горизонтальна складова активного тиску (зсувний тиск) дорівнює 220,36 кН/м. З урахуванням нормованого значення коефіцієнта запасу стійкості  $K_c = 1,30$  величина зсувного

тиску в контурах рівномірного укусу з нахилом поверхні  $\alpha = 10^\circ$  становить 286,47 кН/м.

Для оцінки стійкості захисної споруди на зсув виконано розрахунок його опору зсуву при заданих значеннях висоти  $H = 5,4$  м, ширини по основі  $a = 26$  м і поверху  $b = 10,0$  м, закладення укосів 1:1,5.

Опір зсуву захисного валу визначається величиною граничної дотичної напруги, що діє на основу, і на її ширину  $a$ :

$$E_r = \tau \cdot a = (\sigma \tan \varphi + C) \cdot a, \quad (3.8)$$

де  $\tau$  і  $\sigma$  – відповідно дотична та нормальна напруга;  $\sigma = \gamma H$ .

Для захисної споруди з бічними гранями, що мають позитивний нахил, нормальна напруга визначається як  $\sigma = \gamma H \left( b + \frac{a-b}{2} \right) / a$ , де  $a$  і  $b$  – відповідно

ширина захисної споруди з основи та по гребню.


У розрахунку стійкості захисної споруди використано значення характеристик породного матеріалу, отримані для умов його контактування з водонасиченими шламами в масиві породного відвалу. Адже це дозволило опосередковано врахувати можливі зміни фізико-механічних властивостей матеріалу, що укладається в захисну споруду, при зміні його вологості на контакт з рідкими шламами.

При заданих значеннях питомої ваги і параметрів міцності породного матеріалу захисної споруди, рівних відповідно  $\gamma = 19,0$  кН/м<sup>3</sup>,  $C = 23,0$  кПа і  $\varphi = 21^\circ$ , опір зсуву характеризується величиною:



$$\sigma = 19,0 \cdot 5,4 \cdot \left( 10,0 + \frac{26,0 - 10,0}{2} \right) / 26,0 = 71,03 \text{ кН/м}^2;$$

$$E_r = (71,03 \cdot \text{tg}21^\circ + 23,0) \cdot 26,0 = 1306,91 \text{ кН/м.}$$



**КАФЕДРА  
ГІДРОГЕОЛОГІЇ  
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ**

## ВИСНОВКИ

За результатами аналізу інженерно-геологічних умов ділянки плоского породного відвалу ТОВ «ЦЗФ «Октябрська», а також виконаної за результатами чисельного моделювання та епігнозного моделювання прогнозної оцінки стійкості породного відвалу на ділянці північного та північно-західного зсувних укосів було встановлено наступне.

1. Причиною розвитку зсувних процесів у породному відвалі стала наявність в основі його північного укосу геомеханічно ослабленої зони, формування якої відбулося в період нарощування греблі обвалування ставка-відстійника та будівництва першого ярусу відвалу. Утворення цієї зони стало результатом неконтрольованого розподілу гравітаційних відходів вуглезбагачення при їх відсипанні в товщі пластичних шламів на внутрішньому контурі греблі обвалування ставка-відстійника. Це призвело до того, що при подальшому нарощуванні породного відвалу і його обводненні, на центральній ділянці північної дамби ставка-відстійника (у зоні дії максимальних стискаючих напружень) відбулося видавлювання і перетікання пластичних шламів через дамбу первинного обвалування, зі зміщенням перекриваючих їх гравітаційних відходів за межі чаші ставка-відстійника.

2. За результатами прогнозної оцінки стійкості породного відвалу було встановлено, що формування зон зрушень у межах прийнятих до розгляду перерізів північного укосу відбувається у контурах верхньої крутої частини зсувного схилу – «стілки відриву». Розміри призми зсуву в усіх випадках визначаються розмірами зони обводнення: охоплюють верхню частину стінки відриву в умовах зневодненого масиву, або в зсув залучається весь її об'єм – при обводненні відвалу до відміток прогнозного положення рівня підземних вод. У такому випадку для збереження стійкості укосів потрібно проводити їхнє дренажування. Значення коефіцієнту стійкості при цій умові дорівнюють  $K_c = 1,185 \dots 1,284$  для центрального і східного укосів (перерізи 1-1 і 3-3), та  $K_c = 1,542 \dots 1,703$  для західної ділянки північного укосу і північно-західного укосу



(перерізи 2-2 та 4-4), що перевищує нормоване значення.

3. Використовуючи дані кутів для рівномічних укосів, встановлено висоту захисної споруди: 4,80 м для центральної ділянки, 3,70 м для західної ділянки, 3,00 м для східної ділянки та 4,0 м для північно-західної ділянки породного відвалу.

Згідно з рекомендації до СН-449-72, 1974 зсувні схили північного та західного укосів породного відвалу відносяться до 3 типу. Враховуючи швидкості руху каменів на зсувних укосах та відхилень їхньої траєкторії при існуючій конфігурації схилів встановлено, що висота захисної споруди для північного та західного укосів породного відвалу повинна становити не менше: 1,49 м для центральної частини північного укосу, 1,62 м для західної частини північного укосу, 2,29 м для східної частини північного укосу та 4,80 м для північно-західного укосу.

4. Стійкість захисної споруди на ділянках зсувних укосів породного відвалу забезпечується із запасом, що перевищує більш ніж у 4,5 рази величину активного зсувного тиску, розраховану із запасом  $K_c = 1,30$ . Для забезпечення розрахункового показника стійкості захисної споруди, до якої належить захисний вал, на його внутрішньому контурі необхідно передбачити дренажне водовідведення, щоб запобігти додатковому обводненню зсувного породного масиву.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

### Опублікована

1. Клименко В.Г. Гідрологія України: Навчальний посібник для студентів географів. – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2010. – 124 с.
2. Інвестиційний паспорт «Покровська об'єднана територіальна громада»  
<https://pokr.otg.dp.gov.ua/storage/app/sites/6/%20%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82.pdf>
3. ДБН А.2.1-1-2008. Інженерні вишукування для будівництва
4. ДБН-В.1.1-5-2000. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах
5. ДСТУ Б.2.1-7-2000 ГОСТ 20276-99)
6. ДБН В.1.1-25-2009. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 34 с.
7. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2006. – 75 с.
8. ДБН-В.2.1-10:2018. Основи та фундаменти споруд. Основні положення. – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 42 с
9. Профатілов Д.А. Розрахунок геотехнічних параметрів захисної споруди на ділянці зсувного породного відвалу// 78 студентська науково-технічна конференція «Тиждень студентської науки» НТУ «Дніпровська Політехніка» . – Дніпро, 2023.


### Фондова

10. Рекомендации по изучению элювиальных грунтов Донбасса при инженерно-геологических изысканиях. Д/Ф «УкрвостокГИИНТИЗ», 1990.




11. ЦОФ «Октябрьская» ПО «Добропольеуголь». РП породного отвала. Пояснительная записка к инженерно-геологическим изысканиям. ГОАО «Днепрогипрошахт». 1997.

12. Звіт про інженерно-геологічні дослідження до робочого проекту: «Рекультивация породного відвалу ПАТ «ДТЕК Октябрська ЦЗФ»



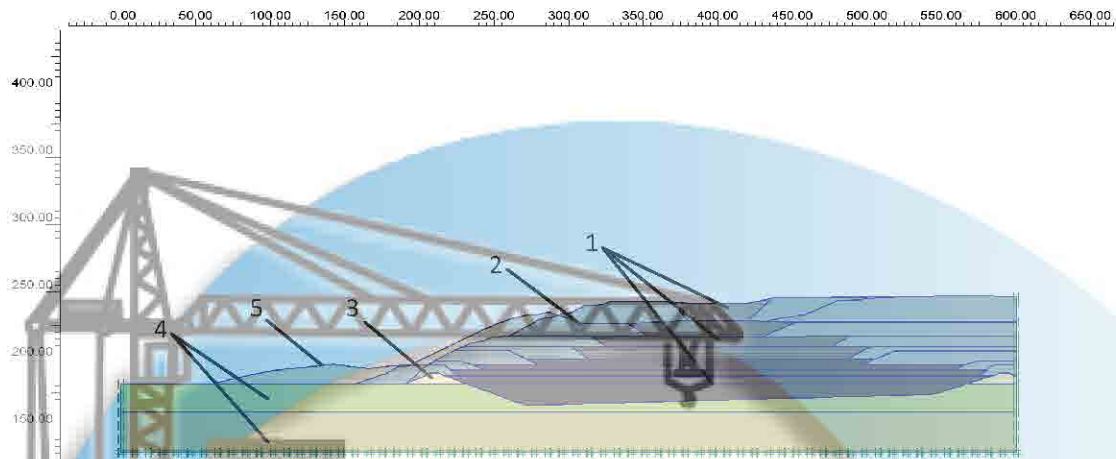
# КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



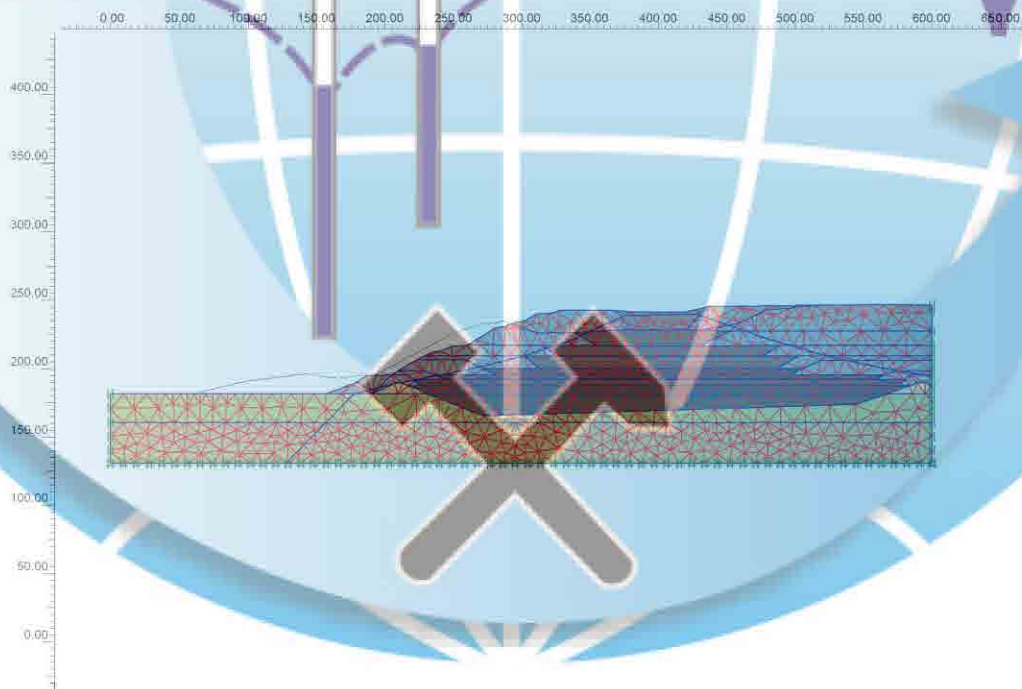
# КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

ТЕКСТОВІ ДОДАТКИ

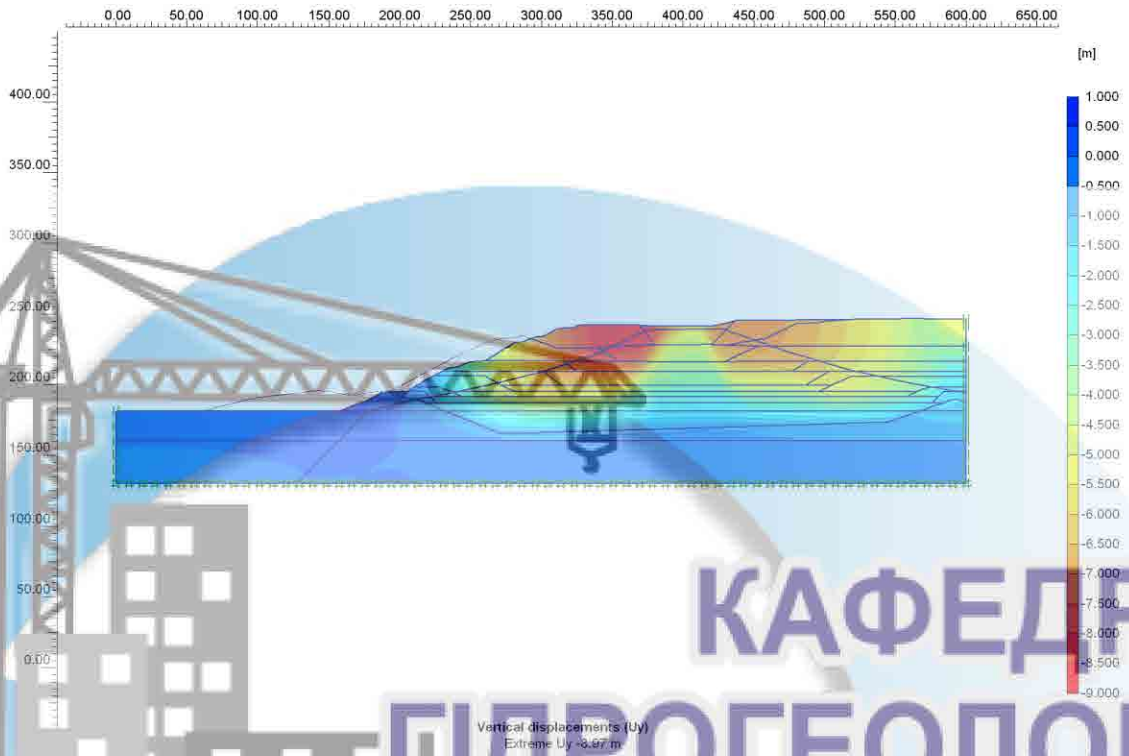




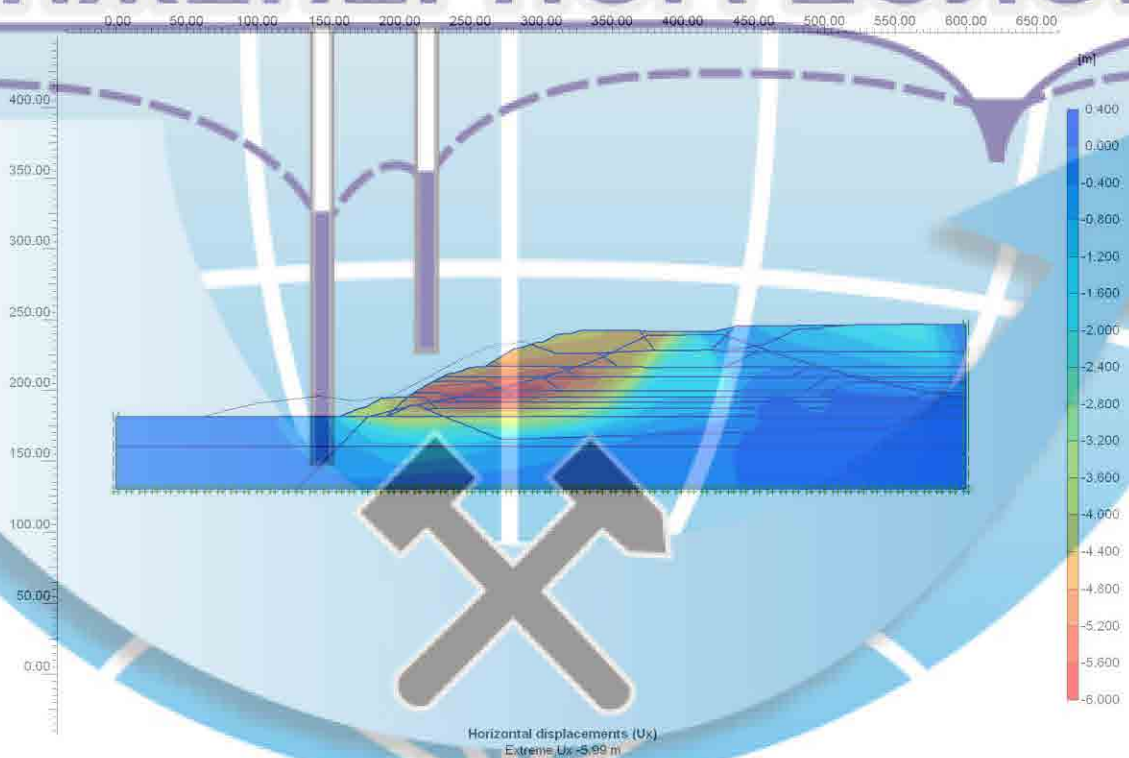
Додаток 1.1 – Розрахункова схематизація породного відвалу на відпрацьованому ставку-відстійнику у чисельній геомеханічній моделі: 1 – флотохвости (шлами); 2 – гравітаційні відходи збагачення (порода); 3 – дамба первинного обвалування (суглинок); 4 – ґрунти основи (суглинки); 5 – контур зсуву станом на 2015 р.



Додаток 1.2 – Кінцево-елементна дискретизація області, що моделюється.

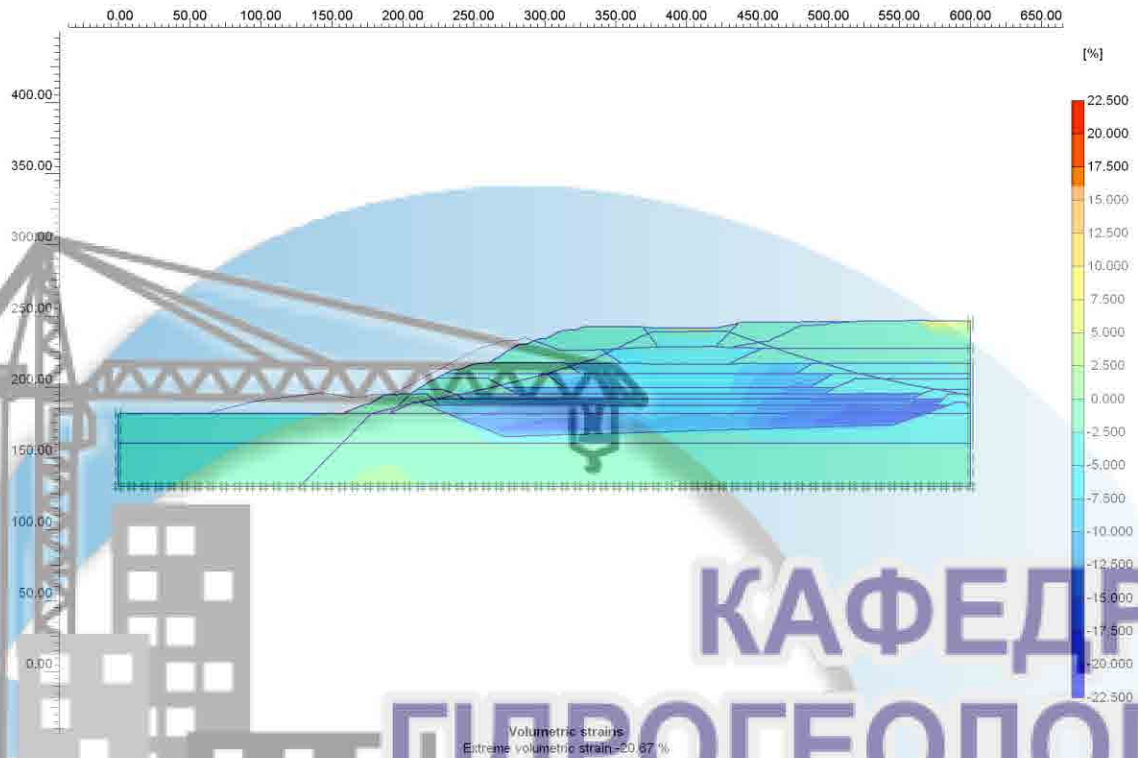


Додаток 1.3 – Характер деформування породного відвалу: вертикальні переміщення, м

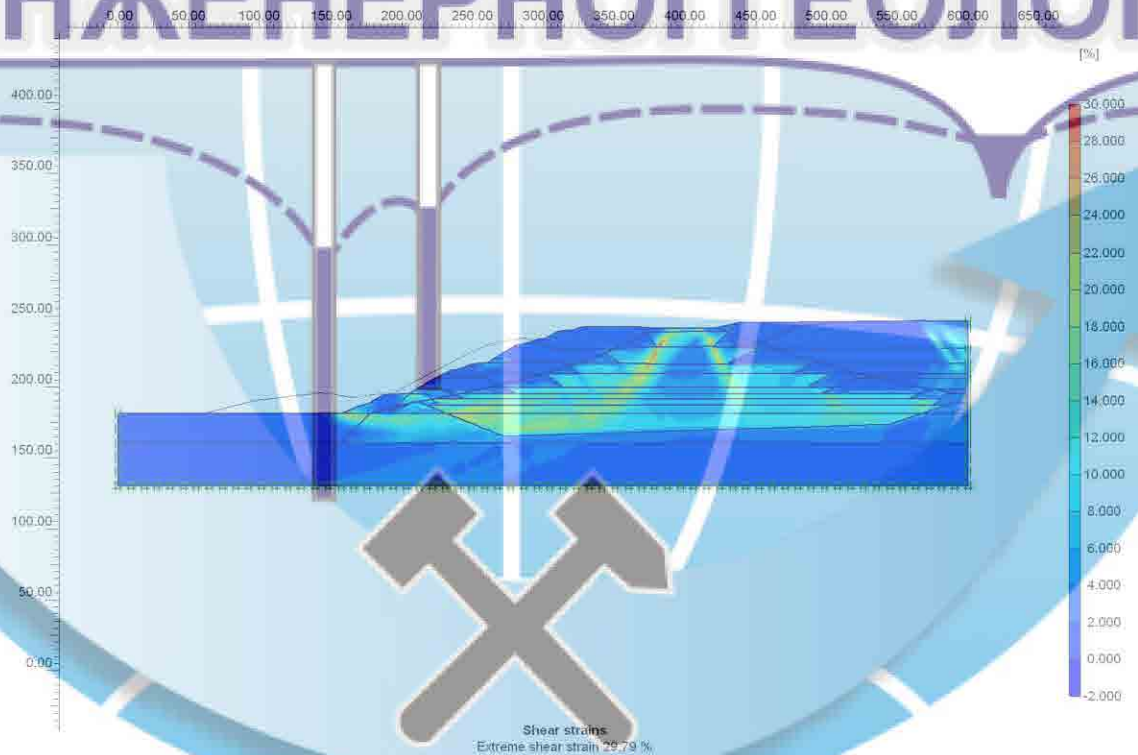


Додаток 1.4 – Характер деформування породного відвалу: горизонтальні переміщення, м

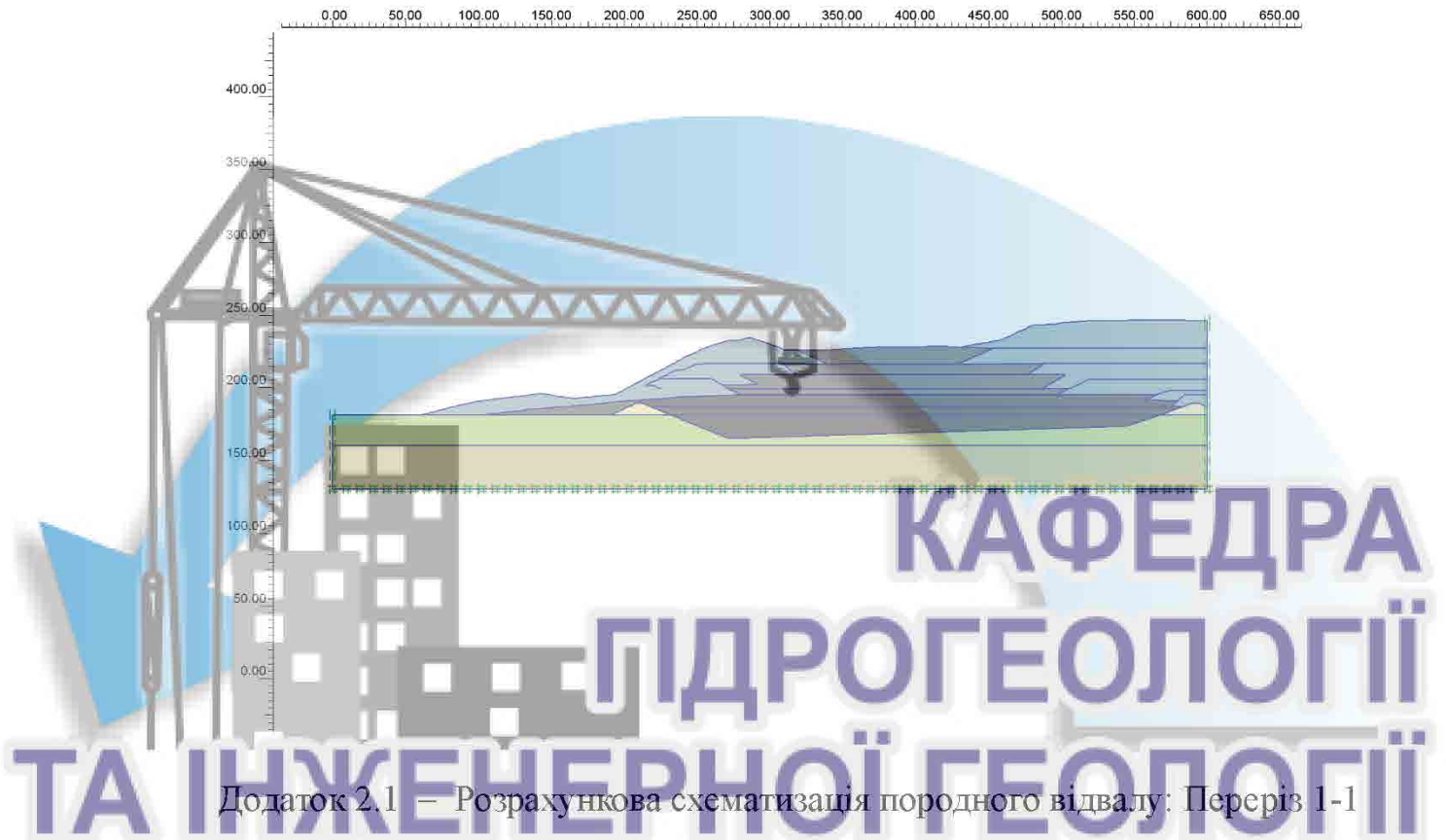




Додаток 1.5 – Деформації у породному відвалі: об'ємні деформації, %

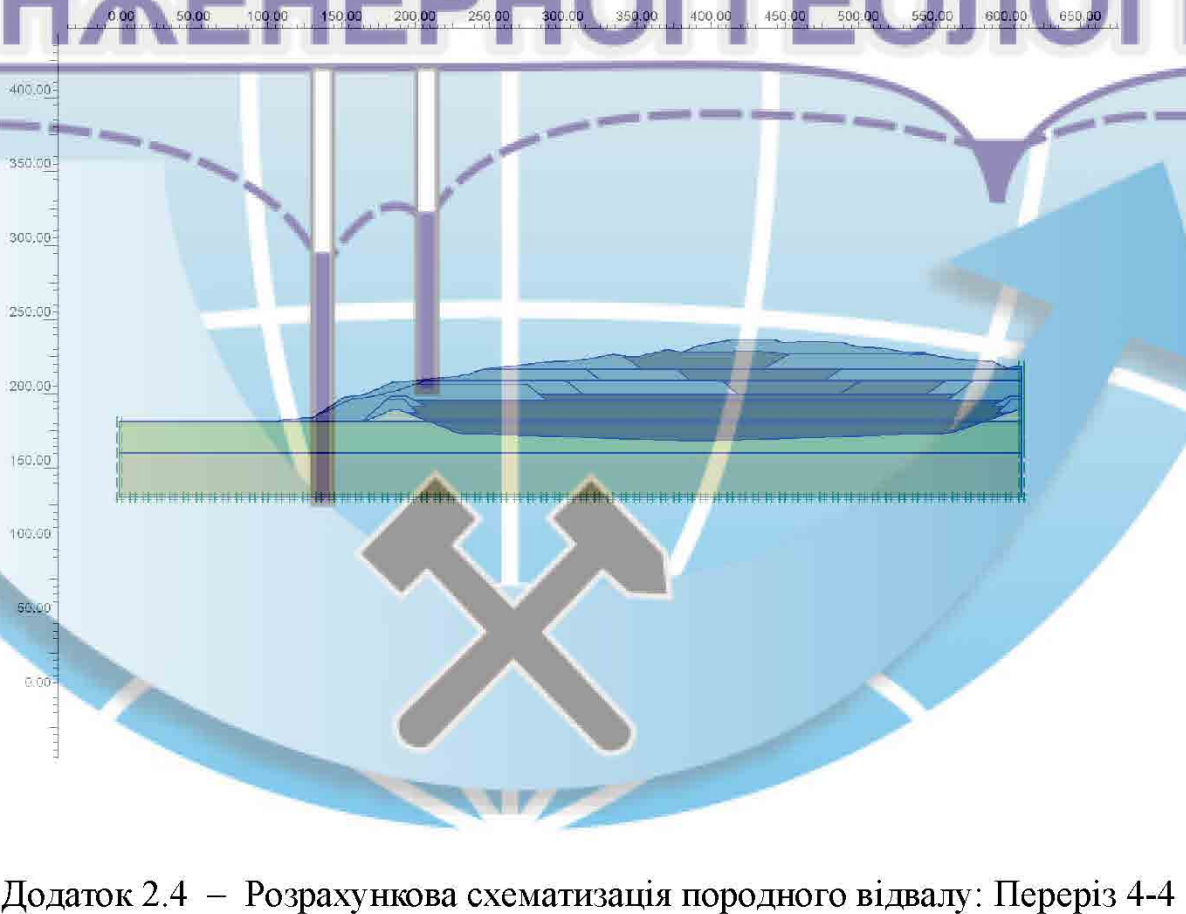
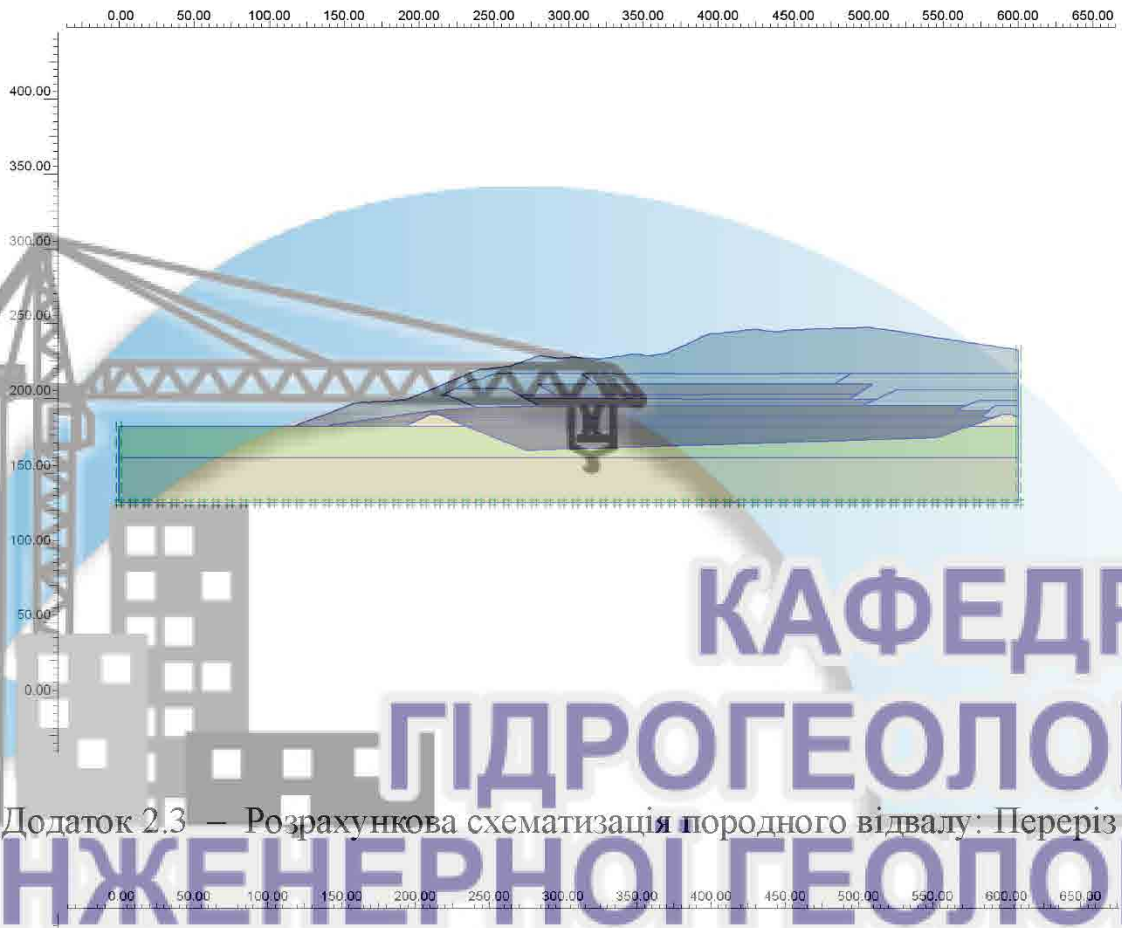


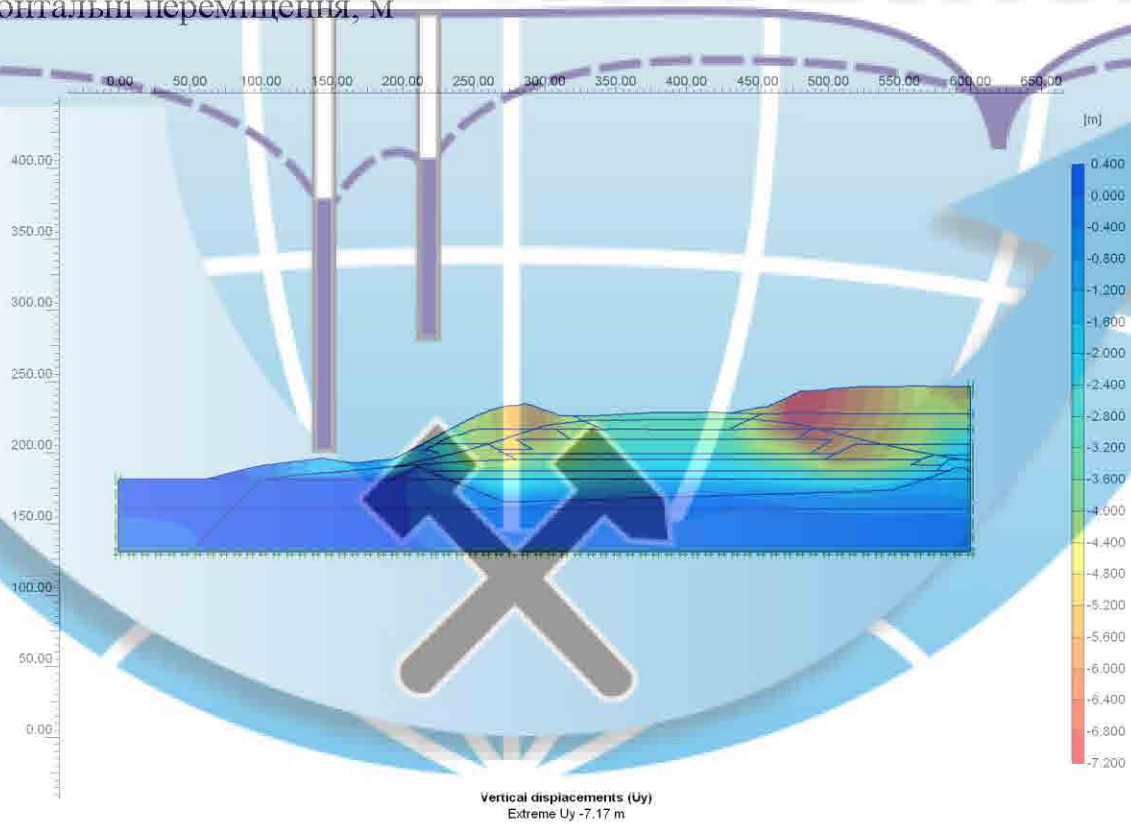
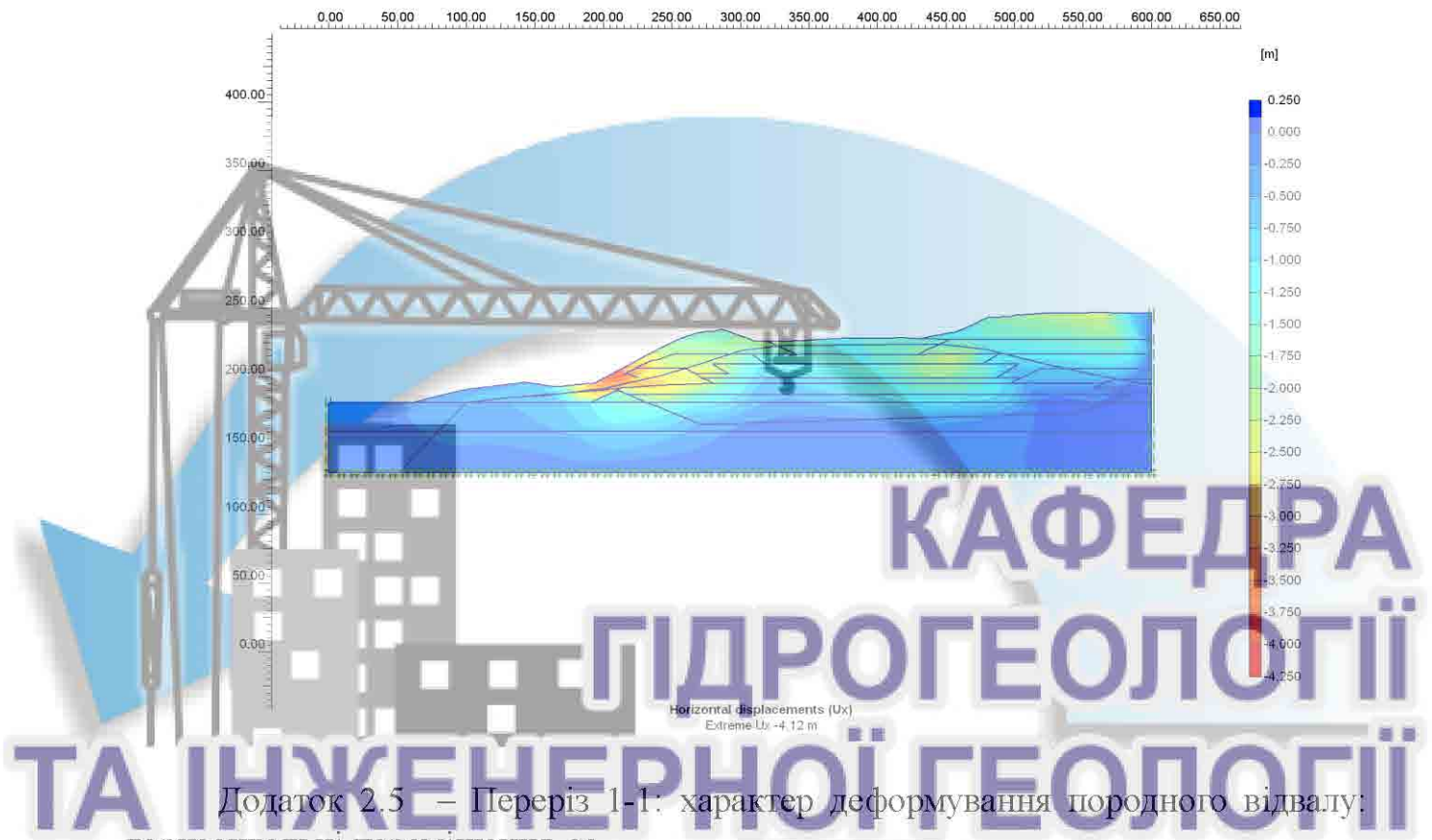
Додаток 1.6 – Деформації в породному відвалі: максимальні зсувні деформації, %



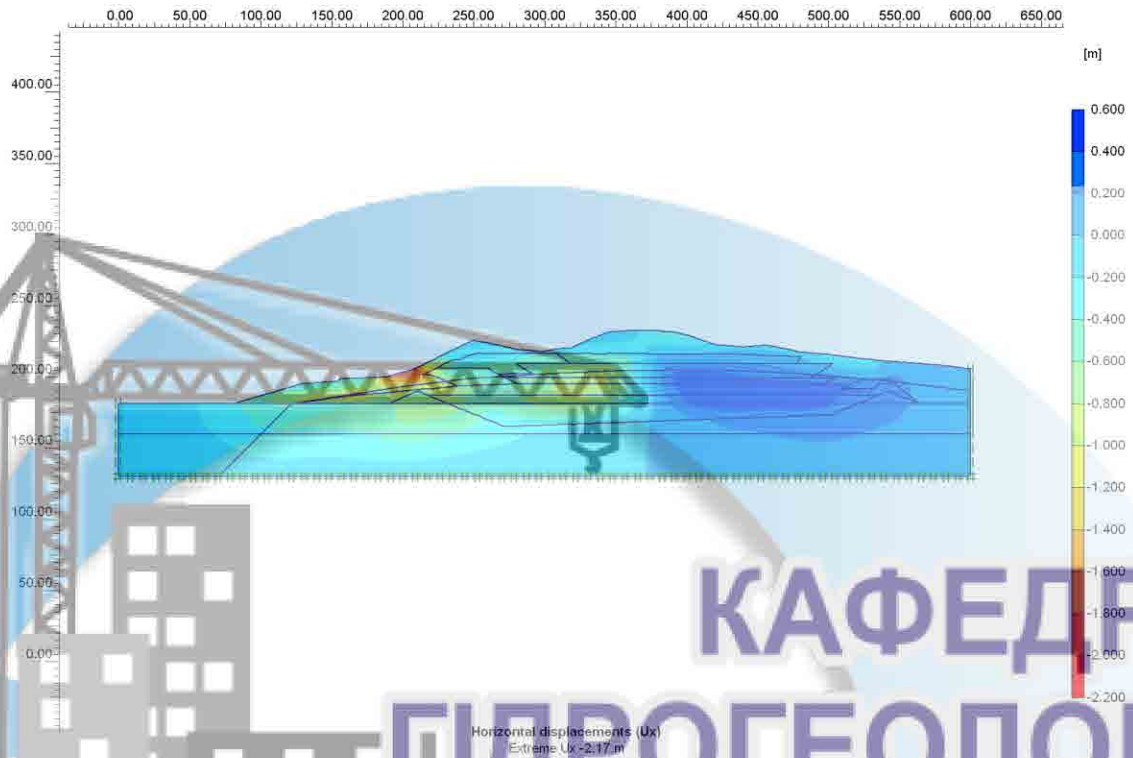
Додаток 2.2 – Розрахункова схематизація породного відвалу: Переріз 2-2



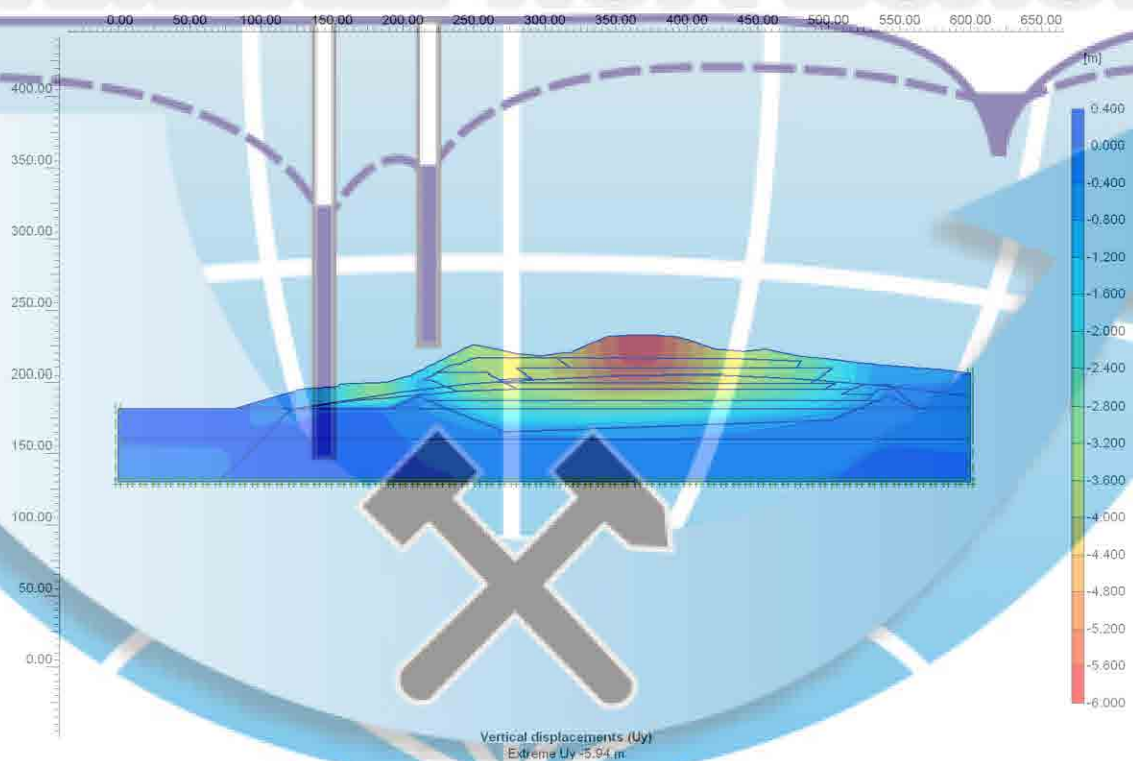




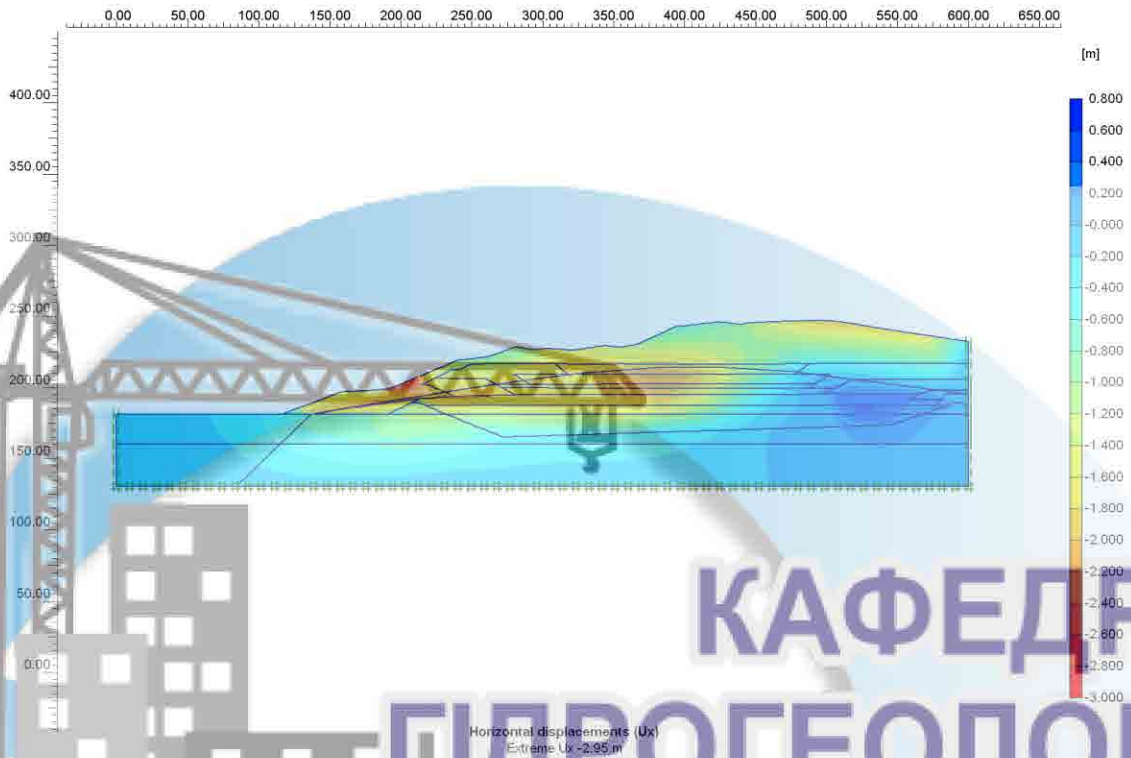




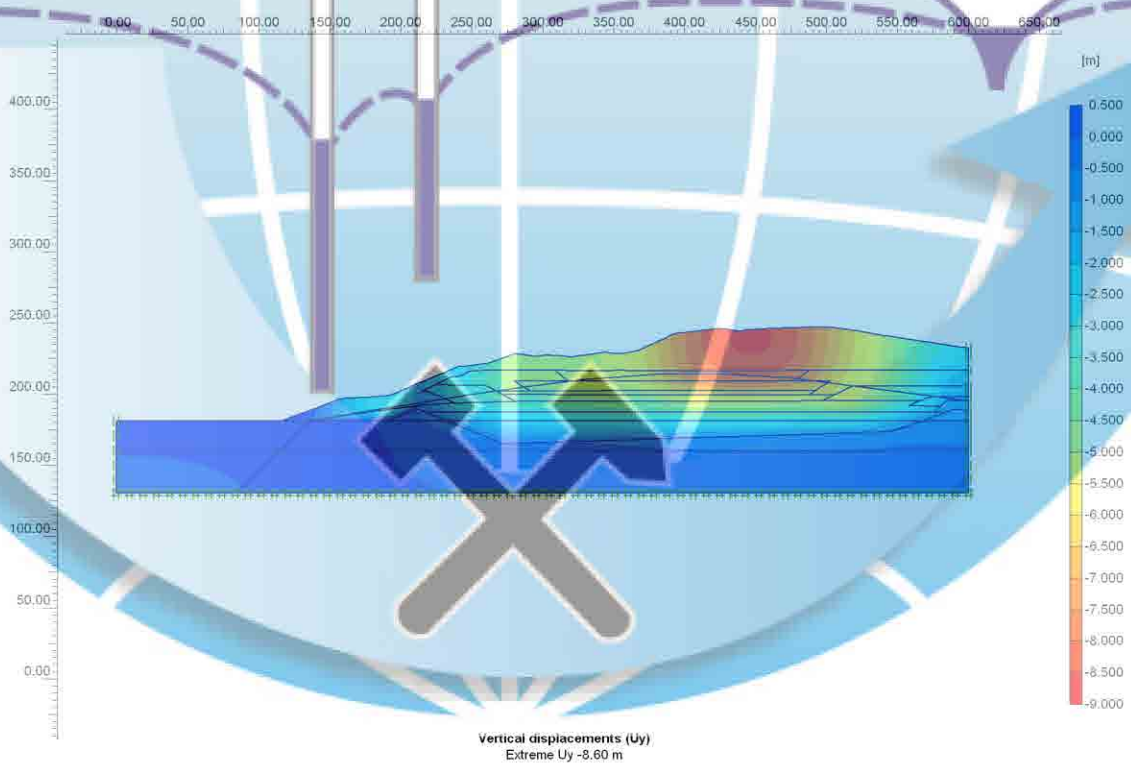
Додаток 2.7 – Переріз 2-2: характер деформування породного відвалу:  
горизонтальні переміщення, м



Додаток 2.8 – Переріз 2-2: характер деформування породного відвалу:  
вертикальні переміщення, м

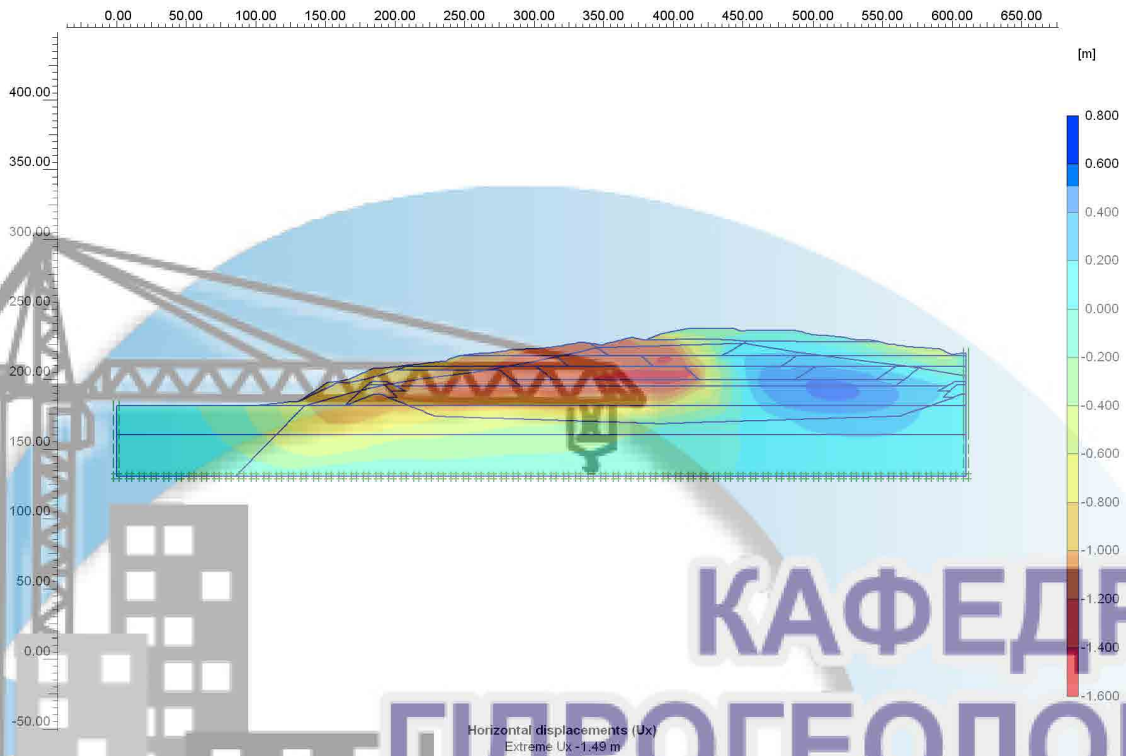


Додаток 2.9 – Переріз 3-3: характер деформування породного відвалу: горизонтальні переміщення, м

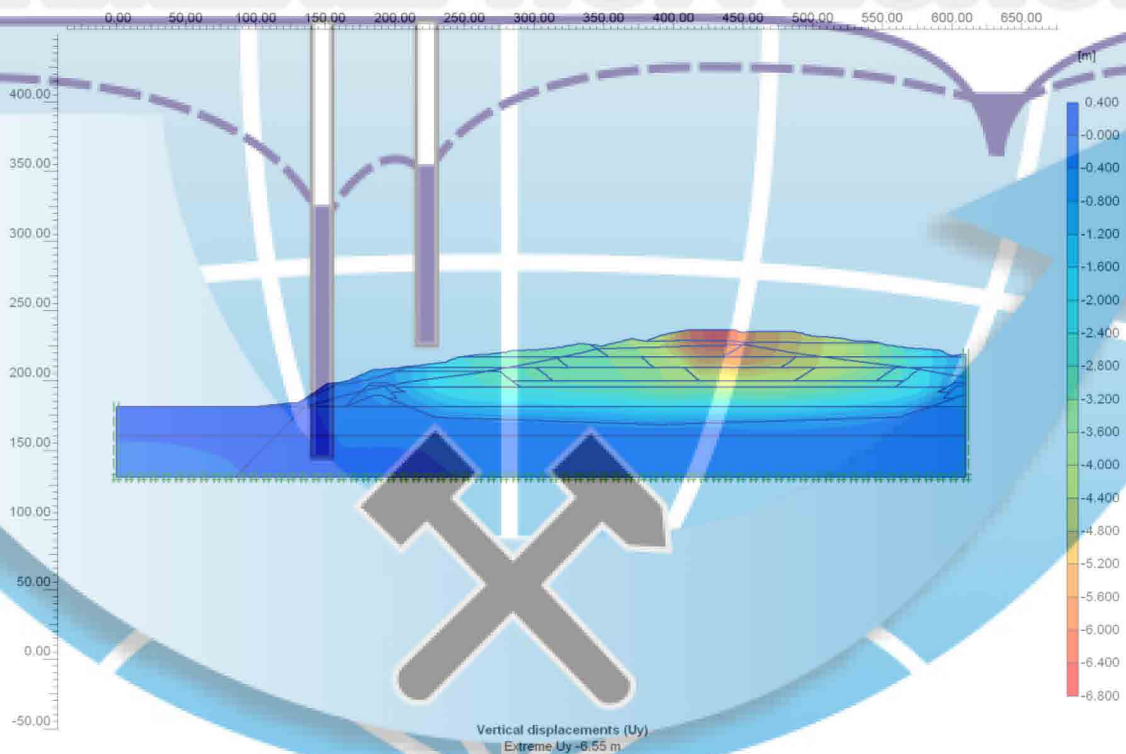


Додаток 2.10 – Переріз 3-3: характер деформування породного відвалу: вертикальні переміщення, м

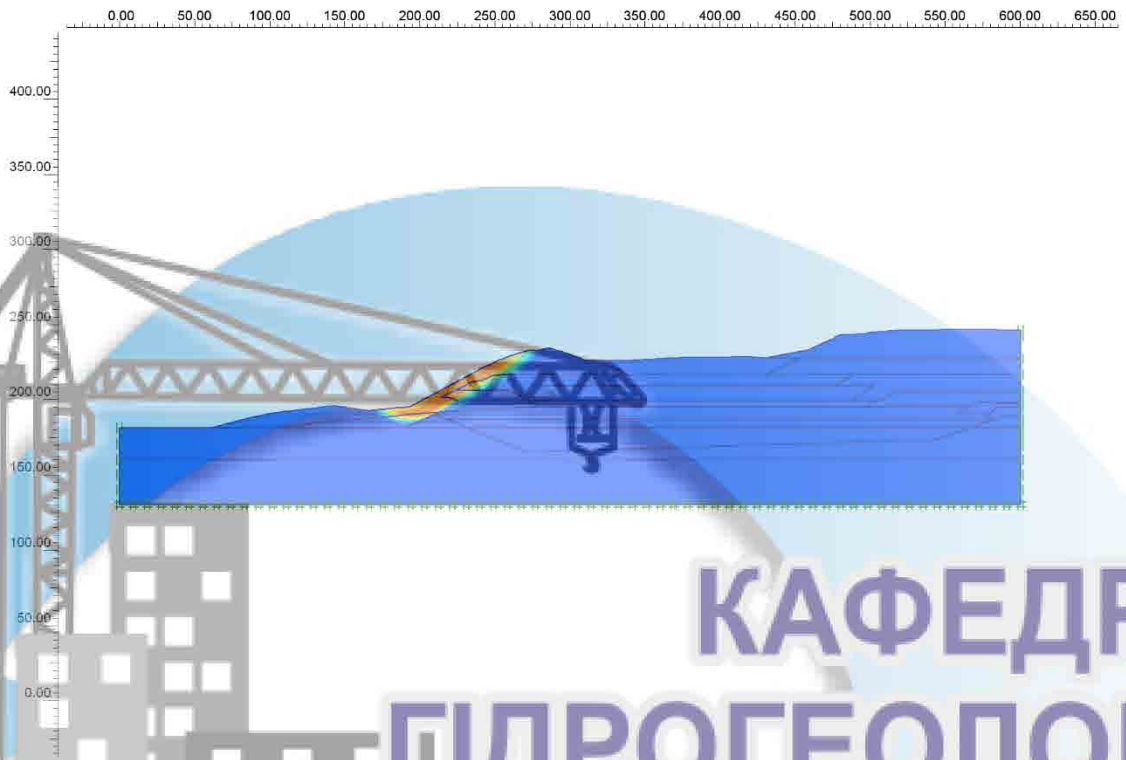




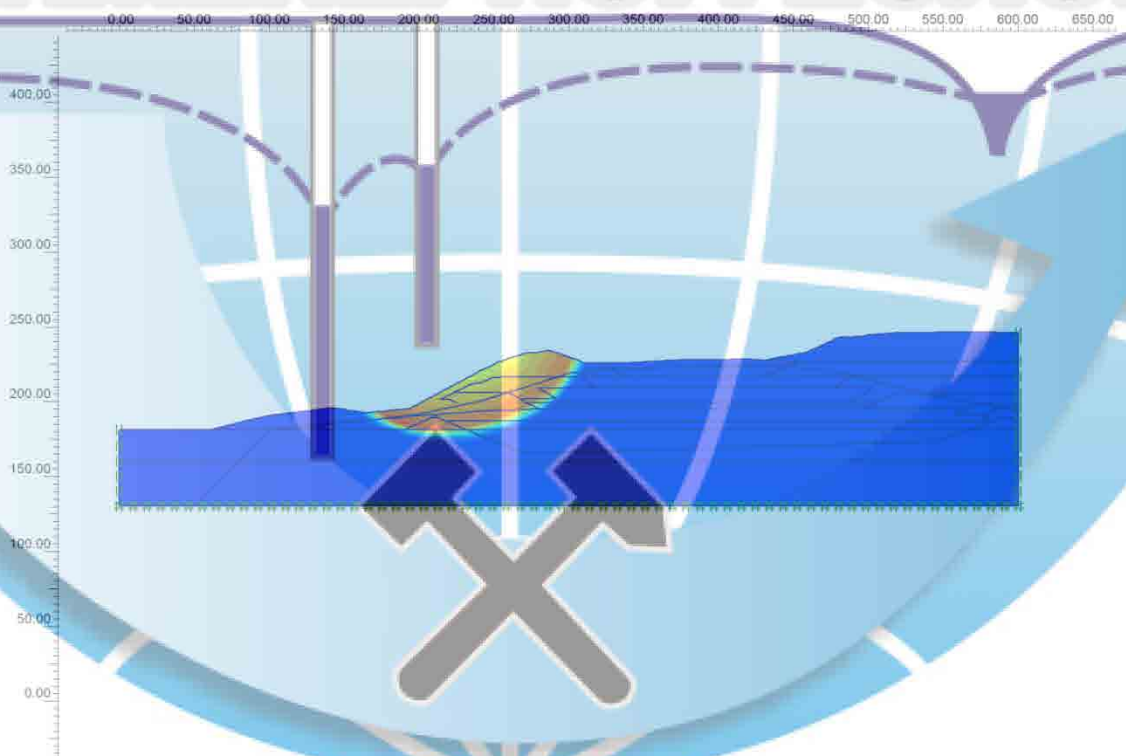
Додаток 2.11 – Переріз 4-4: характер деформування породного відвалу:  
горизонтальні переміщення, м



Додаток 2.12 – Переріз 4-4: характер деформування породного відвалу:  
вертикальні переміщення, м

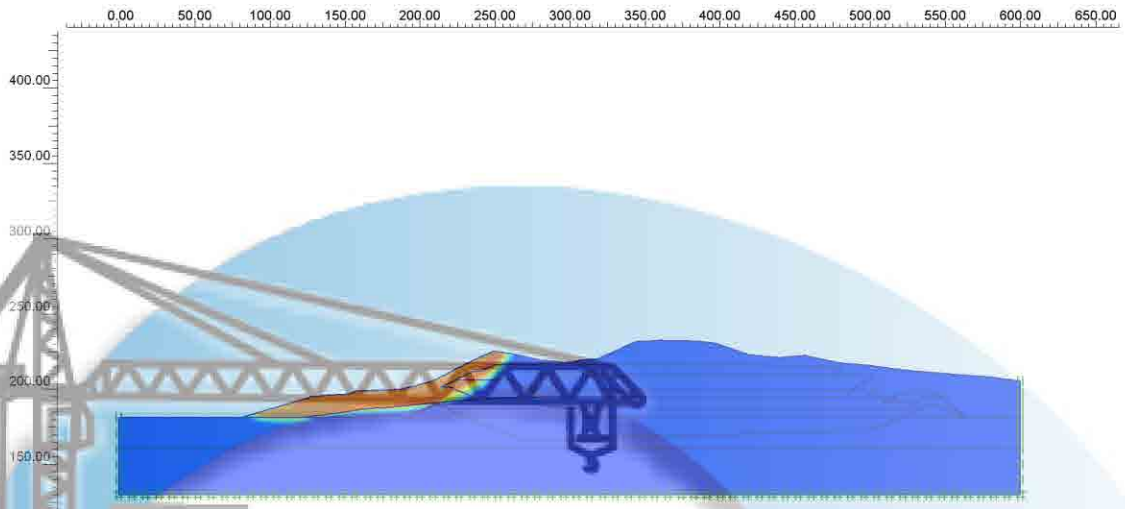


Додаток 2.13 – Переріз 1-1: положення та конфігурація призми зрушення в умовах необводненого породного відвалу -  $K_c = 1,185$



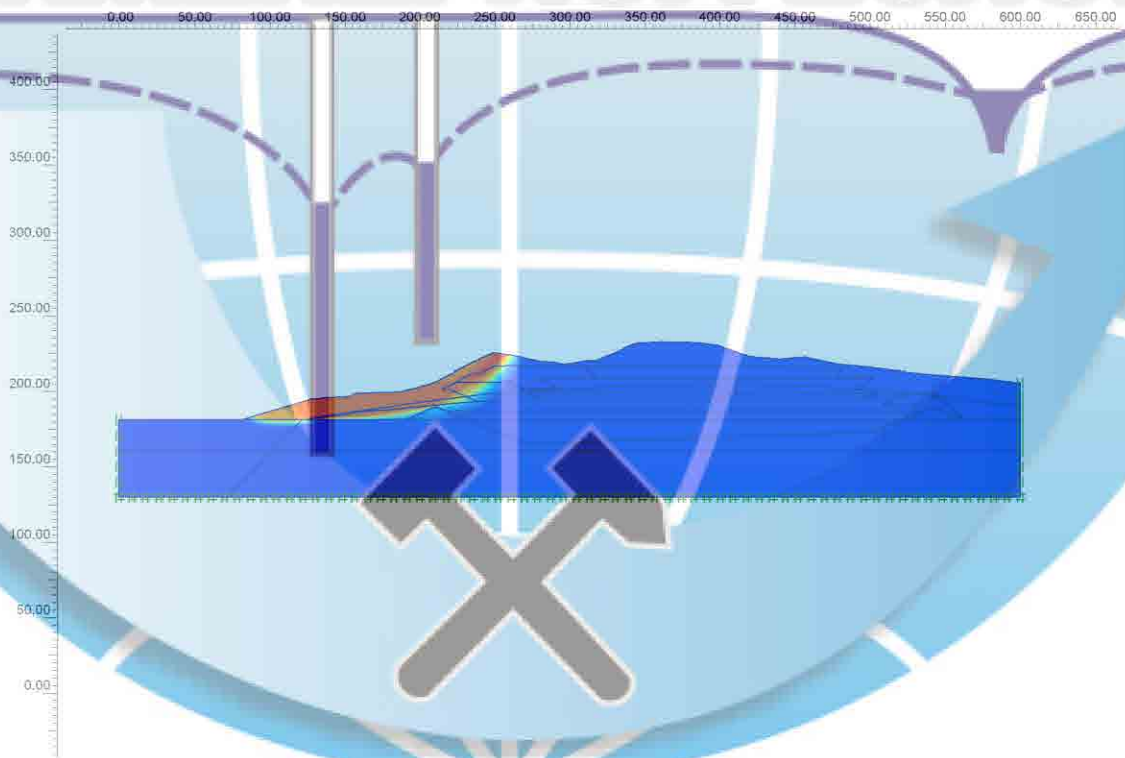
Додаток 2.14 – Переріз 1-1: положення та конфігурація призми зрушення в умовах обводненого породного відвалу -  $K_c = 1,039$



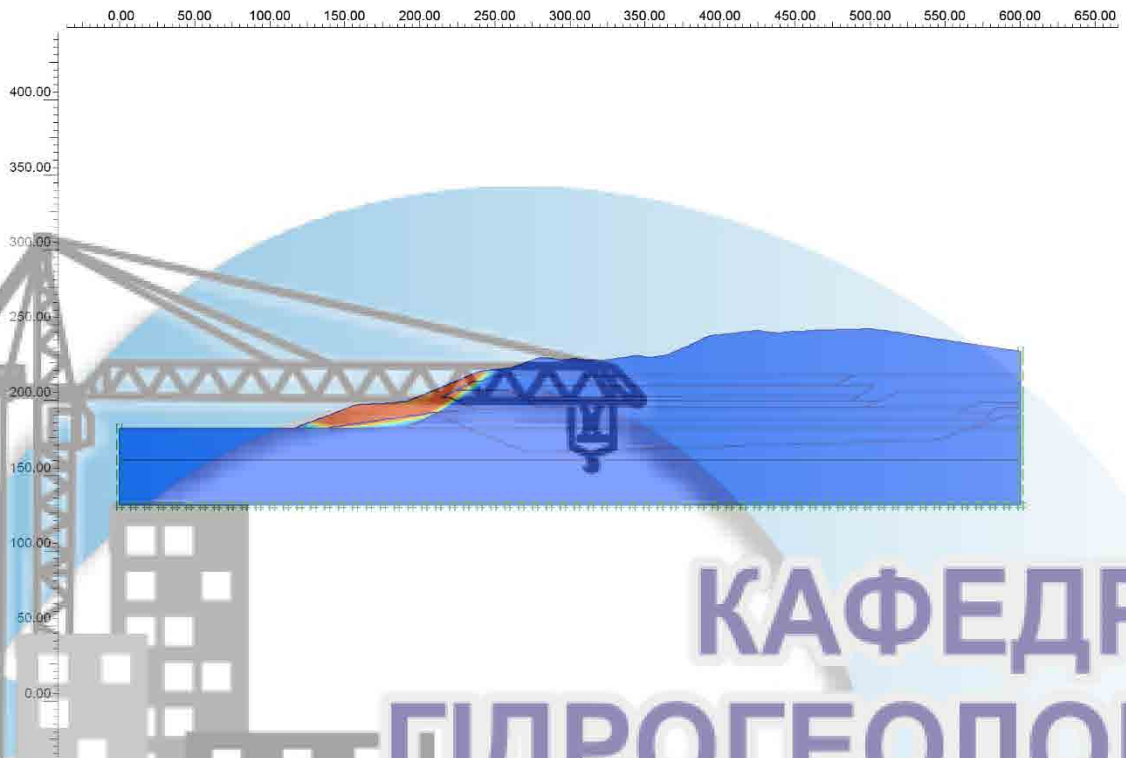


# КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

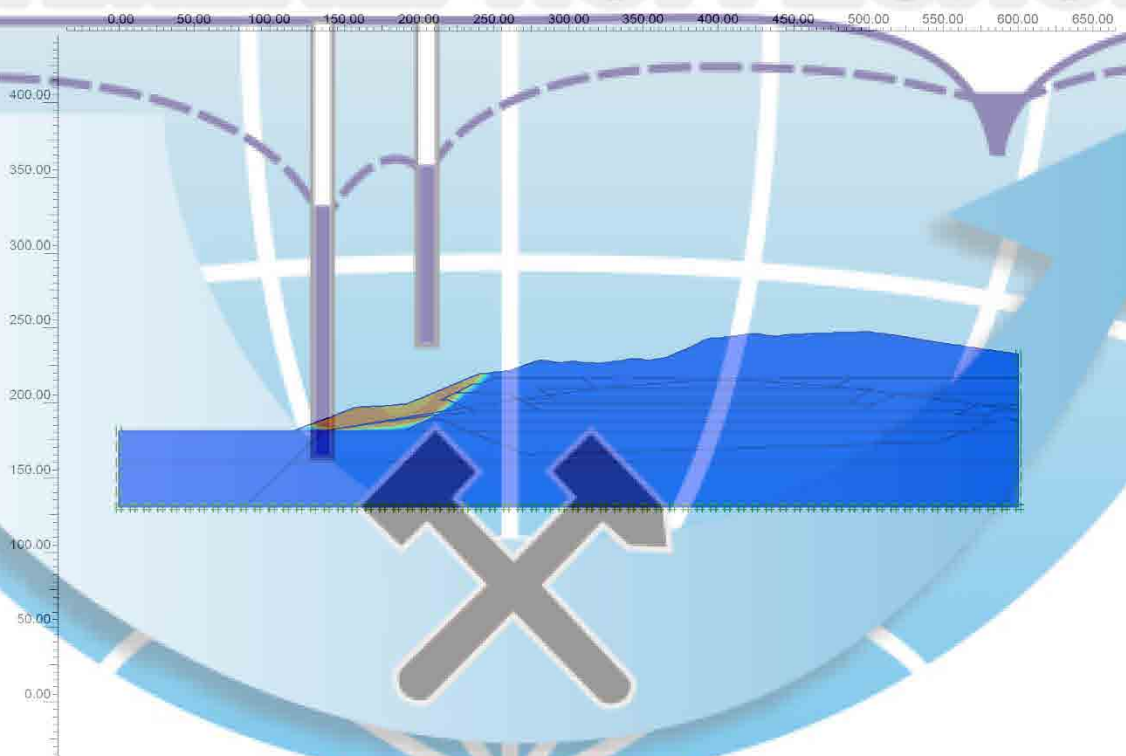
Додаток 2.15 – Переріз 2-2: положення та конфігурація призми зрушення в умовах необводненого породного відвалу -  $K_c = 1,542$



Додаток 2.16 – Переріз 2-2: положення та конфігурація призми зрушення в умовах обводненого породного відвалу -  $K_c = 1,443$

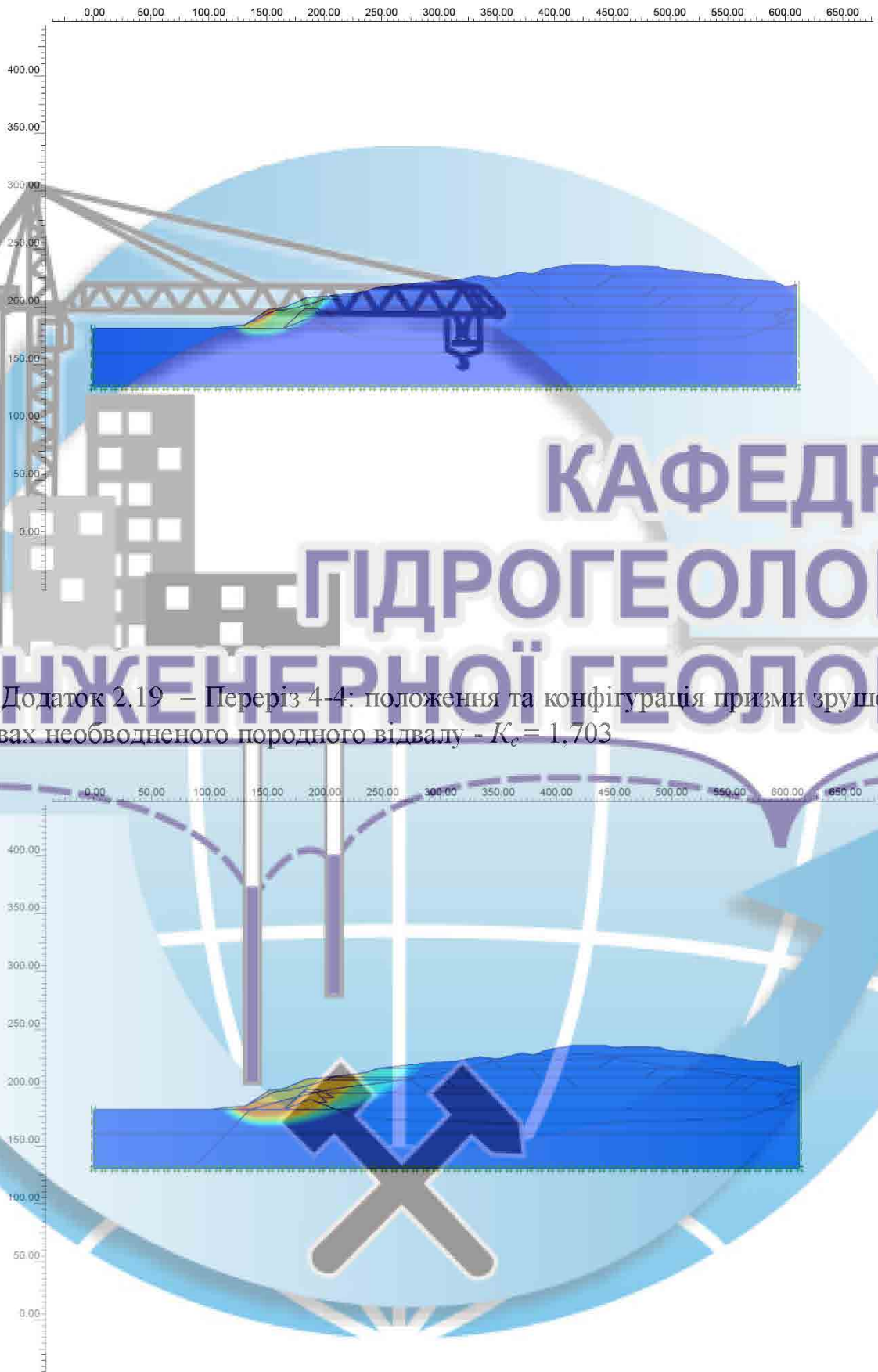


Додаток 2.17 – Переріз 3-3: положення та конфігурація призми зрушення в умовах необводненого породного відвалу -  $K_c = 1,284$



Додаток 2.18 – Переріз 3-3: положення та конфігурація призми зрушення в умовах обводненого породного відвалу  $K_c = 1,189$





Додаток 2.20 – Переріз 4-4: положення та конфігурація призми зрушення в умовах обводненого породного відвалу -  $K_c = 1,419$

**ЧАСТКОВІ ЗНАЧЕННЯ**  
**Інженерно-геологічний елемент: №1**  
**Найменування ґрунту: *Відходи вуглезбагачення – жорстка***  
***маловолога неоднорідна***

Фізичні властивості ґрунту

Таблиця № 1

№ виробітку	Глибина відбору, м	№ по реєстру проб	Умовні позначення									
			$\Omega$	$\square$	$\square\sigma$	$\Omega\lambda$	$\Omega\pi$	$\square\delta$	$\epsilon$	$\nu$	$\Sigma\rho$	$\Omega o$
1	5.0	1	9.550	1.44	2.50	21.59	16.71	1.31	0.902	47.4	0.27	0.36
1	10.0	2	10.500	1.50	2.55	24.60	17.55	1.36	0.878	46.8	0.30	0.34
1	15.0	3	11.050	1.52	2.55	23.81	17.92	1.37	0.863	46.3	0.33	0.34
1	20.0	4	11.690	1.55	2.56	24.60	18.00	1.39	0.845	45.8	0.35	0.33
2	6.0	5	9.550	1.44	2.50	21.59	16.71	1.31	0.902	47.4	0.27	0.36
2	8.0	6	10.980	1.50	2.54	19.94	14.74	1.35	0.879	46.8	0.32	0.35
2	10.0	7	10.000	1.50	2.55	24.59	17.54	1.36	0.870	46.5	0.29	0.34
2	14.0	8	11.020	1.53	2.55	23.84	17.93	1.38	0.850	46.0	0.33	0.33
2	20.0	9	11.670	1.54	2.56	24.59	18.00	1.38	0.856	46.1	0.35	0.34
3	4.0	10	12.990	1.47	2.58	28.09	19.35	1.30	0.983	49.6	0.34	0.38
3	9.0	11	9.460	1.59	2.58	22.15	18.13	1.45	0.776	43.7	0.31	0.30
3	13.0	12	12.650	1.54	2.58	22.89	16.86	1.37	0.887	47.0	0.37	0.34
4	4.0	13	11.490	1.59	2.59	21.80	17.10	1.43	0.816	44.9	0.36	0.32
4	14.0	14	9.890	1.61	2.58	21.98	16.67	1.47	0.761	43.2	0.34	0.29
4	20.0	15	8.480	1.59	2.59	20.91	15.53	1.47	0.767	43.4	0.29	0.30
$X_n$			10.731	1.53	2.56	23.13	17.25	1.38	0.856	46.1	0.32	0.33
S			1.259	0.05	0.03	2.04	1.13	0.05	0.058	1.7	0.03	0.02
V			10.731	1.53	2.56	23.13	17.25	1.38	0.856	46.1	0.32	0.33

$X_n$  - середнє значення S - середньоквадратичне відхилення V - коефіцієнт варіації



## Фізичні властивості ґрунту

Таблиця № 2

№ виробітку	Глибина відбору, м	№ по реєстру проб	Умовні позначення							
			$\rho_0$	$\rho_v / \rho$	$\gamma_d$	$I_L$	$\xi$	$\sigma_{cl}$	$\sigma_{cl}^*$	
1	5.0	1	1.79	0.79	4.88	-1.47	-0.19	27.00	21.00	
1	10.0	2	1.83	0.82	7.05		-0.13	27.00	21.00	
1	15.0	3	1.83	0.83	5.89	-1.17	-0.14	27.00	21.00	
1	20.0	4	1.85	0.85	6.60	-0.96	-0.12	27.00	21.00	
2	6.0	5	1.79	0.79	4.88	-1.47	-0.19	27.00	21.00	
2	8.0	6	1.82	0.82	5.20	-0.72	-0.20	27.10	21.11	
2	10.0	7	1.83	0.83	7.05	-1.07	-0.13	27.00	21.00	
2	14.0	8	1.84	0.84	5.91	-1.17	-0.13	27.00	21.00	
2	20.0	9	1.84	0.84	6.59	-0.96	-0.12	27.00	21.00	
3	4.0	10	1.80	0.80	8.74	-0.73	-0.13	27.10	27.11	
3	9.0	11	1.89	0.89	4.02	-2.16	-0.12	27.00	21.00	
3	13.0	12	1.84	0.84	6.03	-0.70	-0.16	27.00	21.00	
4	4.0	13	1.88	0.88	4.70	-1.19	-0.14	27.00	21.00	
4	14.0	14	1.90	0.90	5.31	-1.28	-0.11	27.00	21.00	
4	20.0	15	1.90	0.90	5.38	-1.31	-0.13	27.00	21.00	
$X_n$			1.84	0.84	5.88	-1.08	-0.14	27.01	21.41	
$S$			0.04	0.04	1.19	0.26	0.03	0.04	1.58	
$V$			1.84	0.84	5.88	-1.08	-0.14	27.01	21.41	

## Гранулометричний склад ґрунту

Таблиця № 3

№ виробітку	Глибина відбору, м	№ по реєстру проб	Гранулометричний склад: вміст частинок у %, розмір, мм:							
			20 - 10	10 - 5	5 - 2	2 - 1	1.0 - 0.5	0.5 - 0.25	60%	10%
1	5.0	1	7.62	14.49	20.50	28.84	12.70	15.85	2.22	0.04
1	10.0	2	15.10	18.59	24.41	8.40	14.44	19.06	3.83	0.02
1	15.0	3	15.43	21.32	24.60	13.70	12.06	12.89	4.31	0.10
1	20.0	4	13.73	11.74	31.44	7.73	15.70	19.61	3.15	0.02
2	6.0	5	7.73	14.38	20.62	28.72	12.77	15.78	2.22	0.04
2	8.0	6	12.69	26.22	29.58	10.25	11.62	9.65	4.66	0.40
2	10.0	7	14.47	18.59	25.04	8.45	14.39	19.06	3.83	0.02
2	14.0	8	15.53	21.22	24.72	13.58	12.63	12.32	4.31	0.10
2	20.0	9	13.63	11.84	31.34	7.93	15.80	19.50	3.15	0.02
3	4.0	10	6.26	18.61	12.05	13.77	22.41	26.91	1.62	0.01
3	9.0	11	18.92	23.21	26.37	8.87	11.16	11.47	5.24	0.16
3	13.0	12	14.69	29.29	24.79	12.02	12.02	7.19	5.24	0.56
4	4.0	13	13.11	22.33	26.40	12.59	13.30	12.27	4.15	0.10
4	14.0	14	25.69	25.58	20.68	7.31	10.84	9.90	6.63	0.40
4	20.0	15	16.10	26.36	25.55	8.76	12.09	11.14	5.24	0.16
Xn			14.05	20.25	24.54	12.73	12.97	14.84	3.99	0.14
S			4.74	5.46	4.86	6.92	1.57	5.21	0.00	0.00
V			0.34	0.27	0.20	0.54	0.12	0.35	0.00	0.00

Xn - середнє значення S - середньоквадратичне відхилення V - коефіцієнт варіації



**НОРМАТИВНІ І РОЗРАХУНОЧНІ ЗНАЧЕННЯ**  
**Інженерно-геологічний елемент: №1**  
**Найменування ґрунту: Відходи вуглезбагачення – жорства**  
**маловолога неоднорідна**

Фізичні властивості ґрунту

Таблиця № 4

Найменування показателя	N	Xn	S	V
Вологість ґрунту природна вагова, $\Omega$	15	10.731	1.259	0.117
Щільність ґрунту, г/см <sup>3</sup> , $\rho$	15	1.53	0.05	0.04
* Нижня границя при $\alpha = 0.85$		1.51		
* Верхня границя,		1.54		
* Нижня границя при $\alpha = 0.95$		1.50		
* Верхня границя,		1.55		
* Нижня границя питомої ваги (кН/м <sup>3</sup> ) при $\alpha = 0.85$		14.84		
* Верхня границя питомої ваги (кН/м <sup>3</sup> ),		15.13		
* Нижня границя питомої ваги (кН/м <sup>3</sup> ) при $\alpha = 0.95$		14.74		
* Верхня границя питомої ваги (кН/м <sup>3</sup> ),		15.22		
Щільність частинок ґрунту, г/см <sup>3</sup> , $\rho_s$	15	2.56	0.03	0.01
Вологість границі текучості, $\Omega_L$	15	23.13	2.04	0.09
Вологість границі пластичності, $\Omega_p$	15	17.25	1.13	0.07
Щільність сухого ґрунту, г/см <sup>3</sup> , $\rho_d$	15	1.38	0.05	0.04
Коефіцієнт пористості, $\varepsilon$	15	0.856	0.058	0.068
Пористість, %, $\nu$	15	46.1	1.7	0.0
Коефіцієнт водонасичення, $\Sigma_r$	15	0.32	0.03	0.10
Вологість при повному насиченні, $\Omega_o$	15	0.33	0.02	0.07
Щільність ґрунту повне водонасичення, г/см <sup>3</sup> , $\rho_o$	15	1.84	0.04	0.02
Щільність ґрунту під водою, г/см <sup>3</sup> , $\rho_v/\omega$	15	0.84	0.04	0.04
Число пластичності, $I_p$	15	5.88	1.19	0.20
Показник текучості / консистенції, $I_L$	14	-1.08	0.26	-0.24
Показник просідання, $\xi$	15	-0.14	0.03	-0.20
Кут укосу сухого ґрунту, градус, $\phi$	15	27.01	0.04	0.00
Кут укосу ґрунту під водою, градус, $\phi$	15	21.41	1.58	0.07

N - кількість вимірів Xn - середнє значення S - середньоквадратичне відхилення V - коефіцієнт варіації

## В І Д З И В

на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавра НТУ «Дніпровська політехніка» спеціальності «Науки про Землю» (освітньо-професійна програма «Геологія»), студента гр. 103-19-2 Профатілова Дмитра Андрійовича «Аналіз інженерно-геологічних умов Покровського вуглепромислового району для оцінки гідрогеомеханічної стійкості техногенного породного масиву»

Зв'язок завдання на кваліфікаційну роботу з об'єктом діяльності бакалавра. Завдання на представлену кваліфікаційну роботу безпосередньо пов'язано з об'єктом діяльності бакалавра за спеціальністю «Науки про Землю» (освітньо-професійна програма «Геологія») – дослідженням інженерно-геологічних умов техногенного породного масиву у зв'язку з оцінкою його стійкості.

Актуальність. Складність вирішення завдань забезпечення стійкості породних масивів пов'язана з дією сукупності різноспрямованих факторів природного і техногенного характеру, що вимагає застосування сучасних методів оцінки стану породних масивів. В зв'язку з цим тема кваліфікаційної роботи студента Профатілова Д.А. є актуальною та сучасною.

Відповідність змісту стандартам вищої освіти та дескрипторам НРК. Робота складається із вступу, трьох розділів, висновку, списку літератури і текстових додатків. Зміст роботи повністю відповідає стандартам вищої освіти та дескрипторам НРК.

Новизна. У роботі застосовані нові підходи до оцінки гідрогеомеханічного стану техногенного породного масиву з використанням сучасних методів моделювання напружено-деформованого стану обводнених породних масивів. При виконанні розрахунків враховані особливості стану та властивостей відходів вуглезбагачення, складованих до породного відвалу.

Практичне значення результатів. Представлені в роботі результати моделювання та виконані аналітичні оцінки можуть бути використані для обґрунтування проектів будівництва захисних споруд на ділянках зсувних породних масивів.



Ступінь самостійності виконання. Студент Профатілов Д.А. виконав кваліфікаційну роботу самостійно, всі розрахунки виконані особисто автором із застосуванням спеціального програмного забезпечення.

Застосування ПЕОМ, реальність, комплексність. При виконанні роботи студентом Профатіловим Д.А. у повній мірі використані засоби обчислювальної техніки та спеціальне програмне забезпечення.

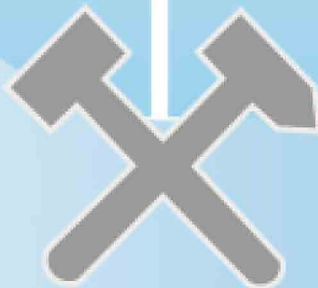
Якість оформлювання. Кваліфікаційна робота написана методично грамотно, містить необхідний обсяг табличного та ілюстративного матеріалу та оформлена відповідно до сучасних вимог.

Недоліки. При виконанні розрахунку геомеханічної стійкості породного масиву доцільно було б навести характеристику застосованого методу чисельного моделювання.

Комплексна оцінка. Кваліфікаційна робота Профатілова Д.А. відповідає вимогам до рівня вищої освіти за НРК та компетентностям освітньо-професійної програми «Геологія» і заслуговує оцінки «відмінно», а її автор Профатілов Д.А. – присвоєння ступеня бакалавр за спеціальністю «Науки про Землю» (освітньо-професійна програма «Геологія»).

Керівник кваліфікаційної роботи,  
к.т.н., доцент

В.І. Тимощук



## РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавра НТУ «Дніпровська політехніка» спеціальності «Науки про Землю» (освітньо-професійна програма «Геологія»), студента гр.103-19-2 Профатілова Дмитра Андрійовича «Аналіз інженерно-геологічних умов Покровського вуглепромислового району для оцінки гідрогеомеханічної стійкості техногенного породного масиву»

Кваліфікаційна робота Профатілова Д.А. присвячена оцінці гідрогеомеханічної стійкості зсувного породного відвалу ДТЕК «Октябрська ЦЗФ» у зв'язку з обґрунтування геотехнічних параметрів проектованої захисної споруди.

У процесі виконання дослідження автором роботи проведено аналіз і узагальнення даних про геолого-гідрогеологічні та інженерно-геологічні умови ділянки породного відвалу, розроблена загальна гідродинамічна схема техногенного породного масиву та обґрунтована структура розрахункових профілів для моделювання гідрогеомеханічного стану укосів породного відвалу.

За результатами математичного моделювання розроблений прогноз гідрогеомеханічного стану укосів зсувного породного відвалу та обґрунтовані геотехнічні параметри захисної споруди.

Проведення прогнозних розрахунків гідрогеомеханічного стану породного відвалу виконано із застосуванням спеціально програмного забезпечення та використанням ПЕОМ. Результати моделювання склали основу для обґрунтування геотехнічних параметрів захисної споруди аналітичними методами.

Робота написана методично грамотно, містить достатній обсяг ілюстративного матеріалу та належним чином оформлена.

Кваліфікаційна робота відповідає вимогам, що ставляться до рівня вищої освіти за НРК та компетентностям освітньої програми «Геологія», і заслуговує оцінки «відмінно», а її автор Профатілов Д.А. – присвоєння ступеня бакалавр за спеціальністю «Науки про Землю».

Завідувач кафедри геофізичних  
методів розвідки, д.г.н., професор

М.М. Довбніч



## Протокол перевірки кваліфікаційної роботи бакалавра

студента групи 103-19-2

(шифр групи)

Профатілова Дмитра Андрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Назва роботи: «Аналіз інженерно-геологічних умов Покровського вуглепромислового району для оцінки гідрогеомеханічної стійкості техногенного породного масиву»

Науковий керівник доц. Тимощук В.І.

(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

plag.com.ua	Оригінальність, %	77
	Подібність, %	23
	Неправильні цитування, %	0

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховання недобросовісних запозичень.

Науковий керівник

доц. Тимощук В.І.

Нормоконтролер

доц. Дерев'ягіна Н.І.

Зав. кафедри

доц. Загриценко А.М.

\_\_\_\_\_ (дата)