

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

Факультет природничих наук і технологій
(факультет)

Кафедра гідрогеології та інженерної геології
(повна назва)

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

студента Сінкевича Данила Сергійовича

академічної групи 103М-22-1
(шифр)

спеціальності 103 Науки про Землю
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Геологія, гідрогеологія, геофізика
(офіційна назва)

на тему «Оцінка гідрогеологічних умов Східно-Валявкинського залізорудного родовища у зв'язку з обґрунтуванням проекту будівництва гідротехнічних споруд»

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Тимошук В.І.			
розділів:				
Загальний	Тимошук В.І.			
Спеціальний	Тимошук В.І.			
Рецензент	Жильцова І.В.			
Нормоконтролер	Деревягіна Н.І.			

Дніпро-2023

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачка кафедри
гідрогеології та інженерної геології
(повна назва)

_____ Загриценко А.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« _____ » _____ 2023 року

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

студенту _____ Сінкевича Данила Сергійовича
(прізвище та ініціали)

академічної групи _____ 103М-22-1
(шифр)

спеціальності _____ Науки про Землю

за освітньо-професійною програмою Геологія, гідрогеологія, геофізика
на тему «Оцінка гідрогеологічних умов Східно-Валявкинського залізрудного родовища у зв'язку з обґрунтуванням проекту будівництва гідротехнічних споруд»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 05.09.2023
№ 1036-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Загальний	Характеристика фізико-географічних умов досліджуваної території. Аналіз геологічної будови та гідрогеологічних умов ділянки будівництва	09.10.2023- -20.10.2023
Спеціальний	Аналіз та характеристика мережі гідропостереження ділянки будівництва	21.10.2023- -31.10.2023
	Прогнозна оцінка гідродинамічного режиму для варіантів розміщення проектного хвостосховища	01.11.2023- -11.12.2023

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

_____ Тимощук В.І.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі

_____ 09.10.2023

Дата подання до екзаменаційної комісії

_____ 11.12.2023

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

_____ Сінкевич Д.С.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 65 стор., 13 рис., 5 табл., 11 джерел, 3 додатки.

В кваліфікаційній роботі виконано дослідження геофільтраційних процесів у ґрунтовому масиві, оцінка впливу будівництва і експлуатації хвостосховища на гідрогеологічні умови території його розташування.

Об'єктом дослідження є геофільтраційні процеси на ділянці проектного будівництва і експлуатації хвостосховища в межах хвостового господарства Криворізького гірничо-збагачувального комбінату окислених руд.

Мета кваліфікаційної роботи полягає в прогнозній оцінці впливу проектного будівництва хвостосховища на гідродинамічний режим підземної гідросфери.

Методи досліджень. Аналіз результатів гідрогеологічних досліджень, чисельне моделювання геофільтраційних процесів.

У вступі наведені мета та актуальність роботи, поставлені завдання, які необхідно вирішити в роботі.

У загальній частині представлена фізико-географічна характеристика досліджуваної території та виконаний аналіз геолого-гідрогеологічних умов ділянки проектного будівництва.

У спеціальній частині обґрунтована гідродинамічна модель ділянки проектного будівництва, виконаний аналіз результатів модельних розрахунків.

За результатами геофільтраційного моделювання виконана прогнозна оцінка гідродинамічного режиму для варіантів розміщення проектного хвостосховища

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ХВОСТОСХОВИЩЕ, ГІДРОДИНАМІЧНИЙ РЕЖИМ, ГЕОФІЛЬТРАЦІЙНА МОДЕЛЬ, МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	5
1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ	6
2 ГЕОЛОГО-ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ТЕРИТОРІЇ ПРОЕКТОВАНОГО БУДІВНИЦТВА	11
2.1 Геологічна будова	11
2.3 Гідрогеологічні умови	13
3 ГЕОЛОГО-ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МАЙДАНЧИКА БУДІВНИЦТВА	16
3.1 Ділянка розташування проектного хвостосховища	16
3.2 Балкова мережа	16
3.3 Початкова гідрогеологічна обстановка	18
4 ХАРАКТЕРИСТИКА МЕРЕЖІ ГІДРОСПОСТЕРЕЖЕННЯ ДІЛЯНКИ БУДІВНИЦТВА	21
4.1 Загальні дані	21
4.2 Характеристика підземних вод дренажних систем	22
4.3 Характеристика режиму хвостосховища магнітного збагачення	23
4.4 Характеристика води хвостосховища флотаційного збагачення	24
4.5 Характеристика води ділянки 4 і 6 відвершків хвостосховища	24
5 ПРОГНОЗ ГІДРОДИНАМІЧНОГО РЕЖИМУ ТА ОЦІНКА ФІЛЬТРАЦІЙНИХ ВТРАТ ІЗ ХВОСТОСХОВИЩА	26
5.1 Математичне забезпечення і структура геофільтраційної моделі	26
5.2 Геофільтраційна модель і методика моделювання	32
5.3 Прогнозна оцінка гідродинамічного режиму	45
5.4 Фільтраційні втрати із хвостосховища	50
ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ	55
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	57

ТЕКСТОВІ ДОДАТКИ

Додаток А. Відгук керівника	60
Додаток Б. Відгук рецензента	62
Додаток В. Протокол перевірки на плагіат	64



КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

ВСТУП

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню геофільтраційних процесів у ґрунтовому масиві, оцінці впливу будівництва і експлуатації хвостосховища на гідрогеологічні умови території його розташування.

Метою роботи є прогнозна оцінка впливу проектного будівництва хвостосховища на гідродинамічний режим підземних вод.

Об'єктом дослідження є геофільтраційні процеси на ділянці проектного будівництва і експлуатації хвостосховища в межах хвостового господарства Криворізького гірничо-збагачувального комбінату окислених руд.

В процесі виконання роботи були вирішені наступні задачі:

- виконаний аналіз і узагальнення даних про геолого-гідрогеологічні умови ділянки будівництва;
- розроблена загальна гідродинамічна схема досліджуваної території, обґрунтовані структура моделі і розрахункові гідродинамічні параметри;
- за результатами геофільтраційного моделювання виконана прогнозна оцінка гідродинамічного режиму для варіантів розміщення проектного хвостосховища.

Для розробки прогнозу гідродинамічних умов і обґрунтування ділянки доцільного розташування проектного хвостосховища використаний пакет математичного моделювання геофільтраційних процесів Visual MODFLOW.

При створенні моделі були використані матеріали інженерно-геологічних і гідрогеологічних вишукувань, які виконувались з 1982 року різними проектними організаціями (УкрГПНТІЗ, УкрДПНТІЗ, ДП «Укрчерметгеологія», ДП «ДПІ Кривбаспроект» та інші).

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ХВОСТОСХОВИЩЕ, ГІДРОДИНАМІЧНИЙ РЕЖИМ, ГЕОФІЛЬТРАЦІЙНА МОДЕЛЬ, МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ

Територія, яка відведена під промисловий майданчик, а саме хвостове господарство, розташована на колишній території Криворізького гірничо-збагачувального комбінату окислених руд (КГЗКОР). За документацією проектних організацій було запроєктовано два хвостосховища для складування хвостів гірничо-збагачувального комбінату:

- хвостосховище відходів магнітного збагачення;
- хвостосховище відходів флотаційного збагачення.

В тому числі, для експлуатації даних споруд та зменшення впливу на довкілля було запроєктовано ряд споруд інженерного гідрозахисту, системи гідротранспорту хвостів, оборотного водопостачання, тощо.

Споруди хвостового господарства та оборотного водопостачання розміщені у балці Криничуватській Долинського району. Ємність для складування хвостів для відходів флотаційного збагачення та відходів магнітного збагачення утворені двома ґрунтовими греблями.

Під хвостове господарство було відведено у постійне користування 1245,7 га землі. Територія хвостосховища розташована у заплавах 4-х балок: Жданівської, Криничуватської, Ленінської та Безіменної.

Основна гребля хвостосховища магнітного збагачення, як і усе хвостосховище, знаходиться у зоні тектонічного Ісаєвського розлому у земній корі. Розлом розташований вздовж Криничуватської балки, яка є основною ємністю хвостосховища та яку перетинає основна дамба хвостосховища. Нижня частина балки просувається на південний захід в напрямку р. Березівка.

На сьогодні (за даними 2022 р.), ложе хвостосховищ частково затоплене водою, де накопичено 10,76 млн. води (рис. 1.1).

Рівень води в аварійній ємності (перед дамбою відвершку № 4) складає 129,10 м, згідно даних інженерних вишукувань.

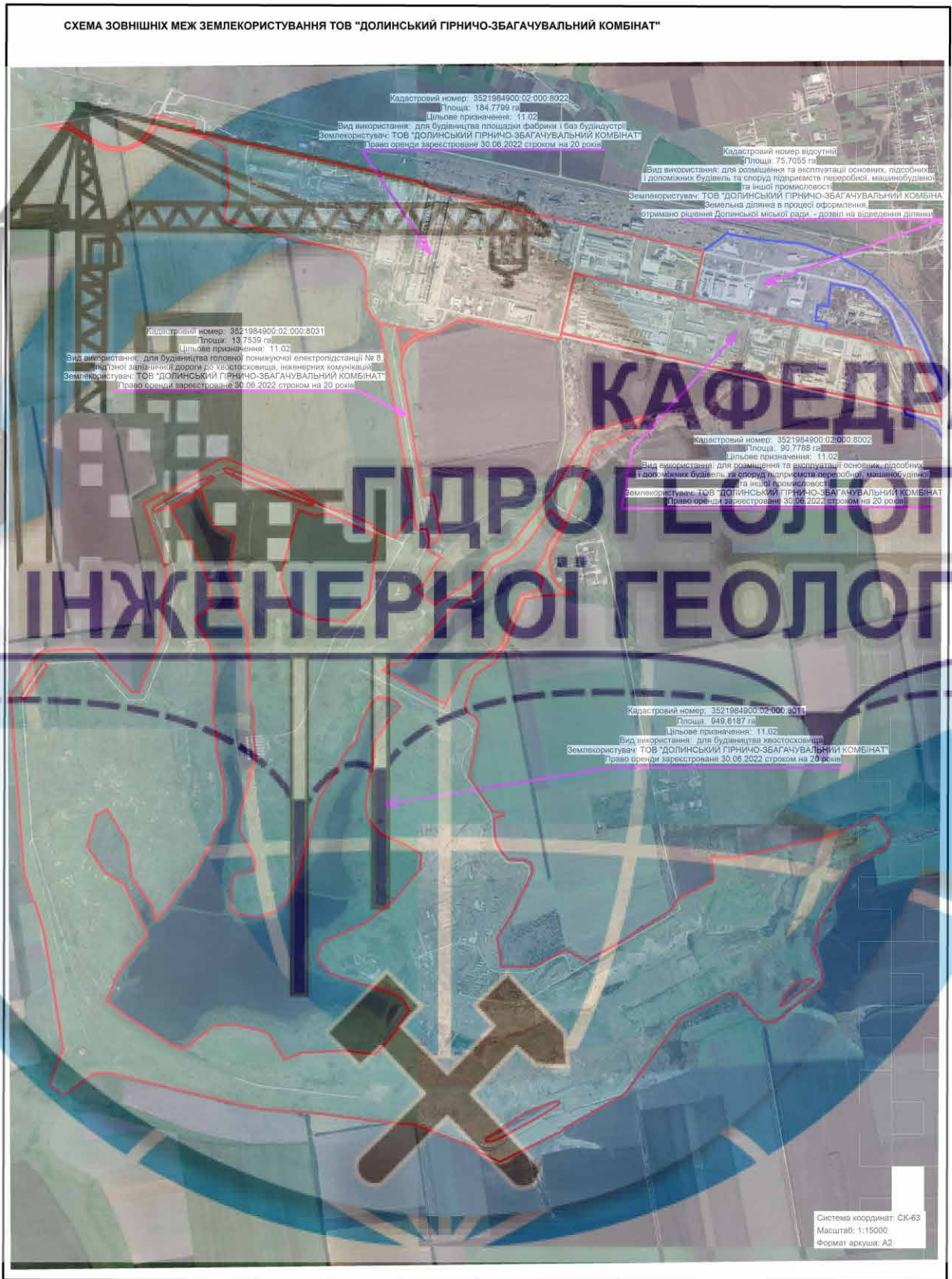


Рисунок 1.1 – Ситуаційний план розміщення дамб і хвостосховищ

Рівень води перед дамбою відвершку хвостосховища магнітного збагачення складає 118,51 м.

Згідно запланованих робіт при будівництві хвостового господарства гірничо-збагачувального комбінату окислених руд було виконано:

- планування чаші хвостосховища та аварійної ємності, ставка фільтраційних вод;

- зняття чорнозему;

- екран чаші аварійної ємності – суглинистий екран товщиною 1,5 м з ущільненням;

- зрізання непридатного ґрунту до проектної позначки на площі 396 га відведеної під хвостосховище магнітного збагачення, а також на площі кар'єру (1987-1992 рр.);

- зрізання рослинного ґрунту, розбирання існуючих дамб, виїмка мулового ґрунту, корчування дерев, кущів, знесення будівель на площі відведеної під хвостосховище флотаційного збагачення – площа 296 га (1987-1992 рр.);

- зрізання рослинного ґрунту, розбирання існуючих дамб, виїмка мулового ґрунту, корчування дерев та чагарників, знесення будівель на площі відведеної під аварійну ємність – площа 41,5 га (1987-1992 рр.).

На майданчику хвостосховища магнітного збагачення виконано:

- суглинистий екран товщиною 1,5 м з ущільненням (1987-1996 рр.);

- побудована гребля хвостосховища магнітного збагачення (93% готовності);

- побудована гребля відвершку № 4 (98% готовності);

- побудована гребля відвершку № 5-6 та правобережна дамба в повному об'єм, період будівництва гребель – 1987-1996 рр.;

- лівобережний нагірний канал;

- правобережний нагірний канал, у тому числі відвідний (94% готовності);

- рекультивация відвершку № 6.

В період будівництва було також виконано глибокий дренаж та споруди для захисту прилеглих до хвостосховища територій від підтоплення та забруднення підземних вод, а саме:

- дрена Д-1 довжиною 1372 м у районі відвершка № 6, трубчатого типу з перфорованої азбестоцементної труби Ду від 200 до 300 мм. Глибина закладання від 4 до 8 м (готовність 100%); дренажна насосна станція 1, яка забирає воду дрени Д-1, не добудована і не введена в експлуатацію;

- дрена Д-2 довжиною 2947 м, вздовж правобережного каналу, трубчатого типу з перфорованої азбестоцементної труби діаметром від 200 до 500 мм, глибина закладання від 4 до 15 м;

- дрена Д-6 довжиною 2292 м, вздовж лівобережного каналу від роздільної дамби до дамби хвостосховища магнітного збагачення, трубчатого типу з перфорованої азбестоцементної труби діаметром від 250 до 350 мм, глибина закладання від 6 до 12 м., дренажна насосна станція 2, яка забирає воду дрени Д-6, не добудована і не введена в експлуатацію;

- дрена Д-7 довжиною 1560 м, у районі дамби №3, трубчатого типу з перфорованої азбестоцементної труби діаметром від 200 до 250 мм. Глибина закладання від 4 до 8 м. Дренажна насосна станція 2, яка забирає воду дрени Д-7, не добудована і не введена в експлуатацію.

На рис. 1.2 приведена план-схема розміщення майданчика відведеного для проектування нового хвостосховища ДПУ, гребля відвершку № 4, гребля хвостосховища магнітного збагачення.

Гребля хвостосховища магнітного збагачення розташована у місці злиття балок Ленінська, Криничуватська та Ждановська. Довжина по осі – 2502 м, ширина основи на центральній ділянці – 345 м, ширина гребеня греблі – 16 м. Проектна відмітка гребеня дамби 143,0 м. Існуючий стан не вивчався.

Гребля відвершку № 4 має довжину по осі 770 м, відмітка гребеню – 142 м, максимальна висота – 20 м, ширина гребеня – 16 м.



Рисунок 1.2 – План-схема споруд Криворізького гірничо-збагачувального комбінату

Майданчик для розміщення проектного хвостосховища № 1 розташований на території колишньої аварійної ємності та знаходиться на відстані 6,2 км від річки Березівка на захід – колишні землі с. Дорошове.

Майданчик для розміщення проектного хвостосховища № 2 розташований на території колишньої хвостосховища магнітного збагачення.

2 ГЕОЛОГО-ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ТЕРИТОРІЇ ПРОЕКТОВАНОГО БУДІВНИЦТВА

2.1 Геологічна будова

Детальні інженерно-геологічні дослідження під проектування будівництва об'єктів КГЗКОРу (Долинський ГЗК) проводилися з 1982 року різними проектними організаціями (УкрГІНТІЗ, УкрДІНТІЗ, ДП «Укрчерметгеологія», ДП «ДП Кривбаспроект» та інші).

Режимну мережу гідропостережних свердловин на прилеглий до хвостосховища території було спроектовано інститутом ВІОГЕМ. Було пробурено КДЕ «Кривбасгеологія» 157 гідропостережних свердловин: 104 свердловини (1220 м) у лесоподібних суглинках, 53 свердловини (3000 м) на водоносні горизонти зони вивітрювання корінних порід та частково сарматських пісків. Мережа охоплювала територію в радіусі 2...3 км у північному, західному та східному напрямках від хвостосховища та близько 8...9 км у південному напрямку. Станом на 2001 рік спостережна мережа практично знищена: збереглося лише 44 свердловини, з яких 38 свердловин вимагали ремонту. У зв'язку з цим були розроблені першочергові заходи щодо реанімування гідропостережної мережі. Однак через обмежене фінансування вони не реалізовані.

При детальному ознайомленні з геологічними матеріалами інженерних вишукувань, геолого-гідрологічних та геофізичних досліджень геологічна будова ділянки розташування хвостосховища характеризується як дуже складна за розрізом осадової товщі, складом порід кори вивітрювання, так і в структурному плані.

Геологічний розріз пухких відкладень кайнозою надано осадовими породами четвертинної та неогенової систем, що залягають на скельних породах *AR-PR* та корі їх вивітрювання *Pz-Mz*. Скельні породи надані архей-протерозойськими гранітами рожево-сірими біотітовими сильно

тріщинуватими (лівий схил б. Криничуватська) і мігматитами темно-зелено-сірими, а також сильно тріщинуватими (правий схил б. Криничуватська та її тальвег).

Кора вивітрювання корінних порід представлена уламковою та дисперсною зоною палеозо-мезозойського віку. Уламкова зона складена жорствяно-щербнистим елювієм з піщано-глинистим наповнювачем та останцями слабовивітрілих гранітів і мігматитів. Величина зони дуже не витримана і коливається від 0,0 до 29,0 м, з тенденцією збільшення величини до тальвегу балки Криничуватої та зниження до північної вододільної частини та на ділянках розвитку дисперсної кори вивітрювання.

Дисперсна зона представлена глинистою та піщано-глинистою підзоною. Підзона піщано-глинистих продуктів вивітрювання складається з строкатих суглинків, що містять включення деревини і щебеню скельних порід, лусочок слюди і локальних лінзочок піску.

Підзона глинистих продуктів вивітрювання представлена суглинками сірими та первинними білими каолінами із зеленувато-сірим відтінком. Продукти підзон збереглися на нерозмитих ділянках, на схилах балки.

Неогенові відкладення сарматського ярусу представлені кварцовими пісками з прошарками та лінзами сірих глин. Величини відкладень дуже не витримані і коливаються від 0,0...1,0 м на вододілах до 8,0 м на схилах та притальвегової частини б. Криничуватська, ніби зависаючи на уступах рельєфу корінних порід.

Налягаючи вище за розрізом, червоно-бурі глини (N_2-Q_1) мають майже повсюдне поширення, виключуючись лише на крутих схилах балки. Максимальна величина 14,0 м. На ділянках та площах їх поширення є надійним водотривом четвертинного водоносного горизонту. Нижньочетвертинні червоно-бурі суглинки поширені на вододілах (на глибинах 8,0...10,0 м) з невитриманою потужністю (0,5...13,0 м) та на схилах балки (на глибинах до 2,0 м).

Верхня частина розрізу середньо- і верхньочетвертинних відкладень складена в основному лесоподібними суглинками різного забарвлення з похованими ґрунтами, зі стягненнями карбонатів, лінзами піску.

При підготовці ложа хвостосховища магнітного збагачення знято ґрунтово-рослинний шар та частково балковий делювій. Гребля відсипана суглинками із пошаровим ущільненням.

У структурному плані ділянки розміщення хвостосховища характерно розвиток дислокацій субширотного напрямку; при пануванні дислокацій північно-східного напрямку сформовано Ісаївську розломну зону. Приурочена вона до з'єднання геоструктур – Долинської антикліналі та Криничуватського куполу. Розломна зона простежена вздовж б. Криничувата: азимут простягання 60-70°, азимут падіння Пн-ПнЗ, ширина зони до 700 м. Розломна зона сформована системою субпаралельних скидів з тектонічними швами шириною 25...125 м. Будова зони дрібноблокова, зміщення блоків з амплітудою 5...25 м, воно зачіпає також відкладення сармату, включаючи червоно-бурі глини. Згідно матеріалів морфоструктурного аналізу та високоточних геодезичних спостережень амплітуда неотектонічних рухів блоків в Ісаївській розломній зоні становить понад 10 мм на рік. Відповідно до схеми геодинамічного районування (ВЕР) прогнозу магнітуду землетрусів для району визначено в 5 балів. Однак із заповненням чаші хвостосховища можлива активізація процесу неотектонічних зрушень.

2.2 Гідрогеологічні умови

Гідрогеологічні умови характеризуються наявністю 3-х типів підземних вод:

- 1-й тип – порові води, водовмісними є лесові суглинки та відкладення балкового делювію, напору не мають. Області живлення та поширення збігаються. Режим відносно постійний, змінюється за сезонами, залежить від

інфільтрації та випаровування. Виділено води 1-го типу в 1-й водоносний четвертинний комплекс.

- 2-й тип – порові-напірні води приурочені до прошарків карбонатів у червоно-бурих глинах, лінз кварцового піску в сірих неогенових глинах, а також до каолін дисперсної зони кори вивітрювання скельних ґрунтів. Області живлення та поширення зазвичай збігаються. Напори – самостійні. Режим – постійний.

- 3-й тип – тріщинні води скельних ґрунтів та уламкової зони кори вивітрювання. Підтип – ненапірні та напірні. Області живлення та поширення не збігаються.


Підземні води приурочені до скельних ґрунтів та їх кори вивітрювання, виділені у 2-й водоносний комплекс.

Неогеновий водоносний горизонт має дуже обмежене поширення у вигляді невеликих ділянок, лінз. На більшій частині території неогенові відкладення розмиті або представлені глинистими різностями. Водовмісні різнозерністі піски потужністю від 2,0...4,0 до 10,0 метрів з рідкісними прошарками зеленувато-сірих глин, що лежать зазвичай на корі вивітрювання, мають єдиний рівень та перекриті нижньочетвертинними відкладеннями. Достовірних відомостей про кількісний та якісний склад води немає. За літературними даними якість води цього горизонту аналогічно водам нижче лежачого горизонту кори вивітрювання і тріщинуватої зони кристалічних порід.

Розкритий горизонт на глибині 5,0...13,0 метрів. Живлення отримує за рахунок напірних вод докембрію, розвантаження в долини річок та балок. Річна амплітуда коливання рівня 0,5...1,5 м. За літературними даними добовий відбір води у колодязях становить 0,2...2,0 м³, питомі дебети свердловин 0,3...0,4 л/сек.

Коефіцієнти фільтрації пісків змінюються у межах від 0,01 до 10,2 м/добу. Води сульфатно-гідрокарбонатні кальцієві та натрієві, від прісних до солонуватих, сухий залишок від 0,3 до 4,0 г/літр, загальна жорсткість 1,8...40,0 мг/літр.

В окремий водоносний горизонт на картографічному матеріалі у цій роботі неогенові води не виділяються. Там, де вони лежать на корі вивітрювання, складають єдиний водоносний комплекс із докембрієм, у локальних лінзах рівень показаний на геологічних розрізах.



КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

3 ГЕОЛОГО-ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МАЙДАНЧИКА БУДІВНИЦТВА

3.1 Ділянка розташування проектного хвостосховища

Район розташований у степовій зоні. В адміністративному відношенні знаходиться у межах Устинівського та Долинського районів Кіровоградської області, частково (південно-східна частина) Казанського району Миколаївської області.

Територія займає частину міжріччя лівого притоку Інгулу р. Березівка та правої притоки Інгульця р. Вісуні. Західною межею ділянки служить р. Березівка в її середній течії, північною межею – притока Березівки балка «Маловодна», у східній – р. Вісунь, яка своїми витокami майже сходиться з верхів'ями «Маловодної» балки на південній околиці міста Долинське. Південна межа проходить на широті смт. Устинівка по балці Молочній і далі на схід до р. Вісуні. Загальна площа досліджень складає 300 км².

3.2 Балкова мережа

Найбільші балки, що належать системі р. Березівка, за своєю морфологією подібні до річкових долин.

Балка «Маловодна» довжиною близько 20 км. починається в районі м. Долинської, тягнеться в північно-західному напрямку і впадає в річку Березівку вище с. Лебедине. Ширина по дну 20...80 м, по верху 100...200 м. Переважна крутість схилів у нижній та середній частинах балки – понад 15°, у верхній 5...15°. На найбільш крутих схилах розвинені дрібні промоїни та борозни. Місцями проглядаються терасоподібні щаблі 10-метрової висоти.

Балка Криничуватська, в якій проектується розміщення хвостового господарства, починається за два кілометри на схід від хутора Шрейдерова, і

простягається в південно-західному напрямку де впадає в річку Березівка у районі с. Криничуватки. Протяжність балки – 12 км. Має кілька великих відвершків, з яких найважливіші – правий «Ленінський» (довжина 5 км) та лівий Жданівський (довжина 6 км) – впадають в основну балку в районі с. П'ятихаток. Перший має субмеридіональне простягання, другий складається з ділянок північно-східного (верхній) та західно-північно-західного (нижній) простягання. Великі балки мають відвершки нижчих порядків, що створює загалом досить густу горизонтальну розчленованість. Найбільша ширина днища балки Криничуватської спостерігається у місці злиття її з відвершками (280 м), нижче та вище балка зменшується до 100 м, іноді до 50 м та місцями до 20 м. Ширина балки по верху в середньому близько 200 м, у нижній частині (с. П'ятихатки) до 600 м. Балка має постійний водотік з дебітом близько 5 л/сек (дані 1983 року). У найбільш широкій частині днище заболочене. Відвершок «Ленінський» має ширину по днищу 20...50 м, в гирловій частині до 100 м, по верху в середньому 150 м. У нижній частині відвершка є слабкий водотік (0,1 л/сек, дані 1983 року). Влаштовано два ставки. Відвершок «Жданівський» має ширину по дну 4...50 м, по верху 200...250 м. Постійний водотік мав витрату 6 л/сек (дані 1983 року). Правий схил балки Криничуватської нижче за с. П'ятихатки досить сильно розчленований промоїнами та ярами.

Балка Молочна має довжину близько 20 км, напрямок південно-західний. Починається за два кілометри на північний схід від с. Новоустинівка та впадає в р. Березівка на південь від смт. Устинівка. Великий правий відвершок «Нариманівка» довжиною 5 км простягається субпаралельно основній балці. Морфологія балки і відвершка ідентичні: ширина по дну 10...30 м, по верху 100...200 м, схили крутістю 5...15°, у верхів'ях вкрай пологі (до 2°).

Велика балка впадає в Березівку нижче за гирло Молочної (за межами територій досліджень, які проводились в 1983 році). Її загальна довжина перевищує 50 км. У межах територій знаходиться верхів'я балки завдовжки 11 км під назвою «Сагайдак». Лівий відвершок балки має меридіональний напрямок. Ширина балки по дну від 30 до 100 м, по верху 300-500 м. Схили

крутістю 5...15°.

Безліч дрібніших балок, що впадають у р. Березівку та р. Вісунь мають довжину до 5 км. З них цікаві, які впадають в р. Березівку між Криничуватською та Устинівкою, а також балка, гирло якої знаходиться за 6 км вище від гирла балки Криничевутської. При незначній довжині вони досить круті (переважають схили крутіше 15°, розчленовані промоїнами). У деяких спостерігається зростання донних ярів. Інші балки досить пологі. Загальною закономірністю морфології всіх без винятків балок є пологість верхів'їв. Якщо в середніх і нижніх частинах навіть пологі з балок мають схили крутістю не менше 5°, то у верхніх вони викладаються до 1...2° і піддаються розорюванню. У гирлах деяких балок відзначаються добре виражені конуси виносу.

3.3 Початкова гідрогеологічна обстановка

Гідрогеологічна обстановка на розглянутій площі обумовлена як природними факторами геологічної будови, геоморфологічними особливостями рельєфу денної поверхні та рельєфу кристалічного фундаменту, так і наявністю гідроспоруди – хвостосховища з його ставками, греблею та іншими супутніми комунікаціями.

У гідрогеологічному аспекті ділянку займає міжріччя річок Березівка (ліва притока р. Інгулець) та Вісунь (права притока р. Інгулець).

Регіональне поширення в даному районі мають два водоносні горизонти: верхній приурочений до четвертинних лесоподібних суглинків і нижній – до відкладень кори вивітрювання та верхньої тріщинуватої зони кристалічних порід. Розділені вони товщею (10...20 м) слабопроникних червоно-бурих глин (N_3-Q_1). Четвертинний водоносний горизонт безнапірний, його потужність змінюється 0,2 м до 4,0...9,0 м. Підшва суглинків має ухил на південь та південний захід (до долини р. Березівка) та локальний – до б. Криничуватська. У тальвегу б. Криничуватська через розмивання червоно-бурих глин


відбувається його розвантаження і перетікання в нижній, який є основним джерелом водопостачання району. Нижній водоносний горизонт напірно-безнапірний: напірний на водороздільних площах. Він має інфільтраційне живлення. Потік підземних вод спрямований з півночі на південь, з частковим розвантаженням в долину р. Березівка.

Для отримання необхідних для прогнозу зміни режиму підземних вод в районі проектного хвостосховища КГЗКОРу при його експлуатації та проектування заходів щодо захисту підземних вод від забруднення промстоками хвостосховища, та заходів від підтоплення ґрунтовими водами прилеглої до хвостосховища території був виконаний «Звіт про інженерні дослідження хвостового господарства, водопостачання та каналізації Криворізького гірничо-збагачувального комбінату окислених руд (КГЗКОР) у м. Долинська, Кіровоградської області – «Гідрологічні, інженерно-геологічні умови району та результати ґрунтових та екологічних досліджень, виконаних на площі проектного будівництва КГЗКОРу території», 1984 рік.

Згідно з цільовим призначенням вивчено:

- тектоніку району;
- геологічну будову та гідрогеологічні умови площі проектного хвостового господарства та навколишньої його території у напрямках можливого розтікання промстоків та підпору ґрунтових вод;
- вивчено гідрологічні границі водоносних горизонтів, до яких надходить фільтраційна витрата промстоків з хвостосховища;
- вивчено питання використання підземних вод для водопостачання, зібрано відомості з усіх водозаборів у радіусі 10 км від контурів хвостосховищ;
- вивчено питання наявності зрошуваних масивів;
- дана докладна характеристика різних різновидів ґрунтів та проведений підрахунок запасів родючого шару;
- розглянуто питання екології та охорони навколишнього середовища.

У зв'язку з тим, що хвостосховища КГЗКОРу не були введені в експлуатацію та деякі споруди не добудовані, при розробці подальших проектних робіт, необхідно повторно виконати аналіз гідрологічних, інженерно-геологічних умов району та результати ґрунтових та екологічних досліджень з урахуванням умов експлуатації хвостового господарства та оборотного водопостачання комбінату.



КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

4 ХАРАКТЕРИСТИКА МЕРЕЖІ ГІДРОСПОСТЕРЕЖЕННЯ ДІЛЯНКИ БУДІВНИЦТВА

4.1 Загальні дані

За даними «Звіту про роботу групи гідропостереження спеціалізованої аналітичної лабораторії ЦТД та ЦЛ за 2016 р.», виконаний ДП «Дирекція КГОЗКОР», на кінець 2016 року режимна мережа гідропостереження складалася з:

- 31 гідропостережних свердловин (19 гідропостережних свердловин (ГСС) водоносного горизонту четвертинних відкладів та 12 свердловин водоносного комплексу кори вивітрювання та тріщинуватої зони кристалічних порід);

- 4 п'єзометрів, що розташовані в тілі та підшві основної греблі хвостосховища магнітного збагачення;

- дренажних систем проммайданчика;
- мережі колекторів проммайданчика;
- хвостосховища магнітного та флотаційного збагачення;
- дренажних систем хвостосховища магнітного збагачення;
- організованого скиду в річку Березівку.

Станом на кінець 2016 року потребують ремонту деякі свердловини, а саме: ГСС №№ 1927, 1938, 2048 – частково пошкоджені цементні подушки, у ГСС №№ 1907, 1908, 1937, 1938, 1940, 1959, 1982, 2008, 2012, 2024, 2035 – відсутні металеві ковпаки (кришки) з гвинтовим запірним пристроєм. ГСС № 1927 зруйнована, спостереження не можливо.

4.2 Характеристика підземних вод дренажних систем

Станом на 2023 рік, дренажні систем, які були раніше запроектовані, не експлуатуються. Скид води з дрен відбувається самопливом на поверхню в районі балки Криничуватської, де змішуються з ґрунтовими водами та стікають в район річки Березівки.

Нижче приведена інформація за аналізом води в дренах за даними «Звіту про роботу групи гідропостереження спеціалізованої аналітичної лабораторії ЦТД та ЦЛ за 2016 р» виконаний ДП «Дирекція КГОЗКОР [10].

Води Дрени-1 відрізняються низькою мінералізацією до $1,1 \text{ г/дм}^3$ і відносяться до солонуватих вод. За типом води відносяться до сульфатно-бікарбонатних натрієво-калієво-кальцієво-магнієвих. За показником pH до слабо лужних – 7,9. За жорсткістю характеризуються як жорсткі – $6,1 \text{ мг-екв/дм}^3$. За сумарним показником забруднення води належать до допустимої категорії забруднення (СПЗ менше 16). Води Дрени-1 відрізняються відносною чистотою. Сезонне коливання якості незначне.

Води Дрени-2 відрізняються високою мінералізацією до $6,4 \text{ г/дм}^3$ і відносяться до солоних вод. За типом води відносяться до сульфатних натрієво-калієво-кальцієвих. За показником pH до нейтральних – 7,2. За жорсткістю характеризуються як дуже жорсткі – $47,2 \text{ мг-екв/дм}^3$. За сумарним показником забруднення води належать до допустимої категорії забруднення (СПЗ менше 16). Сезонне коливання якості незначне.

Води Дрени-6 відрізняються високою мінералізацією до $2,4 \text{ г/дм}^3$ і відносяться до солонуватих вод. За типом води відносяться до сульфатних кальцієвих. За показником pH до слабо лужних – 8,0. За жорсткістю характеризуються як дуже жорсткі – $24,5 \text{ мг-екв/дм}^3$. За сумарним показником забруднення води належать до допустимої категорії забруднення (СПЗ менше 16). Сезонне коливання якості незначне.

Дрена-7 у 2011 році була обстежена одноразово. Гідрохімічний склад води дренажної системи до сьогодні не вивчений. Виявлено притоки у чашу

хвостосховища флотаційного збагачення з боку відвершку № 1, 2, 3. Води Дрени-7 відрізняються високою мінералізацією до $3,5 \text{ г/дм}^3$ і відносяться до сильносолоних вод. За показником pH до слабо лужних – 7,7. За жорсткістю характеризуються як дуже жорсткі – $32,0 \text{ мг-екв/дм}^3$. Води дрени відрізняються підвищеною забрудненістю із значеннями елементів забруднювачів, що перевищують гранично - допустимі концентрації у кілька разів.

4.3 Характеристика режиму хвостосховища магнітного збагачення

Ємності хвостосховища магнітного та флотаційного збагачення КГЗКОР розділені між собою греблею хвостосховища флотаційного збагачення і розташовані в балці Криничуватська Долинського району.

За проектом обсяг хвостосховища магнітного збагачення повинен становити 125 млн. м^3 (827 га). Рівень води на початок 2023 року $118,49 \text{ м}$, обсяг води у хвостосховищі магнітного збагачення складає $10,76 \text{ млн. м}^3$ (2022 рік). Загальна протяжність основної греблі $2,5 \text{ км}$.

На сьогоднішній день заповнення хвостосховища магнітного збагачення здійснюється за рахунок надходження в нього ґрунтових вод від дренажних систем проммайданчика, які розвантажуються самостійно у хвостосховище, зливних скидів проммайданчика, зливовими стоками через 4-й та 6-й відвершки хвостосховища, водами атмосферних опадів.

Досліджувана вода хвостосховища відрізняється підвищеною мінералізацією – до $1,9 \text{ г/дм}^3$, і відноситься до солонуватих вод. За типом води відноситься до сульфатних магнієво-кальцієвих. За показником pH до слабо лужних – 8,0. За жорсткістю характеризується як дуже жорстка – $20,6 \text{ мг-екв/дм}^3$. За сумарним показником забруднення води зливних колекторів належать до допустимої категорії забруднення (СПЗ менше 16). Сезонна зміна якості вод зливних колекторів незначна.

4.4 Характеристика води хвостосховища флотаційного збагачення

Заповнення води хвостосховища здійснюється ґрунтовими водами та водами атмосферних опадів та доочищеними господарсько-побутовими стоками (356, 363 тис м³). Рівень води 119,27 (вересень 2023 р).


Вода хвостосховища флотаційного збагачення відрізняється підвищеною мінералізацією – до 2,5 г/дм³, і відноситься до солонуватих вод. За типом води відноситься до сульфатно-бікарбонатних кальцієво-магнієво натрієво-калієвих. За реакцією *pH* води відносяться до слабо лужних – *pH* 7,6. За сумарним показником забруднення води зливних колекторів належать до допустимої категорії забруднення (СПЗ менше 16). Сезонна зміна якості вод зливних колекторів незначна.

4.5 Характеристика води ділянки 4 і 6 відвершків хвостосховища

Досліджувана вода у відвершку відрізняється підвищеною мінералізацією 2,3 г/дм³ і відноситься до солонуватих вод. За показником *pH* до слабо лужних – 7,7. За жорсткістю характеризується як дуже жорстка – 19,1 мг-екв/дм³. Води 4-го відвершку відрізняються підвищеною жорсткістю, перевищенням гранично – допустимих концентрацій за деякими елементами-забруднювачів. У зимово-весняний період якість поліпшується, що типово для вод поверхневих джерел. За сумарним показником забруднення води зливних колекторів належать до допустимої категорії забруднення (СПЗ менше 16).

Досліджувана вода у відвершку відрізняється підвищеною мінералізацією 1,9 г/дм³ і відноситься до солонуватих вод. За показником *pH* до слабо лужних – 8,0. За жорсткістю характеризується як дуже жорстка – 15,0 мг-екв/дм³. Води 6-го відвершку відрізняються підвищеною жорсткістю, перевищенням гранично – допустимих концентрацій за деякими елементами-забруднювачів.

Якість поліпшується в період сніготанення, що типово для вод поверхневих джерел. За сумарним показником забруднення води зливних колекторів належать до допустимої категорії забруднення (СПЗ менше 16).



КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

5 ПРОГНОЗ ГІДРОДИНАМІЧНОГО РЕЖИМУ ТА ОЦІНКА ФІЛЬТРАЦІЙНИХ ВТРАТ ІЗ ХВОСТОСХОВИЩА

5.1 Математичне забезпечення і структура геофільтраційної моделі

Для оцінки змін гідродинамічного стану підземної гідросфери використана реалізована у програмному комплексі Visual MODFLOW чисельна модель геофільтрації, яка представляє собою модель тривимірного потоку підземних вод постійної щільності в пористому середовищі і описується частковим диференціальним рівнянням:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) + W = S_s \frac{\partial h}{\partial t}, \quad (5.1)$$

де k_{xx} , k_{yy} і k_{zz} – гідравлічна проникність у напрямку координатних осей X , Y і Z ; (L/T); h – шукана функція напору (L); W – одинична витрата потоку (T^{-1}): для вхідного потоку $W > 0$, для вихідного потоку $-W < 0$; S_s – питома ємність пористого середовища (L^{-1}); t – час (T).

Рівняння (5.1) разом з граничними і початковими умовами описує тривимірний нестационарний потік підземних вод в гетерогенному і анізотропному середовищі за умови, що основні напрямки гідравлічної проникності співпадають з напрямками координатних осей [1,5,6,7,8].

Для вирішення рівняння (5.1) в чисельній моделі використовується метод кінцевих різностей, для чого виконується дискретизація області фільтрації прямокутною сіткою на окремі розрахункові блоки. В межах кожного блоку існує лише одна точка, яка називається вузловою, і для якої розраховується значення напору.

Параметри сітки визначаються розмірами окремих блоків DEL_R і DEL_C . Колонки блоків нумеруються, починаючи з лівої сторони, рядки пронумеровані починаючи з верхнього краю сітки (в плановому представленні). DEL_R_j – ширина блоків в колонці j . Точно також DEL_C_i – ширина блоків (зверху

донизу в плановому представленні) в межах кожного з рядів сітки $NROW$.

Нумерація розрахункових шарів у вертикальному розрізі виконується зверху донизу.

Рівняння в кінцевих різницях для розрахункових блоків області фільтрації має вигляд:

$$\begin{aligned}
 & CR_{i,j-\frac{1}{2},k} \left(h_{i,j-1,k}^m - h_{i,j,k}^m \right) + CR_{i,j+\frac{1}{2},k} \left(h_{i,j+1,k}^m - h_{i,j,k}^m \right) + \\
 & + CC_{i-\frac{1}{2},j,k} \left(h_{i-1,j,k}^m - h_{i,j,k}^m \right) + CC_{i+\frac{1}{2},j,k} \left(h_{i+1,j,k}^m - h_{i,j,k}^m \right) + \\
 & + CV_{i,j,k-\frac{1}{2}} \left(h_{i,j,k-1}^m - h_{i,j,k}^m \right) + CV_{i,j,k+\frac{1}{2}} \left(h_{i,j,k+1}^m - h_{i,j,k}^m \right) + \\
 & + P_{i,j,k} h_{i,j,k}^m + Q_{i,j,k} = SS_{i,j,k} \left(DELR_j \cdot DELC_i \cdot THICK_{i,j,k} \right) \frac{h_{i,j,k}^m - h_{i,j,k}^{m-1}}{t^m - t^{m-1}}, \quad (5.2)
 \end{aligned}$$

де $h_{i,j,k}^m$ – напір в блоці i, j, k на часовому кроці $m(L)$; CV , CR и CC – гідралічні провідності, або провідності в інтервалі між вузлом i, j, k і сусіднім вузлом (L^2/T); $P_{i,j,k}$ – сума коефіцієнтів при напорі, які визначають витрати притока-відтоку в блоці (L^2/T); $Q_{i,j,k}$ – сумарні значення витрат притока-відтоку (L^3/T): $Q_{i,j,k} > 0,0$ – приток, $Q_{i,j,k} < 0,0$ – відтік; $SS_{i,j,k}$ – питома ємність (L^{-1}); $DELR_j$ – ширина блоку j -ої колонки у всіх рядах (L); $DELC_i$ – ширина блоку i -го ряду у всіх колонках (L); $THICK_{i,j,k}$ – вертикальна товщина блоку i, j, k (L); t^m – час на часовому кроці m (T).

Для визначення гідралічної провідності між вузлами, на відміну від гідралічної провідності в межах розрахункового блоку, використовується нижній індекс «1/2». Наприклад, $CR_{i,j+\frac{1}{2},k}$ представляє провідність між вузлами i, j, k і $i, j+1, k$.

В умовах стаціонарного потоку ємність постійна, тому права частина рівняння (5.2) прирівнюється до нуля.

Застосування рівняння (5.2) одночасно до всіх блоків модельованої області визначає формування системи рівнянь, рішення якої дозволяє встановити напір у вузловій точці кожного розрахункового блоку.

Для чисельного рішення рівняння (5.2) приведено до вигляду:

$$\begin{aligned}
 & CV_{i,j,k-\frac{1}{2}} h_{i,j,k-1} + CC_{i-\frac{1}{2},j,k} + CR_{i,j-\frac{1}{2},k} h_{i,j-1,k} + \\
 & + (-CV_{i,j,k-\frac{1}{2}} - CC_{i-\frac{1}{2},j,k} - CR_{i,j-\frac{1}{2},k} - \\
 & - CR_{i,j+\frac{1}{2},k} - CC_{i+\frac{1}{2},j,k} - CV_{i,j,k+\frac{1}{2}} + HCOF_{i,j,k}) h_{i,j,k} + \\
 & + CR_{i,j+\frac{1}{2},k} h_{i,j+1,k} + CC_{i+\frac{1}{2},j,k} h_{i+1,j,k} + CV_{i,j,k+\frac{1}{2}} h_{i,j,k+1} = RHS_{i,j,k}. \quad (5.3)
 \end{aligned}$$

Це рівняння відноситься до часового кроку m , однак параметр часу опущений для спрощення наведеного виразу.

В рівнянні (5.3) $HCOF_{i,j,k}$ містить $P_{i,j,k}$ і складову ємності, яка визначається напором на поточному часовому кроці (від'ємний знак з'являється через перенесення доданка в ліву частину рівняння). $RHS_{i,j,k}$ містить витрату потоку Q (від'ємний знак з'являється через перенесення доданка в праву частину рівняння), і частина питомої ємності, яка помножена на значення напору на часовому кроці $m-1$.

Параметри CV , CR і CC та пов'язані зі складовою ємності параметри $HCOF$ і RHS розраховуються в одному пакеті, який називається внутрішнім пакетом потоку.

При розрахунку вертикальної провідності $VCONT$ в MODFLOW використовуються вертикальні гідравлічні провідності k_{zz} і товщини різних гідрогеологічних одиниць (розрахункових шарів) в межах блоків, а розрахунок провідності виконується за формулою:

$$VCONT_{i,j,k+\frac{1}{2}} = \frac{1}{\frac{(THICK_{i,j,k})/2}{k_{i,j,k}^z} + \frac{(THICK_{i,j,k+1})/2}{k_{i,j,k+1}^z}}, \quad (5.4)$$

де $VCONT_{i,j,k+\frac{1}{2}}$ – вертикальна провідність між верхнім та нижнім розрахунковими шарами (1/T), $k_{i,j,k}^z$, $k_{i,j,k+1}^z$, $THICK_{i,j,k}$, $THICK_{i,j,k+1}$ – вертикальні гідравлічні провідності, (L/T), і товщини відповідно верхнього та нижнього розрахункових шарів, (L).

В структурі чисельної моделі при використанні одного пакета параметрів внутрішнього потоку (далі пакета) використовуються пакети характеристик витрат, до яких відносяться живлення в межах модельованої області і на її контурах, інфільтраційне живлення, робота лінійних і площинних дренажних споруд та інше.

Кожен пакет, який містить різні джерела живлення або розвантаження, називається пакетом характеристик витрат, при цьому розвантаження розглядається як від'ємне живлення.

Пакет розподіленого по площі живлення використовується для моделювання поповнення запасів підземних вод, як за рахунок інфільтраційного живлення атмосферними водами, так і надходження на поверхню підземних вод притоку з інших джерел площинного характеру. В чисельній моделі пакет вимагає двовимірного масиву значень живлення для кожного блоку сітки в горизонтальній площині і додатково двовимірного масиву для розрахункового шару, де поповнення буде застосовуватися для кожного блоку сітки в горизонтальній площині.

За замовчуванням інфільтраційне живлення в пакеті витрат застосовується до самого верхнього активного (водонасиченого) шару моделі в межах кожного вертикального стовпа розрахункових блоків сітки.

Для врахування впливу поверхневих водних об'єктів на підземні води в чисельній моделі використовується пакет, який дозволяє реалізовувати в розрахунковій схемі модельованої області роботу граничної умови третього роду. Поверхневі водні об'єкти можуть або сприяти поповненню запасів води в загальній системі підземних вод, не виступаючи в якості зон розвантаження

останніх (в залежності від гідравлічного градієнта між поверхнею води в річках і в системі підземних вод), або виступати в якості контурів дренажу підземних вод на ділянці їх гідравлічного взаємозв'язку.

Пакет враховує взаємодію в системі «поверхневі води – підземні води» за рахунок просочування води через шар, що розділяє поверхневий водотік і систему підземних вод. Для роботи пакета в кожному блоці сітки, що містить дану граничну умову, повинна бути задана наступна інформація: відмітка вільної поверхні води в річці; відмітка нижньої частини шару просочування (підруслівих відкладень), і числовий параметр провідності, який представляє собою опір потоку між поверхневими і підземними водами через розділяючий шар підруслівих відкладень.

Значення провідності розраховується за протяжністю і шириною річки в розрахунковому блоці, потужністю підруслівих відкладень і вертикальною провідністю матеріалу русла з використанням наступної формули:

$$C = \frac{L \cdot W \cdot K}{M}, \quad (5.5)$$

де C – провідність, (L^2/T); L і W – відповідно протяжність і ширина річки в розрахунковому блоці, (L); M – потужність підруслівих відкладень, (L); K – вертикальна гідравлічна провідність матеріалу русла (L/T).

Завдання граничних умов на контурі модельованої області у випадку значного віддалення реальних джерел живлення і/або розвантаження від контурів досліджуваної ділянки (об'єкта) реалізовано в пакеті, який моделює віддалену границю із забезпеченим живленням ($H = Const$). Потік в/із розрахунковий блок від зовнішнього джерела встановлюється пропорційно різниці між напорами в блоці на зовнішньому контурі моделі і напором на контурі забезпеченого живлення і відстані між ними.

Застосування цієї граничної умови доцільно у тому випадку, коли необхідно уникнути зайвого розширення досліджуваної області для досягнення її контурами елементів, які розташовані поза межами моделі і впливають на напори в розрахункових блоках.

Вплив віддаленої границі із забезпеченим живленням на напори в блоках модельованої області враховується завданням на її контурі величини гідравлічної провідності, яка може бути розрахована за формулою:

$$C = \frac{(L \cdot W) \cdot K}{D}, \quad (5.6)$$

де $L \cdot W$ – площа переріза потоку в блоці на зовнішньому контурі модельованої області, (L^2); K – середня гідравлічна провідність водоносного шару в інтервалі між контуром моделі і джерелом забезпеченого живлення, (L/T); D – відстань між контуром моделі і джерелом забезпеченого живлення, (L).

Пакет дренажу в чисельній моделі використовується для врахування ефекту контурного або площинного водозниження, в результаті якого із водоносного шару видаляється вода у кількості, пропорційній різниці між відміткою рівня води у водоносному горизонті і деякою фіксованою відміткою в межах контуру (площі) водозниження. Пакет підтримує тільки можливість відтоку і його робота не має ніякого ефекту, якщо рівень води у водоносному горизонті знижується нижче заданої фіксованої відмітки на контурі стоку.

Для роботи пакета в якості вихідних даних для кожного блоку, який містить цю граничну умову, використовується наступна інформація: відмітки вільної поверхні води по контуру або площі дрени (при потужності потоку на контурі дренивання, що забезпечує відтік води), провідність на ділянці відтоку, що описує втрати напору між контуром дренивання і системою підземних вод.

Провідність, як числовий параметр, що відображує опір потоку між контуром дренивання і системою підземних вод, розраховується за формулами:

- для провідності на одиницю довжини

$$COND = RCHLNG \cdot LCOND; \quad (5.7)$$

- для провідності на одиницю площі

$$COND = DX \cdot DY \cdot SCOND, \quad (5.8)$$

де $COND$ – провідність, (L^2/T), $RCHLNG$ – довжина контуру дренивання в кожному осередку сітки, (L); $LCOND$ – провідність на одиницю довжини контуру дренивання в кожному блоці сітки, (L/T); DX – довжина блоку сітки в

X -напрямку, (L); DY – довжина блоку сітки в Y -напрямку, (L); $SCOND$ – провідність на одиницю площі дренажування в кожному блоці сітки, (1/T).

Головним компонентом часової дискретизації є часовий крок. Часові кроки групуються в розрахункові періоди, причому, вихідні дані можуть змінюватися в межах кожного розрахункового періоду.

Для кожного розрахункового періоду визначається його повна довжина ($PERLEN$), число часових кроків ($NSTP$) і множник для довжини послідовних часових кроків ($TSMULT$).

Таким чином, крок n -го відрізка часу – довжина часового кроку $n-1$ часу $TSMULT$ раз. Тривалість першого часового кроку Δt_1 може бути визначена із наступного виразу:

$$\Delta t_1 = PERLEN \left(\frac{TSMULT - 1}{TSMULT^{NSTP} - 1} \right) \quad (5.9)$$

В нестационарних рішеннях тривалість окремих розрахункових періодів встановлюється у відповідності до набору часових змін розрахункових параметрів моделі і пакетів характеристик витрат.

5.2 Геофільтраційна модель і методика моделювання

При виконанні геофільтраційних розрахунків модельована область визначалась проектними положеннями хвостосховища за варіантами його розташування:

- **хвостосховище № 1** – відсік, який розміщується на майданчику раніше відведеного під аварійну ємність, розташований в балці на схід від дослідно-промислової установки;

- **хвостосховище № 2** – відсік, який розміщується в північній ділянці майданчика хвостосховища магнітного збагачення.

Розміри геофільтраційної моделі з урахуванням очікуваного впливу

проектованого хвостосховища відповідно до варіантів його розміщення визначені в прямокутних координатах 6476060...6478000 м в широтному напрямку і 5325420... 5327620 м – в меридіональному, загальна площа модельованої області – 4,268 км² (рис. 5.1).

В процесі підготовки моделі досліджувана територія дискретизована розрахунковими блоками 20 x 20 м, що дозволило з достатньою точністю відобразити конфігурацію існуючих гідротехнічних споруд і проектного хвостосховища, а також контури зовнішніх гідродинамічних границь як в плані, так і в розрізі (рис. 5.2, 5.3).

Структура чисельної моделі у відповідності до геолого-гідрологічної будови території будівництва представлена семишаровою товщею, що моделює верхню частину розрізу четвертинних відкладень, техногенні масиви хвостосховищ і огорожувальних споруд ($th-Q$) – розрахунковий шар 1, четвертинні відкладення і водотривкий шар суглинків (протифільтраційний екран) в основі хвостосховища ($th-Q$) – розрахунковий шар 2, водоносний горизонт четвертинних лесових відкладень (Q_{I-IV}) – розрахунковий шар 3, водотривку товщу неоген-четвертинних відкладень (N_2-Q_1) – розрахунковий шар 4, водоносний горизонт неогенових відкладень (N_1s) – розрахунковий шар 5, слабопроникні відкладення кори вивітрювання кристалічного масиву ($MZ-KZ$) – розрахунковий шар 6, і водовмісну тріщинувату зону кристалічних порід ($AR-PR$) – розрахунковий шар 7.

Зовнішні границі модельованої області в межах вододільних ділянок досліджуваної території прийняті як гідродинамічні границі третього роду з умовою $Q = f(H)$ (див. рис. 5.2).

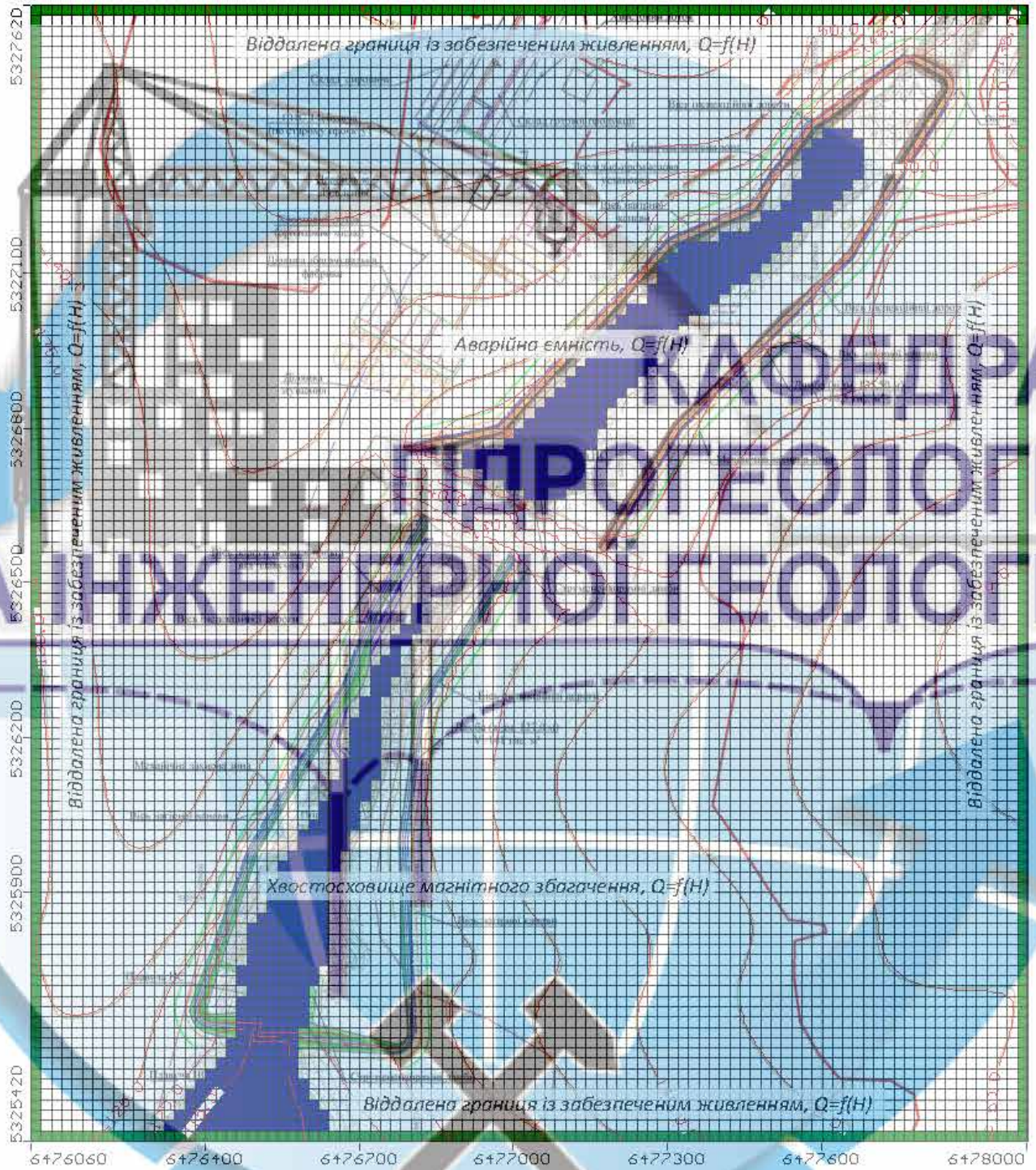


Рисунок 5.2 – Розрахункова схематизація території розташування
проектного хвостосховища



Рисунок 5.3 – Структура геофільтраційної моделі у вертикальному перерізі: а – аварійна ємність; б – хвостосховище магнітного збагачення

Внутрішні гідродинамічні границі, якими є водойми в тальвегу балки Криничуватська в межах ділянок розташування аварійної ємності і хвостосховища магнітного збагачення, в чисельній моделі задані граничною умовою третього роду $Q = f(H)$.

Розрахункові напори на гідродинамічних границях, а також величини водопровідності, що визначають рівень їх взаємозв'язку з водоносними горизонтами, прийняті згідно з фактичними даними та уточнені за результатами вирішення обернених задач (табл. 5.1 і 5.2).

Таблиця 5.1
Розрахункові параметри зовнішніх і внутрішніх гідродинамічних границь модельованої області

Гідродинамічні границі	Абсолютні відмітки рівня води, м	Водопровідність, м ² /добу
Зовнішні гідродинамічні границі		
- Північна границя	140,00	0,0024...4,0
- Південна границя	115,00...135,00	0,0024...4,0
- Західна границя	115,00...140,00	0,0024...4,0
- Східна границя	140,00...135,00	0,0024...4,0
Внутрішні гідродинамічні границі		
- Аварійна ємність	129,10	40,0
- Хвостосховище магнітного збагачення	118,50	40,0

Таблиця 5.2

Розрахункові гідродинамічні параметри проектного
хвостосховища за варіантами його розміщення

Контури живлення (дренування)	Абсолютні відмітки контуру живлення (дренування), м	Водопровідність на контурі живлення (дренування), м ² /добу
- Варіант 1 – Аварійна ємність	134,00	40,0
- Варіант 2 – Хвостосховище магнітного збагачення	125,50	40,0

Значення розрахункових фільтраційних параметрів в чисельній моделі встановлені за результатами дослідно-фільтраційних робіт і даними лабораторних визначень з урахуванням характерних для модельованих порідних різностей величин гідравлічної проникності [10] (табл. 5.3).

Потужності окремих розрахункових шарів відповідно до особливостей геологічної будови становлять: розрахунковий шар 1 – від 1,0 до 16,0 м (чаша хвостосховища), розрахунковий шар 2 – 1,0...1,5 м, розрахунковий шар 3 – 1,0...11,0 м, розрахунковий шар 4 – 4,0...11,0 м, розрахунковий шар 5 – 2,0 м, розрахунковий шар 6 – 10,0 м, розрахунковий шар 7 – 8,0 м (найменування шарів наведено в табл. 5.3).

Розрахункове інфільтраційне живлення в чисельній моделі прийнято за результатами вирішення обернених задач з урахуванням рекомендацій, наведених у [4], та встановлено рівним 3,0 мм/рік.

Методика вирішення задач оцінки існуючого гідродинамічного режиму підземних вод в зоні впливу проектного хвостосховища за варіантами його розміщення передбачала рішення обернених (епігнозних) і прямих (прогнозних) задач в нестационарній постановці.

Таблиця 5.3

Розрахункові гідродинамічні параметри чисельної моделі

Розрахунковий шар	Гідродинамічні параметри		
	Коефіцієнт фільтрації, $K (K_X = K_Y / K_Z)$, м/добу	Коефіцієнт гравітаційної водовіддачі, μ , дол. од.	Коефіцієнт пружної водовіддачі, μ^* , дол. од.
Шари 1,2 – Слабопроникні четвертинні і техногенні (<i>th-Q</i>) відкладення:			
- четвертинні відкладення	0,5 / 0,5	0,05	0,001
- чаша і дамби хостосховищ	0,6 / 0,6	0,05	0,001
- протифільтраційний екран	0,04 / 0,04	0,05	0,001
Шар 3 – Слабопроникні відкладення четвертинного комплексу (<i>Q_{I-IV}</i>)	0,5 / 0,5	0,05	0,001
Шар 4 – Водотривкі неоген-нижньочетвертинні відкладення (<i>N₂-Q_I</i>)	0,00001 / 0,00001	0,01	0,0001
Шар 5 – Водопроникні відкладення неогенового віку (<i>N_{1s}</i>)	2,22 / 2,22	0,15	0,001
Шар 6 – Слабопроникні відкладення кори вивітрювання (<i>MZ-KZ</i>)	0,012 / 0,012	0,05	0,001
Шар 7 – Водопроникна зона тріщинуватих порід кристалічного масиву (<i>AR-PR</i>)	2,5 / 2,5	0,10	0,0001

При вирішенні епігнозних задач виконувалися коригування прийнятих до розрахунку гідродинамічних параметрів та оцінка збіжності чисельної моделі за фактичними даними про рівневий режим підземних вод.

При вирішенні прогностичних задач до розгляду були прийняті варіанти, що відповідають варіантам розміщення проектного хвостосховища:

- **варіант 1** – хвостосховище № 1 – відсік, який розміщується на майданчику раніше відведеного під аварійну ємність, розташований в балці на схід від дослідно-промислової установки, максимальна відмітка води в проектованому хвостосховищі на кінець експлуатації 134.00 м

- **варіант 2** – хвостосховище № 2 – відсік, який розміщується в північній ділянці майданчика хвостосховища магнітного збагачення, максимальна відмітка води в проектованому хвостосховищі на кінець експлуатації 125.50 м

Наведені на рис. 5.4...5.6 поверхні підземних вод четвертинних і неогенових відкладень, отримані за даними рішення обернених задач, відображають загальні особливості гідродинамічного режиму досліджуваної території, порушеного експлуатацією існуючих гідротехнічних споруд.

Отримані розрахункові рівні води для модельованих водоносних горизонтів погоджуються з даними спостережень в гідрогеологічних свердловинах, згідно з якими відмітки рівнів води знаходяться в межах 134,45...143,75 м (св. №№ 1937, 1938) і 137,54...140,57 м (св. 2024, 2029) відповідно для четвертинного і неогенового водоносних горизонтів [6].

До особливостей гідрогеологічних умов досліджуваної території слід віднести обмежене розповсюдження четвертинного водоносного горизонту, а також наявність гідрогеологічних «вікон» на ділянках розмиву червоно-бурих глин в тальвегах балок, що сприяє перетіканню підземних вод з четвертинного водоносного горизонту до водоносного горизонту неогенових відкладень.

Згідно з даними епігнозного моделювання, деформації рівневих поверхонь підземних вод як четвертинного, так і неогенового водоносних горизонтів пов'язані переважно з наявними в балці Криничуватська об'ємами акумульованих вод з відмітками дзеркала 129,10 м і 118,50 м відповідно у

відсіках аварійної ємності і хвостосховища магнітного збагачення.

Розрахункові складові балансу підземних вод модельованої області, а також ділянок аварійної ємності і хвостосховища магнітного збагачення для існуючих умов наведені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5

Балансові складові модельованої області за результатами рішення оберненої задачі, м³/добу

Складові балансу	Живлення	Розвантаження
Інфільтрація	35,080	-
Взаємозв'язок з поверхневими водами	63,282	-144,558
у тому числі:		
- аварійна ємність	63,282	-2,681
- хвостосховище магнітного збагачення	0,000	-130,980
Витрати по контуру	535,331	-516,168
Ємнісна складова	27,508	0,000
Всього	661,199	-660,726
Похибка		0,474
Нев'язка, %		0,070

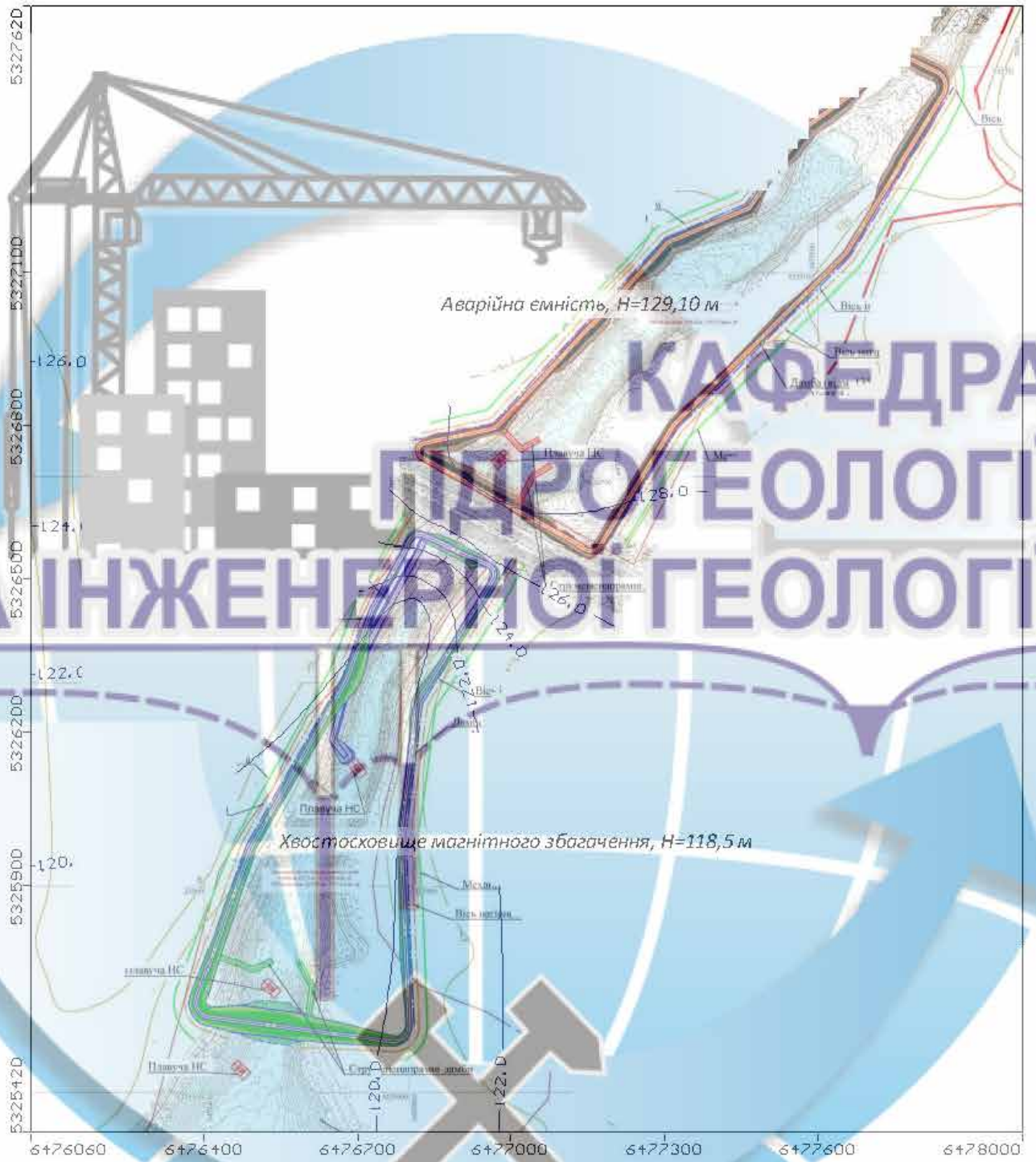


Рисунок 5.4 – Рівнева поверхня підземних вод четвертинного горизонту (Q_{I-IV}), розрахунковий шар 3, м

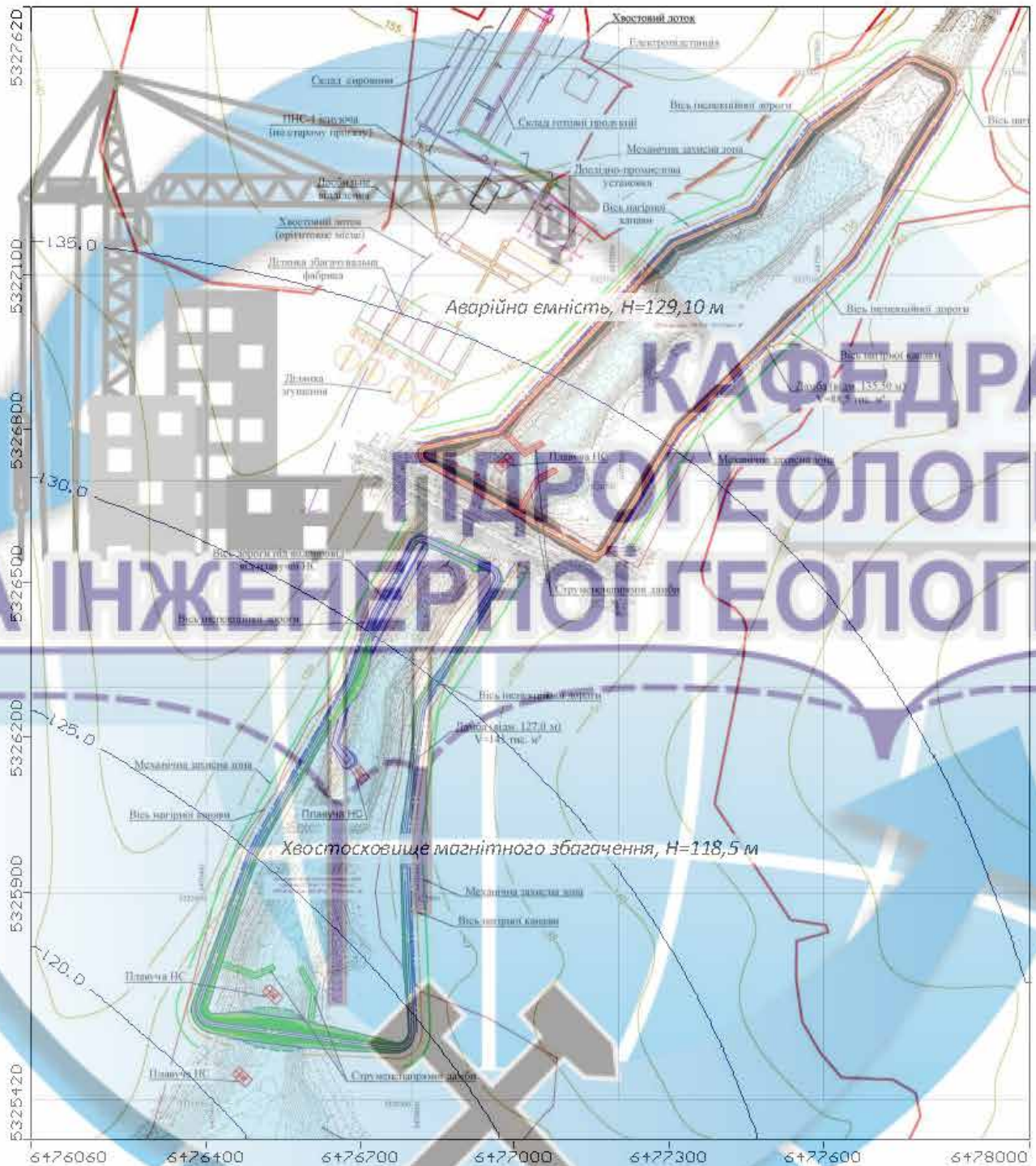


Рисунок 5.5 – Рівнева поверхня підземних вод неогенового водоносного горизонту (N_{1s}), розрахунковий шар 5, м



Згідно з даними епігнозного моделювання формування гідродинамічного режиму досліджуваної території в границях модельованої області відбувається за рахунок природних і техногенних складових водного балансу: інфільтраційного живлення – 5,31%, бічного притоку із суміжних територій – 80,96%, а також живлення підземних вод в межах балки Криничуватська – 9,57%.

Розвантаження водоносних горизонтів відбувається переважно за рахунок відтоку підземних вод за межі модельованої області – 78,12%, а також їх розвантаження в межах тальвегу балки Криничуватська – 21,88%.

За наявності в межах відсіків балки Криничуватська акумульованих об'ємів води зв'язок між поверхневими і підземними водами носить різноспрямований характер у живленні-розвантаженні на різних ділянках тальвегу балки. Так, на ділянці аварійної ємності при існуючій відмітці дзеркала води 129,10 м переважає живлення підземних вод, а на ділянці хвостосховища магнітного збагачення з відміткою дзеркала води 118,50 м – їх розвантаження.

5.3 Прогнозна оцінка гідродинамічного режиму

Прогнозна оцінка гідродинамічного режиму виконана для варіантів розміщення проектного хвостосховища в межах майданчика раніше відведеного під аварійну ємність на схід від дослідно-промислової установки (**варіант 1**), і майданчика хвостосховища магнітного збагачення (**варіант 2**).

При виконанні розрахунків в чисельній моделі передбачалась наявність в межах чаші проектного хвостосховища протифільтраційного екрану, виконаного із ущільненого суглинку потужністю 1,5 м з розрахунковим коефіцієнтом фільтрації 0,04 м/добу [9].

Для оцінки очікуваних змін рівневого режиму четвертинного і неогенового водоносних горизонтів приймалося, що експлуатація

проектованого хвостосховища з максимальними відмітками води 134,00 м і 125,5 м відповідно для варіантів 1 і 2 буде відбуватися при підтримці досягнутого рівня води у відсіках аварійної ємності (абсолютна відмітка води за даними зйомки 129,10 м) і хвостосховища магнітного збагачення (абсолютна відмітка води 118,50 м).

За результатами аналізу модельних розрахунків встановлено, що при будівництві хвостосховища № 1 з відміткою рівня води 134,00 м в межах відведеного під аварійну ємність майданчика (варіант 1) на прилеглій території буде відбуватися формування четвертинного водоносного горизонту з очікуваним підняттям рівня води на величину до 6,13 м (рис. 5.7, 5.9а). Особливістю фільтраційного потоку у даному варіанті буде його розвантаження в розташований нижче за рельєфом відсік хвостосховища магнітного збагачення.

Аналогічна картина буде спостерігатися при будівництві хвостосховища № 2 з відміткою рівня води 134,00 м в межах відсіку хвостосховища магнітного збагачення (варіант 2). Очікуване підняття рівня води в межах прилеглої території також буде досягати величини до 7,0 м, однак у даному випадку розвантаження фільтраційних вод в бік аварійної ємності буде практично відсутнім (рис. 5.8, 5.9б).

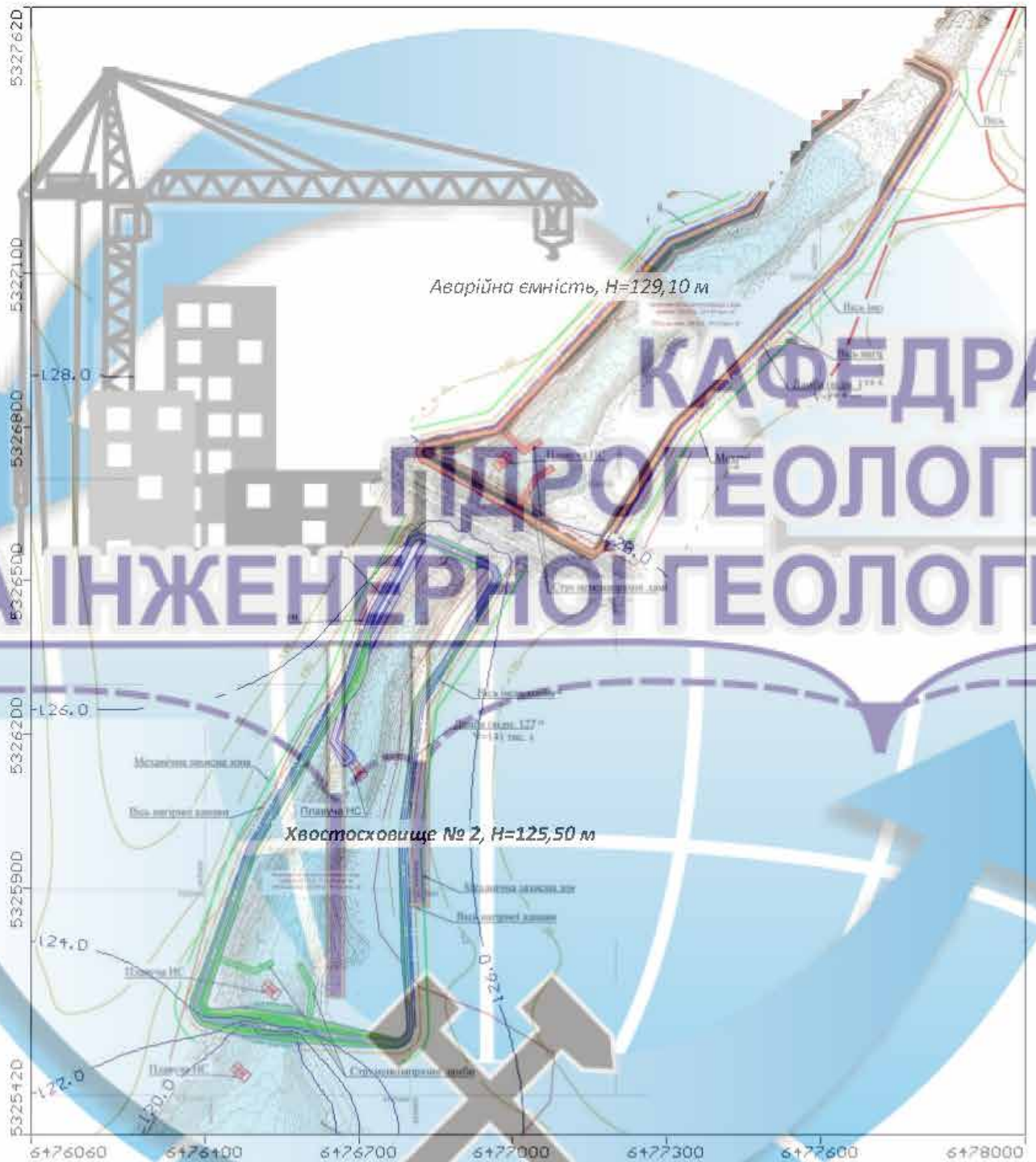
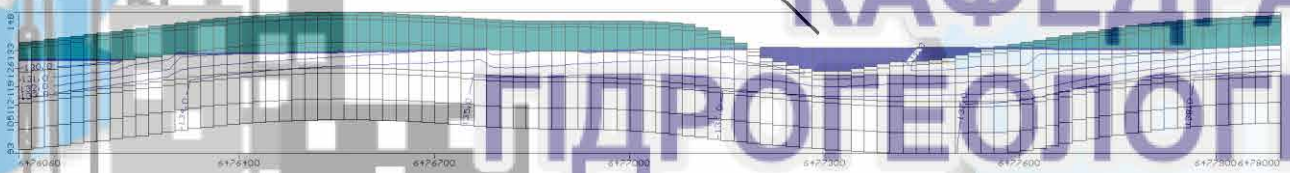


Рисунок 5.8 – Рівнева поверхня підземних вод четвертинного горизонту (Q_{L-IV}), хвостосховище № 2 у відсіку хвостосховища магнітного збагачення (варіант 2), розрахунковий шар 3, м

Хвостосховище № 1, $H=134,00$ м

а)



Хвостосховище № 2, $H=125,5$ м

б)

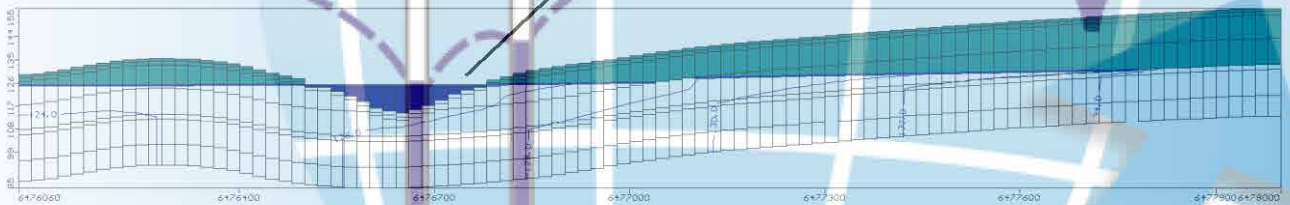


Рисунок 5.9 – Розрахункові гідродинамічні профілі досліджуваної території:

а – хвостосховище № 1 у відсіку аварійної смуги (варіант 1); б –

хвостосховище № 2 у відсіку хвостосховища магнітного

збагачення (варіант 2)

5.4 Фільтраційні втрати із хвостосховища

Оцінка фільтраційних втрат з проектового хвостосховища за варіантами його розміщення (хвостосховище № 1 і хвостосховище №2) виконана за результатами аналізу балансових складових модельованої області (табл. 5.6 і 5.7).

Таблиця 5.6

Балансові складові модельованої області за результатами рішення прогнозової задачі, хвостосховище № 1 (варіант 1), м³/добу

Складові балансу	Живлення	Розвантаження
Інфільтрація	35,080	-
Взаємозв'язок з поверхневими водами	144,530	-197,670
у тому числі:		
- хвостосховище № 1	144,500	-1,285
- хвостосховище магнітного збагачення	0,000	-183,220
Витрати по контуру	533,040	-514,421
Ємнісна складова	0,168	-0,604
Всього	712,817	-712,695
Похибка		0,122
Нев'язка, %		0,020

Таблиця 5.7

Балансові складові модельованої області за результатами рішення прогнозної задачі, **хвостосховище № 2 (варіант 2)**, м³/добу

Складові балансу	Живлення	Розвантаження
Інфільтрація	35,080	-
Взаємозв'язок з поверхневими водами	197,681	-254,233
у тому числі:		
- аварійна ємність	48,504	-6,586
- хвостосховище № 2	149,180	-81,678
Витрати по контуру	538,109	-518,660
Ємнісна складова	0,267	-0,202
Всього	771,137	-771,095
Похибка		0,042
Нев'язка, %		0,010

Згідно з даними модельних розрахунків при збереженні загальної структури балансових складових підземних вод в межах модельованої області будівництво і експлуатація хвостосховища призведе до відповідних змін у співвідношенні живлення-розвантаження безпосередньо на ділянках проектного розташування гідропоруди.

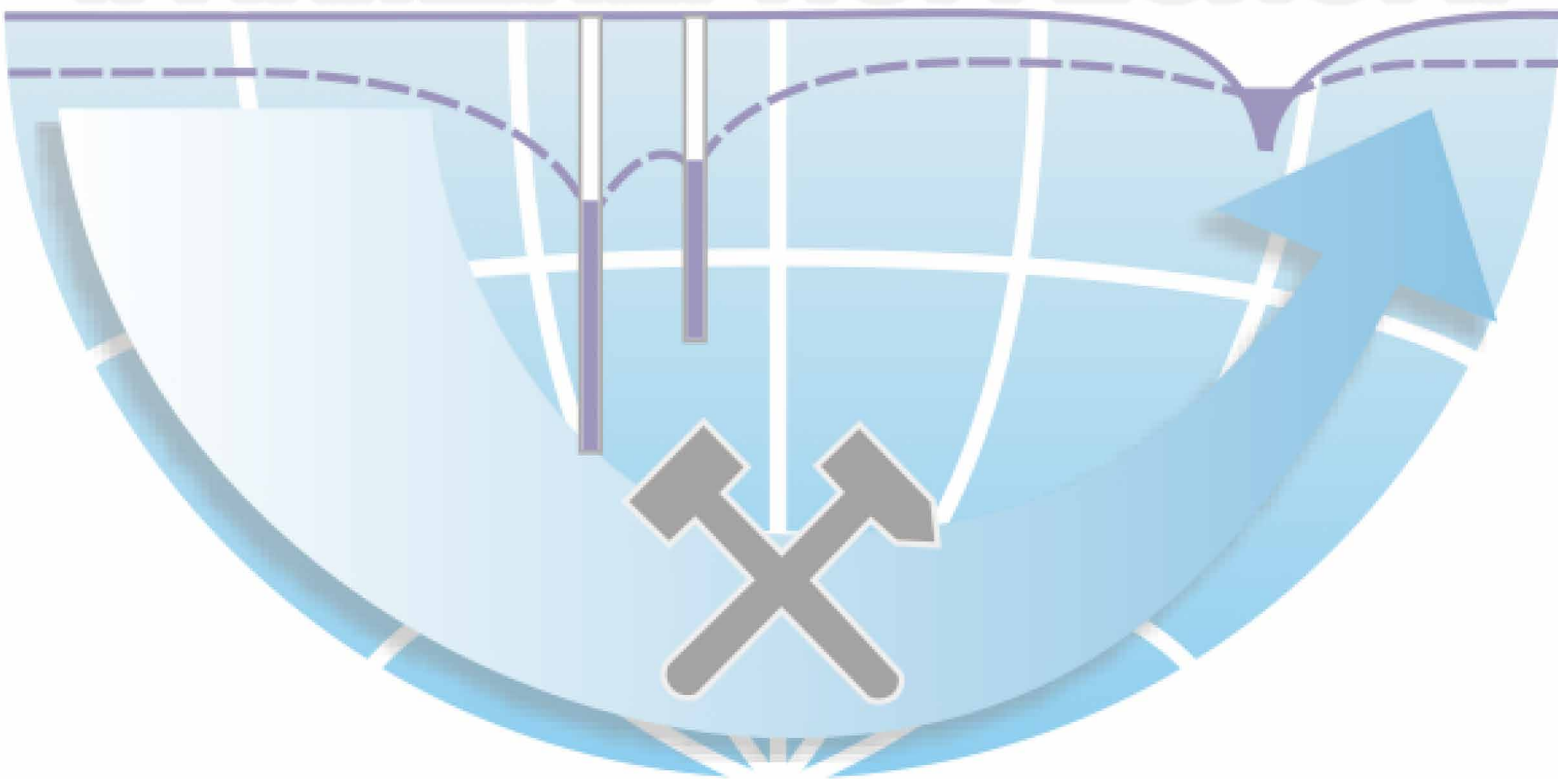
При розміщенні проектного **хвостосховища № 1** у відсіку аварійної ємності (**варіант 1**) величина фільтраційних втрат із чаші хвостосховища при проектній відмітці рівня води **134,00 м** і підтриманні існуючого положення рівня води в хвостосховищі магнітного збагачення (**118,50 м**) складе **144,50 м³/добу**. При цьому очікуване надходження підземних вод до відсіку хвостосховища магнітного збагачення зросте до **183,22 м³/добу**.

За умови розташування проектного **хвостосховища № 2** у відсіку хвостосховища магнітного збагачення (**варіант 2**) величина фільтраційних

втрат із чаші хвостосховища при проектній відмітці рівня води **125,50 м** і підтриманні існуючого положення рівня води в аварійній ємності (129,10 м) складе **149,18 м³/добу**. Розрахункове надходження підземних вод до аварійної ємності у даному випадку буде становити 6,586 м³/добу.

Слід відмітити, що за умови осушення відсіку хвостосховища магнітного збагачення або відсіку аварійної ємності при розміщенні проєктованого хвостосховища за **варіантом 1** або **варіантом 2** (рис. 5.10, 5.11) величини фільтраційних втрат з проєктованих **хвостосховищ № 1** і **№ 2** складуть відповідно **213,42 м³/добу** і **172,00 м³/добу**, а зростання розвантаження підземних вод до відсіків хвостосховища магнітного збагачення і аварійної ємності – відповідно до величин **222,82 м³/добу** і **64,80 м³/добу**.

КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



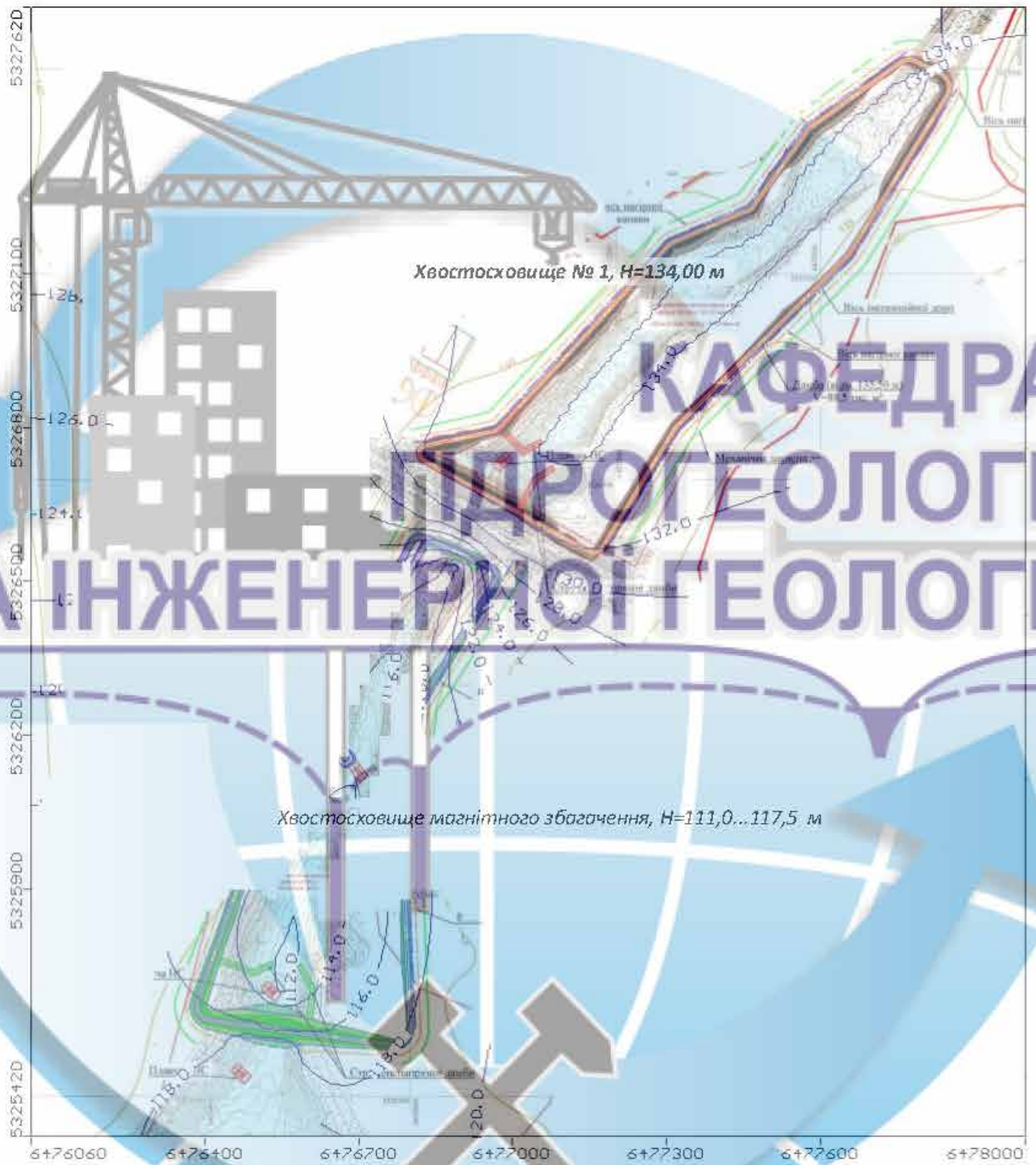


Рисунок 5.10 – Рівнева поверхня підземних вод четвертинного горизонту (Q_{1-IV}), хвостосховище № 1 у відсіку аварійної ємності (варіант 1) – осушення відсіку хвостосховища магнітного збагачення, розрахунковий шар 3, м

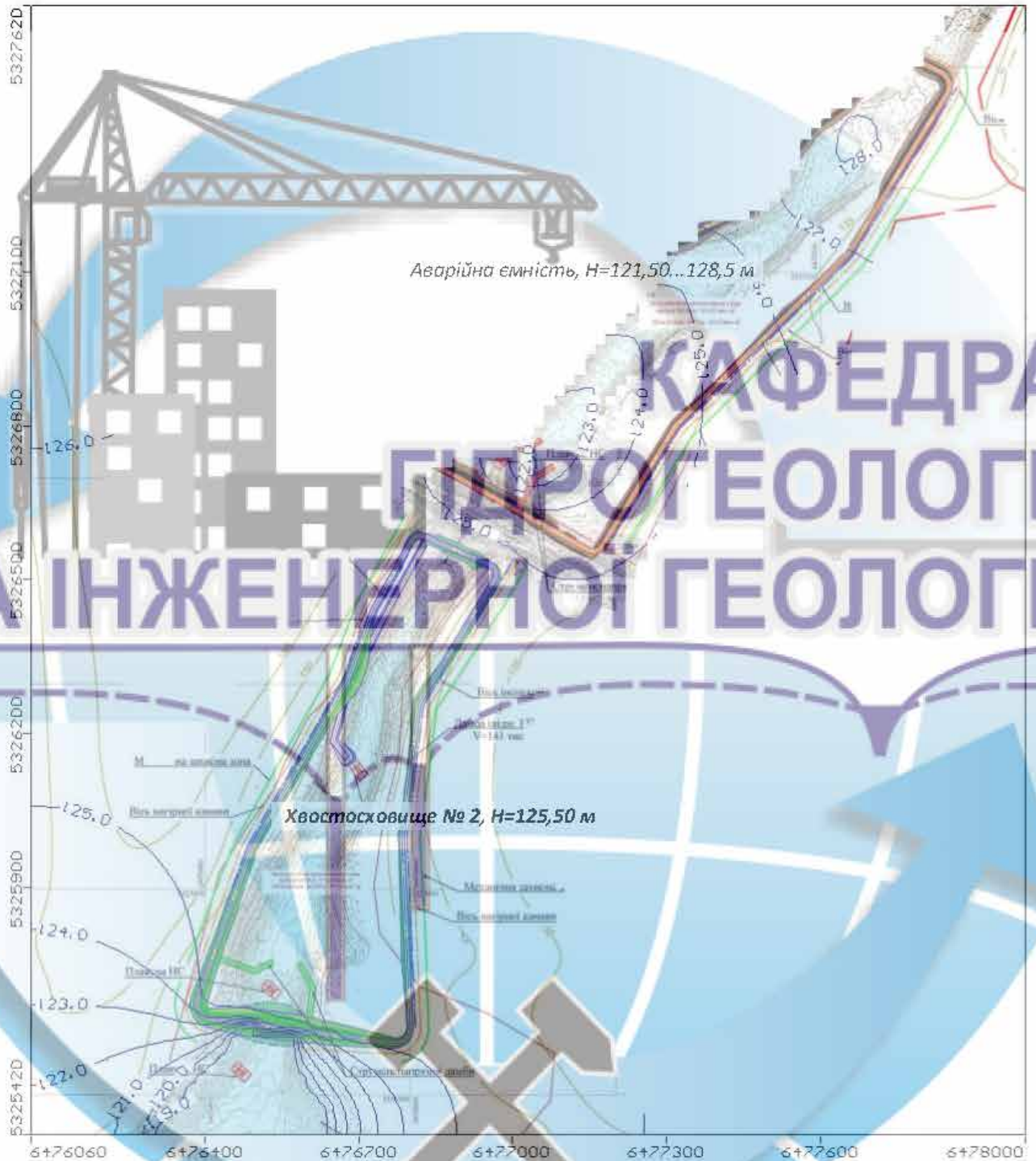


Рисунок 5.11 – Рівнева поверхня підземних вод четвертинного горизонту (Q_{I-IV}), хвостосховище № 2 у відсіку хвостосховища магнітного збагачення (варіант 2) – осушення відсіку аварійної ємності, розрахунковий шар 3, м

ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

До особливостей гідрогеологічних умов території проектного будівництва відноситься наявність четвертинного і неогенового водоносних горизонтів, а також водоносного горизонту тріщинної зони кристалічних порід, які мають відносно ускладнений гідравлічний зв'язок через наявність в геологічному розрізі водотривких відкладень неоген-четвертинного віку та кори вивітрювання кристалічного масиву.

На ділянках розвитку четвертинного водоносного горизонту в межах схилових ділянок балки Криничуватська гідродинамічний режим підземних вод визначається їх живленням-розвантаженням в залежності від режиму поверхневих вод, акумульованих у відсіках аварійної ємності і хвостосховища магнітного збагачення.

Згідно з результатами виконаних розрахунків будівництво і експлуатація хвостосховища за варіантами його розміщення, за відсутності дренажних споруд і наявності протифільтраційного екрану з шару ущільнених суглинку потужності 1,5 м і коефіцієнтом фільтрації 0,04 м/добу, призведе до загального підйому рівня води в межах прилеглої території від 0,1 до 6,13...7,0 м. Очікуваний підйом рівня води визначається рівнем фільтраційними втрат з хвостосховища в межах 144,50...213,42 м³/добу і 149,18...172,00 м³/добу відповідно для варіантів його проектного розміщення (хвостосховище № 1 і № 2).

Зважаючи на величини розрахункових фільтраційних втрат із проектного хвостосховища поряд зі змінами гідродинамічного режиму будуть відбуватися також і зміни гідрогеохімічного режиму, враховуючи, що мінералізацію шламових вод знаходиться в межах 1,7...2,5 г/дм³, а мінералізація природних вод становить переважно 0,5...1,0 г/дм³. Тобто, в даних умовах слід очікувати на забруднення підземних вод у вигляді збільшення їх мінералізації і зміни якісного складу, що буде відбуватися під впливом фільтраційних втрат.

Для уточнення геолого-гідрогеологічних, геолого-технічних і інженерно-

геологічних умов території проєктованого будівництва, оцінки змін гідродинамічного і гідрогеохімічного режимів підземних вод в зоні впливу хвостосховища і обґрунтування інженерних заходів щодо захисту підземної гідросфери від забруднення необхідно передбачити:

- інженерно-геологічні вишукування – уточнення геологічної будови, фізико-механічних і водних властивостей ґрунтів, визначення ступеня гідродинамічного зв'язку між поверхневими і підземними водами та підземними водами водоносних горизонтів в межах чаші хвостосховища (наявність розмиву водотривких шарів, «гідравлічних вікон» тощо), уточнення фільтраційних параметрів водовмісних шарів;

- організацію гідрогеологічного і геотехнічного моніторингу території розташування хвостосховища (згідно з вимогами ДБН А.2.1-1-2014. Інженерні вишукування для будівництва), проведення спостережень за станом підземної гідросфери (гідродинамічний і гідрогеохімічний моніторинг на етапі інженерних вишукувань, розробки проєкту і експлуатації хвостосховища);


- розробку прогнозу гідродинамічного і гідрогеохімічного режимів підземних вод із використанням геофільтраційної і геоміграційної моделей території проєктованого розташування хвостосховища, виконання оцінки впливу будівництва і експлуатації хвостосховища на підземну гідросферу у складі Оцінки впливу на довкілля (ОВД);

- обґрунтування доцільних і ефективних інженерних заходів і технічних рішень, спрямованих на захист підземної гідросфери і поверхневих вод від можливого забруднення в умовах впливу на них проєктованих будівництва і експлуатації хвостосховища.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Корнєєнко С.В. Методика гідрогеологічних досліджень. Основні методи і види гідрогеологічних досліджень: Навч. посібник. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2001. – 69 с.
2. Костюченко М.М., Шабатин В.С. Гідрогеологія та інженерна геологія: Підручник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005. – 144 с.
3. Кошляков О.Є. Гідрогеологічне моделювання: Підручник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. – 113 с.
4. Кошляков О.Є., Мокієнко В.І. Динаміка підземних вод. Головні поняття та визначення: Навчальний посібник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2004. – 32 с.
5. Рудаков Д.В. Моделювання в гідрогеології: Навчальний посібник. – Д.: Національний гірничий університет, 2011. – 88 с.
6. Kinzelbach W. Groundwater modeling. – Amsterdam: Elsevier. – 1986. – 312 p.
7. McDonald M.G. and Harbaugh A.W., 1984. A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model: U.S. Geological Survey Open-File Report 83-875, 528 p.
8. McWhorter D.B., Sunada D.K., Sunada D.K. Ground-water hydrology and hydraulics. – Water Resources Publication, 1977.
9. Прогнози підтоплення та розрахунок дренажних систем на забудованих та забудованих територіях / Комплекс. н-і та конструкт.-технолог. -т Водопостачання, каналізації, гідротехн. споруд та інж. гідрогеології. - М.: Будвидав, 1991. - 272 с. : іл. – (Довід. посібник до СНіП).
10. Звіт про роботу групи гідроспостереження спеціалізованої аналітичної лабораторії ЦТД та ЦЛ за 2016 р.. – Кривий Ріг, 2017. – 47 с.

11. Паспорт проекту. Криворізький гірничо-збагачувальний комбінат окислених руд. Перша черга будівництва. Магнітна технологія збагачення. Хвостове господарство, водопостачання та каналізація. Розділ 7. Стадія: ПРОЕКТ (Додатковий варіант). 755.P2-0-0-ГР,НВК,АС (II). – Київ, 1986. – 48 с.



КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



ВІДЗИВ

на кваліфікаційну роботу ступеня магістр НТУ «Дніпровська політехніка» спеціальності «Науки про Землю» (освітньо-професійна програма «Геологія, гідрогеологія, геофізика»), студента гр. 103м-22-1 Сінкевича Данила Сергійовича «Оцінка гідрогеологічних умов Східно-Валявкинського залізородного родовища у зв'язку з обґрунтуванням проекту будівництва гідротехнічних споруд»

Зв'язок завдання на кваліфікаційну роботу з об'єктом діяльності магістра. Завдання на представлену кваліфікаційну роботу безпосередньо пов'язано з об'єктом діяльності магістра за спеціальністю «Науки про Землю» (освітньо-професійна програма «Геологія, гідрогеологія, геофізика») – дослідженням геолого-гідрогеологічних умов території проєктованого будівництва у зв'язку з прогнозом впливу гідротехнічної споруди на підземну гідросферу.

Актуальність. Складність вирішення завдань оцінки впливу будівництва і експлуатації гідротехнічних споруд на підземну гідросферу пов'язана зі складністю геолого-гідрогеологічних умов та дією сукупності різноспрямованих факторів природного і техногенного характеру. В зв'язку з цим тема кваліфікаційної роботи студента Сінкевича Д.С. є актуальною та сучасною.

Відповідність змісту стандартам вищої освіти та дескрипторам НРК. Робота складається із вступу, п'яти розділів, висновку, текстових додатків та переліку використаної літератури. Зміст роботи повністю відповідає стандартам вищої освіти та дескрипторам НРК.

Новизна. У роботі застосовані нові підходи до оцінки змін гідродинамічного режиму під впливом проєктованого будівництва гідротехнічних споруд з використанням сучасних методів моделювання геофільтраційних процесів. При виконанні розрахунків враховані особливості взаємовпливу підземних і поверхневих вод відповідно до геолого-гідрогеологічних умов досліджуваної території.

Практичне значення результатів. Представлені в роботі результати моделювання та виконані оцінки можуть бути використані для обґрунтування

проектів будівництва гідротехнічних споруд в складних геолого-гідрогеологічних умовах.

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

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

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

Недоліки. При виконанні розрахунків не надано достатнього обґрунтування величини інфільтраційного живлення водоносних горизонтів в межах території проектуваного будівництва.

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

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

В.І. Тимошук

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу ступеня магістра НТУ «Дніпровська політехніка» спеціальності «Науки про Землю» (освітньо-професійна програма «Геологія, гідрогеологія, геофізика»), студента гр. 103м-22-1 Сінкевича Данила Сергійовича «Оцінка гідрогеологічних умов Східно-Валявкинського залізорудного родовища у зв'язку з обґрунтуванням проекту будівництва гідротехнічних споруд»

Кваліфікаційна робота Сінкевича Д.С. присвячена питанню дослідження гідродинамічних змін підземної гідросфери під впливом проєктованого будівництва хвостосховища гірничо-збагачувального комбінату.

У вступній частині кваліфікаційної роботи викладені актуальність, мета та сутність виконаних досліджень.

В загальній частині наданий аналіз геолого-гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов ділянки проєктованого будівництва, виконана характеристика мережі гідропостереження та дренажних систем діючих гідротехнічних споруд.

В основній частині методом математичного моделювання розроблений прогноз гідродинамічного режиму підземних вод та виконана оцінка фільтраційних втрат із проєктованого хвостосховища. За результатами моделювання обґрунтований вибір гідродинамічно доцільного варіанта розташування хвостосховища та визначені заходи щодо зниження фільтраційних втрат.

Проведення гідродинамічних розрахунків виконано із застосуванням спеціально програмного забезпечення та використанням ПЕОМ. Поставлені в роботі задачі вирішені в повному обсязі та методично грамотно. Результати досліджень мають елементи наукової новизни та практичну цінність.


Робота написана технічно грамотно, містить достатній обсяг табличного й ілюстративного матеріалу та належним чином оформлена.

Кваліфікаційна робота відповідає вимогам, що ставляться до рівня вищої освіти за НРК, та компетентностям освітньо-професійної програми «Геологія, гідрогеологія, геофізика» заслуговує оцінки «відмінно», а її автор, Сінкевич Д.С., присвоєння ступеня магістр за спеціальністю «Науки про Землю».

Завідувачка кафедри геології
та розвідки родовищ корисних копалин
к.т.н., доцент

І.В. Жильцова

КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



Протокол перевірки кваліфікаційної роботи магістра

студента групи 103м-22-1
(шифр групи)

Сінкевича Данила Сергійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

Назва роботи: «Оцінка гідрогеологічних умов Східно-Валявкинського залізорудного родовища у зв'язку з обґрунтуванням проекту будівництва гідротехнічних споруд»

Науковий керівник доц. Тимощук В.І.
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

plag.com.ua	Оригінальність, %	76
	Подібність, %	24
	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)