

**МАЛЕ ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ УПРАВЛІННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК
УКРАЇНИ»
(МДП «ІПУ НАН УКРАЇНИ»)**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор
МДП «ІПУ НАН України»



Локошко Д.В.

ЗАКЛЮЧНИЙ ЗВІТ

про виконану роботу за договором № 918 від 07.08.2023 р.

**«МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОЛОГІЧНОГО ТА ГІДРОХІМІЧНОГО
РЕЖИМІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД, ЗОКРЕМА ЩОДО ЗМІНИ ІХ РІВНІВ У ЗОНІ ВПЛИВУ
ХВОСТОСХОВИЩА «ІІІ КАРТА» (в т. ч. с. Миролюбівка та с. Свистуново) ТА
РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ПІДЗЕМНИХ ВОДОНОСНИХ
ГОРИЗОНТАХ НА ПРИЛЕГЛИХ ДО ХВОСТОСХОВИЩА «ІІІ КАРТА»
ТЕРИТОРІЯХ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ВІД ЗАПЛАНОВАНОГО ДО
СПОРУДЖЕННЯ ХВОСТОСХОВИЩА ПАТ «АРСЕЛОРМІТТАЛ КРИВИЙ РІГ»»**

Харків – 2023 р.

СКЛАД ВИКОНАВЦІВ

Заступник директора, Провідний науковий співробітник МДП «ІПУ НАН України», д.т.н.	В.В.Кузьмин	
Зав. відділом охорони навколишнього середовища, раціонального використання природних ресурсів і екологічної експертизи, с.н.с ПСНЦ НАН України і МОН України	Н.Ю.Ревякіна	
Заступник директора ПСНЦ НАН України і МОН України	Н.М.Чураєвська	

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ УМОВ	7
1.1 Орографія району.....	7
1.2 Клімат.....	9
1.3 Гідрографічні умови.....	11
1.4 Геологічна будова.....	12
2 ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ	17
3 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ ПОТЕНЦІЙНОГО ВПЛИВУ НА ПІДЗЕМНІ ВОДИ ТЕРИТОРІЇ	36
4 ОСНОВНІ ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ	42
5 РОЗРОБКА ГІДРОДИНАМІЧНОЇ МОДЕЛІ ОБЛАСТІ ФІЛЬТРАЦІЇ.....	55
5.1 Методика моделювання.....	55
5.2 Вибір програмних засобів для гідродинамічного моделювання.....	57
5.3 Розрахункові гідродинамічні параметри моделі.....	57
5.4 Гідродинамічна схематизація області фільтрації.....	59
5.5 Верифікація моделі і ідентифікація гідродинамічних параметрів.....	64
6 ПРОГНОЗ ЗМІНИ ГІДРОДИНАМІЧНОГО РЕЖИМУ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ.....	70
7 ОЦІНКА ВПЛИВУ НА ГІДРОХІМІЧНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТОВИХ І ПІДЗЕМНИХ ВОД.....	86
ВИСНОВКИ.....	87
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	94

ВСТУП

Відповідно до умов Договору № 918 від 07.08.2023 р. «Математичне моделювання гідрологічного та гідрохімічного режимів підземних вод, зокрема щодо зміни їх рівнів у зоні впливу хвостосховища «III карта» (в т.ч. с. Миролубівка та с. Свистуново) та розповсюдження хімічних елементів у підземних водоносних горизонтах на прилеглих до хвостосховища «III карта» територіях з урахуванням впливу від запланованого до спорудження хвостосховища ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», були проведені роботи з математичного моделювання режимів підземних вод на прилеглих до хвостосховища «III карта» територіях.

Були розглянуті наступні вихідні дані:

- матеріали проекту «Нове будівництво хвостосховища «III карта» шламового господарства РЗФ на території Гречаноподівської та Новолатівської сільських рад Широківського району Дніпропетровської обл. ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»;
- звіт з математичного моделювання фільтрації у складі проекту «Нове будівництво хвостосховища «III карта» шламового господарства РЗФ на території Гречаноподівської та Новолатівської сільських рад Широківського району Дніпропетровської обл. ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»;
- звіт з НДР «Хвостосховище «III карта» ГЗК ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Проект. Розробка рекомендацій із захисту території від підтоплення і підземних вод від забруднення». Харків, НОВОТЕК-2, 2008;
- водний баланс хвостосховищ «III карта» (проектні) і «IV карта» (фактичні і проектні);
- дані про системи захисту підземних вод (розташування дренажів, конструкція дренажів, абсолютні відмітки їх закладення, схеми відведення дренажних вод) хвостосховищ «III карта» (проектні) і «IV карта»;
- дані обліку дренажних вод;
- технічний звіт про стан гідротехнічних споруд хвостового господарства гірничого департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» за 2021, 2022 рр.;
- дані про координати свердловин моніторингу підземних вод території ГД і прилеглих територій;
- дані моніторингу підземних вод території ГД і прилеглих територій (рівні і гідрохімія (макро і мікрокомпоненти)) за 2020-2023 рр.

По результатах аналізу наявних вихідних даних (проектні матеріали, матеріали натурних, лабораторних та модельних досліджень, матеріали авторського надзору за станом ГТС, дані моніторингу) були визначені:

- особливості кліматичних, орографічних і гідрологічних умов району досліджень;
- основні характеристики геологічної будови і гідрологічної мережі району досліджень;
- гідрогеологічні умови досліджуваної території;
- показники стану наявної мережі спостережень за станом підземних вод в межах району досліджень;
- основні джерела впливу на рівневий і хімічний режими ґрунтових і підземних вод району, їх основні характеристики, необхідні для розробки гідродинамічної моделі району.

Результати проведеного аналізу наявної ретроспективної та сучасної інформації щодо гідрогеологічних умов району досліджень, основних джерел впливу на підземні води, стану мережі спостережень за станом підземних вод, проектних рішень щодо будівництва та експлуатації хвостосховища «III карта» були використані при моделюванні режимів підземних вод на прилеглих до нього територіях.

Були проведені роботи з розробки гідродинамічної моделі району і оцінки впливу експлуатації хвостосховища «III карта» на формування водного і хімічного режиму підземних вод на прилеглих до нього територіях.

У процесі розробки гідродинамічної моделі області фільтрації були виконані наступні дослідження:

- проведена схематизація гідродинамічних умов розглянутої території;
- виділені основні гідродинамічні елементи розглянутої території;
- визначені ділянки додаткового інфільтраційного живлення підземних вод в межах розглянутої території;
- охарактеризована загальна гідродинамічна схема руху підземних вод в межах розглянутої території;
- обрано програмні засоби для гідродинамічного моделювання з урахуванням геолого-гідрогеологічних особливостей розглянутої території;
- визначено зовнішні і внутрішні границі гідродинамічної моделі в межах розглянутої території;
- оцінена адекватність побудованої гідродинамічної моделі, її зовнішніх границь і заданих гідродинамічних параметрів;

- скоректовані, за результатами рішення серії зворотних завдань, задані на моделі значення основних гідродинамічних параметрів водоносних горизонтів в межах розглянутої території.

За результатами проведеного моделювання сформовано загальну оцінку впливу експлуатації хвостосховища «III карта» на підземну гідросферу.

Оцінку проведено по характерних етапах будівництва та експлуатації хвостосховища «III карта», а саме: до 2026 року (експлуатація усіх хвостосховищ ГД) і після 2026 року (експлуатація лише хвостосховища «III карта»).

Нижче наведено основні результати виконаних робіт.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ УМОВ

В адміністративному відношенні гірничий департамент (надалі ГД) ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» знаходиться в південній частині м. Кривий Ріг в Дніпропетровській області, на землях Центрально-Міського, Інгулецького районів м. Кривий Ріг та Криворізького (колишнього Широківського) району Дніпропетровської області.

Ділянка хвостосховища «ІІІ карта» розташована на водороздільній ділянці балок Грушевата та Широка, і примикає до південної огорожувальної дамби хвостосховища «ІV карта».

Ділянка території, на якій планується будівництво хвостосховища «ІІІ карта», розташована на території Гречаноподівської та Новолатівської сільських рад Криворізького (колишнього Широківського) району Дніпропетровської області.

Земельна ділянка межує:

- з півночі - проммайданчик ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», хвостосховище «ІV карта» і відвали «Дальні» ГД ПАТ «АМКР»;
- з півдня – сільгоспугіддя ТОВ «Лан» Криворізького (колишнього Широківського) району;
- зі сходу - сільгоспугіддя; □ з північного сходу - розташоване хвостосховище «Миролюбівка» ГД ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»;
- із заходу - хвостосховище «ІІ карта» АТ «ПівдГЗК». Ситуаційна карта-схема району розташування майданчика, планованого будівництва хвостосховища «ІІІ карта», наведена на Рис. 1.1.

1.1 Орографія району

Орографія району має риси Придніпровської низовини лівобережжя р. Дніпро, що являє собою горбисту розчленовану ерозійно-аккумулятивну рівнину І-ІІІ надзаплавних терас. Район досліджень розташований в межах правобережної долини р. Дніпро, яка характеризується аккумулятивним типом рельєфу і являє собою вододіл р. Інгулець і каналу Дніпро-Кривий Ріг.

Територія перетинається численними балками і місцевими часто пересихаючими водотоками, що належать до водозбірного басейну р. Інгулець. Зниження поверхні спостерігається в загальному напрямку з північного сходу на південний захід, в сторону долини р. Інгулець.

Основними формами антропогенного рельєфу є кар'єри і відвали (пагорби, що формуються з порожніх порід і відходів переробки залізних руд), хвостосховища і т.інш.

Всі ці форми рельєфу мають місце на промисловому майданчику ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

1.2 Клімат

Місто Кривий Ріг розташований в центральній частині України. Район міста, відповідно до кліматичного атласу України, належить до помірного кліматичного поясу, до області атлантико-континентального впливу.

Клімат міста степовий. Взагалі клімат характеризується відносно прохолодною зимою з нестійким сніговим покривом та частими відлигами і жарким, посушливим літом. Найбільш спекотний місяць - липень із середньою температурою +22 °С, найбільш холодний місяць – січень із середньою температурою -5,0 °С.

Середньорічна температура повітря складає +8,8°С. Абсолютний максимум температури повітря становить +38,6°С, абсолютний мінімум -33,2°С. В середньому за рік випадає 483 мм атмосферних опадів, менше всього їх у вересні- жовтні та лютому-березні, більше всього – в червні. Добовий максимум кількості опадів становить 95 мм.

Упродовж року середня сумарна тривалість опадів становить 745 годин.

Нижче, в таблиці 1.1 наведені основні середньомісячні і річні метеорологічні характеристики по місту Кривий Ріг.

Таблиця 1.1 - Основні середньомісячні і річні метеорологічні характеристики по місту Кривий Ріг

Характеристики	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Температура повітря, середня (°С)	-5,1	-4,4	0,8	8,6	15,7	19,4	22,0	21,1	15,6	8,8	2,2	-2,8	8,5
Кількість опадів, середня (мм)	27	30	28	32	46	69	44	33	26	35	33	37	440
Швидкість вітру, середня (м/с)	5,6	5,9	5,8	5,3	5,0	4,4	4,1	4,1	4,2	4,6	5,2	5,6	5,0

Відносна вологість повітря в середньому за рік становить 73%, найменша вона в серпні (61%), найбільша - у грудні (88%).

Середні показники випаровування з поверхні суші - 491 мм на рік, випаровуваність з поверхні води - 851 мм/рік.

Річний хід середніх багаторічних величин випаровування з суші по МС Дніпро наведено в Таблиці 1.2. У цій же таблиці наведено випаровування з водної поверхні за даними, отриманими по наземним випарникам ГГІ-3000 в с. Карачуни.

Таблиця 1.2 – Випаровування з суші та водної поверхні

Характеристики	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Випаровування з поверхні суші (мм)	4	13	36	66	76	82	74	61	47	31	9	2	491
Випаровування з поверхні води (мм)	-	-	-	-	140	167	189	173	124	58	-	-	851

За останні 60 років посушливими є кожні 3–4 роки на одне десятиліття. Сильні посухи на Криворіжжі бувають раз на 5–10 років.

Зливові дощі супроводжуються грозами та градом. Найчастіше грози трапляються в період з травня по серпень.

Стійкого снігового покриву майже не буває, 52% зим є безсніжними та малосніжними. Середня висота снігу становить 10 см, максимальна - 30 см. Взимку на річках можна спостерігати зимові паводки. Їх виникнення пов'язується з сильними відлигами - таненням снігового покриву і дощами. Упродовж зими частим явищем є ожеледь.

Середня річна відносна вологість повітря - 73%. За вологості самий сухий період - з травня по серпень, найбільш вологий - з грудня по лютий. Найбільшу повторюваність мають вітри з північного сходу та півночі, найменшу – з півдня. В холодний період року переважають вітри північно-східного та східного напрямків, в теплий – північного та північно-західного напрямків.

Середня річна швидкість вітру становить 5 м/с. Найбільші швидкості спостерігаються взимку та весною, найменші – влітку та на початку осені.

Найбільші швидкості вітру приходяться на напрямки, що мають найбільшу повторюваність, тобто на вітри північно-східного, а також східного та північно-західного напрямків.

В добовій ході найбільші швидкості вітру приходяться на денні години, найменші – на нічні. Більша повторюваність у вітрів зі швидкістю 8 м/с та більше. В зимові місяці повторюваність таких вітрів становить 22 – 28% від усіх випадків.

Повторюваність штилів та вітрів малих швидкостей (до 5 м/с включно) складає в середньому за рік 64% від усіх випадків. В літні місяці повторюваність таких вітрів становить – 70-75%.

1.3 Гідрографічні умови

Гідрографічна мережа на території представлена природними і штучними водоймами і водотоками: р. Інгулець, хвостосховища «Миролюбівка», «Центральне», «Четверта карта», аварійні ємності ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», хвостосховища АТ «Південний ГЗК» («Перша карта», «Войкове»), ставок оборотного водопостачання в б. Грушевата, обвідний канал та інші технічні водойми, облаштовані в численних балках території.

Територія ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» приурочена до середньої течії і басейну річки Інгулець.

Свій початок річка бере в заболоченій балці біля с. Топила Знам'янського району Кіровоградської області і є самою нижньою правою притокою I-го порядку р. Дніпро (впадає за 46 км від його гирла). У басейні р. Інгулець має 126 приток - довше 10 км, з яких 53 - притоки I-го порядку (а по відношенню до Дніпра II-го порядку).

Гідрологічні спостереження на річці ведуться з 1925 року. Витоки річки розташовані на абсолютній висоті 175 м, гирло 0,3 м. Довжина річкового басейну Інгульця - 549 км.

Долина Інгульця у верхній частині вузька (1-1,5 км), русло прямолінійне. У нижній частині долина скриньоподібна, терасована, місцями розширюється до 3-5 км, русло сильно меандрує (утворює багато закрутів).

За даними Л.М. Булави (1990), нахил русла в північній частині 1,2 м/км, поблизу с. Лозуватка - 0,49 м/км, у м. Кривий Ріг - 0,28 м/км, у південній межі району - 0,17 м/км. Середній нахил русла річки - 0,37 м/км.

Швидкість течії річки в межіннь - 0,2-0,8 м/с, під час повені - до 1,5 м/с.

Ширина річки в регіоні збільшується з півночі (15-20 м) до 25-30 м - поблизу Кривого Рогу та нижче.

Глибина Інгульця незначна: на перекатах вона становить 0,2-0,6 м, на плесах до 5-8 м.

До зарегулювання стоку Інгульця, при повені, рівень води піднімався в річці на 5-6 м, максимально - 8 м. У районі м. Кривий Ріг ширина річки близько 30-40 м, глибина до 1,7 м.

Модуль стоку зменшується з півночі на південь з 0,75 до 0,5 л/с•км².

Середні витрати води в р. Інгулець на Криворіжжі - 7,8-9,3 м³/с. Під час сніготанення, у повінь, вони зростають до 400 м³/с.

За даними гідрологічних спостережень, в 1930-50 рр. середні витрати води були більше 12,4-14,3 м³/с. Мінімальні витрати води були зареєстровані в 1975 р., які склали всього 1,12 м³/с.

Показники по гідрологічному посту у с. Могилівка (південне Криворіжжя) наступні: середній рівень води - 2,6 м, середні витрати води - 13,8 м³/с (з коливаннями від 24,5 м³/с за 1985 р. до 5,3 м³/с по 1984 р.).

Річний обсяг стоку в середньому дорівнює 360 млн. м³, в маловодні роки лише 40,6 млн. м³.

Рівневий режим, як і на малих річках району, характеризується вираженою весняною повінню і тривалою, стійкою межінню. Середньобаторічний межений рівень води в річці Інгулець в межах міста Кривий Ріг становить 25,3-25,7 м, абс. відм.

В даний час в районі кар'єрного відпрацювання родовищ русло каналізоване.

Замерзає річка в грудні, розкривається - в березні.

Живлення річки переважно снігове. Гребінь весняної повені проходить в кінці березня - на початку квітня. Період повені триває 50-70 днів.

За ступенем врізу р. Інгулець є досконалою дреною. Частина живлення річки - за рахунок підземних вод - становить близько 17%.

Хімічний склад води в р. Інгулець формується під впливом мінералізованих стічних вод підприємств Криворізького залізорудного басейну і розвантаження техногенного водоносного горизонту лесовидних суглинків.

1.4 Геологічна будова

У геологічній будові розглянутої території беруть участь древні архей-протерозойські метаморфізовані і вивержені породи (гнейси, сланці, кварцити, конгломерати, граніти, залізні руди), що складають фундамент Українського щита, а також відкладення палеогенової, неогенової і четвертинної систем.

Зведена стратиграфічна колонка (зверху вниз) наступна:

- неогенова система (товща червоно-бурих глин, верхній міоцен: товща вапняків);
- палеогенова система (молочанська, серогожська і асканійська, свити нерозчленовані, борісфенська свита, альмінська свита, хаджибейська свита, товща вуглистих глин і пісків);
- архейська акротема.

Нижче приведена характеристика стратиграфічних підрозділів в геохронологічній послідовності від стародавніх до сучасних.

Археї

В межах даної території набули поширення утворення середнього і верхнього архею, до яких віднесено породи Базавлуцької товщі (AR_{2bz}), кінської серії, і ультраметаморфізовані, інтрузивні і метасоматичні утворення дніпровського комплексу та Саксаганського регіонального комплексу плагіогранітоїдів (AR_{2dn}), (AR_{3sk}).

У 2000 році Київським державним інститутом інженерних вишукувань і досліджень «Енергопроект» по площі будівництва хвостосховища «Об'єднане. Друга карта» були виконані інженерно-геологічні вишукування і геофізичні дослідження.

Під час буріння до глибини 71,5 метрів, докембрійські утворення на розвідану глибину не розкриті. Методом геофізичних досліджень встановлено, що покрівля кристалічних порід знаходиться на абсолютних відмітках від - 45 до -15 метрів.

Більша частина кристалічних утворень в межах досліджуваної території перекрита каоліновою корою вивітрювання. За умовами утворення виділено два типи кори вивітрювання - площинний і лінійний. Найбільш поширений площинний тип.

Потужність кори вивітрювання на більшій частині території становить 5,0-10,0 м, досягаючи 17÷25 м.

Кайнозой

Кайнозойські відклади представлені палеогеновою, неогеновою і четвертинною системами. В їх поширенні важливу роль відіграє рельєф поверхні кристалічної основи. Палеогенові відкладення наповнюють її депресії, залягаючи майже горизонтально або зі слабким нахилом до Причорноморської западини. Неогенові відклади поширені значно більше і не тільки наповнюють всі пониження рельєфу, а й спільно з четвертинними відкладеннями утворюють суцільний покрив, що залягає на всіх підстилаючих утвореннях, в тому числі і на породах докембрію.

Палеоген

За умовами седиментації геологічний розріз в палеогені характеризується переважним розвитком морських глинистих відкладень, що мають площинне поширення і чималі потужності.

Бучацька серія (P_{2bc}) представлена каоліновими глинами і алевролітами з малопотужними прошарками вугілля. Сумарна потужність відкладень становить 10-20 м. За площею відкладення бучацької свити мають спорадичне поширення в понижених ділянках виходів кристалічних порід. В процесі проведення досліджень до глибини 71,5 метрів відкладення бучацької свити не були знайдені.

Київська свита (P₂kv) представлена щільними глинами з незначними прошарками пісків, загальна потужність відкладень досягає 15,0 м. Глини мають повсюдне поширення. Відкладення київської свити розкриваються свердловинами на абсолютних відмітках 22,8-38,98 метрів.

Неоген

Відкладення неогену представлені як морськими мілководними і прибережними фаціями, так і континентальними. На площі робіт розвинені відклади середнього і верхнього міоцену (товща вапняків).

Верхній міоцен

Верхньосарматський підрегіонарус

Геліксові шари (N_{1g}) представлені вапняками і мергелями, рідше глинами і піском. Шари залягають на товщі вапняків і мергелів середнього сармата, або на кристалічних породах. Представлені вони двома фаціями: мілководною і більш глибоководною. Мілководна фація складена вапняками, іноді в верхах розрізу - з прошарками глин і пісків.

У глинах часто спостерігаються іржаво-бурі плями і вапнякові включення. Іноді глини повністю замінюють вапняки і представлені вапняковистими різновидами.

Нерозчленовані відкладення меотичного і понтичного регіонарусів

Понтичний регіонарус

Товща вапняків (N_{1v}) представлена оолітовими і черепашковими типами, глинами і в незначній кількості мергелями і пісками. Товща залягає на геліксових шарах і більш древніх породах, включаючи кристалічні, перекривається молодшими за віком утвореннями.

Товща складена мілководними морськими утвореннями. Прибережно-морська фація - піщано-глинисті відкладення - розвинена, в основному, у північній межі поширення цих відкладень. Поширені піски кварцові, зеленувато-сірі, сірі, дрібнозернисті, з лінзами пісковиків і глин. Піски часто вміщують включення гідроксидів марганцю і мають потужність до 5,0 м.

У напрямку на південь піски поступово змінюються вапняками мілководної фації, серед яких виділяються дві пачки: нижня - оолітові вапняки жовті і верхня - жовті, вохристо-жовті черепашкові вапняки.

У низах розрізу товщі вапняків залягають глини і піски. Піски кварцові, сірі, в різному ступені глинисті, іноді з прошарками сірувато-зелених глин, поширені обмежено. Потужність їх не більше 1,0 м. Глина зеленувато-сіра, зрідка піскувата, потужністю не більше 2,0 м.

Підпорядковано розвиваються в складі товщі мергелі, їх потужність 0,8 - 1,8 м.

Потужність всієї товщі вапняків не перевищує 18,0 м.

Нижній і верхній пліоцен

Товща червоно-бурих глин (N_1cd) дуже поширена по всій площі. Залягає товща набагато вище сучасного базису ерозії і часто оголюється на схилах долин річок та глибоких балок. Максимальна її потужність 32,0 м.

Глини дуже щільні, в'язкі, досить пластичні, вапняковисті, містять друзи гіпсу і залізисто-марганцеві півки. У верхній частині товщі переважають глини червоно-бурі, в нижній частині - жовто або темно- бурі.

Утворення глин відбувалося в континентальних умовах елювіального, елювіально-делювіального і делювіального ґрунтоутворюючих процесів.

Четвертинні відклади

Четвертинні відклади території представлені континентальними утвореннями. Вони поширені повсюдно, за винятком ділянок розмиву вздовж річок і великих балок. Розчленування цих відкладів, а також їх загальне районування приведені у відповідності із "Стратиграфічною схемою четвертинних відкладів України" (Київ, 1993).

Четвертинні відклади, як правило, представлені комплексом істотно різнорідних в фаціальному і літологічному відношенні порід.

Неоплейстоцен (P)

Нижній неоплейстоцен (P₁)

Серед відкладів нижнього неоплейстоцена встановлені утворення в субаквальних і субаеральних фаціях.

Елювіальні еолові відклади (e, v, P₁) представлені викопними ґрунтами з прошарками лесів і лесовидних суглинків, різних за гранулометричним складом.

Поширені на плоских і пологих вододільних просторах. Залягають на глибинах 6,0 – 15,0 м. Потужність складає 6,0 – 12,0 м.

Від еоплейстоценових елювіальних і еолових відкладів (e₁, vE) відрізняються переважно суглинистим складом порід як лесових, так і ґрунтових. В окремих місцях зустрічаються елювіальні та еолово-делювіальні (e₁vd) відклади, в розрізі яких відзначаються лесовидні породи, представлені суглинками важкими, пилуватими буро-палевими.

У тих випадках, коли в розрізах нижнього неоплейстоцена розвинені тільки викопні ґрунти, виділені елювіальні відклади (eP₁), які на пологих схилах балок і присклонових ділянках замінюються елювіально-делювіальними відкладами (edP₁).

Нижній і середній неоплейстоцен (P₁₋₁₁)

Елювіальні і еолові відклади (e, vP₁₋₁₁) поширені на пологих вододільних ділянках. Складені вони комплексом похованих ґрунтів нижнього неоплейстоцена з шарами лесів і лесовидних суглинків, характеристика яких була приведена вище, а також свитою ґрунтів завадовського кліматоліту.

Потужність відкладень становить 7,0 – 13,0 м. На пологих схилах балок і приклянових ділянках виділені елювіальні та еолово-делювіальні відклади (e, vdP₁₋₁₁), які по простяганню замінюють описані вище елювіальні та еолові відклади і відрізняються від них більш легким гранулометричним складом, а також більшою невитриманістю розрізу.

Елювіальні відклади лубенського та завадовського підгоризонтів (eP_{11d} - P_{11zv}) зустрічаються на окремих ділянках території. При цьому лесові породи тилігульського кліматоліту в розрізі відсутні. Представлені відклади світою ґрунтів чорноземоподібних, лучно-каштанових, бурих, буро-коричневих, загальною потужністю 2,0 - 4,0 м.

Верхній неоплейстоцен (P₁₁₁).

Верхньонеоплейстоценові відклади представлені субаквальними та субаеральними утвореннями.

Елювіальні та еолові відклади /e, vP₁₁₁/ поширені на плоских вододілах. Представлені викопними ґрунтами з прошарками лесів. Гранулометричний склад - суглинки середні і легкі. Потужність від 1,0 до 5,0 м. У тому випадку, коли з розрізу випадають лесові відклади і залишаються тільки ґрунтові, виділені елювіальні відклади /eP₁₁₁/ загальною потужністю 1,0 - 3,0 м.

На схилах балок, а також на присхлянових ділянках вододільних просторів елювіально-делювіальні відклади (edP₁₁₁), представлені головним чином ґрунтовими утвореннями. Потужність їх становить 1,5 - 3,0 м. Від елювіальних і еолових відрізняються більш легким складом.

Верхній неоплейстоцен и голоцен (P₁₁₁-H).

Алювіально-делювіальні відклади (adP₁₁₁-H) виположують днища балок. Представлені відклади супісями і пісками дрібнозернистими потужністю 1,0 – 3,0 м.

Алювіальні відклади (піски, супіски, суглинки) розвинені в заплаві і на терасах річки Інгулець і по деяких великих балках. Їх сумарна потужність досягає 20 метрів.

2 ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ

Гідрогеологічні умови території характеризуються наявністю декількох водоносних горизонтів, що приурочені до четвертинних, неогенових та докембрійських відкладів. Горизонти підземних вод не витримані за простяганням та потужністю.

З метою комплексної оцінки впливу діяльності підприємства на гідродинамічний і гідрохімічний режими водоносних горизонтів, оцінки зміни хімічного складу підземних вод під впливом техногенних факторів, фахівцями КП «Південукргеологія» проводяться режимні спостереження на території прилеглої до гідротехнічних споруд ГД ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Відомча мережа свердловин охоплює промислову площадку Гірничого Департаменту, хвостосховища «Миролюбівка» і «IV карта», відвали 2-3, відвал «Степний», відвали «Дальні», хвостосховище «Центральне» та кар'єри № 1, №2 біс та №3.

Спостережна мережа ГД налічувала на 1.01.2022 р. 83 свердловини, з яких 48 обладнані на водоносний горизонт четвертинних відкладів, 30 - на водоносний горизонт неогенових відкладів і 5 - на водоносний горизонт зони тріщинуватості кристалічних порід.

Протягом звітного періоду було ліквідовано 9 свердловин, які потрапили до території будівництва «III Карти» (дані по цих свердловинах використані при розробці гідродинамічної моделі). Протягом року було обладнано 5 нових свердловин: 1 - на водоносний горизонт неогенових відкладів і 4 - на водоносний горизонт четвертинних відкладів. Станом на 1.01.2023 року спостережна мережа налічує 79 свердловин.

Схема існуючої мережі гідроспостережних свердловин наведена на Рис. 2.1.

В межах території, що розглядається, виділяються наступні водоносні і водотривкі горизонти:

- водоносний горизонт алювіальних відкладень;
- слабководоносний горизонт в алювіально-делювіальних відкладах днищ балок верхнього неоплейстоцену - голоцену (adP₁₁₁- Н) (район б. Грушевата);
- водоносний горизонт в елювіальних, елювіально-делювіальних, еолових і еолово-делювіальних нерозчленованих відкладах вододільних плато і схилів балок неоплейстоцена (e, ed, v, vd P₁₋₁₁₁) (на всій території робіт);
- водотривка товща червоно-бурих глин пліоцену (N₂cb) (на всій території робіт);
- водотривка товща відкладів понтичного регіоарусу верхнього міоцену (N_{1p});
- водоносний горизонт у відкладах понтичного регіоарусу верхнього міоцену (N_{1p}) (обмежене поширення на території, водовміщуючі породи залягають у вигляді лінз; горизонт здренований);

- водоносний горизонт у відкладах середньо-верхньосарматського підрегіолярусу верхнього міоцену ($N_1S_2 + 3$);
- водотривка товща відкладів середньо-верхнього міоцену ($N_{12}-N_{18}$);
- водотривка товща відкладів середнього еоцену (київська свита) (P_2kv);
- водоносний горизонт зони тріщинуватості кристалічних порід.

Геолого-гідрогеологічна будова території досліджень приведена на Рис. 2.2.

Водоносний горизонт алювіальних відкладень має обмежене поширення й приурочений до гравійно-піщаних, супіщаних і глинясто-суглинних відкладень долини р. Інгулець і схилаів великих балок.

Горизонт безнапірний. Глибина залягання рівнів змінюється від 0,25 м до 5,5 м, збільшуючись у межах надзаплавних терас до 13,5 м.

Потік спрямований до р. Інгулець, що є областю розвантаження горизонту.

Абсолютні відмітки поверхні ґрунтових вод горизонту змінюються від 26,1 до 45,0 м.

Живлення горизонту здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, розвантаження вод неогенового комплексу й корінних відкладень, а також за рахунок вод річки Інгулець у період весняного паводка й промивання.

Фільтраційні властивості водовмістких порід невисокі: коефіцієнт фільтрації змінюється від 0,4 до 3,5 м/добу, середній – 2,5 м/добу. Гравітаційна водовіддача – 0,1.

Ґрунтова вода алювіально - делювіальних відкладень хлоридно-сульфатна натрієво-магнієва з мінералізацією від 2,2 до 5,1 г/дм³, сульфатно-хлоридна натрієво-магнієва з мінералізацією 4,5 г/дм³.

Водоносний горизонт делювіальних відкладень має спорадичний розвиток на схилах і в днищах балок.

Водовмісткими породами служать ясно-коричневі й коричневі суглинки й супеси, сірі піски. Потужність може досягати 5,6 – 11,0 м.

Нижньою водотривкою товщею є важкі суглинки, або сіро-зеленуваті глини неогену, що служать відносним водоупором.

Водоносний горизонт безнапірний, води по типі ґрунтового, рівні води змінюються від 1,0 до 9,9 м, що відповідає абсолютним відміткам 83,5 – 65,0 м.

Водоносний горизонт алювіально - делювіальних відкладень розкритий обмеженою кількістю колодязів на півдні від розглянутої території.

Режим водоносного горизонту залежить від кліматичних факторів, протягом року амплітуда коливання рівнів може становити 2,5 – 9,0 м, коефіцієнти фільтрації не перевищують 0,67 – 1,0 м/добу.

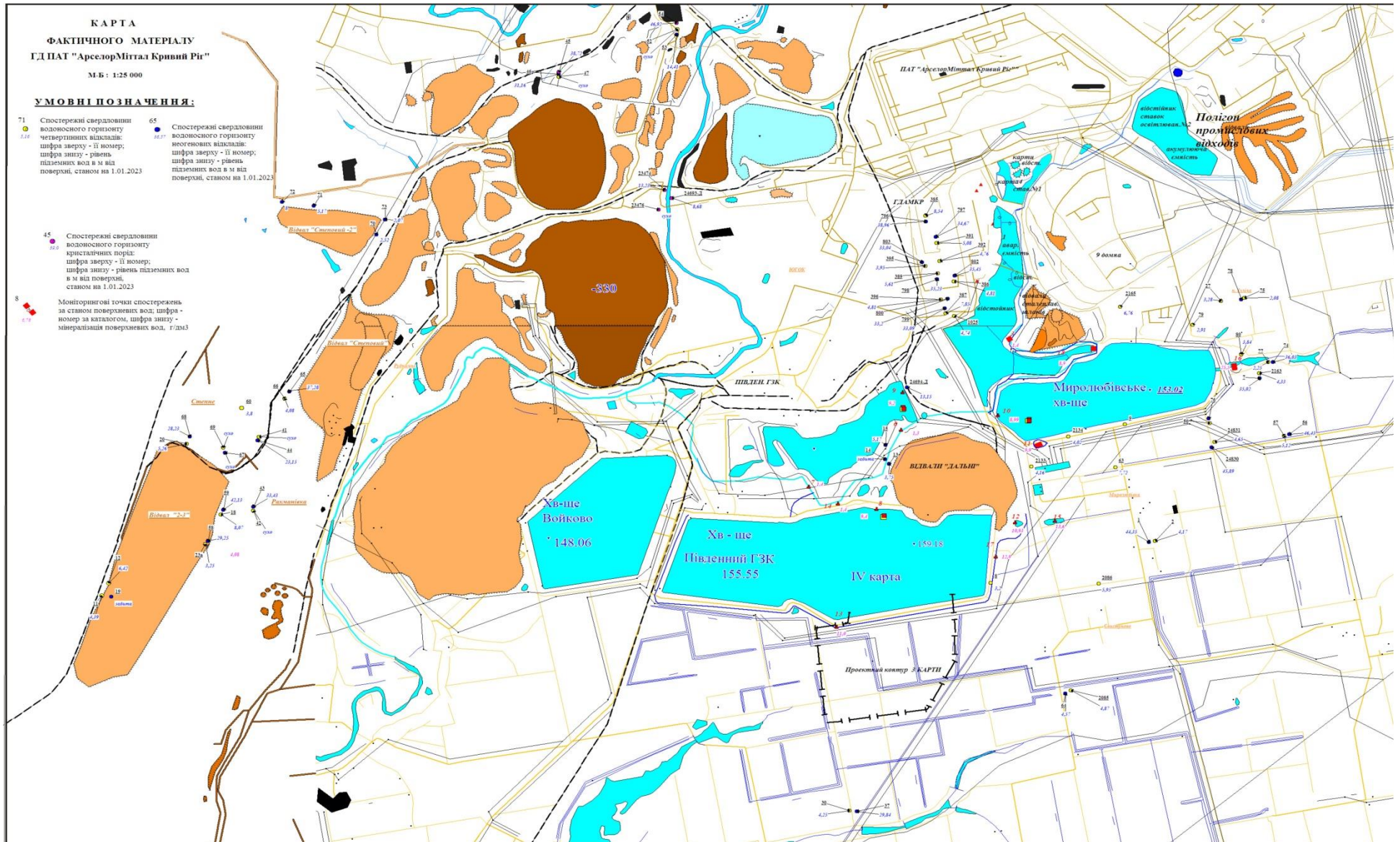


Рис. 2.1 – Схема існуючої мережі гідроспостережних свердловин ГД

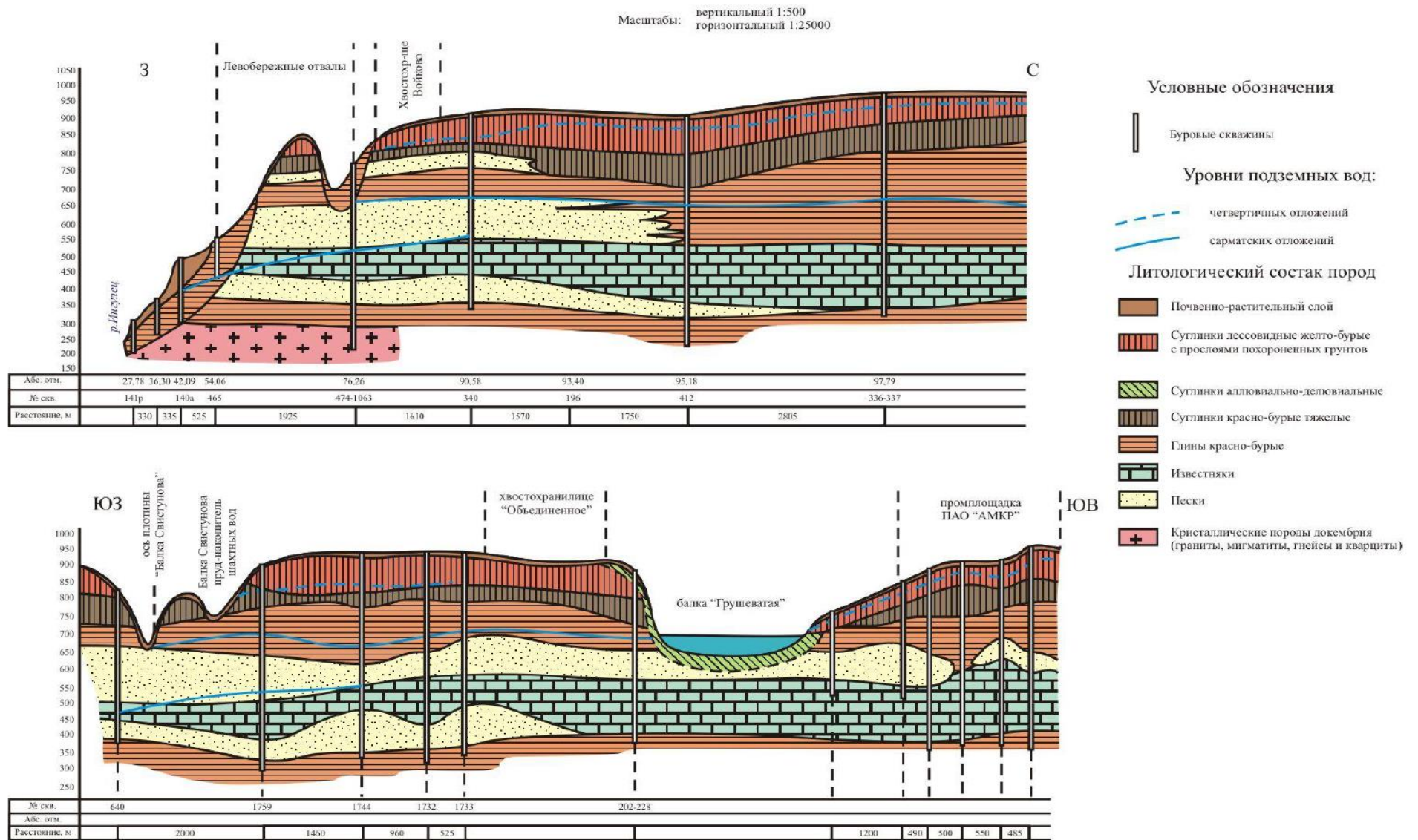


Рис. 2.2 – Геолого-гідрогеологічна будова території досліджень

Гідрохімічний тип води цього горизонту дуже різноманітний, зустрічаються гідрокарбонатно-сульфатні, сульфатно-гідрокарбонатні, гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатні води, різного катіонного складу. Мінералізація вод змінюється в широких межах від 0,6 до 9,1 г/дм³.

Живлення водоносного горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, поверхневих водойм, розвантаження - річковою і яруго-балковою мережею.

Розвантаження здійснюється переважно в алювіальний водоносний горизонт і в днища балок.

Водоносний горизонт четвертинних суглинків Qe,ed,v,vd P₁₋₁₁₁ (в елювіальних, елювіально-делювіальних, еолових і еолово-делювіальних нерозчленованих відкладеннях вододільних плато неоплейстоцену) має практично повсюдне поширення.

В районі хвостосховищ "Об'єднане" і "Войково" горизонт представлений обмеженими зонами розвитку.

Водомісткі породи представлені суглинками від лесовидних середніх до важких, світло-жовтуватого, коричнево-сірого й коричнево-бурого кольорів, часто з карбонатними вкрапленнями.

Четвертинні суглинки є продуктом еолового походження. Основними породоутворюючими мінералами є кварц, польовий шпат і карбонат.

Потужність суглинків коливається від 2,0 до 13,0 м, середня потужність 6,0 – 9,0 м.

По даним гранулометричного складу: суглинок важкий - фракція 0,01 - 0,001 мм – 70-82%; 1,0 - 0,5 мм – 0,9 - 1,6%.

Водоносний горизонт безнапірний, взаємозв'язок із тими горизонтами, що залягають нижче, відсутній, - горизонт відділений товщею глин, середньої потужності від 3,0 до 15,0 м.

Водоносний горизонт лесовидних суглинків сформувався в результаті збільшення прибуткових статей водного балансу території при антропогенному її освоєнні, внаслідок регулярних втрат з водонесучих комунікацій збагачувальних фабрик, каналів та водогонів стічних вод, хвостосховищ, ставків-відстійників, інших джерел додаткового живлення.

В утворенні цього водоносного горизонту виділяються 2 періоди:

- до 1983 р. - підвищення рівнів води;
- з 1983 р. - практична стабілізація з невеликими коливаннями, пов'язаними з водністю року, кількістю опадів, що випали у твердому й рідкому вигляді, особливостями інфільтраційного живлення (весняні максимуми, межень, періоди інтенсивних дощів).

Формування куполів ґрунтових вод під хвостосховищами з неекранованими днищами в режимі вільної інфільтрації відбувалося протягом перших 1,5 - 2 років, після досягнення рівнем ґрунтових вод дна хвостосховищ - настав підпирний режим фільтрації.

З ростом купола ґрунтових вод починається його розтікання, що відбувається переважно у бік природного стоку - до р. Інгулець і дренавальної яруго-балкової мережі.

В останні роки відзначається тенденція зниження рівнів води, що простежується по свердловинах режимної мережі.

Стабілізація й зниження рівнів ґрунтових вод із середини 80 - х років зв'язані, вочевидь, із закриттям ряду накопичувачів в 1971 - 1984 рр. (карти 1, 4, напівкарта 1-2) у б. Грушевата, а також зі зменшенням фільтраційних втрат через дно діючих хвостосховищ за рахунок збільшення кольматуючого шару тонкодисперсних хвостів в тілі накопичувачів.

За даними спостережень 2021-2022 рр. абсолютні позначки рівнів варіюють від 65,43 м (сверд. № 227), 72,4 м (сверд. № 2131) до 100,38 м (сверд. № 16-п), 100,66 м (сверд. № 20), Рис. 2.3. У середньому рівні води фіксуються на абсолютних позначках 90,8 м.

За багаторічний період спостережень відбувалося, в основному, незначне зниження середньорічних рівнів ґрунтових вод. Зниження середньорічних рівнів варіювало від 0,23 до 1,09 м.

Суглинки відрізняються відносно низькими фільтраційними властивостями. Коефіцієнт фільтрації суглинків змінюється від 0,05 до 3,7 м/добу.

Відповідно до результатів 4-х кушових відкачок, виконаних інститутом ВІОГЕМ в 1993 р. на території АТ «Південний ГЗК», коефіцієнт фільтрації суглинків охарактеризований значеннями $0,01 \div 0,6$ м/добу, рівнепровідність – $1,0 \cdot 10^2$ м²/добу.

По даним пробних відкачок води з режимних свердловин на території металургійного виробництва ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» в 1997 р., коефіцієнт фільтрації склав $0,14 - 0,83$ м/добу, водопроводимість порід – $1,3 \div 4,3$ м²/добу, середня рівнепровідність – $0,7 \cdot 10^2$ м²/добу.

Фільтраційні параметри відкладень верхньочетвертинних лесовидних суглинків наведені в Таблиці 2.1.

Карта водопроводимості водоносного горизонту верхньочетвертинних відкладів приведена на Рис. 2.4.

Основними джерелами живлення водоносного горизонту верхньочетвертинних відкладень є: інфільтрація опадів, витіки з водонесучих комунікацій м. Кривий Ріг і об'єктів промислових підприємств, фільтрація вод із систем оборотного водопостачання підприємств гірничо-металургійного комплексу, каналів стічних вод

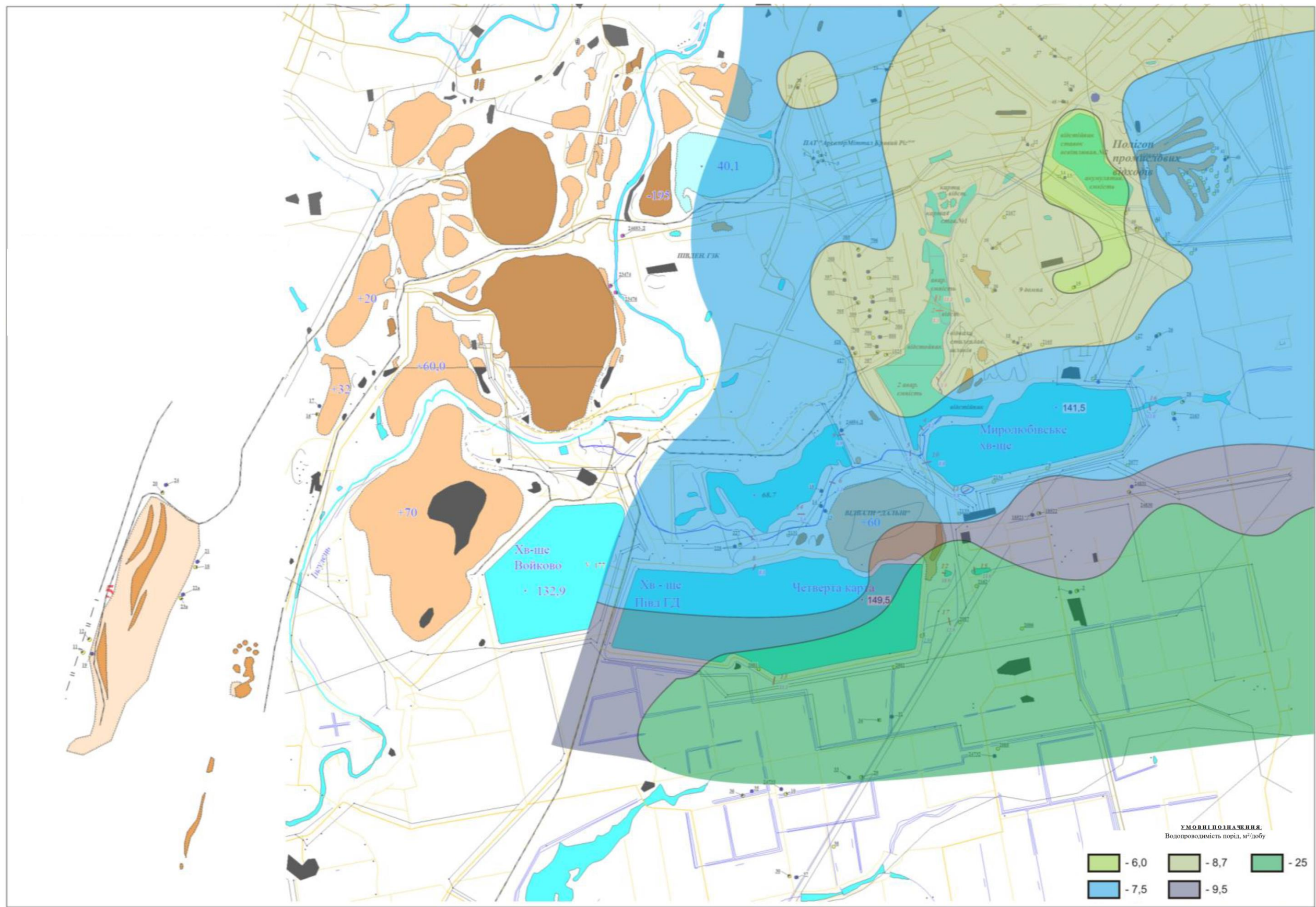


Рис. 2.4 - Карта-схема водопровідності горизонту верхньочетвертинних відкладів

Дренується водоносний горизонт алювіальними відкладеннями заплави р. Інгулець, яруго-балковою мережею території, системою ставків-освітлювачів з відносно низькими відмітками рівнів, дренажними системами хвостосховищ.

Таблиця 2.1 - Фільтраційні властивості верхньочетвертинних лесовидних суглинків

Номер свердловини	Літологія випробуваних порід	Коефіцієнт фільтрації, м/добу	Водопродимість, м ² /добу
2	Суглинок середній	0,62	4,2
4	Суглинок лесовидний	0,27	1,7
6	Суглинок лесовидний	0,67	4,3
8	Суглинок лесовидний	0,48	3,8
10	Будівельний ґрунт – 0,5 м; суглинок	0,70	4,2
12	Будівельне сміття – 1, 6 м; суглинок	0,83	4,9
14	Суглинок лесовидний	0,77	4,4
16	Суглинок лесовидний	0,27	1,4
18	Насипний ґрунт – 0,8 м; суглинок	0,17	1,4
20	Суглинок лесовидний	0,18	1,5
22	Суглинок лесовидний	0,14	1,3
Середнє значення:		0,46	3,0

Ухили поверхні ґрунтових вод внаслідок низьких фільтраційних властивостей досить значні і становлять 0,01 - 0,03.

Загальний напрямок потоку ґрунтових вод орієнтовано від м. Кривий Ріг до р. Інгулець, він ускладнений системою локальних куполів і знижень, пов'язаних із внутрішніми джерелами живлення – розвантаження вод горизонту.

Хімічний склад підземних вод дуже строкатий. На розглянутій площі мають розповсюдження води різні за типом і класом (різні по аніонному й катіонному складі).

Високомінералізовані підземні води спостерігалися на всій розглянутій території ще в 1952 році. Загальна мінералізація підземних вод на розглянутій території сягала 5,0 г/дм³ (за даними ДД «УкрНДІводоканалпроект»).

У межах розглянутої території по хімічному складі мають поширення, в основному, такі типи підземних вод:

- хлоридно-сульфатний кальцієво-натрієвий з мінералізацією від 0,84 до 2,7 – 2,94 г/дм³;
- хлоридний натрієво-калієвий, з мінералізацією 3,05 г/дм³ (сверд. № 34);

- сульфатний кальцієво - натрієвий з мінералізацією 3,0 – 6,74 г/дм³;
- сульфатно - хлоридний кальцієво – натрієвий з мінералізацією 0,93 - 1,0 г/дм³.

За результатами багаторічних спостережень у розглянутому районі загальна мінералізація незначно зростає з роками.

Підстилає водоносний горизонт четвертинних відкладень водотривка товща червоно-бурих глин.

Водоупорна товща червоно-бурих глин пліоцену (N₂cb) має широке поширення в межах усієї розглянутої території. Виключення становить днище б. Грушевата, де потужність глин зменшується до 2 - 3 м (у районі ставка оборотного водопостачання) або глинистий екран повністю відсутній (тальвег західної частини балки).

Глини містять карбонатні стягнення, друзи гіпсу, спостерігаються залізо-марганцеві ооліти. Глинисті речовини, що становлять 75 - 80% обсягу породи, представлені монтморилонітом і каолінітом з домішками кальциту.

Потужність червоно-бурих глин змінюється від 3,2 – 7,0 м до 22,0 – 25,4 м на вододілах. У середньому, потужність червоно-бурих глин може бути охарактеризована величиною – 11,0 м. У долинах рік потужність глин зменшується до повного виклинювання.

Карта-схема потужності глинистих відкладів наведена на Рис. 2.5.

Червоно-бурі глини є нижнім водотривким горизонтом для обводнених нерозчленованих відкладень неоплейстоцену.

Коефіцієнт фільтрації глин - від 0,001 – 0,00001 м/добу й менше.

Покрівля залягає на глибині від 6,0 м (абс. відм. + 94,2 м) до глибини 25,0 м (абс. відм. + 74,6 м).

Неогеновий (понт-сарматський) водоносний комплекс розповсюджений повсюдно, за винятком долини р. Інгулець, де породи неогенових відкладень заміщаються алювіальними четвертинними пісками й техногенними відкладеннями відвалів.

Водовмісткими породами горизонту є:

- глинисті дрібно- і тонкозернисті піски;
- вапняки- черепашники, оолітові вапняки, дрібно- і тонкозернисті глинисті піски сарматського ярусу неогену.

Нижнім водоупором комплексу служать щільні глини київської свити, а верхнім - червоно-бурі нерозчленовані неоген-четвертинні глини.

У межах розглянутої території глинисті дрібно- і тонкозернисті піски понтичного ярусу розкриваються на глибинах від 10,5 м до 32,0 м.



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ:


 лінії рівних потужностей, м

Рис. 2.5 - Карта-схема потужності глинистих відкладів

Покрівля пісків понтичного ярусу в середньому фіксується на абсолютній відмітці 64,35 м і варіює в діапазоні від 59,82 м до 67,83 м.

У пісках зустрінуті безнапірні підземні води. Ділянками водоносний горизонт пісків повністю осушений. Потужність обводнених пісків незначна й найчастіше становить 2-4 м.

У покрівлі водоносного горизонту залягають лінзоподібні прошарки пластичних сірих глин до 5,0 – 7,5 м потужності, що створюють додатковий екран до товщі водотривких червоно-бурих глин неоген-четвертинного віку.

У силу особливостей літологічної будови, горизонт у понтичних піщаних відкладеннях має локальне поширення.

Практично повсюдно понтичні відкладення дреновані сарматськими відкладеннями, що їх підстилають.

У південно-східній частині території (верхів'я б. Свистуново) понтичні піски повністю заміщені глинами.

На ділянках розвитку понтичних глин у підставі піщаних відкладень (переважно на території проммайданчика) горизонт може розглядатися як самостійний водоносний горизонт понт - сарматського водоносного комплексу.

На теперішній час глибина залягання рівнів підземних вод горизонта змінювалася від 13,56 до 15,14 м.

Під відкладеннями пісків і глин понтичного ярусу розташований основний водоносний горизонт - у вапняках-черепашниках і оолітових вапняках і пісках сарматського ярусу нижнього неогену.

Покрівля сарматських вапняків фіксується, у середньому, на абсолютній відмітці 54,5 м. Абсолютні відмітки залягання горизонту сарматських вапняків варіює від 43,13 м до 61,4 м.

Потужність горизонту сарматських відкладів варіює від 11,0 м до 21,77 м, складаючи у середньому 17,4 м.

На більшій частині розглянутої території в підставі сарматських вапняків є шар дрібнозернистих піщаних відкладів.

Підземні води у вапняках безнапірні й слабконапірні (5 - 7 м) із глибиною сталого рівня в середньому на глибині 31,5 м.

Середньорічна глибина залягання рівнів горизонту варіювала від 12,82 м до 37,37 м.

На період 2021-2022 рр. абсолютні відмітки рівнів і напорів варіювали від 42,14 м (сверд. № 55) - 42,91 м (сверд. № 43) до 63,79 м (сверд. № 39) – 63,98 м (сверд. № 1) при середніх відмітках – 55,0 м.

Карта абсолютних відміток рівнів горизонту приведена на Рис. 2.6.

Горизонт безнапірний, місцями - слабконапірний.

Невеликі, у кілька метрів, напори води створюються лінзоподібними прошарками й лінзами (3 - 5 м потужності) вапняковатих сірих глин, підвищено зволженими і пластичними, що залягають у покрівлі водоносного горизонту вапняків.

Однак, на більшій частині території, вапняки безпосередньо контактують із глинистими пісками понтичного ярусу, представляючи єдиний водоносний комплекс із загальною рівневою поверхнею води.

За даними ряду робіт з вивчення фільтраційних властивостей вапняків неогену, коефіцієнт фільтрації порід горизонту дорівнює:

- 9,1 м/добу ("Укрчерметгеология", 2000 р.);
- 2,5 – 200,0 м/добу (ВІОГЕМ, 1992 р.);
- 1,7 – 130,0 м/добу ("Укргіпроруда", 1998 р.);
- від 12,0 – 14,0 до 40,0 м/добу.

У середньому для Кривбасу коефіцієнт фільтрації оцінюється величиною 4,0 м/добу ("Южукргеология", 1984 р.).

Відзначені розходження в наведених значеннях величини фільтраційних властивостей вапняків неогену пояснюються різко нерівномірною тріщинуватістю вапняків, наявністю прокарстованих відкритих тріщин, або їхнє заповнення глиною у випадку перешарування вапняків і глин.

По даним пробних відкачок води в 1997 р. зі свердловин, пробурених для ведення режимних спостережень, фільтраційні параметри порід водоносного комплексу характеризуються наступними значеннями:

- коефіцієнт фільтрації – 0,2 – 4,1 м/добу;
- водопроводимість – 6,0 – 26,0 м²/добу;
- рівнепровідність – 200,0 м²/добу.

Дані фільтраційних властивостей порід понт - сарматських відкладів неогену представлені в Таблиці 2.3.

Карта водопроводимості неогенових відкладів наведена на Рис. 2.7.

Штучною областю живлення понт-сарматського горизонту є ставок оборотного водопостачання в балці Грушевата. Тут вапняки - черепашники сарматського ярусу виходять на поверхню або сховані під малопотужним чохлам лесовидних суглинків.

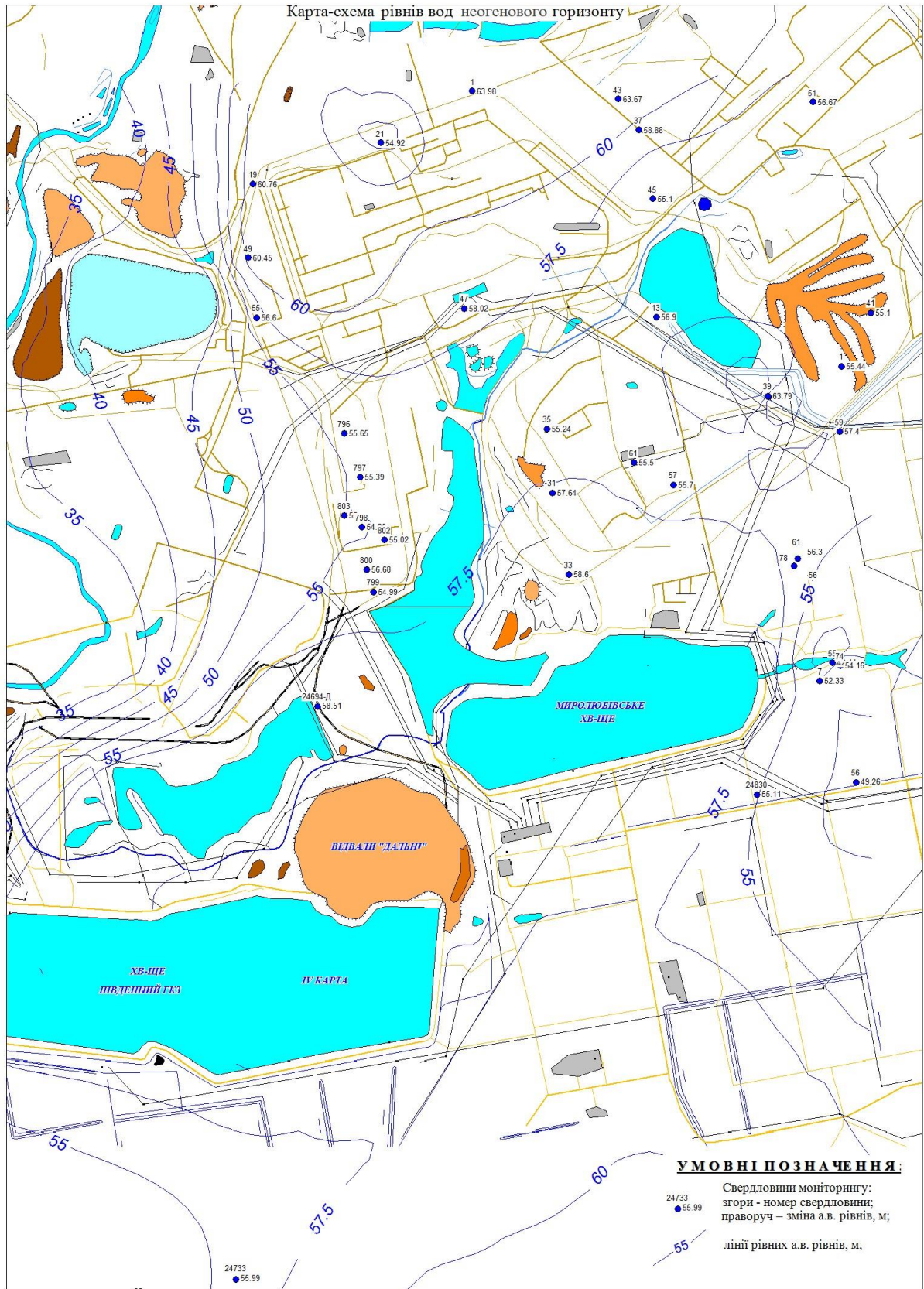


Рис. 2.6 - Карта абсолютних відміток рівнів горизонту неогенових відкладів

Після уведення в експлуатацію хвостосховища Південного ГЗК в б. Грушевата в 1955 р. і Новокриворізького ГЗК в 1959 р. відзначений швидкий і значний (на 10 - 13 м) підйом рівнів підземних вод у понт - сарматських відкладеннях на значній площі/

Таблиця 2.3- Фільтраційні параметри понт - сарматських відкладів неогену

Номер свердловини	Літологія випробуваних порід	Потужність водоносного комплексу, м	Коеф. фільтрації, м/добу	Водопроводимість, м ² /добу	Рівнепроводність, м ² /добу
1	Глинистий пісок, вапняк	10,7	0,52	5,6	1,1·10 ²
3	Пісок, вапняк	14,3	0,16	2,3	0,5·10 ²
5	Вапняк кавернозний	6,4	4,13	26,4	5,3·10 ²
7	Вапняк з прошарками глини	12,5	0,08	1,0	0,2·10 ²
9	Вапняк	6,3	0,60	3,8	0,8·10 ²
11	Вапняк з прошарками глини	7,3	3,23	23,6	4,7·10 ²
13	Вапняк	11,0	1,65	18,2	3,6·10 ²
15	Вапняк	11,9	1,71	20,3	4,1·10 ²
19	Вапняк	6,1	0,95	5,8	1,2·10 ²
21	Пісок глинистий, вапняк	5,5	0,21	1,2	0,2·10 ²
Середнє значення:			1,3	10,8	2,0·10 ²

Формуванню купола розтікання вод з підвищеною мінералізацією сприяла відкрита поверхня вапняків у днище балки.

Після припинення заповнення хвостосховищ у б. Грушевата, уже до початку 70- х років рівні підземних вод знизилися до своїх колишніх відміток станом на 1952 – 1954 рр.

Темп зниження рівнів води в останні роки перевищив у кілька разів швидкість їхнього зниження за 1978 - 2000 рр. Це вказує на скорочення інфільтраційних втрат, що йдуть на заповнення ресурсів водоносного комплексу, а також зв'язується з поглибленням кар'єрів і збільшенням обсягу дренажних вод.

Рух підземних вод спрямовано до долини р. Інгулець при гідравлічному градієнті напору менше 0,001 м/м.

По даним Південного ГЗК, дебіт по лінії розвантаження горизонту варіює в межах від 1 - 7 м³/годину в посушливий час до 10 - 50 м³/годину при випадінні атмосферних опадів.

Крім того, відзначається розвантаження вод горизонту на схилі долини ріки - у вигляді джерел з дебітами до 300 м³/добу.

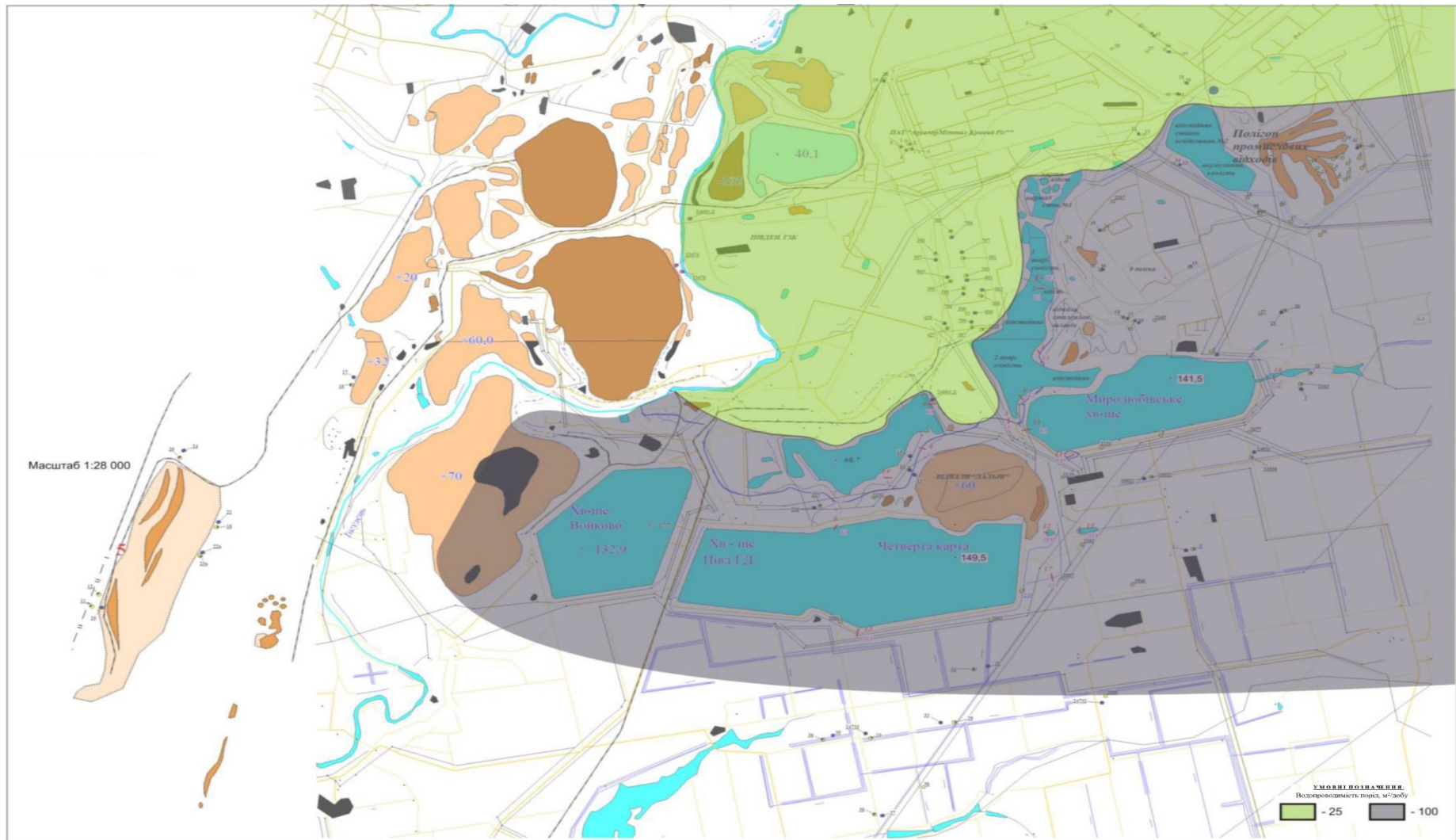


Рис. 2.7 - Карта водопровідності горизонту неогенових відкладів

Водоносний горизонт у вапняках сармата є головним джерелом госп - питного водопостачання підземними водами півдня Дніпропетровської й півночі Херсонської областей, ряду селищ, розташованих поблизу гірничо-металургійного виробництва.

У природних умовах підземні води неогенового водоносного горизонту відносилися до сульфатно-гідрокарбонатного кальцієво-натрієвого типу з мінералізацією 0,1-0,7 г/дм³ і використовувалися для місцевого питного водопостачання.

Після господарського освоєння території Криворізького залізрудного басейна (спорудження хвостосховищ, устаткування промислових площадок, проведення меліоративних робіт) різко змінився як хімічний склад підземних вод, так і величина їхньої мінералізації.

Засолення підземних вод охоплює велику територію й дуже мало змінюється за багато років. Стійкість забруднення підземних вод пояснюється, цілком ймовірно, винятково повільною швидкістю фільтрації води при існуючих гідравлічних градієнтах потоку - 0,001 м/м і хімічною інертністю хлоридів, сульфатів, кальцію, натрію відносно водовмістких порід.

Хімічний склад підземних вод змішаний, як по аніонному так і катіонному складі, в основному, трикомпонентний по аніонах і натрієво-калієві - по катіонах.

На даний період часу в межах розглянутого району поширені такі типи підземних вод за хімічним складом:

- хлоридно-сульфатний магнієво-натрієвий з мінералізацією від 1,0 до 1,6 - 2,1 г/дм³;
- сульфатно-хлоридний натрієво-калієвий з мінералізацією від 1,7 до 2,5 - 2,9 г/дм³;
- сульфатно-натрієвий з мінералізацією 4,1 г/дм³.

Підстилається горизонт понт - сарматських відкладів витриманою товщею київських глин, що залягають на глибинах 38,48 – 58,7 м (абсолютні відмітки від 32,23 до 45,36 м). Потужність відкладів становить 20,0 - 35,0 м.

Відповідно до прийнятого геологічного розчленовування палеогенових відкладів, на території робіт виділена водотривка товща відкладів середнього еоцену - київська свита, P₂kv.

Київська свита (P₂kv) залягає на бучацькій серії або кристалічних породах.

Розкриті на території досліджень відкладення київської свити представлені морськими відкладеннями щодо глибоководної й прибережно-мілководної фації: глинами блакитнувато-зеленого, зеленувато-сірого, темно-сірого (до чорного) кольору.

Водоносний комплекс кристалічних порід приурочений до верхньої тріщинуватої зони вивітрелих корінних порід.

У покрівлі водоносного комплексу залягають пластичні глини київського ярусу палеогену, що є регіональним водоупором, і досить утрудняє його гідравлічний зв'язок з вище лежачими водоносними відкладеннями на всій території, за виключенням порівняно вузької

смуги розвантаження в алювій долини ріки Інгулець. Тут він може розглядатися як єдиний водоносний комплекс із водоносним горизонтом алювіальних відкладень.

Горизонт характеризується невисокою водообільністю, що визначається незначним ступенем тріщинуватості порід. Коефіцієнт фільтрації комплексу кристалічних порід варіює в незначних межах - від 0,4 до 1,0 м/добу.

Глибина залягання рівнів підземних вод у середньому становить 8,41 м (сверд. № 24693-Д) – 38,89 м (сверд. № 45).

Абсолютні відмітки рівнів характеризуються значеннями 40,59 м (сверд. № 24693-Д) - 44,11 м (сверд. № 45).

Територія ПАТ “АрселорМіттал Кривий Ріг” є транзитною областю при русі підземних вод водоносного комплексу кристалічних порід від областей живлення до області розвантаження.

Господарська діяльність підприємства не робить впливу на гідродинамічний і гідрохімічний режим комплексу кристалічних порід.

Аналіз і узагальнення довгострокових спостережень за станом підземних та поверхневих вод дозволяють зробити наступні висновки.

Підземні води четвертинного водоносного горизонту приурочені до лесоподібних суглинків з глибиною залягання середньорічних рівнів ґрунтових вод від 1,45 м до 7,98 м від поверхні. У період 2021-2022 рр. спостерігалось, в основному, незначне підвищення рівнів (у порівнянні з середньорічними рівнями 2021 р.), пов’язане з кількістю атмосферних опадів в 2022 році.

Мінералізація, в порівнянні з 2021 р., по окремих свердловинах на території прилеглий до хвостосховищ, в основному, незначно зменшилась за рахунок зменшення вмісту як сульфатів ,так і хлоридів. У порівнянні з попередніми роками спостережень, відмічається, в основному, зменшення вмісту стронцію, бромю, заліза, марганцю.

Глибина залягання середньорічного рівня підземних вод на всій території протягом 2022 року становила 4,88 м (сверд. № 15) – 45,46 м від поверхні (сверд. № 76).

У порівнянні з 2021р. середньорічні рівні підземних вод майже не змінилися і тільки по окремих свердловинах спостерігалось незначне зниження середньорічних рівнів, з амплітудою коливання в межах року від 0,11 до 2,11 м.

За хімічним складом на площі робіт переважали води сульфатно - хлоридні магнієво – натрієві з мінералізацією від 0,5 г/дм³ (сверд. № 37) до 17,3 г/дм³ (сверд. № 797).

У порівнянні з 2021р., спостерігалось незначне зменшення мінералізації по більшій кількості свердловин за рахунок зменшення вмісту сульфатів.

Як показує аналіз і узагальнення даних спостережень, в багаторічному розрізі, в межах розглянутої території вже сформовані техногенні водоносні горизонти з відповідним водним і хімічним балансом.

Рівень ґрунтових і підземних вод знаходиться в стабільному стані, і незначні його коливання обумовлені кількістю опадів, що випали, а також об'ємом фільтраційного проскоку з гідротехнічних споруд гірничого департаменту.

Незначні зміни, як в рівневому режимі, так і хімічному складі підземних вод розглянутої території, свідчать про задовільну роботу комплексу дренажних споруд шламового господарства ГД, призначеного для перехоплення фільтраційної технічної води.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ ПОТЕНЦІЙНОГО ВПЛИВУ НА ПІДЗЕМНІ ВОДИ ТЕРИТОРІЇ

Відповідно до аналізу водного-балансових показників території ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», основними об'єктами, що визначають водний баланс території, є обвідний канал і об'єкти хвостового господарства:

- ставок оборотного водопостачання в б. Грушевата;
- хвостосховище «Миролюбівка»;
- хвостосховище «IV карта»;
- хвостосховище «Центральне»;
- водовідвідні та дренажні споруди хвостосховищ;
- обвідний канал;
- відвали «Дальні».

Обвідний канал

Основною дренажною розглянутої території є обвідний канал, побудований в 1960 р. за проектом ДІ «УкрНДІводоканалпроект» (м. Київ).

Основне призначення каналу – відведення виробничих стічних вод і атмосферних опадів. Канал прокладений в найбільш пониженій частині рельєфу – днищі балки Грушевата і є основним базисом дренажу як ґрунтових вод, так і ряду водойм технічних вод, розміщених по його берегах.

Загальна довжина каналу до впадіння в р. Інгулець 17,3 км, з них близько 12 км проходить по території ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», [16].

Канал має трапецієподібну форму. Його борта в днищі в верхів'ях і середній течії (ПК 00-ПК 13 і ПК 43-ПК 83, тобто 0,0-1,3 км і 4,3-8,3 км від витоку каналу) закріплені залізобетонними плитами, а на решті частини канал прокладений в ґрунтовій основі – лесовидних суглинках. Тут борти каналу виположені, на десятки метрів заросли очеретом, заболочені.

За даними моніторингу абсолютна відмітка дзеркала води в каналі поступово знижується вниз за течією від 91,3 м до 80,2 – 76,6 м.

В районі ставків-освітлювачів № 1 і № 2, буферної ємності, - рівні води в каналі на кілька метрів нижче рівнів в ставках, що забезпечує фільтраційний підземний перетік вод з цих об'єктів в канал.

На закріплених з/б плитами ділянках ширина каналу по верху становить 6-14 м, при проходженні в ґрунтовій основі – 4-8 м.

На окремих штучно розширених ділянках його ширина досягає 40-80 м (район Миролюбівки і Об'єднаного хвостосховищ).

У витоках каналу розташований ставок, утворений переважно за рахунок опадів, стік води з якого регулюється невисокою (приблизно 2,5 м) земляною дамбою з з/б покриттям верхового потоку. Водовипуск в канал проводиться через 2 отвори з/б тубінгів із засувками.

Ставок оборотного водопостачання в б. Грушевата

Ставок оборотного водопостачання в б. Грушевата використовується для збору й доосвітлення води із хвостосховищ АТ "Південний ГЗК" і ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг" з наступною подачею її в оборотний цикл підприємств.

Раніше ставок оборотного водопостачання розташовувався на загальній території району аварійної ємності, раніше зашламованих карт і в зоні розташування насосних станцій оборотного водопостачання. У цей час акваторія ставка значно скорочена, ставок зосереджений у районі насосних станцій оборотного водопостачання НОВ-1, НОВ-2, НОВ-3.

Проектні рівні води у ставку в балці Грушевата становлять:

- мінімальний рівень – 69,0 м;
- робочий рівень – 69,2 – 69,5 м;
- максимальний рівень – 69,55 м.

Відвали «Дальні»

Відвали «Дальні» знаходяться між хвостосховищами гірничого департаменту підприємства та прудом в балці Грушевата, використовується для розміщення розкривних порід (в південній частині відвалу) та шлаку доменного гранульованого (в північній частині відвалу).

Відвали «Дальні» займають площу у 248,4 га і мають висоту:

- від 55 м (в місцях розміщення розкривних порід);
- до 75 м (в місцях розміщення шлаку доменного гранульованого).

Кількість ярусів:

- 3 в місцях розміщення розкривних порід;
- 4 в місцях розміщення шлаку доменного гранульованого.

Висота ярусів 20 м, ширина берм від 20 до 60 м.

З метою зменшення фільтрації акумуляційних вод основи відвалів «Дальні» в обвідний канал та у ґрунтові води, вздовж північної сторони відвалу (біля підніжжя) відсипана дамба протяжністю 450 м.

Вода із утворених ємностей по двох дренажних трубах діаметром 800 мм самопливом перекидається в ставок оборотного водопостачання в балці Грушевата.

Об'єкти хвостового господарства

Основні відомості по хвостосховищах наведені в Таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні технологічні характеристики хвостосховищ ГД
ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

технологічні параметри	Єд. вим.	хвостосховище "Мирлобівка"		хвостосховище «Четверта карта»		хвостосховище «Центральне»	
		01.01.22	01.01.23	01.01.22	01.01.23	01.01.22	01.01.23
Відмітка гребеня дамби		160,0	160,0-165,0	171,0-176,0	171,0-176,0	105	105
Середня відмітка горизонту зашлямованія (по намитому пляжу у верхового відкосу)	м	158,70	158,85	168,40	169,90	101,45	101,50
				171,0	172,3		
Відмітка дзеркала води	м	158,50	158,28	167,23	168,63	0	0
Об'єм води в ставку	млн м ³	0,55	0,51	0,95	0,67	0	0
Проектний об'єм ставка в хвостосховище	млн м ³	0,6	0,6	1,3	1,3	0,66	0,66
Заскладовано хвостів з початку експлуатації існуючого ярусу нарощування	млн м ³	Відм 160,0 3,4229	Відм. 160,0 4,5769	Відм 171,0 5,2702	Відм 171,0 8,3032	0,3240	0,3240
				Відм 176,0 0,2224	Відм 176,0 0,9910		
Вільний об'єм, закінчених будівництвом карт	млн м ³	1,177	0,0233	1,238	1,6037	1,7859	1,7859

Дренажна система хвостосховища «IV карта»

У 2022 р хвостосховище експлуатувалося з відміткою гребеня 171,0 за принципом картового намиву і заповнювалося з випереджаючим намивом карт.

Система дренажів включає:

- глибинний дренаж, закладений вздовж південного контуру хвостосховища;
- канал і колектор відведення поверхневих і дренажних вод уздовж східного і північного контуру хвостосховища;
- трубчастий дренаж при дамбі з відм. 125,0 м уздовж східного і північного контуру хвостосховища;
- трубчастий дренаж при дамбі з відм. 131,0 м по контурі хвостосховища;
- колектор відведення дренажних вод №3;
- реконструйований дренажний лоток при дамбі з відм. 119,0 м уздовж південного боку;
- трубчастий дренаж в ПК51+80÷ПК60 при дамбі з відм. 136,0 м;
- трубчастий дренаж в ПК51+80÷ПК60 при дамбі з відм. 146,0 м.

Всього за 2022 рік дренажною системою хвостосховища було перехоплено і повернуто в оборотний цикл 5482237 м³ фільтраційних вод.

Дренажна система хвостосховища «Миролюбівка»

У 2022 р. хвостосховище «Миролюбівка» експлуатувалося з відміткою гребеня 160,0 м за принципом картового намиву і заповнювалося з випереджаючим намивом карт.

Система інженерного захисту підземних вод хвостосховища «Миролюбівка» включає:

- систему дренажу на відмітках 102,5; 115,0; 125,0 з водовідвідними трубами;
- колектор відведення дренажних вод (південний та північний);
- заглиблений дренаж біля первинної огорожуючої дамби з відмітками 102,5 м;
- дренажну насосну станцію (ДНС) № 4а;
- дренажну насосну станцію (ДНС) №5;
- дренажну насосну станцію (ДНС) № 6.
- дренажний колектор при дамбі з відм. 131,0 м додаткового відсіку;
- дренажний насосний колектор при дамбі з відм. 135,0 м додаткового відсіку.

Всього за 2022 рік ДНС №5 повернуто через північний відвідний колектор в систему оборотного водопостачання 128998 м³ фільтраційних вод. Річні витрати фільтраційних вод в північному відвідному колекторі хвостосховища - 2997012 м³, в південному відвідному колекторі хвостосховища - 1422467 м³.

ДНС №6 повернуто в систему оборотного водопостачання 463393 м³ дренажних вод хвостосховищ «Центрального» та «Миролюбівка».

ДНС № 4а повернула в цикл оборотного водопостачання 132279 м³ дренажних вод хвостосховищ «Центральне» та «Миролюбівка».

Дренажна система хвостосховища «Центральне»

Дренажний комплекс хвостосховища складається з:

- дренажних стрічок №№1, 2, 3, 4;
- дренажних стрічок поверх захисного шару;
- системи трубчастих дренажів на відмітках +90,0 м, +95,0 м;
- дренажних стрічок в основі західної та східної дамб;
- дренажної насосної станції (ДНС) № 4а;
- дренажної насосної станції (ДНС) №6;
- дренажної насосної станції (ДНС) № 8а;
- дренажної насосної станції (ДНС) №8.

ДНС №8 за 2022 рік повернуто в систему оборотного водопостачання 99461 м³ дренажних вод хвостосховищ «Центральне».

ДНС № 8а повернула в цикл оборотного водопостачання 155698 м³ дренажних вод хвостосховищ «Центральне».

Водопонижувальні свердловини (ВПС)

Для захисту підземних вод від забруднення високомінералізованими водами, які надходять з гідротехнічних споруд, і повернення фільтраційних втрат в оборотний цикл підприємства, в хвостовому господарстві гірничого департаменту побудований комплекс водопонижуючих свердловин.

Протягом 2022 року чотири водопонижувальні свердловини (ВПС), розташовані на схід від хвостосховища «Четверта карта», і десять ВПС по півдню хвостосховища «Миролюбівка» не працювали. Протягом року ВПС 1-15 знаходяться в циклі «сухий хід».

За останні 10 років значно знизився рівень підземних вод і на даний час знаходиться нижче, чим датчики сухого ходу, змонтовані в свердловинах.

Дренажна система відвалів «Дальні»

З метою зменшення фільтрації акумуляційних вод з-під відвалів «Дальні» в обвідний канал уздовж північного боку відвалів (біля підніжжя) відсипана дамба довжиною 450 м.

Вода з утворених ємностей самопливом перекидається по двом дренажним трубам діаметром 800 мм в ставок оборотного водопостачання в балці Грушевата.

Обсяг перехопленої фільтраційної води в 2022 році склав 7471103 м³.

Характеристика хімічного складу поверхневих вод технологічних об'єктів ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Оскільки на гідродинамічний і гідрохімічний режими підземних вод розглянутої території впливають технологічні об'єкти ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (хвостосховища, обвідний канал, відстійники, ставки, інші), охарактеризуємо хімічний склад поверхневих вод цих технологічних об'єктів.

Мінералізація води в хвостосховищі "Миролюбівка" досягала в 2022 р. 7,9 г/дм³, загальна жорсткість 21,5 ммоль /дм³.

За хімічним складом води сульфатно – хлоридні натрієві. Серед елементів II-III класів небезпеки в водах хвостосховища виявлені такі мікроелементи з високою концентрацією, як бром. У порівнянні з 2020 роком, концентрація вмісту броду та стронцію незначно зменшилась.

Для хвостосховища «IV карта» мінералізація становила 7,7 г/дм³. За хімічним складом води сульфатно – хлоридні натрієві. Серед елементів II-III класів небезпеки в водах хвостосховища виявлені такі мікроелементи з високою концентрацією, як бром і залізо.

Відстійник в б. Грушевата займає площу 203 га, відмітка гребеня дамби + 73 м. Води сульфатно - хлоридні натрієві із мінералізацією 7,8 г/дм³. Серед елементів II-III класів небезпеки в водах відстійника виявлені такі мікроелементи з високою концентрацією, як залізо та бром.

Мінералізація води в інших водоймах (ставки) коливалась від 4,8 до 15,9 г/дм³, загальна жорсткість, відповідно, від 42,0 до 88,1 ммоль/дм³.

У поверхневих водах також виявлені мікроелементи II-III класу небезпеки, вміст яких є високим, це стронцій, бром.

Мінералізація води у обвідному каналі коливалась в межах 1,4 г/дм³ – 1,8 г/дм³.

По концентрації іонів водороду (рН) поверхневі води мають, в основному, нейтральну реакцію, значення рН коливається в межах 6,4-7,9.

4 ОСНОВНІ ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ

Хвостосховище «ІІІ карта» будується з метою створення ємності для складування хвостів від збагачення руди і підтримки виробничої потужності ГД ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Ємність хвостосховища «ІІІ карта» організовується шляхом влаштування первинної дамби з відміткою гребеня +100,0 м. Хвостосховище примикає в північній частині до існуючої південної огорожувальної дамби хвостосховища «ІV карта» із облаштуванням 5 відсіків і направляючого каналу.

Хвостосховище відноситиметься за рельєфом – до рівнинного, за облаштуванням основи – до комбінованого (на корінних ґрунтах з протифільтраційним екраном, та техногенним ґрунтам, примикаючим до відкосу протифільтраційним екраном до північної сторони «ІV карти»), за технологією наміву – картовим, у відсіках з розподільними дамбами.

Експлуатація проектного хвостосховища буде здійснюватися з одночасним нарощуванням дамб обвалування.

Замив хвостосховища «ІІІ карта» передбачається, за проектними рішеннями, за технологією, почергово у відсіки, обмежені розподільними та огорожуючими дамбами. Параметри наміву пульпою у відсіках прийняті з урахуванням:

- поярусного нарощування дамб обвалування хвостосховища;
- формування «упорної призми» з найбільш крупних частинок хвостів.

До складу комплексу споруд, що планується до розташування на майданчику хвостосховища «ІІІ карта», входять:

- дамба первинна, з відм.+100,0;
- огорожувальні і розподільні дамби;
- дамби направляючого каналу;
- водовідвідні канали №1-3, нагінний канал гідрозахисту;
- напірні магістральні і розподільні пульпопроводи;
- водоскидна споруда з відвідними трубопроводами на відм.+100,м/+105,0м;
- регулююча ємність;
- система дренажів хвостосховища;
- дренажна насосна станція №1а (далі ДНС №1а);
- об'єднана насосна станція (дані ОНС);
- трансформаторна підстанція 35/6 кВт;

- повітряні лінії 35 кВ;
- повітряні лінії 6 кВ;
- перевантажувальний майданчик;
- автодороги.

Подача хвостової пульпи у хвостосховище передбачається за допомогою існуючих пульпонасосних станцій (надалі - ПНС) з прокладанням нових магістральних пульпопроводів від ПНС другого підйому до хвостосховища «III карта» і розподільних пульпопроводів по периметру наживу.

Магістральні пульпопроводи передбачаються із сталевих труб в кількості Ø 1020x12 мм- 3 роб. 3 рез., Ø 800 (працюють періодично)- 3 роб. за ДСТУ8943:2019 «Труби сталеві електрозварні. Технічні умови». Сталеві труби електрозварні товстостінні забезпечують високий опір корозії та довгострокову їх експлуатацію, мають велику ступінь міцності, стійкі до великих навантажень та високого тиску. Для запобігання гідравлічним ударам на магістральних пульпопроводах передбачені зворотні клапани поворотного типу.

Для обслуговування розподільних пульпопроводів запроектовані перехідні містки.

Монтаж нових опор і укладання трубопроводів передбачено виконувати за допомогою кранів вантажопідйомністю 16-25 т або трубоукладальників вантажопідйомністю 12,5-25 т.

Скидання освітленої оборотної води з хвостосховища здійснюватиметься за допомогою водоскидної споруди №1 з водовідвідними сталевими трубопроводами, які підключаються до поліетиленових самопливно-напірних водоводів у камері перемикання з засувками. Водоскидна споруда обладнана щитовими глибинними затворами. Камера перемикання на самопливно-напірних водоводах обладнана засувками ножовими Ду1200 мм та затворами дисковими поворотними Ду1200 мм. Шахта водоскиду передбачається зі сталевих труб діаметром 1400 мм за ДСТУ 8943:2019 «Труби сталеві електрозварювальні. Технічні умови». Згідно вимог держстандарту виробником забезпечується контроль якості труб методом гідровипробування під тиском. На водоскидній споруді передбачаються додаткові донні водозливні вікна для можливості відведення води при відмітці рівня води у чаші хвостосховища нижче +95,0 м. Для запобігання потрапляння шуги та уламків льоду до шахти водоскиду по периметру водоскидної споруди передбачене влаштування бону з майданчиком для обслуговування.

Для запобігання фільтрації вздовж трубопроводів влаштовуються протифільтраційні діафрагми у вигляді мембрани. Для запобігання деформацій трубопроводів при нерівномірному осіданні дамб по довжині водовідвідних трубопроводів передбачені компенсатори.

По гребню основної первинної дамби передбачена експлуатаційна автодорога шириною 25м, що призначена для обслуговування пульпопроводів. У місцях перетину з пульпопроводами та водоводами влаштовуються переїзди: на узбіччі автошляхів передбачаються орієнтуючі валики висотою 0,7 м зі скельної розкривної породи.

Корегуванням проекту планується розробка системи АСРВНСО (автоматизованої системи раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщень).

Корегування черговості здійснення робіт будуть забезпечувати одночасне будівництво споруди та поетапний пуск в експлуатацію відсіків з надійним забезпеченням водовідведення фільтраційних стоків в оборотну систему та зменшення навантаження на існуючі хвостосховища.

Корегуванням проектних рішень передбачаються зміни:

- у черговості будівництва хвостосховища, що визначені у 5 пускових комплексів будівництва, було – 2 пускових комплекси;
- у збільшенні обсягів робіт в підготовчий період, якими планується здійснити будівництво ОНС; ДНС № 1а, і водовідвідних каналів, вкласти напірний трубопровід від ДНС № 1а до водовідвідного каналу № 1;
- у черговості наміву відсіків: передбачалось (було) намив здійснювати в 1-му комплексі - відсіки I, II, III; в 2-му комплексі - IV, V; планується- намив V, I, II відсіків по закінченні 3-го будівельного комплексу робіт та 4-го, а намив III, IV відсіків – по закінченні 5-го комплексу робіт;
- у збільшенні терміну будівництва з корегуванням кількості будівельних матеріалів: передбачалось – 3 роки, планується – за 5 років.

У підготовчий період здійснюється ліквідація (тампонаж) існуючих 9 гідропостережних свердловин (сверд. №№ 2082, 32, 34, 29, 33, 10, 24733, 35, 36), що попадають у зону будівництва, та облаштування нових свердловин у місцях, визначених проектними рішеннями, які забезпечуватимуть гідрохімічний моніторинг стану підземних вод.

У підготовчий період здійснюється будівництво регулюючої ємності, будівництво (земляні роботи) об'єднаної насосної станції (ОНС), встановлення водопропускних споруд № 2 - 6 та спорудження водовідвідних каналів № 1, № 2, №3, облаштовується мережа розвантажувальних дренажів (зовнішнього та дренажів відсіків), нагірний канал гідрозахисту хвостосховища.

Здійснюються макропланувальні роботи в комунікаційному коридорі, будівництво технологічної та службових автодоріг, висадження захисних лісосмуг.

Влаштовується система дренажів в північно-західній частині території, будується дренажна насосна станція № 1а (ДНС № 1а) та вкладається напірний трубопровід від ДНС № 1а до водовідвідного каналу № 1.

Будівництво хвостосховища розділене на 5 комплексів.

У першому комплексі планується здійснити будівництво:

- відсіків I і V, дамба первина з відміткою гребеня +100,00 м та розділяючі дамби відсіків з відміткою гребеня дамби +96,50 м, та огорожувальні дамби з відміткою гребеня дамби +94,00 м, +96,50 м; дамби направляючого каналу з відміткою гребеня дамби 96,50 м. В тілі розділяючих дамб встановлюються трубчасті водовипуски для заповнення відсіку. . Облаштовуються розворотні майданчики. Влаштовується протифільтраційний екран хвостосховища, в тому числі і екран на ділянці примикання до хвостосховища «Четверта карта». Прокладається розвантажувальний дренаж у відсіках I, V та стрічковий дренаж у чаші відсіку I, встановлюється контрольно-вимірювальна апаратура;
- мережа пульпопроводів гідротранспортування хвостів: розподільні пульпопроводи №22, 23, 24, 21, 45, 46;будуються майданчики для кінцевого скидання пульпи та встановлюються переїзди через пульпопроводи;
- споруд оборотного водопостачання: насоси об'єднаної насосної станції, напірні водоводи від об'єднаної насосної станції та камера перемикавання на водоводах від ОНС;
- в'їздів на дамбу первинну та автодорогу по гребню дамби;
- гідропостережних свердловин.

У другому комплексі планується здійснити будівництво:

- відсіків III, IV: дамби первинної з відміткою гребеня +100,00 м; розділяючих дамб відсіків з відміткою гребеня +96,50 м ÷ 99,50 м; встановлення трубчатих водовипусків для заповнення відсіків; огорожувальні дамби з відміткою гребеня +99,00 м. Будуються розворотні майданчики та протифільтраційний екран чаші відсіків хвостосховища, розвантажувальний дренаж у відсіках III, IV і стрічковий дренаж у чаші відсіків III, IV, контрольно-вимірювальна апаратура;
- пульпопроводів гідротранспортування - розподільні пульпопроводи №41, 43, 44 та майданчики для кінцевого скидання пульпи; переїзди через пульпопроводи;
- в'їзди на дамбу первинну та автодороги по гребню дамби;
- зовнішнього електроосвітлення дамб та пульповодів III-IV відсіку хвостосховища.

У третьому комплексі планується виконати будівництво:

- ОНС і монтаж всього насосного обладнання ОНС для перекачування дренажних вод, напірний водовід від ОНС, камери витратомірів на напірних водоводах від ОНС, пожежні резервуари ОНС;
- пульпопроводів гідротранспортування хвостів: магістральні пульпопроводи від ПНС № 2 (№21, 22, 23, 24), та від ПНС № 4 (№41, 43, 44, 45, 46) II-го підйому з переїздами через магістральні пульпопроводи;
- споруди оборотного водопостачання: водоскидної споруди №1 самопливно-напірними водоводами та камерою перемикання на самопливно-напірних водоводах;
- службової автодороги вздовж водоводів оборотної води та під'їзду до камери перемикання на самопливно-напірних водоводах;
- комплектної трансформаторної підстанції кіоскового типу КТП-630/6/0,4 кВ з силовим трансформатором потужністю 630 кВА для електропостачання споживачів ОНС (дренажні води).
- на відм. 95,00 м двох пересувних комплектних пристроїв з силовим трансформатором потужністю 63 кВА для живлення споживачів водоскидної споруди №1, камери перемикання на самопливно-напірних водоводах та для зовнішнього електроосвітлення перевантажувального пункту.

У четвертому комплексі планується виконати будівництво:

- відсіку II: дамби первинної з відміткою гребеня +100,00 м, розділяючих дамб відсіків з відміткою та огорожувальних дамб з відміткою гребеня дамби +96,50 м, трубчатих водовипусків для заповнення відсіку; розворотних майданчиків, протифільтраційного екрану, і розвантажувального дренажу та стрічкового дренажу у чаші відсіку II; контрольно-вимірювальної апаратури;
- пульпопроводів гідротранспортування: розподільних пульпопроводів № 23, 24; майданчиків для кінцевого скидання пульпи та переїздів через пульпопроводи;
- в'їздів на дамбу первинну та автодороги по гребню дамби;
- для дамб та пульповодів II відсіку хвостосховища відм. 100,00 м передбачено систему зовнішнього електроосвітлення з використанням світильників типу ДВО різної потужності виробництва "Light-Tec".

У п'ятому комплексі планується будівництво:

- у відсіках I, II, V розділяючих дамб з відміткою гребеня +99,00 м ÷ 99,50 м; облаштування огорожувальними дамбами з відміткою гребеня дамби +99,00 м, розворотними майданчиками і трубчатими водовипусками.

Технологія наміву хвостосховища

Пульпа до хвостосховища «III карта» подається по магістральних і розподільних пульпопроводах. Траса магістральних пульпопроводів складається з двох ділянок:

- проєктована перша, від ПНС № 4, ПНС № 2 II-го підйому до хвостосховища «IV карта»;
- проєктована друга, по бермам хвостосховища «IV карта» до проєктованого хвостосховища «III карта».

Корегуваннями проєкту передбачаються зміни як в черговості будівництва споруд та обладнання хвостосховища, так і зміни в послідовності наміву пульпи у відсіки хвостосховища.

Можливість виконувати намів у відсіки до завершення будівництва усіх комплексів планується, при умові, що уся інфраструктура для функціонування окремого відсіку хвостосховища вже побудована. Метод випереджаючого наміву, що планується здійснити на об'єкті планованої діяльності під час проведення будівництва хвостосховища, забезпечується виконанням розробленого поетапного комплексу будівельних робіт як в підготовчий період, так в період робіт по 5-и пусковим комплексам.

Замив відсіків хвостосховища здійснюватиметься методом випереджаючого наміву в період виконання будівельних робіт по пусковим комплексам та згідно розробленої стратегії складування хвостів, в наступній послідовності :

- намів пульпою хвостів у відсік V, у відсік I ;
- намів хвостів у відсік II, з подовженням наміву у відсіки V і I;
- намів хвостів у відсік III і відсік IV.

Технологічний процес заповнення відсіків пульпою можливий одночасно у всі відсіки, в залежності від залишкової корисної ємності кожного відсіку.

Заповнення пульпою планується здійснюватися орієнтовно з 2024 року (в період будівництва відсіків хвостосховища шляхом наміву) із відсіків V та I, намів здійснюватиметься до відм. +93,5 м та до відм. +96,0 м з поступовим підключенням до заповнення відсіку I.

У 2025 році продовжиться заповнення відсіків V і I до відм. +96,0 м, завершиться будівництво і розпочнеться поступове наповнення відсіку II та будівництво відсіків III, IV.

Починаючи з 2026 року планується експлуатація усіх відсіків, при цьому здійснюється заповнення відсіків – до відм.+99,0 м, їх наповнення до проєктованих відміток, черговість їх використання для складування хвостів буде залежати, в першу чергу, від продуктивності гірничого комплексу та рудо-збагачувального виробництва, об'єму пульпи.

Намив необхідно виконувати в два етапи. Перший етап - підводний намив, другий етап - надводний намив.

У першому етапі по черзі запускаються і наминаються відсіки під воду, тому що рельєф місцевості на території хвостосховища йде з пониженням зі сходу на захід, а намив відбувається із заходу на схід.

Технічні рішення по конструкції огорожувальних споруд хвостосховища

Дамба первинна відсипається із суглинку, який виймається із чаші майбутнього хвостосховища і скельної розкривної породи, яка привозиться із кар'єрів ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Ширина дамби по гребню із суглинку - 12 м, із закладенням укосів 1:3. Ширина дамби по гребню зі скельної породи - 13 м, закладенням низового укосу 1:1,5.

Загальна ширина дамби первинної по гребню 25,0 м. На ділянці, де дамба відсипана зі скельної розкривної породи, по гребню укладаються пульпопроводи діаметром 1000 мм (3 шт.).

У разі пориву на пульпопроводі, тіло дамби з суглинку залишається цілим.

Кріплення гребню для захисту від розмиву поверхневим стоком виконано з дрібної скельної розкривної породи фракції 0 ÷ 300 мм, товщиною 0,5 м. Верхній укіс по суглинку кріпиться хвостами, товщиною 0,5 м. Для захисту від руйнування при намиванні, верхній укіс кріпиться дрібною скельною розкривною породою фракції 0 ÷ 300 мм товщиною 2,0 м на ділянках до позначки 96,50 м і товщиною 0,5 м на ділянках від відм. 96,50 м до відм. 100,0 м.

Для захисту від суфозії на низовий укіс по суглинку укладаються два перехідних шари з хвостів і дрібної скельної породи фракції 0-100 мм, товщиною по 0,5 м.

Низовий укіс південної дамби хвостосховища «IV карта» екранується бентонітовим матеріалом по мірі зростання рівня зашлямування. Кріплення екрану дрібною скельною розкривною породою товщиною 0,5 м виконується по всій площі укосу.

По гребню дамби первинної і на всіх бермах передбачається облаштування проїздів і з'їздів з покриттям проїжджої частини з щебню фракції 5 ÷ 20 мм завтовшки 0,3 м. З метою забезпечення безпеки проїзду будівельної техніки на період будівництва та експлуатації хвостосховища, у низовій брівці на кожному ярусу відсипається орієнтувальний валик зі скельної породи.

У чаші хвостосховища влаштовуються відсіки з картами. Відсіки між собою і водовідвідним направляючим каналом поділяються розділюючими дамбами відсіків. Розділюючі і направляючі дамби відсипаються з відміткою гребня 96,5 м з суглинку корисних

виїмок, за умови мінімальної фільтрації і не підтоплення сусідніх відсіків. У тілі розділяючих дамб передбачені водовипуски.

Згідно проектних рішень, хвостосховище «ІІІ карта» передбачене для складування 100% відходу хвостової пульпи від збагачення руди на фабриках, для підтримки виробничої потужності Гірничого Департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Отже, під час будівництва хвостосховища «ІІІ карта» складування хвостів збагачення буде проводитися в діючі хвостосховища «ІV карта», «Миролюбівка» та «Центральне». Після введення всіх пускових комплексів хвостосховища «ІІІ карта» в експлуатацію, буде припинена експлуатація діючих хвостосховищ, замитих до проектних відміток і переданих під рекультивацію, і весь обсяг складування хвостів збагачення буде направлений в новостворену гідротехнічну споруду.

Реконструкція існуючої системи дренажу для захисту від підтоплень та забруднення фільтраційними водами ґрунтів, поверхневих та підземних вод

На всіх діючих гідротехнічних спорудах підприємства передбачена система перехоплення і повернення фільтраційних вод в систему оборотного водопостачання комбінату.

Система перехоплення фільтраційних вод представлена:

- придамбовим заглибленим дренажним колектором;
- системою дренажів на вторинних дамбах обвалування.

Крім того, передбачено облаштування дренажів, будівництво дренажної насосної станції та напірного водоводу до неї.

Контроль за роботою дренажної системи здійснюється службою геотехнічного контролю підприємства.

Технічні рішення по організації протифільтраційного екрану чаші хвостосховища

В якості варіанту гідроізоляції чаші хвостосховища «ІІІ карта», низового відкосу хвостосховища «ІV карта», дна і відкосів нагірного та водовідвідних каналів, регулюючої ємності прийнятий варіант облаштування протифільтраційних екранів бентонітовим матеріалом (додатково ламінується геомембраною, товщиною 0,2 і 0,6 мм).

Прийнятий варіант будівництва проектного хвостосховища «ІІІ карта» з екрануванням чаші бентонітовим матеріалом АСТІМАТ (з коефіцієнтом фільтрації 3×10^{-11} м/с) практично повністю виключає вплив хвостосховища на гідродинамічний і гідрохімічний режими підземних вод району.

Основні переваги цього матеріалу: стійкість та здатність до «самолікування», а саме у закритті незначних механічних пошкоджень, проколів, порізів, в тому числі від впливу кореневої системи рослин, цілісність екрану після гідратації, довговічність та незмінність властивостей у часі.

Матеріал АСТІМАТ витримує необмежену кількість циклів «заморожування-відтаювання», «гідратація-дегідратація».

Укладку матеріалу можна проводити у будь-який час року при температурі від -30°C до $+60^{\circ}\text{C}$.

Для забезпечення консолідації хвостів, покладених в чаші первісної ємності хвостосховища, передбачений стрічковий дренаж, укладений по всій чаші хвостосховища поверх захисного шару екрану.

Стрічковий дренаж складається з:

- дренажної призми без труби;
- дренажної призми з трубою;
- скидного колектору з оглядовими колодязями.

Дренажна призма без труби представляє собою зворотній фільтр, що складається з наступних шарів:

- щєбінь фракції $20 \div 40$ мм, товщина 0,3 м;
- щєбінь фракції $5 \div 10$ мм, товщина 0,3 м;
- крупнозернистий пісок, товщина 0,3 м;
- дрібний скельний розкрив, фракції $0 \div 100$ мм.

Дренажна призма з трубою є зворотнім фільтром, що складається з наступних шарів:

- підготовка з щєбню фракції $20 \div 40$ мм, товщиною 0,25 м;
- труби ПЕРФОКОР II 160 мм SN 8;
- геотекстиль Турар SF49;
- щєбінь фракції $20 \div 40$ мм, товщиною 0,3 м;
- щєбінь фракції $5 \div 10$ мм, товщиною 0,3 м;
- крупнозернистий пісок, товщиною 0,3 м;
- дрібний скельний розкрив, фракції $0 \div 100$ мм.

Технічні рішення системи оборотного водопостачання

Система оборотного водопостачання хвостосховища «III карта» буде працювати за існуючою замкнутою схемою, що складається з двох ділянок:

- перша - подача освітленої води з проектованого хвостосховища «ІІІ карта» у ставок оборотного водопостачання б. Грушевата;
- друга - подача оборотної води споживачам ГД зі ставка оборотного водопостачання в балці Грушевата за допомогою НОВ-2.

Для подачі освітленої води з проектованого хвостосховища «ІІІ карта» у ставок оборотного водопостачання б. Грушевата запроектовані наступні споруди:

- водозабірна споруда № 1;
- регулююча ємність;
- дренажна насосна станція №1а (ДНС №1а);
- об'єднана насосна станція (ОНС);
- напірні водоводи від ОНС і ДНС №1а;
- самопливно-напірні водоводи від водозабірної споруди №1;
- камера перемикання на самопливно-напірних водоводах;
- камера перемикання на водоводах від ОНС.

Основний обсяг води подається в ставок оборотного водопостачання в б. Грушевата через водозабірну споруду №1 по самопливно-напірним водоводам.

Вода з системи дренажів хвостосховища «ІІІ карта» надходить в регулюючу ємність. З регулюючої ємності фільтраційна вода перекачується у водовідвідний канал і далі самопливом надходить в існуючий ставок оборотного водопостачання в б. Грушевата.

Поверхневий стік, що надходить в регулюючу ємність по нагірному каналу гідрозахисту хвостосховища, буде перекачуватися у водовідвідний канал або у хвостосховище «ІІІ карта».

Річний водногосподарський баланс хвостового господарства з урахуванням проектованого хвостосховища «ІІІ карта» наведений в Таблиці 4.1.

Інформація щодо системи нагляду за гідротехнічними спорудами

Для забезпечення контролю безпеки споруд хвостосховища «ІІІ карта» протягом всього періоду будівництва і експлуатації в якості загального моніторингу споруд і навколишнього середовища, необхідно здійснювати систематичні натурні контрольні спостереження, які включають:

- візуальні спостереження;
- геодезичний контроль за деформаціями споруд;
- спостереження за фільтраційним режимом;

- контроль за дотриманням технології наміву (контроль заповнення ємності хвостосховища, у тому числі за інтенсивністю наміву);
- контроль якості і ступеню освітлення води проводиться за концентрацією завислих речовин.

Проведення натурних спостережень та контроль за станом споруд повинен здійснюватися службою геотехконтролю цеху шламового господарства рудозбагачувальної фабрики (ЦШГ РЗФ), в обов'язки якої входить:

- проведення регулярних візуальних та інструментальних спостережень за встановленою контрольно-вимірювальною апаратурою КВА;
- обробка і поточний аналіз матеріалів натурних спостережень, виявлення на їх підставі можливих порушень в стані споруд та інформування про це керівництва ГД.

Для спостереження за горизонтальними і вертикальними зміщеннями дамб, а також за станом кривої депресії в проекті передбачено встановлення КВА в 25 спостережних створах. Кількість і тип КВА на проєктованих дамбах прийнятий згідно ДБН В.2.4-5: 2012.

Загальна оцінка стану споруд повинна проводитися щорічно за результатами річного моніторингу служби експлуатації.

Таблиця 4.1 - Річний водногосподарський баланс хвостового господарства з урахуванням проектного хвостосховища «ІІІ карта»

Найменування показників по статтям балансу	Об'єм надходження (водовіддачі) за рік в період експлуатації, млн. м ³ / забезпеченість		
	97%	50%	1%
1. Надходження			
1.1 Опади, в т.ч. на:	1,102	1,969	3,165
– хвостосховище «ІІІ карта»	0,960	1,717	2,786
– аварійні ємності № 1 і № 2	0,102	0,182	0,296
– ставок оборотного водопостачання в балці Грушевата	0,023	0,041	0,067
– регулююча ємність	0,017	0,029	0,016
1.2 Поверхневий стік з прилеглої території, у т.ч.:	0,167	1,118	4,81
– у хвостосховище «ІІІ карта»	0,02	0,016	0,057
– до регулюючої ємності	0,014	0,108	0,467
– у ставок оборотного водопостачання в балці Грушевата	0,133	0,994	4,286
1.3 Кар'єрний водовідлив	4,302	4,302	4,302
1.4 Надходження з рудою	0,236	0,236	0,236
1.5 Надходження фільтраційної води, у т. ч.:	3,649	3,649	3,649
– від водознижувальних свердловин хвостосховища «Миролюбівка»	0,006	0,006	0,006
– фільтраційні води з-під відвалів «Дальні»	3,643	3,643	3,643
РАЗОМ:	9,456	11,274	16,162
2. Витрати			
2.1 Випаровування з водної поверхні, у т.ч. з:	2,994	2,313	1,469
– хвостосховище «ІІІ карта»	2,819	2,179	1,383
– аварійні ємності № 1 і № 2	0,096	0,072	0,047
– ставок оборотного водопостачання в балці Грушевата	0,015	0,012	0,007
– регулююча ємність	0,064	0,050	0,032
2.2 Випаровування з поверхні пляжів хвостосховища «ІІІ карта»	0,846	0,654	0,416
2.3 Випаровування з поверхні снігу	0,106	0,084	0,066
2.4 Незворотні втрати води скрізь днище у водоносні горизонти, у т. ч.:	0,202	0,202	0,202
– з хвостосховища «ІІІ карта»	0,0	0,0	0,0
– зі ставка оборотного водопостачання в балці Грушевата, з аварійних ємностей №1 і №2	0,202	0,202	0,202
2.5 Втрати води на заповнення пор хвостів	4,156	4,156	4,156
2.6 Втрати води з концентратом	1,079	1,079	1,079
2.7 Непередбачені втрати води на фабриці	6,752	6,752	6,752
РАЗОМ:	16,135	15,24	14,14
3. Баланс (+ надлишок; – дефіцит)	-6,679	-3,966	2,022

Основні техніко-економічні показники хвостосховища «III карта»

Основні техніко-економічні показники хвостосховища «III карта» наведені в Таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Основні техніко-економічні показники хвостосховища «III карта»

Технологічні показники	Одиниці виміру	Хвостосховище «III карта»
Продуктивність комбінату по сирій руді	млн. т/рік	24,4269
Річний вихід хвостів	млн. т/рік	14,964
Загальна ємність	млн. м ³	34,8
Корисна ємність	млн. м ³	29,4
Відмітка гребеня дамб обвалування	м	+100,0
Відмітка гребеня огорожувальних дамб	м	+99,0
Відмітка горизонту зашлямування	м	+98,5
Площа чаші хвостосховища	га	382,95
Макс. висота огорожувальних дамб	м	12

5 РОЗРОБКА ГІДРОДИНАМІЧНОЇ МОДЕЛІ ОБЛАСТІ ФІЛЬТРАЦІЇ

5.1 Методика моделювання

Геолого-структурні й гідрогеологічні умови досліджуваної території є досить складними, тому для рішення поставлених завдань найбільш доцільне застосування методів математичного (чисельного) моделювання.

Крім того, для уточнення фільтраційних і міграційних параметрів моделі, виникає необхідність у рішенні серії зворотних завдань.

Просторова стала фільтрація підземних вод у шаруватому середовищі, може бути описана наступним рівнянням:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) = 0 \quad (5.1)$$

де: x, y, z - просторові координати (м);

h — напори підземних вод (м);

k_x, k_y и k_z - коефіцієнти фільтрації в напрямку осей координат (м/добу).

Рівняння (5.1) дозволяє врахувати фільтраційну неоднорідність водоносного комплексу як у плані, так і в розрізі, відповідним завданням значень коефіцієнтів фільтрації.

Рішення рівняння (5.1) було проведено чисельно, на основі інтегрального методу кінцевих різниць (ІМКР). При цьому область фільтрації розбивається на блоки-паралелепіеди різних розмірів: поблизу водозабірних свердловин прямокутні основи цих паралелепіедів мають більше дрібні розміри в порівнянні з тими, що знаходяться на вилучених ділянках, тобто прямокутна сітка, якій у плані покрита область фільтрації, здрібнена в зонах, що вимагають більше детального аналізу.

Рішення рівняння (1.1) можна представити у вигляді інтеграла для блоку - фрагменту області фільтрації, що має обсяг Q :

$$\int_v \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) - \sum_{i=1}^N \delta(x-x_i) \delta(y-y_i) \delta(z-z_i) Q_i \right] dv = \quad (5.2)$$
$$= F_{yz} (V_{x_{i-1/2}} - V_{x_{i+1/2}}) + F_{xz} (V_{y_{j-1/2}} - V_{y_{j+1/2}}) + F_{yx} (V_{z_{k-1/2}} - V_{z_{k+1/2}})$$

Права частина рівняння (5.2) являє собою баланс для паралелепіеда із целочисельними координатами $i = 1, \dots, N_x$; $j = 1, \dots, N_y$; $k = 1, \dots, N_z$ відповідними

декартовими координатами x , y и z відповідно; N_x ; N_y ; N_z — максимальні значення целочисельних координат.

Тут F_{yz} ; F_{xz} и F_{xy} — площі перетинів паралелепіпеда уздовж площин yz , xz и xy відповідно.

Площі перетинів визначаються виходячи з розмірів блоку паралелепіпеда Δx_i , Δy_j , Δz_k :

$$F_{yz} = \Delta y_j \cdot \Delta z_k; F_{xz} = \Delta x_i \cdot \Delta z_k; F_{xy} = \Delta x_i \cdot \Delta y_j \quad (5.3)$$

V_x , V_y , V_z — швидкості фільтрації, які обчислюються для внутрішніх блоків по наступних формулах:

$$\begin{aligned} V_{x_{i-1/2}} &= k_{x_{i-1/2}} \frac{2(H_i - H_{i-1})}{(\Delta x_{i-1} + \Delta x_i)}, \\ V_{x_{i+1/2}} &= k_{x_{i+1/2}} \frac{2(H_{i+1} - H_i)}{(\Delta x_i + \Delta x_{i+1})}, \end{aligned} \quad (5.4)$$

де: H — напори в центрах ваги блоків відповідно;

Δx_{i-1} , Δx_i , Δx_{i+1} — розміри блоків уздовж осі x ;

$k_{x_{i-1/2}}$ — середній коефіцієнт фільтрації уздовж осі x між блоками i, j, k ;

$k_{x_{i+1/2}}$ — середній коефіцієнт фільтрації уздовж осі x між блоками $i+1, j, k$.

Аналогічним образом для внутрішніх блоків обчислюються швидкості $V_{z_{k+1/2}}$

Якщо блоки примикають до границь області, що її моделюють, то швидкості фільтрації обчислюються виходячи з умов на границі.

Наприклад, для блоку, що примикає до вільної поверхні, швидкість фільтрації визначається інфільтраційним живленням ω :

$$V_{z_{k+1/2}} = -\omega \quad (5.5)$$

Інтегрування (5.2), зроблене для кожного блоку моделі, дозволяє одержати систему алгебраїчних рівнянь виду:

$$\begin{aligned} A_{i,j,k} H_{i-1,j,k} + B_{i,j,k} H_{i,j-1,k} + C_{i,j,k} H_{i,j,k-1} + P_{i,j,k} H_{i,j,k} + \\ + E_{i,j,k} H_{i+1,j,k} + F_{i,j,k} H_{i,j+1,k} + G_{i,j,k} H_{i,j,k+1} = I_{i,j,k} \end{aligned} \quad (5.6)$$

де:

H - невідомі напори або рівні в центрах ваги блоків моделі;

$A_{i,j,k}$ і т.і. — коефіцієнти, обумовлені виходячи з фільтраційних параметрів і геометрії водоносної товщі;

$I_{i,j,k}$ — вільний член рівняння (5.6), що включає, переважно, джерело - стокові складові.

Загальна кількість рівнянь і невідомих дорівнює кількості блоків - паралелепіпедів $N_x \times N_y \times N_z$.

5.2 Вибір програмних засобів для гідродинамічного моделювання

Як програмне забезпечення для реалізації моделі й проведення численного моделювання фільтрації, був обраний програмний комплекс Геологічної служби США, - MODFLOW, що став у цей час "де-факто" стандартом для фільтраційних розрахунків у складних гідрогеологічних умовах.

Пакет MODFLOW призначений для моделювання тривимірної кінцево-різницевої фільтрації підземних вод і дозволяє вирішити основне коло завдань гідродинамічного і гідрохімічного моделювання.

Програмна платформа пакета містить у собі ряд препроцесорів.

«RMPATH» – призначений для графічного подання адвективного транспорту для розрахунку й анімації руху трасерних часток у потоці.

«PEST», «UCODE» - спеціалізовані пакети для ідентифікації параметрів, верифікації моделі й оцінки адекватності розробленої моделі природним умовам.

«Water Budget Calculator» и «ZoneBudget» - коди, призначені для розрахунку водного балансу визначених користувачем ділянок і областей моделі.

Програмний пакет підтримує до 1000 тимчасових проміжків, дозволяє задати до 200 різних шарів і обмежений кількістю блоків сітки 250000 блоків у кожному шарі

5.3 Розрахункові гідродинамічні параметри моделі

У межах розглянутої території, у зоні активного водообміну розповсюджені (зверху вниз) наступні водоносні горизонти і комплекси:

- алювіально-делювіальний водоносний горизонт;
- четвертинний водоносний горизонт лесовидних суглинків верхньочетвертинного віку;

- водотривка товща червоно-бурих глин пліоцену (N2čb) та відкладів понтичного регіоарусу верхнього міоцену (N1p);
- комплекс неогенових відкладень;
- комплекс кристалічних порід.

До основних гідродинамічних параметрів моделі відносяться:

- фільтраційні властивості відкладень;
- ємнісні властивості відкладень;
- величина інфільтраційного живлення;
- гідравлічна проводимість ложа водних об'єктів;
- фільтраційний опір дренажних споруд.

Значення основних гідродинамічних параметрів області фільтрації і характеристика параметрів водних об'єктів і дренажів представлені відповідно в Таблицях 5.1 і 5.2.

Таблиця 5.1 - Гідродинамічні параметри області фільтрації

Параметри	Межі зміни/середнє значення	
	Четвертинний горизонт	Неогеновий горизонт
ек – коефіцієнти фільтрації водовміщуючих порід, м/добу	0,14-0,83 0,49	0,2-4,1 4,0
m (h) – потужність напірного (безнапірного) водоносного горизонту, м	4,0-20,0 12	6,0-14,3 10,0
Km – коефіцієнт водопроводимості, м ² /добу	6,0-25,0	25-100
μ – коефіцієнт водовіддачі;	0,07-0,09	0,20-0,25
α – к коефіцієнт п'єзопроводності або рівнепроводності, м ² /добу	-	20-530 200
We – величина природної інфільтрації, м/добу	0,000015-0,0002	-
Wt – величина техногенної інфільтрації, м/добу	5x10 ⁻⁴ - 5.4 x10 ⁻³	-
mp и Kp – потужність (м) і коефіцієнт фільтрації (м/добу) слабкопроникненого шару глинистих відкладів	2,5-30,0 м; 0,00005 - 0,0001м/добу	-

Таблиця 5.2 - Характеристика параметрів водних об'єктів і дренажів

№№ п/п	Область моделі	Гідравлічна провідність ложа водних об'єктів (м ² /добу)/ напір у блоці (м)
1	Аварійна ємність №1	60 / 75.0 - 76.2
2	Аварійна ємність №2	35 / 82.0 - 84.45
3	Обвідний канал	50-100 / 91.3 – 76.6
4	Дренаж хвостосховища «Миролобівка»	24 / 84.0
5	Дренаж хвостосховища «IV карта»	89.2 / 88.5
6	Дренаж хвостосховища «Центральне»	30 / 90.0 - 95.0
7	Основа хвостосховища «Миролобівка»	15.0 / 158.28 - 158.50
8	Основа хвостосховища «IV карта»	7.0 / 167.23 - 168.63
9	Основа хвостосховища «Центральне»	10 / -
10	Основа ставка оборотного водопостачання в б. Грушевата	350 / 68.8 - 69.55

Вплив хвостосховища “Перша карта” Південного ГЗК на режим четвертинного горизонту території, що розглядається, лімітується глибинним дренажем, обладнаним за контуром хвостосховища “Перша карта”, та близькістю розвантаження через делювіальні відкладення в б. Грушевата, і є практично відсутнім.

Оскільки потік водоносного комплексу неогенових відкладень спрямований від території хвостосховища “III карта” у бік р. Інгулець, з точністю, достатньою для проведення прогнозних розрахунків, можна виключити з розгляду вплив хвостосховища “Перша карта” на режим неогенового комплексу на території, що розглядається.

Облік впливу хвостосховища “Перша карта” на режим водоносних горизонтів враховувався визначенням параметрів гідродинамічної моделі на основі існуючого положення рівнів і напорів ґрунтових і підземних вод за даними моніторингу на існуючий момент часу.

5.4 Гідродинамічна схематизація області фільтрації

Територія ГД підприємства відноситься до зони транзиту потоку ґрунтових вод - зі сходу, північного сходу на захід, до областей розвантаження - виклинювання горизонту в долині річки. Інгулець, розвантаження на схилах балки Грушевата і т.п.

Напрямок руху потоку значною мірою ускладнений впливом локальних ділянок живлення - розвантаження ґрунтових вод, таких, як технологічні ставки та ємності підприємства, дренажні системи хвостосховищ, обвідний канал.

У межах локальних ділянок живлення ґрунтові води горизонту верхньочетвертинних суглинистих відкладень поєднуються з інфільтруючими техногенними водами, утворюючи ділянки вод змішаного природно-техногенного складу.

Ці води, поширюючись нижче потоком до ділянок розвантаження, формують локальні ореоли ґрунтових вод метаморфізованого складу.

Гідродинамічна схематизація була виконана на підставі аналізу розподілу рівнів та ліній струму ґрунтових та підземних вод, Рис. 5.1 та Рис. 5.2.

Модельована область була розбита рівномірною сіткою: 276 блоків по осі X і 274 блоки по осі Y, з розмірами блоків 50 50 м.

Розглянута територія, у сфері поширення четвертинних відкладень, не має виражених зовнішніх кордонів.

Водоносний горизонт верхньочетвертинних відкладень структурно являє собою сукупність локальних ділянок зі своїми областями живлення та розвантаження та різним ступенем гідравлічного зв'язку між собою.

Аналіз руху потоку горизонту верхньочетвертинних відкладень показав, що як зовнішні межі моделі горизонту можна прийняти:

- граничні умови 2-го роду: $\frac{dH}{dn} = Q = 0$ - на західній границі моделі;
- змішані умови: $\frac{dH}{dn} = Q = 0$ і $H = const$ - на північній і південній границях моделі.

Основними внутрішніми межами області фільтрації горизонту четвертинних відкладень є система ставок, аварійних ємностей, обвідний канал, дренажі хвостосховища «Миролюбівка», хвостосховищ «IV карта» та «Центральне», борти кар'єру №1, локальні ділянки підвищеного інфільтраційного живлення.

У блоках моделі, що описують ставки, аварійні ємності, обвідний канал, дренажі хвостосховища «Миролюбівка», хвостосховищ «IV карта» та «Центральне» ставилася умова III-го виду:

$$\frac{dH}{dn} = \alpha \times (H_0 - H),$$

Карта-схема векторів струму вод четвертинного горизонту лесовидних суглинків

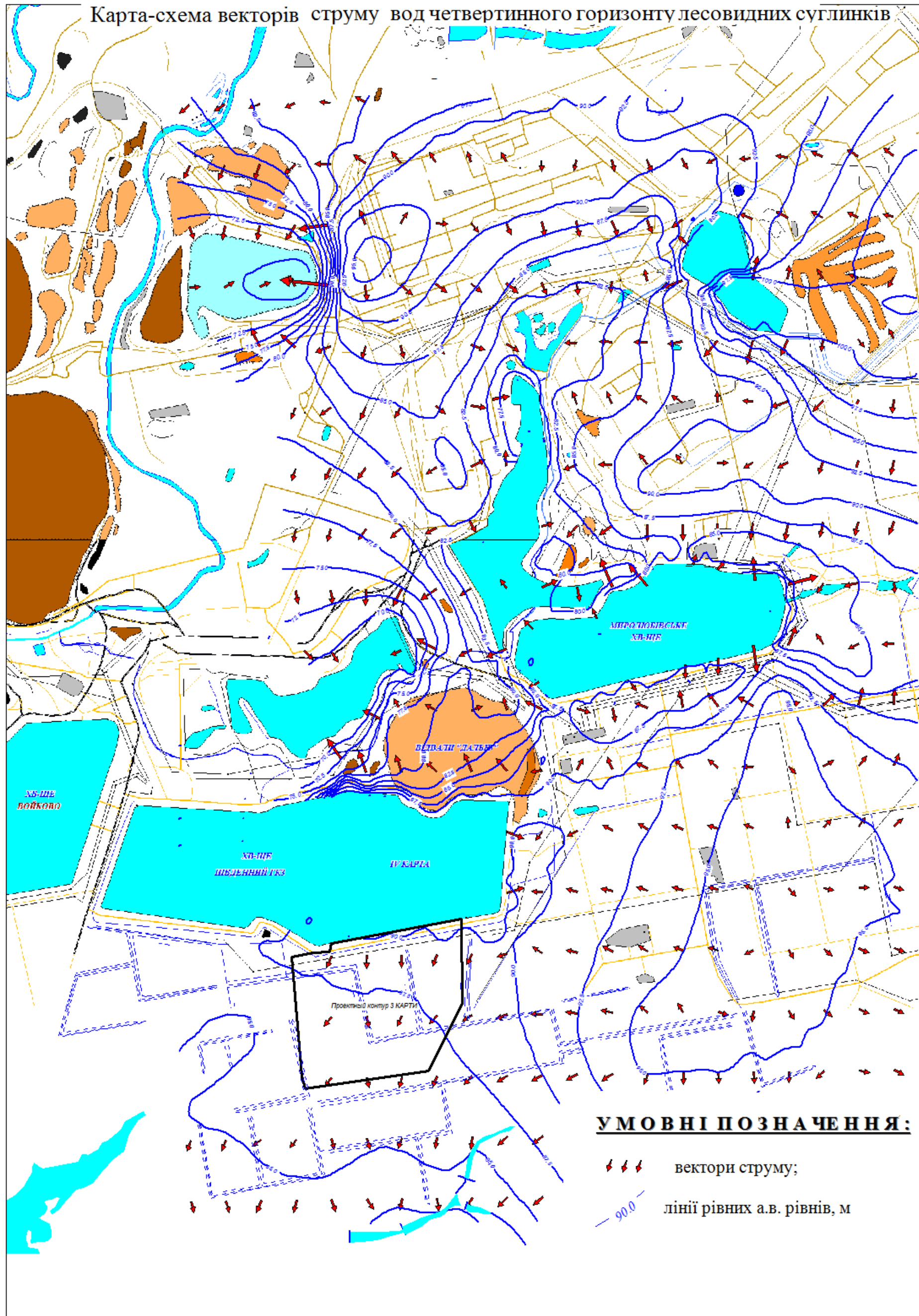


Рис. 5.1 - Загальна схема руху потоку вод четвертинного водоносного горизонту

тут: α – гідравлічний опір у блоці моделі, м²/добу;

H_0 – а.в. рівнів води у спорудженнях, м, Таблиця 5.2.

Як внутрішня границя 1-го роду для водоносного горизонту четвертинних відкладень обраний кар'єр №1, розташований в 800-900 м на південний захід від кордону майданчика основного металургійного виробництва.

Кар'єр розкриває горизонт четвертинних лесоподібних суглинків на всю потужність, що дозволяє встановити по лінії борту кар'єра а.в. підшви горизонту з урахуванням вправлення на височування, тобто. $H = 72,5$ м.

По лінії бортів кар'єру №1 задавалася умова: $H = \text{const} = 72,5$ м, що відповідає відміткам підшви четвертинного горизонту з урахуванням поправки на височування.

На водороздільній ділянці між б. Свистунове та б. Щирока горизонт четвертинних відкладень практично здренований. Це дозволило обґрунтовано задати по південному кордоні моделі умову 1-го роду.

Як значення напорів на даному кордоні були прийняті отримані за даними моніторингу і апроксимовані з використанням алгоритмів процедури «Kriging» абсолютні відмітки рівнів горизонту четвертинних відкладень.

Сіткова розбивка моделі та модельне уявлення зовнішніх та внутрішніх границь моделі горизонту верхньочетвертинних відкладень представлені на Рис. 5.3.

Водоносний комплекс понт-сарматських неогенових відкладень має природний зовнішній кордон на р. Інгулець через товщу пісків алювіальних четвертинних відкладень.

Як зовнішні межі неогенового водоносного комплексу були прийняті такі умови:

- $H = \text{const}$ (35.0 м) – на західному кордоні моделі, за контуром контакту неогенових відкладень з алювіальними;
- Змішані умови: $\frac{dH}{dn} = Q = 0$ і $H = \text{const}$ – на північній і південній границях моделі;
- Умова: $\frac{dH}{dn} = Q = 0$ – на південній границі моделі.

На північ від ставка-накопичувача шахтних вод, з відривом 2,6 км від верхів'їв б. Свистунова, у смузі $\approx 1,8$ км вздовж південного борту хвостосховищ «Об'єднане» та «Войково» напрямком потоку вод неогенового комплексу спрямовано вздовж бортів споруд із сходу на захід – у бік області розвантаження в р. Інгулець через товщу піщаних алювіальних відкладень. Таким чином, є коректним при заданні граничних умов моделі, завдання умови другого роду (лінії струму) по південному кордоні моделі.

Внутрішнім кордоном є кар'єр №1, по бортах якого ставилася умова: $H = const = 40,1$ м (рівень води в кар'єрі).

А.в. підшви водоносного комплексу неогенових відкладень становить у середньому 38,0 м. Таким чином, за абсолютної позначки рівнів води у кар'єрі 40,1 м, можна вважати, що комплекс неогенових відкладень розкритий ним практично на всю його потужність. Це дозволяє прийняти по контуру кар'єру, як межі для комплексу неогенових відкладень, граничну умову першого роду $H = 40,1$ м.

Сіткова розбивка моделі та модельне уявлення зовнішніх та внутрішніх кордонів моделі неогенових відкладень показано на Рис. 5.4.

Як ділянки додаткового інфільтраційного живлення були враховані: землі сільгоспвикористання, проммайданчики ПАТ “АрселорМіттал Кривий Ріг”.

Ділянки інфільтраційного живлення реалізовувалися шляхом завдання у відповідних умовах II-го роду (завданням додаткового інфільтраційного живлення) – для ділянок із підвищеним використанням води у технологічних циклах.

Облік впливу хвостосховища «Перша карта» на режим водоносних горизонтів враховувався визначенням параметрів моделі на основі існуючого положення рівнів і напорів вод за даними моніторингу на існуючий момент часу.

Параметри, що визначають інтенсивність розвантаження-живлення водоносного горизонту, коригувалися за результатами вирішення «зворотних» завдань.

5.5 Верифікація моделі і ідентифікація гідродинамічних параметрів

Верифікація моделі й калібрування параметрів було виконано в автоматичному режимі за допомогою двох програм: - MODFLOW [McDonald, M. C. and A. W. Harbaugh] - розрахунки фільтрації підземних вод, і PEST [Pollock, D.W.] - пошук оптимальних параметрів, що відповідають мінімальній розбіжності фактичних і модельних рівнів підземних вод.

Рішення серії зворотних завдань дозволило скоригувати задані значення основних гідродинамічних параметрів водоносних горизонтів, а саме: водопродимості; величини інфільтраційного живлення; гідравлічних характеристик локальних ділянок живлення - розвантаження; фільтраційних властивостей основи хвостосховищ.

У процесі рішення зворотних завдань також коректувалися фільтраційні властивості товщі глинистих відкладень, що визначають ступінь гідравлічного зв'язку між основними водоносними горизонтами розглянутої території.

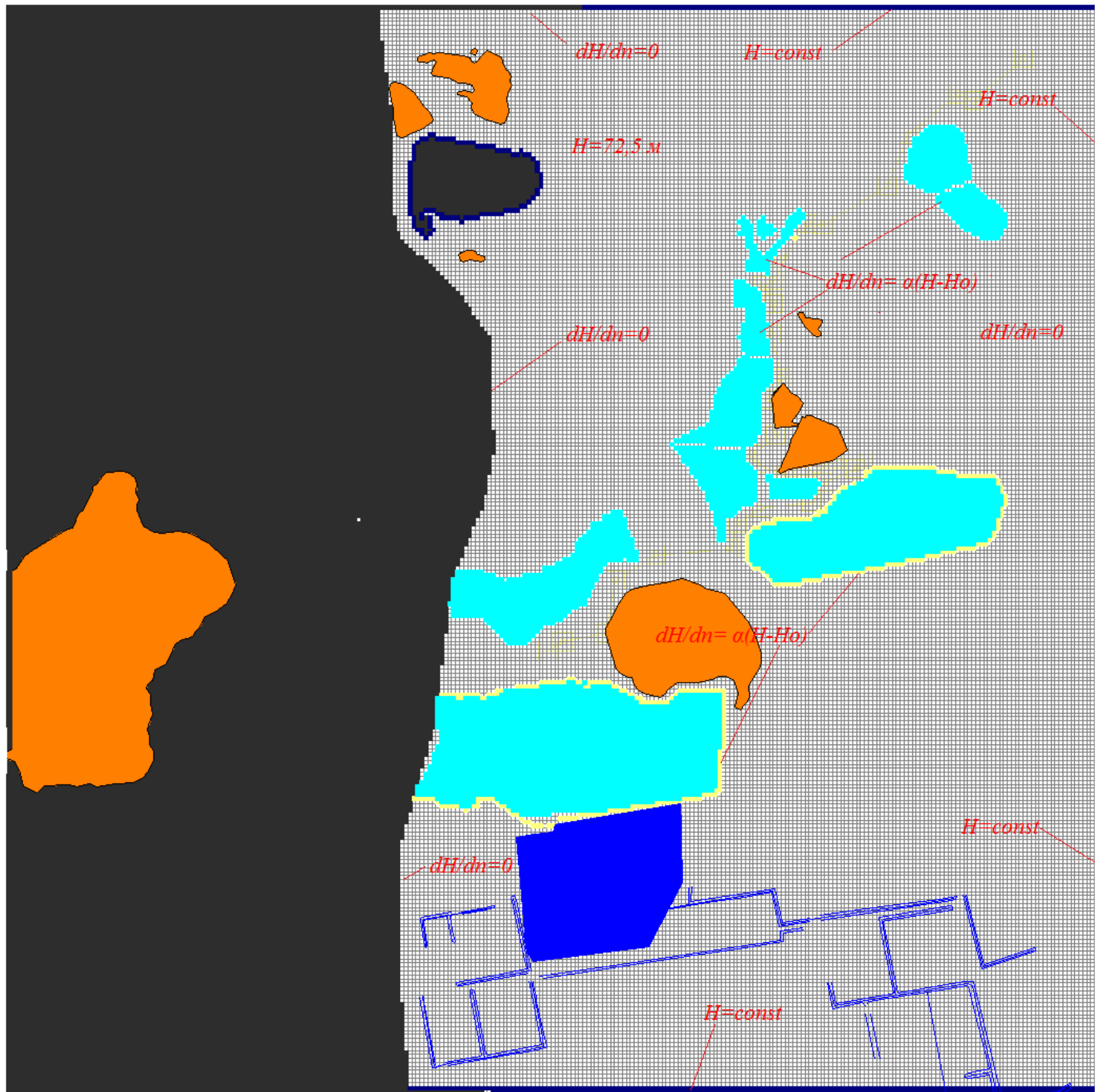


Рис. 5.3 - Схематизація області фільтрації горизонту четвертинних відкладів

$dH/dn=0$

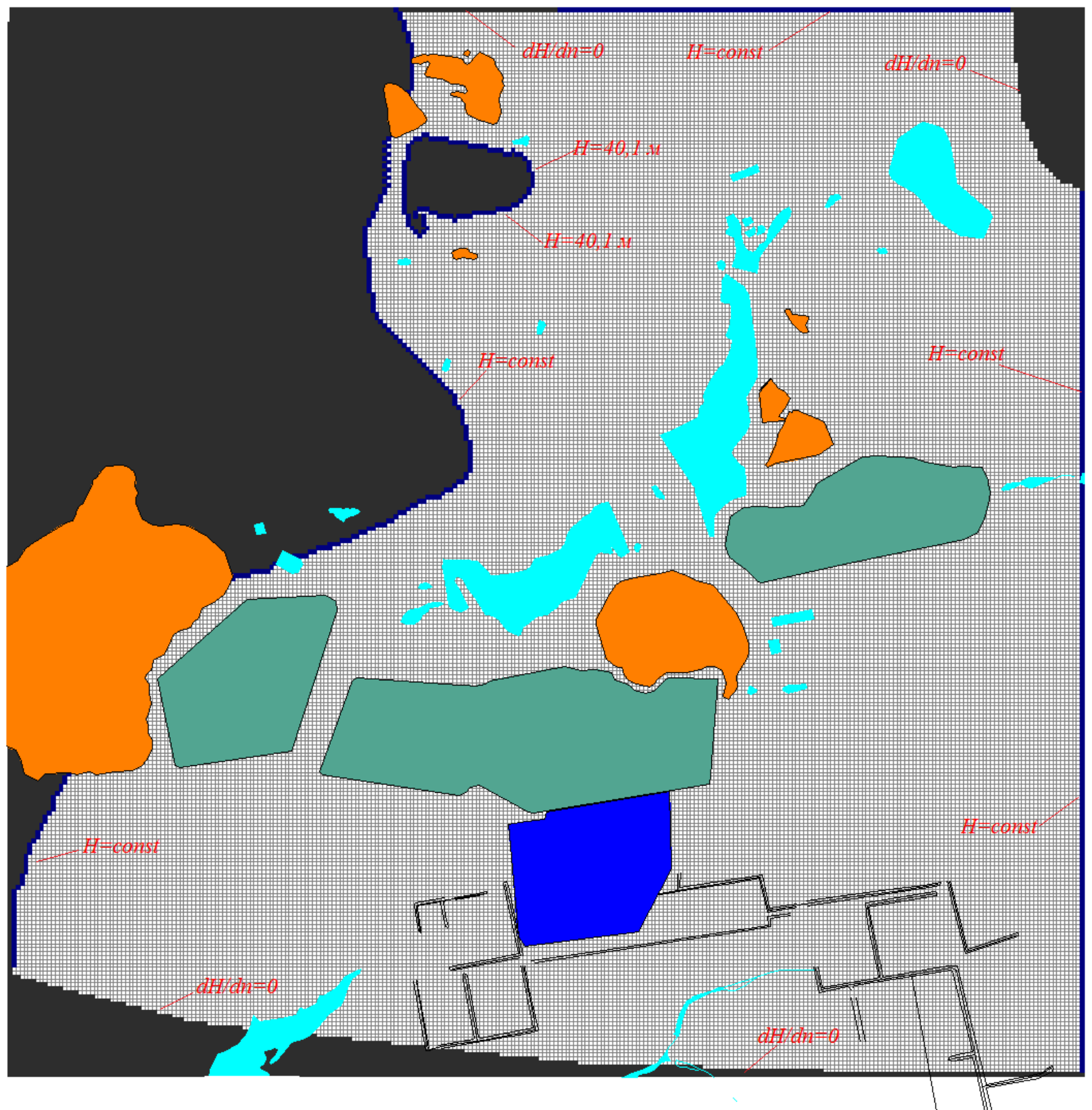


Рис. 5.4 - Схематизація області фільтрації комплексу неогенових відкладів

Адекватність побудованої моделі, її зовнішніх границь і гідродинамічних параметрів, - оцінювалася шляхом зіставлення модельних і натурних рівнів, Рис. 5.5.

Середнє відхилення натурних значень від модельних за результатами зіставлення модельних і натурних рівнів по 70 свердловинах четвертинного горизонту становить – 0,1 м. Коефіцієнт кореляції між модельними й натурними рівнями дорівнює 0,97.

Таким чином, зіставлення модельних і натурних рівнів свідчить про досить точну відповідність розробленої гідродинамічної моделі четвертинного горизонту розглянутої території існуючим природно-техногенним умовам. Це дозволяє застосовувати її для моделювання і оцінки впливу об'єктів ГД на ґрунтові води.

Адекватність побудованої моделі, зовнішніх кордонів та гідродинамічних параметрів для горизонту понт-сарматських відкладень оцінювалася шляхом зіставлення модельних та натурних рівнів, Рис. 5.6.

Середнє відхилення модельних значень від натурних для водоносного неогенового горизонту становить 0,24 м.

Коефіцієнт кореляції між модельними та натурними рівнями горизонту дорівнює 0,96.

Таким чином, зіставлення модельних і натурних рівнів свідчить про досить точну відповідність розробленої гідродинамічної моделі неогенового горизонту розглянутої території існуючим природно-техногенним умовам. Це дозволяє застосовувати її для моделювання і оцінки впливу об'єктів ГД на підземні води.

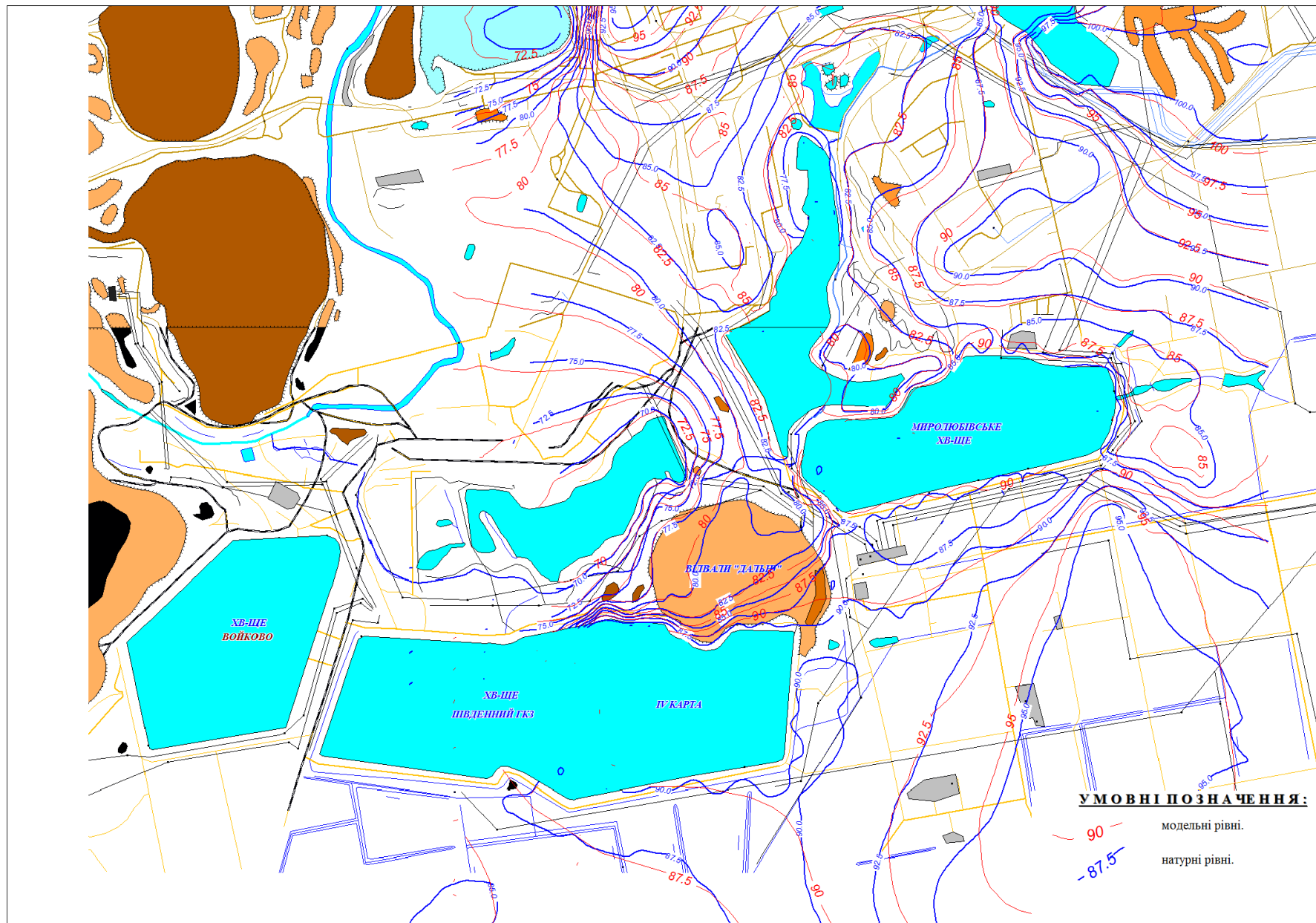


Рис. 5.5 - Зіставлення модельних і натурних рівнів четвертинного водоносного горизонту

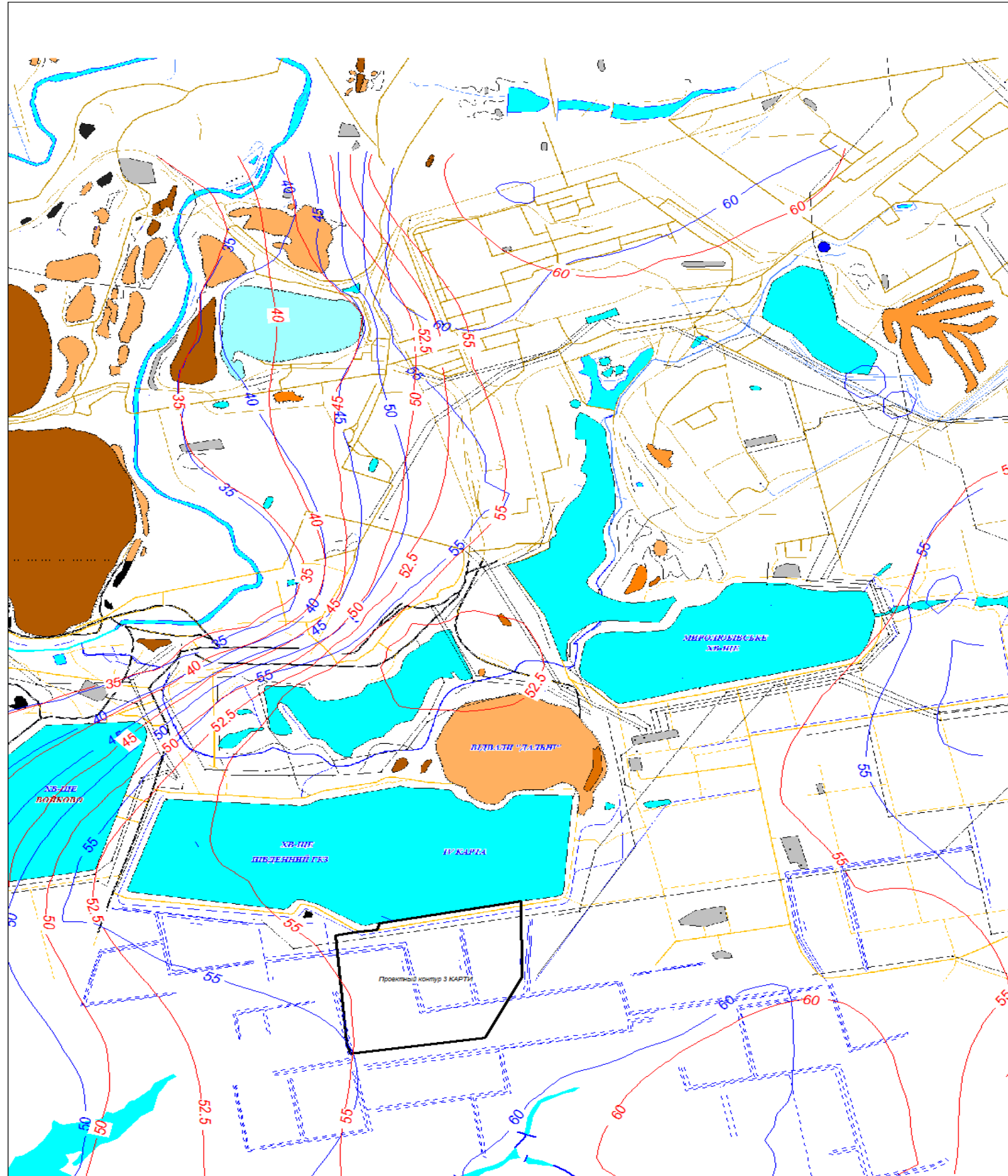


Рис. 5.6 - Зіставлення модельних і натурних рівнів водоносного комплексу неогенових відкладів

6 ПРОГНОЗ ЗМІНИ ГІДРОДИНАМІЧНОГО РЕЖИМУ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

При будівництві хвостосховища «ІІІ карта» передбачено екранування ложа і бортів спорудження. В якості варіанту гідроізоляції чаші хвостосховища «ІІІ карта», низового відкосу хвостосховища «ІV карта», дна і відкосів нагірного та водовідвідних каналів, регулюючої ємності, прийнятий варіант облаштування протифільтраційних екранів бентонітовим матеріалом.

Основні переваги цього матеріалу: стійкість та здатність до «самолікування», а саме у закритті незначних механічних пошкоджень, проколів, порізів, в тому числі від впливу кореневої системи рослин, цілісність екрану після гідратації, довговічність та незмінність властивостей у часі.

Будівництво проєктованого хвостосховища «ІІІ карта» з екрануванням чаші бентонітовим матеріалом АСТІМАТ практично повністю виключить фільтрацію технічних вод та вплив хвостосховища на гідродинамічний і гідрохімічний режими підземних вод району.

Для забезпечення консолідації хвостів, покладених в чаші первісної ємності хвостосховища, передбачений стрічковий дренаж, укладений по всій чаші хвостосховища поверх захисного шару екрану.

Крім того, у першому кварталі 2026 року планується припинення складування хвостів методом гідронамиву до хвостосховищ «Миролюбівка», «Центральне» та «ІV карта». Складування хвостів буде вироблятися тільки у новостворене хвостосховище «ІІІ карта».

Господарською діяльністю при цьому передбачено роботу системи перехоплення та повернення фільтраційних вод до системи оборотного водопостачання ГД на всіх гідротехнічних спорудах (хвостосховища «Миролюбівка», «Центральне», «ІV карта», «ІІІ карта»).

Основними техногенними (проектними) факторами, що визначають рівень води основних водоносних горизонтів розглянутої території, є:

- зміна величини інфільтраційного живлення на площі обладнання хвостосховища «ІІІ карта»;
- припинення надходження фільтраційних вод на площі хвостосховищ «Миролюбівка», «Центральне», «ІV карта», внаслідок припинення складування в них хвостів методом гідронамиву.

В даний час, внаслідок надходження інфільтраційного живлення, на площу, відведену під будівництво хвостосховища «III карта», у водоносний горизонт четвертинних відкладень надходить $600,1 \text{ м}^3/\text{добу}$ вод опадів та поливних вод.

Згідно з даними рішення обратних завдань, існуюче інфільтраційне живлення на території передбачуваного обладнання хвостосховища «III карта» становить $1,567 \times 10^{-4}$ м/добу.

Площа основи проектного хвостосховища «III карта» – 382,95 га.

За умови припинення надходження існуючого інфільтраційного живлення у водоносний горизонт на площі хвостосховища, зміна прибуткових статей водного балансу четвертинного водоносного горизонту складе:

$$1,567 \times 10^{-4} \text{ м/добу} \times 382,95 \times 10000 \text{ м} = 600,08265 \approx 600,1 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Екранування основи споруди бентонітовим матеріалом, у поєднанні з стрічковим дренажем в основі споруди, виключають надходження даних вод у четвертинний водоносний горизонт, і, отже, знижує прибуткові статті водного балансу горизонту в межах розглянутої території.

Припинення регулярної подачі вод на площу хвостосховищ «Миролюбівка», «Центральне», «IV карта», внаслідок припинення складування в них хвостів методом гідронамиву, також призводить до зменшення надходження вод до основних водоносних горизонтів.

Як природні фактори, що визначають зміну режиму рівнів основних водоносних горизонтів, слід зазначити відносно слабкий гідравлічний зв'язок між різними локальними ділянками області фільтрації.

Область впливу планованої діяльності обмежена на північ по лінії обвідний канал – балка Грушевата, де положення рівнів визначається переважно інфільтраційними втратами підприємств із підвищеним водоспоживанням.

До області прямого впливу відноситься територія на південь від хвостосховищ «Миролюбівка», «Центральне», «IV карта». При цьому рух вод четвертинного горизонту на південь від хвостосховища «III карта», що проектується, обмежено балками Свистунова та Щирока. На водороздільній ділянці між б. Свистунове та б. Щирока горизонт четвертинних відкладень практично здренований /13/.

Сфера впливу ставка-накопичувача в б. Свистунова внаслідок розтікання куполу трансформованих вод неогенового горизонту, що сформувався при експлуатації ставка-накопичувача, має обмежений характер. На північ від ставка-накопичувача, з відривом 2,6 км від верхів'їв б. Свистунова, вздовж південного борту хвостосховищ «Об'єднане» і «Войково»

підйом рівнів не відзначений (рівний нулю). Режим рівнів підземних вод на цій території (на південь від хвостосховищ, на північ від ставка-накопичувача) є фактично сталим із тенденцією до зниження рівнів. Тут, у смузі $\approx 1,8$ км вздовж південного борту хвостосховищ потік вод неогенового комплексу спрямований вздовж бортів хвостосховищ, із сходу на захід – у бік області розвантаження в р. Інгулець через товщу піщаних алювіальних відкладень /13/.

Другим важливим фактором є слабкий гідравлічний зв'язок між водоносними горизонтами у зоні впливу планованої діяльності. На території основної проектною діяльності сумарна потужність водотривкої товщі глини, що розділяють водоносні горизонти верхньочетвертинних та понт-сарматських відкладень, варіює від 10,0 до 24,0 м.

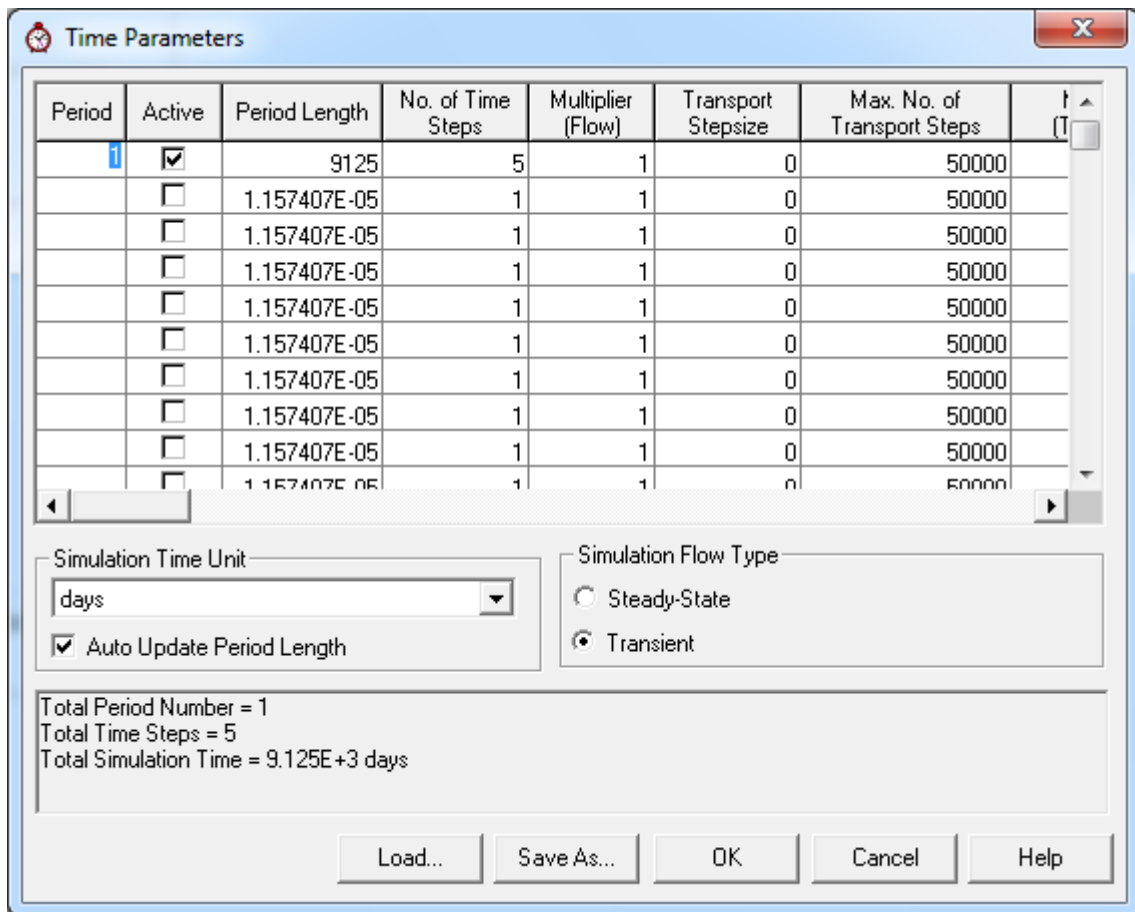
У процесі виконання гідродинамічних прогнозів вирішувалися такі завдання:

- визначення положення рівнів вод основних водоносних горизонтів при облаштуванні хвостосховища «III карта»;
- визначення положення рівнів вод основних водоносних горизонтів при влаштуванні хвостосховища «III карта» та припинення заповнення хвостосховищ «Миролюбівка», «Центральне», «IV карта»;
- оцінка зміни положення рівнів основних водоносних горизонтів у результаті реалізації проектних рішень;
- оцінка тривалості нестационарного режиму фільтрації;
- оцінка впливу проектною діяльності на умови території з погляду розвитку процесів підтоплення.

Результати моделювання показують, що проектний пристрій екрану основи, практично повністю виключає техногенні втрати через його ложе при будь-яких відмітках зашламування хвостосховища «III карта». При цьому внаслідок припинення надходження інфільтраційного живлення на площу хвостосховища «III карта» прогнозується зниження рівнів підземних вод.

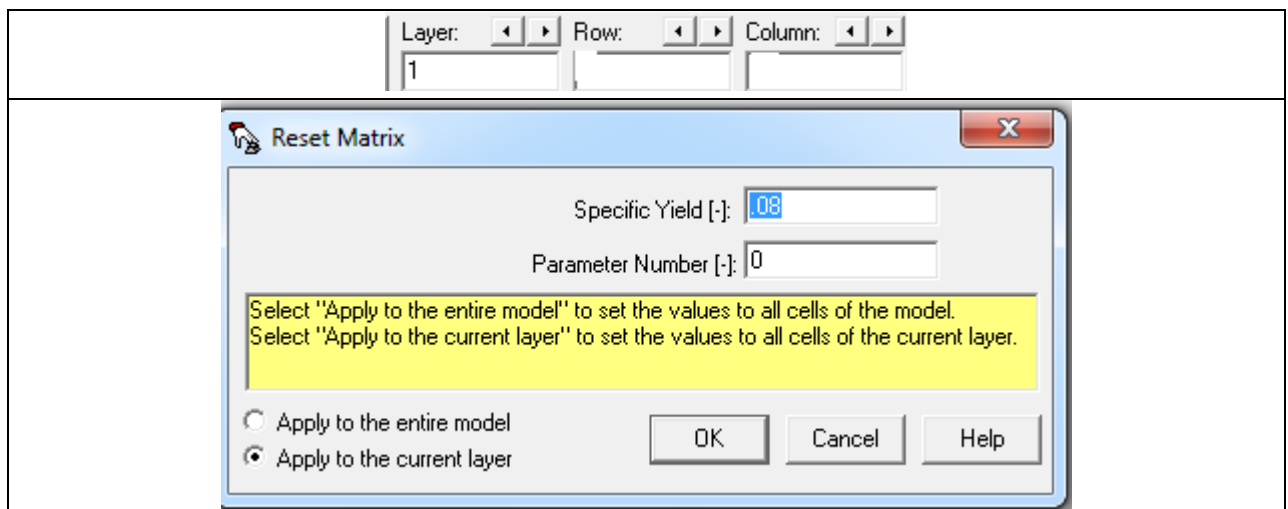
Прогнозні розрахунки з оцінки зміни положення рівнів підземних вод виконувалися методом математичного моделювання з використанням розробленої гідродинамічної моделі території.

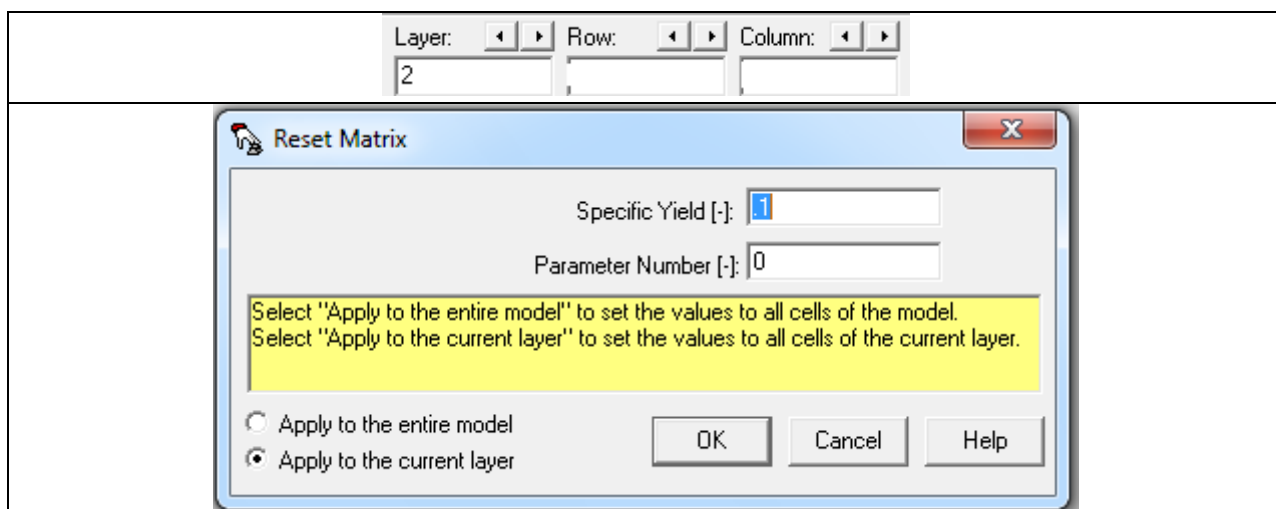
Для вирішення завдання в нестационарному режимі, в блоці моделі «Time Parameters», було обрано проміжок часу 25 років (9125 діб – Period Length) з розрахунковим кроком 5 років (№ of Time Steps), скан блоку моделі «Time Parameters» наведений нижче.



Інтенсивність зниження рівнів у нестационарному режимі визначається, за інших рівних умов, гравітаційною водовіддачею безнапірних горизонтів.

Цьому параметру відповідає блок параметрів моделі Specific Yield, який був прийнятий рівним 0,08 для горизонту лісоподібних суглинків і 0,1 - для відкладень неогену (скан блоку моделі «Specific Yield» наведений нижче).





Початкове положення рівнів задавалося за результатами вирішення обратних завдань.

Далі завдання нестационарної фільтрації вирішувалося в автоматичному режимі.

Результати моделювання показали наступне:

- тривалість нестационарного режиму в межах контуру хвостосховищ (розтікання сформованого купола вод в техногенних відкладеннях), становить близько 11 років від моменту припинення експлуатації хвостосховищ;
- тривалість нестационарного режиму на прилеглий до споруд (хвостосховищ «Миролюбівка», «Центральне», «IV карта») території за контуром дренажів оцінюється величиною 6.5-7.0 років від моменту припинення експлуатації хвостосховищ;
- внаслідок припинення надходження інфільтраційного живлення на площу хвостосховища «III карта» (при його експлуатації) прогнозується зниження рівнів четвертинного водоносного горизонту на його площі протягом 4,5 – 5 років.

У підтвердження отриманих на моделі результатів прогнозних розрахунків щодо термінів настання сталого режиму ґрунтових вод, виконані розрахунки аналітичним методом.

Для оцінки тривалості зниження рівнів води у внутрішньому контурі хвостосховищ (на прикладі хвостосховища «Миролюбівка») аналітичним методом, може бути використаний вираз (29) [ДОВІДКОВИЙ ПОСІБНИК ДО СНіП Прогнози підтоплення і розрахунок дренажних систем на територіях забудованих і тих, що будуть забудовані]:

$$\Delta h = \frac{S_0}{\pi} \left[\operatorname{arctg} \frac{n(x+L)}{kt} + \operatorname{arctg} \frac{n(L-x)}{kt} \right]$$

тут:

S_0 – висота сформованого купола вод, м;

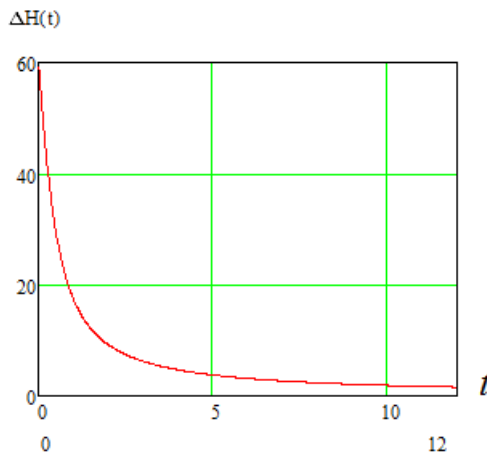
$2L$ – ширина купола, м;

n – коефіцієнт гравітаційної водовіддачі, (-);

k – коефіцієнт фільтрації, м;

t – розрахунковий час, доба.

Нижче представлений графік зниження рівнів у центрі купола вод, що сформувалися в межах контуру хвостосховища «Мироловківка».



Під час проведення аналітичних розрахунків приймалося:

S_0 – 60,0 м;

$2L$ – 2200, м;

n – 0.08;

k – 0.25 м/добу;

t – змінне, роки.

З представлених даних випливає, що різко виражена фаза режиму, що не встановився (сталого режиму), відзначається протягом 2,5 до 5 років.

Протягом перших 5 років з моменту припинення подачі пульпи в споруду, відбувається основне зниження рівнів води всередині контуру хвостосховища.

Остаточно стаціонарний режим настає протягом 10-11 років з моменту припинення подачі пульпи в хвостосховище.

Як бачимо, результати аналітичних і модельних розрахунків часу зміни рівнів води всередині контуру хвостосховища співпадають.

Значення зниження рівнів наведені для режиму фільтрації, що встановився, стаціонарного режиму.

При припиненні експлуатації хвостосховищ «Миролюбівка», «Центральне», «IV карта», видима зміна положення рівнів та напрямок потоку відзначається на південь від хвостосховищ «Миролюбівка», «Центральне», «IV карта», Рис. 6.1, 6.1а.

На даній території, у смузі бортів хвостосховищ «Миролюбівка», «Центральне», «IV карта» прогнозується зниження рівнів четвертинного водоносного горизонту в діапазоні 0,5 - 3,0 м, Рис. 6.2, 6.2а.

Внаслідок припинення надходження інфільтраційного живлення на площу хвостосховища «III карта» (при його експлуатації) прогнозується зниження рівнів четвертинного водоносного горизонту на його площі (протягом 4,5 – 5 років) на 1,0 – 1,5 м, Рис. 6.2, 6.2а.

Прогнозне зниження рівнів четвертинного горизонту (не менше 0,5 м) очікується в зоні:

- до 2.2 км на схід від контуру хвостосховища «III карта»;
- до 910 м – 2.0 км на схід і північний схід від контуру хвостосховища «Миролюбівка».

Отримані на моделі прогнозні рівні ґрунтових і підземних вод на прилеглих до хвостосховищ ГД територіях, у т.ч. селітебних, можна оцінити як доволі значні.

Слід враховувати, що подання результатів у графічному форматі (Рис. 6.1, 6.2) дає дещо неповне уявлення щодо масштабів впливу припинення експлуатації хвостосховищ на режим рівнів ґрунтових вод.

Так, у результаті планованої діяльності загальна площа, на якій відзначається значне зниження ґрунтових вод (до 0.5 м), становить 30.68 км².

При цьому зниження рівнів на 0.5 м прогнозується на площі 1305.1 га, зниження рівнів до 1.0 м – на площі 1225.7 га, на 1.5 м – на площі 348.7 га, до 2.5 м – на площі 188.5 га. Це доволі значні території і також значні зниження рівнів.

За рахунок прогнозного зниження рівнів вміст води в ґрунтах прилеглої до хвостосховищ ГД території зменшиться на 4.4822 млн. м³.

Ширина лінії значного (0.5 м і більше) зниження рівнів ґрунтових вод у районі хвостосховища «Миролюбівка» досягає 3.3 км, в районі хвостосховища «IV карта» - 6.0 км.

У межах сельбищних територій, розташованих поблизу хвостосховища «ІІІ карта» і діючих хвостосховищ ГД (с. Свистуново і с. Миролюбівка), згідно з виконаним прогнозом, також буде мати місце зниження рівнів ґрунтових вод.

Зниження рівнів ґрунтових вод на території с. Свистуново становитиме від 0,5 до 0,7 м, на території с. Миролюбівка – до 0,25 м, що знизить розвиток процесів підтоплення.

На решті території становище рівнів, згідно з прогнозом, залишається незмінним. Це пов'язано з тим, що системи аварійних ємностей, обвідний канал і, в першу чергу, ставок у балці Грушевата, є для четвертинного водоносного горизонту гідродинамічним бар'єром, перешкоджаючи взаємовпливу ділянок зі своїми локальними областями живлення та розвантаження.

Після досягнення стаціонарного режиму рівні вод четвертинного горизонту будуть визначатися сезонними річними варіаціями, що залежать, в основному, від водності року та розподілу опадів у річному циклі.

Моделльні дослідження показали, що *вплив планованої діяльності на води неогенового комплексу практично відсутній*. Зміна рівнів неогенового комплексу як при пристрої хвостосховища «ІІІ карта», так і при зміні умов експлуатації хвостосховищ «Миролюбівка», «Центральне», «ІV карта», мінімально - максимальне зниження рівнів оцінюється величиною 0,12 м, Рис. 6.3, 6.3а і Рис. 6.4, 6.4а.

Зміна режимів неогенового водоносного комплексу в межах с. Свистунове та с. Миролюбівка не очікується.

Обмежений вплив планованої діяльності на горизонт неогенових відкладень пов'язаний із утрудненим гідравлічним зв'язком між горизонтами техногенних відкладень «хвостів», горизонтом четвертинних відкладень і водоносним комплексом неогенових відкладень, через наявність у покрівлі комплексу потужної товщі глинистих відкладень.

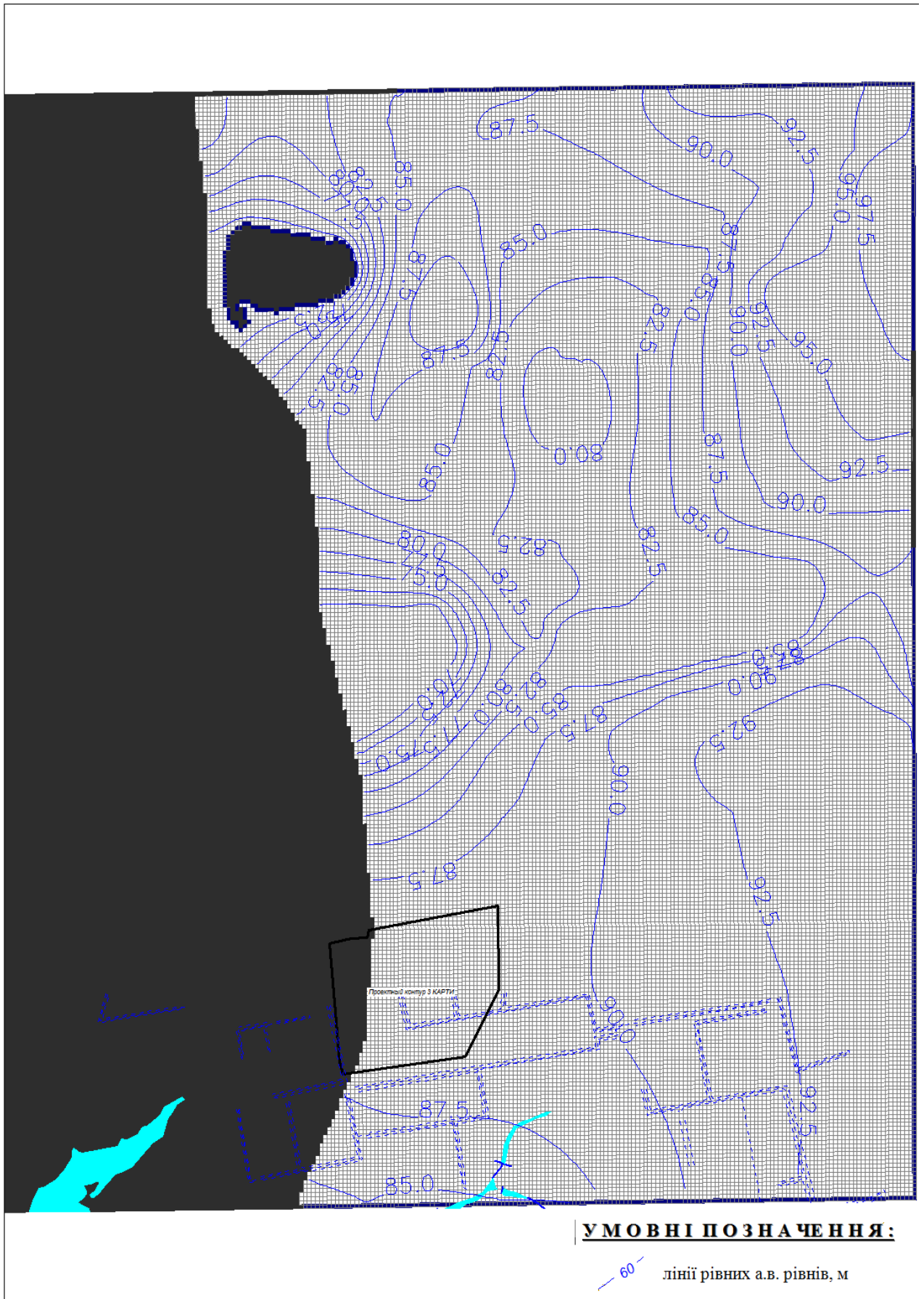


Рис. 6.1 - Карта прогнозних рівнів горизонту четвертинних відкладів

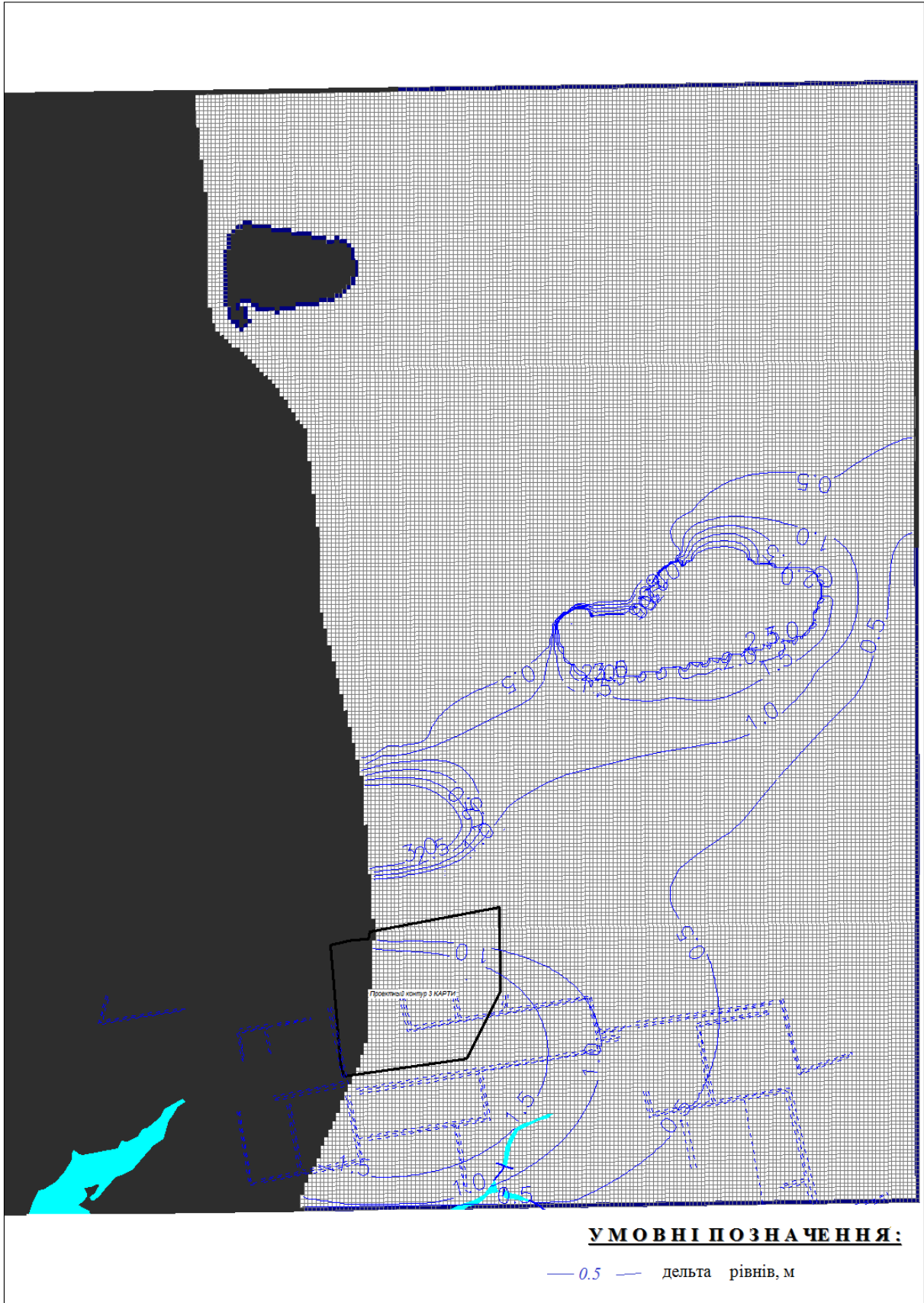


Рис. 6.2 - Карта прогнозного зниження рівнів горизонту четвертинних відкладів

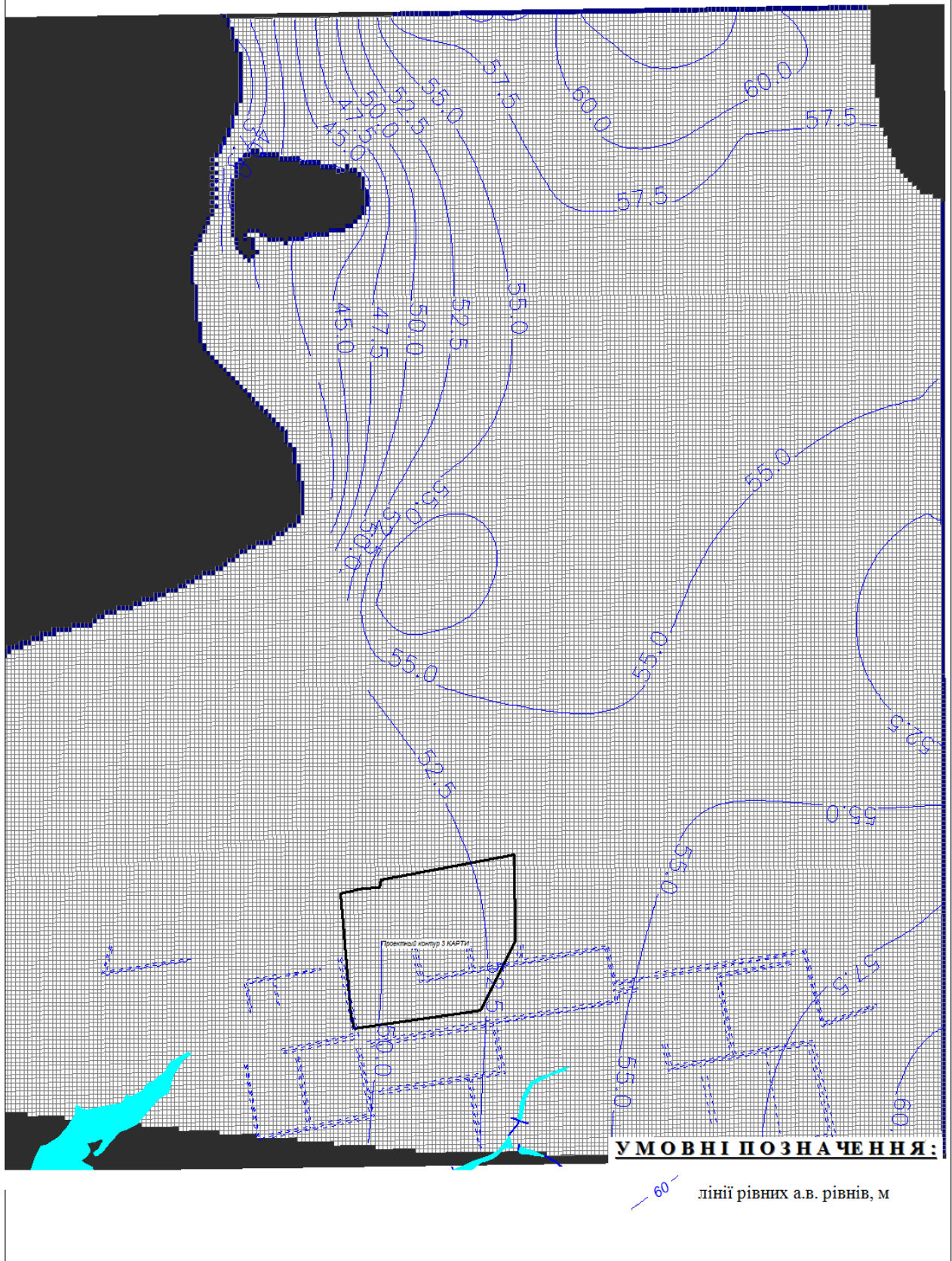


Рис. 6.3 - Карта прогнозних рівнів горизонту неогенових відкладів

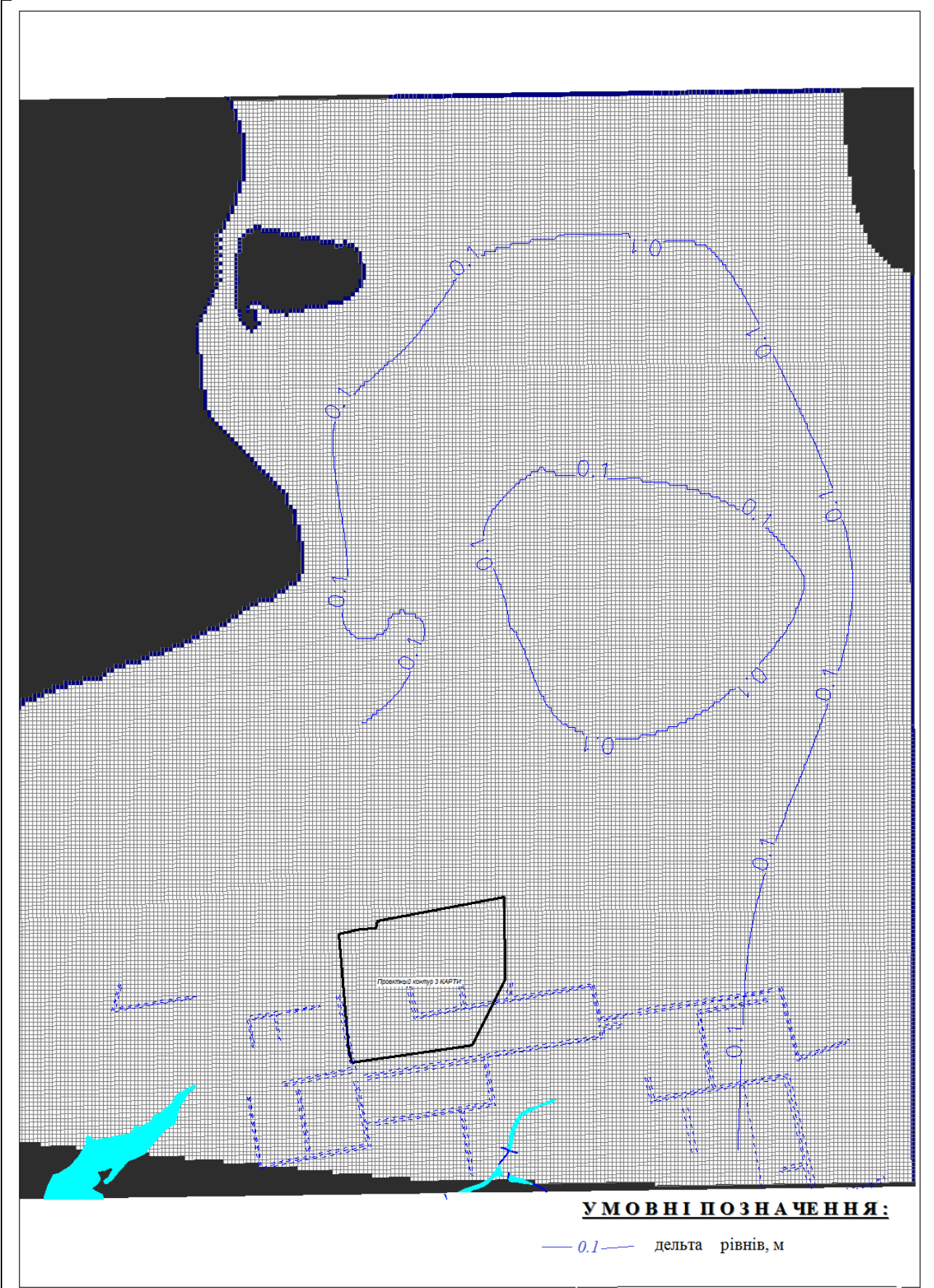
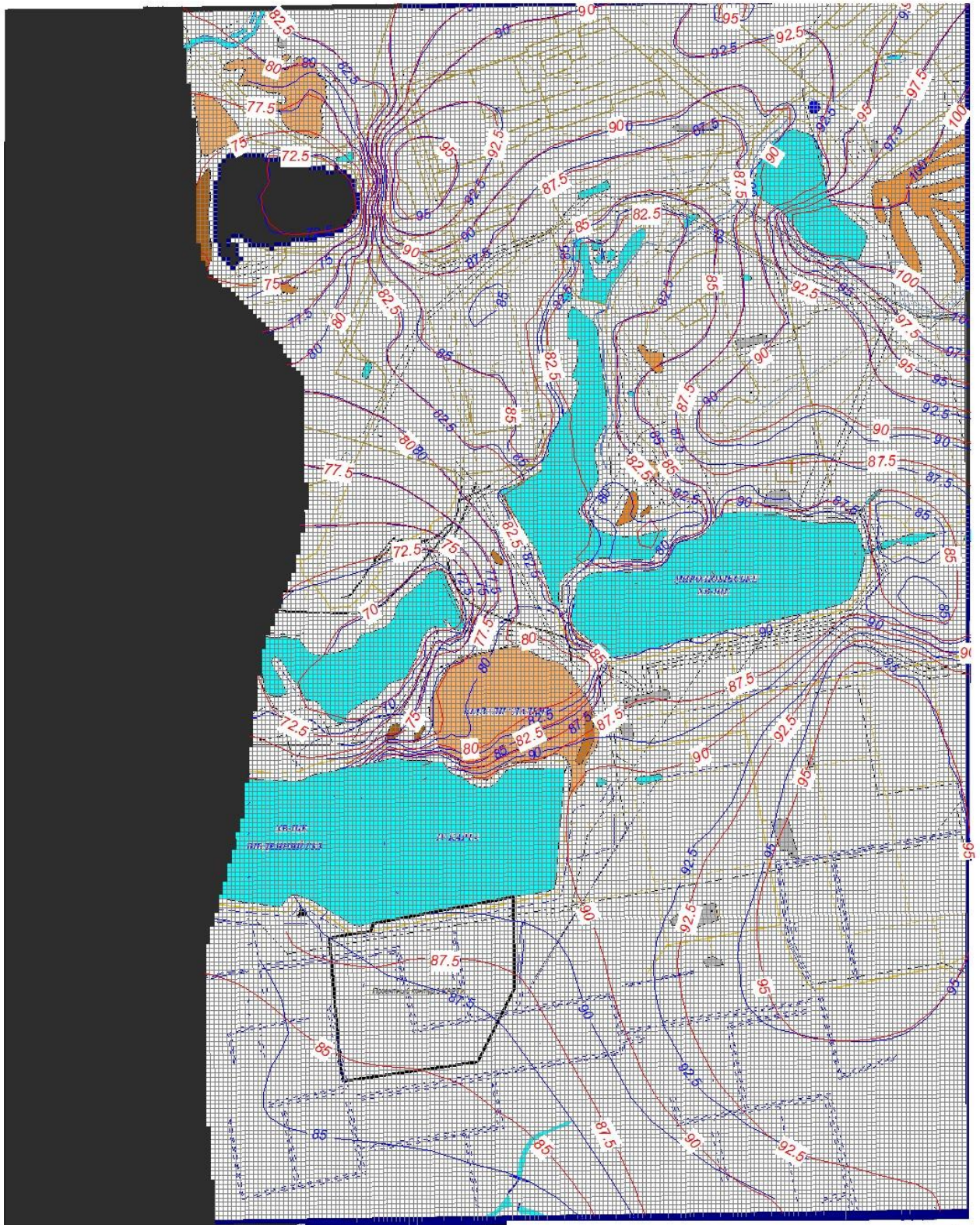


Рис. 6.4 - Карта прогнозного зниження рівнів горизонту неогенових відкладів

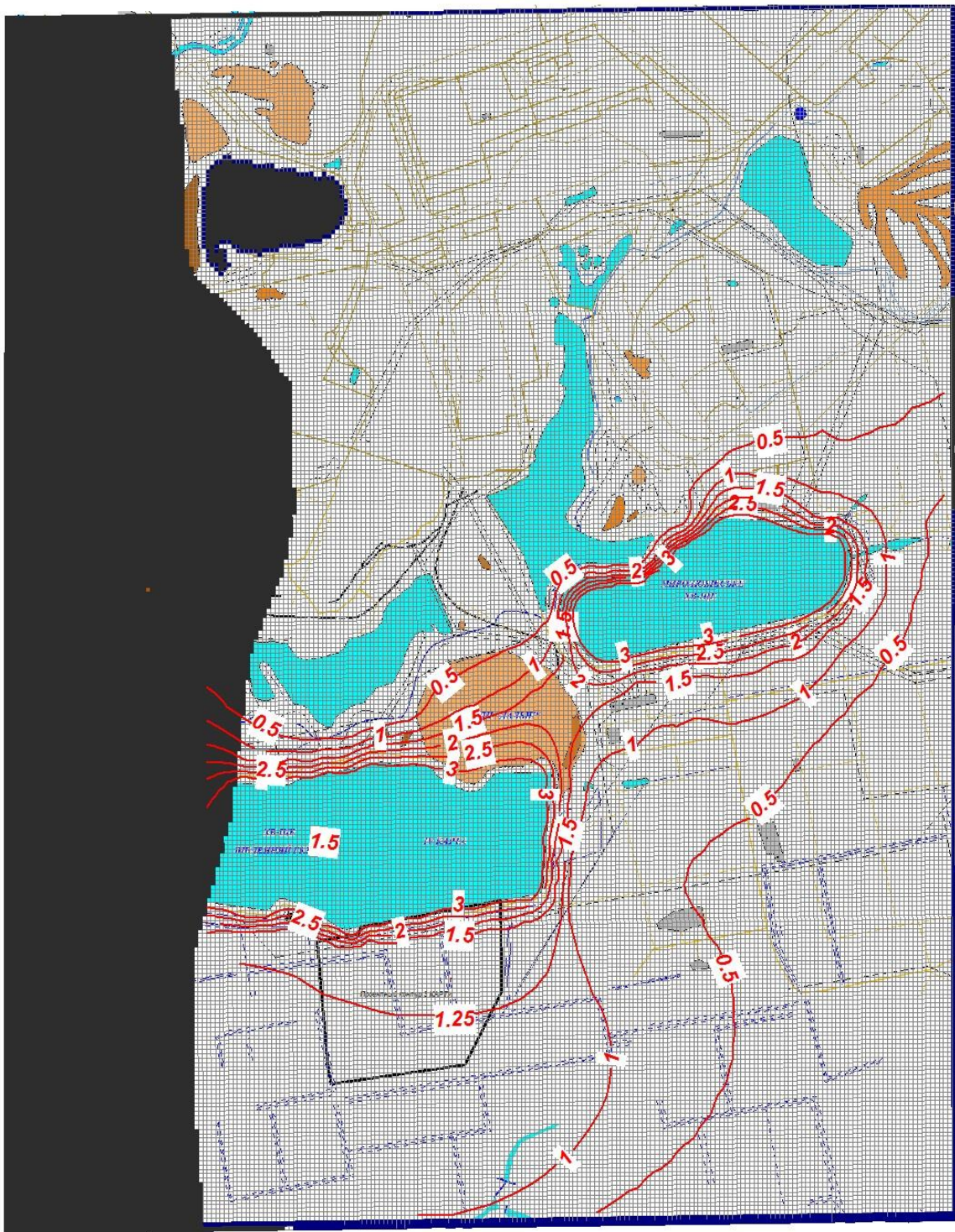


УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ:

Модельні рівні (сталій режим):

- 85 — модельні рівні (існуюче становище);
- 85 — модельні рівні (прогнозне становище)

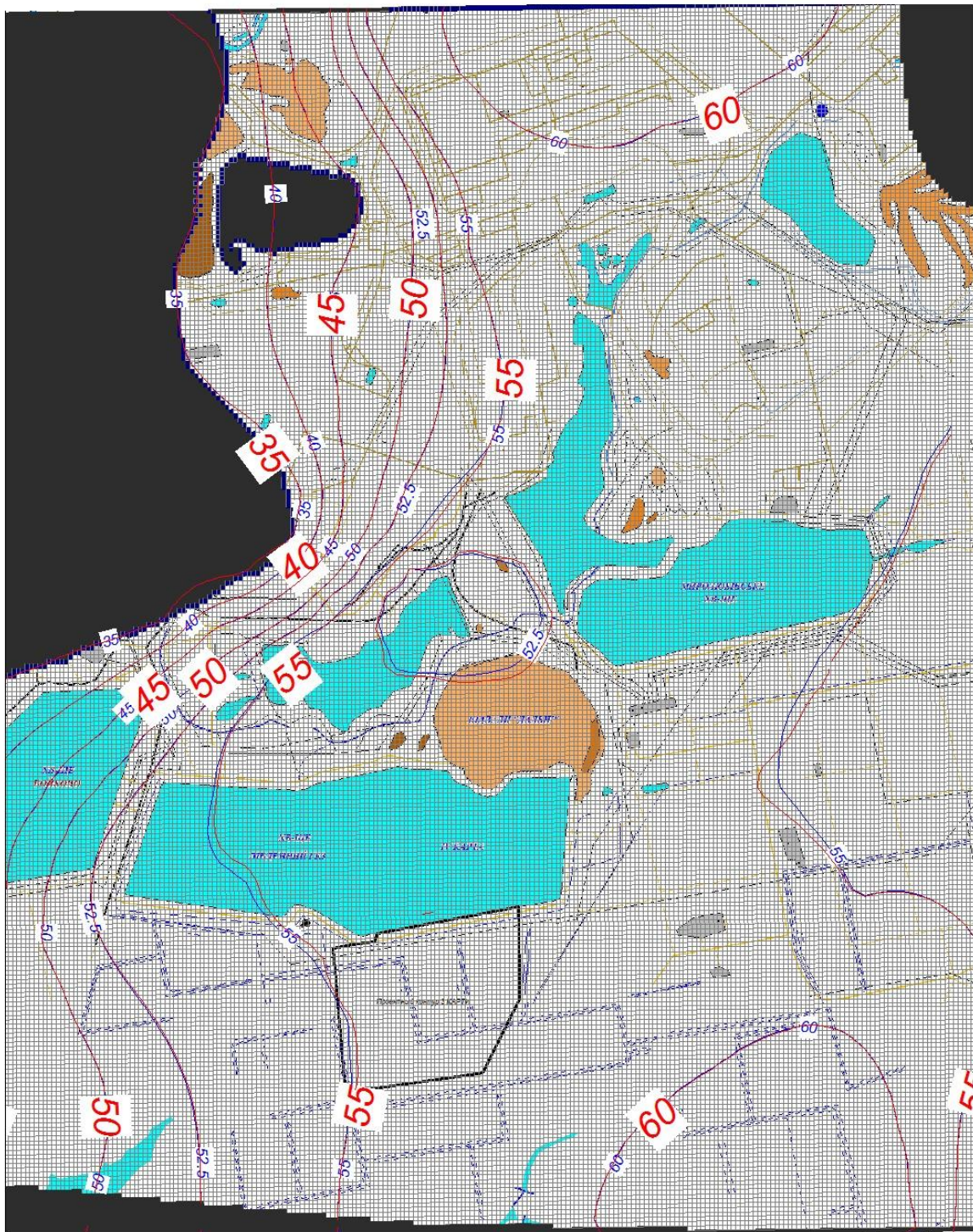
Рис. 6.1а – Карта-схема прогнозних рівнів горизонту четвертинних відкладів



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ:

— 1.0 — дельта рівнів, м

Рис. 6.2а – Карта-схема прогнозного зниження рівнів горизонту четвертинних відкладів

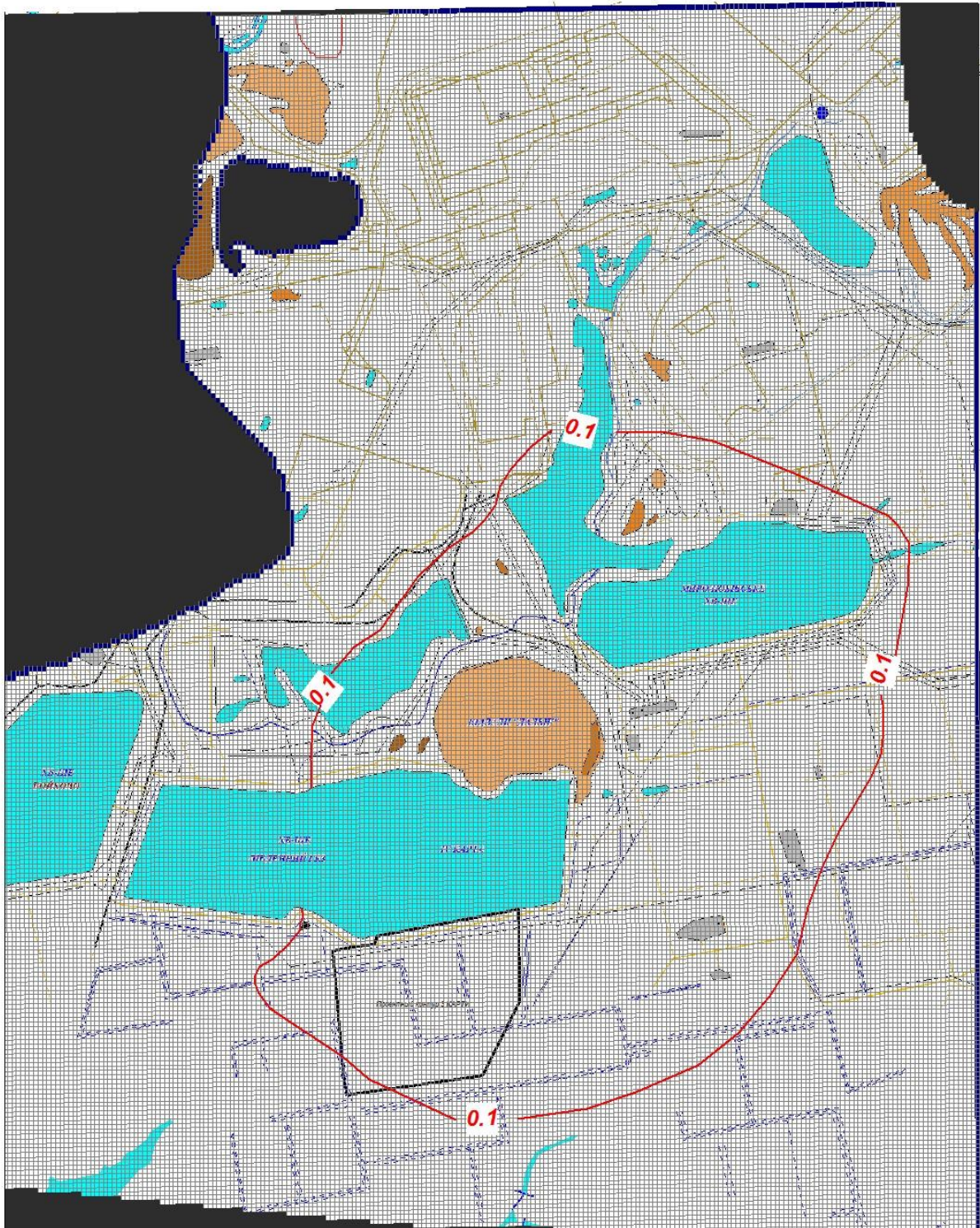


УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ:

Модельні рівні (сталий режим):

- 55 — модельні рівні (існуюче становище);
- 55 — модельні рівні (прогнозне становище)

Рис. 6.3а – Карта-схема прогнозних рівнів горизонту неогенових відкладів



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ:

— 0.1 — дельта рівнів, м

Рис. 6.4а – Карта-схема прогнозного зниження рівнів горизонту неогенових відкладів

7 ОЦІНКА ВПЛИВУ НА ГІДРОХІМІЧНИЙ РЕЖИМ ГРУНТОВИХ І ПІДЗЕМНИХ ВОД

Хвостосховище «ІІІ карта» не матиме фільтраційних втрат через ложе і не впливатиме на гідрохімічний режим ґрунтових і підземних вод прилеглих територій.

Прогнозні гідродинамічні розрахунки показують, що очікуваним є зниження рівнів ґрунтових і підземних вод, як на площі, що відведена під будівництво 3-ої карти, так і у смузі навколо діючих хвостосховищ ГД, включаючи сельбищні території (сс. Свистуново і Миролюбівка).

При цьому хімічний склад ґрунтових і підземних вод не змінюється, оскільки відсутні додаткові (до тих, що є) джерела їх забруднення (хвостосховище «ІІІ карта» не є джерелом забруднення цих вод).

Таким чином, стан ґрунтових і підземних вод територій, прилеглих до хвостосховища «ІІІ карта», визначатиметься не планованою діяльністю, а іншими наявними факторами (води зрошення, втрати з водонесучих комунікацій, інші).

Гідрохімічний режим ґрунтових і підземних вод територій, прилеглих до хвостосховища «ІІІ карта», не погіршиться відносно сучасного.

Характеристику сучасного гідрохімічного режиму ґрунтових і підземних вод територій, що розглядаються, наведено у розділі 2.

За результатами виконаного гідродинамічного моделювання можна зробити висновки про те, що планована діяльність не впливатиме на гідрохімічний режим ґрунтових і підземних вод територій, прилеглих до хвостосховища «ІІІ карта».

ВИСНОВКИ

1. Метою робіт є математичне моделювання гідрологічного режиму підземних вод, зокрема щодо зміни їх рівнів у зоні впливу хвостосховища «ІІІ карта» (в т.ч. с. Миролубівка та с. Свистуново) та розповсюдження хімічних елементів у підземних водоносних горизонтах на прилеглих до хвостосховища «ІІІ карта» територіях з урахуванням впливу від запланованого до спорудження хвостосховища ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

2. У рамках виконання робіт систематизовані відомості відносно:

- природних умов досліджуваної території;
- геологічної будови території (включаючи просторове залягання основних горизонтів і комплексів, їх літологічну характеристику, планово-просторове поширення основних горизонтів);
- виділення основних водоносних горизонтів й водотривких комплексів території з визначенням їхнього планово-просторового поширення, фільтраційних характеристик водовмістких порід, абсолютного положення рівнів ґрунтових і підземних вод;
- ступеню гідравлічного зв'язку горизонтів зони активного водообміну, напрямків потоків ґрунтових і підземних вод основних водоносних горизонтів;
- стану режимної мережі моніторингу підземних і поверхневих вод території.

3. Аналіз і узагальнення даних наявних спостережень за станом підземних та поверхневих вод показує, що в межах території району планованої діяльності сформовані техногенні водоносні горизонти з відповідним водним і хімічним балансом.

4. Рівень ґрунтових і підземних вод знаходиться в стабільному стані, і незначні його коливання обумовлені кількістю опадів, що випали, а також об'ємом фільтраційного проскоку з гідротехнічних споруд гірничого департаменту.

Режим рівнів четвертинного водоносного горизонту може вважатися практично сталим з вираженим трендом до зниження рівнів. Зміна рівнів горизонту відкладень неогену за останні роки має різноспрямований характер.

5. У межах території ГД мінералізація вод четвертинного водоносного горизонту варіює в діапазоні від 0,506 до 17,196 г/дм³, у середньому становлячи 7,144 г/дм³. Тип води залежить від мінералізації: при мінералізації до 1,5 г/дм³ переважають гідрокарбонати, при мінералізації від 2,0 до 8,5 г/дм³ домінуючими аніонами є сульфати і тип води є хлоридно-сульфатний, при мінералізації до 11,0 г/дм³ і більше - переважають хлориди, тип вод - сульфатно-хлоридний.

За останні роки у межах території ГД сумарний вміст солей в воді четвертинного водоносного горизонту знизився в середньому на $0,177 \text{ г/дм}^3$.

Зміна мінералізації вод неогенового горизонту має різноспрямований характер. У середньому за останні роки відзначений незначний ріст мінералізації вод неогенового горизонту - на $0,31 \text{ г/дм}^3$.

6. Незначні зміни, як в рівневому режимі, так і хімічному складі підземних вод, свідчать про задовільну роботу комплексу дренажних споруд діючих гідротехнічних споруджень ГД, призначеного для перехоплення фільтраційної технічної води з поверненням її в систему оборотного водопостачання ГД.

7. З урахуванням гідродинамічної ситуації, що склалася на розглянутій території, виявлених джерел живлення і міст розвантаження підземних вод, розроблено гідродинамічну модель району.

Адекватність побудованої гідродинамічної моделі, зовнішніх границь і гідродинамічних параметрів основних водоносних горизонтів оцінювалася шляхом зіставлення модельних і натурних рівнів водоносних горизонтів. Результати зіставлення свідчить про досить точну відповідність розробленої гідродинамічної моделі розглянутої території існуючим природно-техногенним умовам.

Рішення на моделі серії зворотних завдань дозволило скорегувати задані значення основних гідродинамічних параметрів водоносних горизонтів (водопроводимості, величини інфільтраційного живлення, гідравлічних характеристик локальних ділянок живлення - розвантаження, фільтраційних властивостей основи хвостосховищ).

8. Для реалізації гідродинамічної моделі й проведення чисельного моделювання фільтрації застосований програмний комплекс Геологічної служби США, - MODFLOW, що став у цей час "де-факто" стандартом для фільтраційних розрахунків у складних гідрогеологічних умовах.

Пакет MODFLOW призначений для моделювання тривимірної кінцево-різницевої фільтрації підземних вод і дозволяє вирішити основне коло завдань гідродинамічного і гідрохімічного моделювання. Програмний пакет підтримує до 1000 тимчасових проміжків, дозволяє задати до 200 різних шарів і обмежений кількістю блоків сітки 250000 блоків у кожному шарі.

9. Розроблена гідродинамічна модель території дозволила виконати загальну оцінку впливу планованої діяльності (будівництва і експлуатації хвостосховища «III карта») на режими підземних вод в районі її розташування.

10. Оцінку проведено по характерних етапах будівництва та експлуатації хвостосховища «ІІІ карта», а саме: до 2026 року (експлуатація усіх хвостосховищ ГД) і після 2026 року (експлуатація лише хвостосховища «ІІІ карта»).

11. Як показали проведені модельні дослідження, ореол поширення підземних вод трансформованого складу навколо хвостосховищ ГД, що сформувався за сучасних умов, займає вузьку смугу території, яка безпосередньо примикає до накопичувачів.

Зазначена трансформація якості природно-техногенних вод у районі впливу хвостосховища «Миролюбівка» може бути обмежена наступним чином:

- 200 м до півночі від північного борта спорудження;
- 600 м до сходу від відповідного борта спорудження;
- 300-1200 м до півдня від південного борта хвостосховища.

На захід від хвостосховища метаморфізація вод неогенового горизонту визначається взаємним впливом відвалів "Дальні", б. Грушевата й хвостосховища "ІV карта".

У районі впливу хвостосховища "ІV карта" зона трансформація підземних вод поширюється:

- від північного борта спорудження до південного контуру б. Грушевата;
- 1700 м до сходу від східного контуру хвостосховища;
- 1400 м до півдня від південної границі спорудження.

На захід від хвостосховища «ІV карта» якість підземних вод визначається впливом хвостосховища «І карта» Південного ГЗК.

12. Локальне поширення зон трансформації якості природно-техногенних вод навколо діючих хвостосховищ ГД обумовлене як збільшенням товщі кольматованих хвостів в основі діючих хвостосховищ, так і ефективною роботою дренажної системи, в т.ч. вертикальними свердловинами дренажу, обладнаними уздовж південного борту хвостосховища «Миролюбівка» і уздовж східного борту хвостосховища «ІV карта».

13. З метою мінімізації впливу хвостосховища «ІІІ карта» на підземні води технічними рішеннями проекту будівництва хвостосховища передбачена організація протифільтраційного екрану чаші хвостосховища, низового відкосу хвостосховища «ІV карта», дна і відкосів нагірного та водовідвідних каналів, регулюючої ємності, - бентонітовим матеріалом АСТІМАТ, що додатково ламінується геомембраною, товщиною 0,2 і 0,6 мм.

Матеріал АСТІМАТ витримує необмежену кількість циклів «заморожування-відтаювання», «гідратація-дегідратація», йому притаманна стійкість та здатність до «самолікування» у разі незначних механічних пошкоджень, проколів, порізів, в тому числі від

впливу кореневої системи рослин, він забезпечує цілісність екрану після гідратації, довговічність та незмінність властивостей у часі.

Екранування бентонітовим матеріалом АСТІМАТ з коефіцієнтом фільтрації 3×10^{-11} м/с чаші хвостосховища, низового відкосу хвостосховища «IV карта», dna і відкосів нагірного та водовідвідних каналів, регулюючої ємності, - практично повністю виключає вплив хвостосховища «III карта» на гідродинамічний і гідрохімічний режими підземних вод району.

14. Для забезпечення консолідації хвостів в чаші хвостосховища «III карта» і зменшення тиску на протифільтраційний екран чаші, проектом передбачений стрічковий дренаж, укладений по всій площі чаші хвостосховища поверх захисного екрану.

Перехоплена дренажна вода надходить в регулюючу ємність, далі перекачується у водовідвідний канал і самопливом надходить в існуючий ставок оборотного водопостачання в б. Грушевата. Тобто, вертається у оборотну систему водопостачання ГД.

15. Усі передбачені проектом захисні заходи (протифільтраційний екран та стрічковий дренаж) повністю виключають негативний вплив хвостосховища «III карта» на гідродинамічний і гідрохімічний режими підземних вод району.

16. Діючі хвостосховища «Миролюбівка», «Центральне» і «IV карта» планують експлуатувати до 2026 року. Починаючи з другого кварталу 2026 року хвостосховище «III карта» буде єдиним діючим хвостосховищем ГД ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Виходячи з цього, до 2026 року впливи на гідродинамічний і гідрохімічний режими підземних вод району з боку хвостосховищ ГД зберігатимуться на існуючому рівні.

Починаючи з 2026 року вплив на підземні води району з боку хвостосховищ ГД буде зменшуватись, оскільки експлуатація нині діючих хвостосховищ, які локально впливають на гідродинамічний і гідрохімічний режими підземних вод району, буде завершена.

17. Результати моделювання показують, що проектний пристрій екрану основи, практично повністю виключає техногенні втрати через його ложе при будь-яких відмітках зашлямування хвостосховища «III карта». При цьому внаслідок припинення надходження інфільтраційного живлення на площу хвостосховища «III карта» прогнозується зниження рівнів підземних вод.

18. Прогнозні розрахунки виконані для режиму фільтрації на період 25 років з кроком 5 років.

При цьому, час настання стаціонарного режиму фільтрації склав 6,5 - 7,0 років від моменту припинення експлуатації цих споруд для територій, що прилягають до хвостосховищ «Миролюбівка», «Центральне», «IV карта» і «III карта».

Для територій хвостосховищ «Миролюбівка», «Центральне», «IV карта» (у межах розміщення хвостів) прогнозний час настання стаціонарного режиму склав 11 років від моменту припинення експлуатації цих споруд.

Значення зниження рівнів наведені для режиму фільтрації, що встановився.

19. Внаслідок припинення надходження інфільтраційного живлення на площу хвостосховища «III карта» (при його експлуатації) прогнозується зниження рівнів четвертинного водоносного горизонту на його площі протягом 4,5 – 5 років. Остаточне зниження рівнів становитиме 1,0 – 1,5 м.

Згідно з даними рішення обратних завдань на розробленій гідродинамічній моделі, існуюче інфільтраційне живлення на території передбачуваного обладнання хвостосховища «III карта» становить $1,567 \times 10^{-4}$ м/добу.

Площа основи проєктованого хвостосховища «III карта» – 382,95 га.

За умови припинення надходження існуючого інфільтраційного живлення у водоносний горизонт на площі хвостосховища, зміна прибуткових статей водного балансу четвертинного водоносного горизонту складе:

$$1,567 \times 10^{-4} \text{ м/добу} \times 382,95 \times 10000 \text{ м} = 600,08265 \approx 600,1 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

20. При припиненні експлуатації хвостосховищ «Миролюбівка», «Центральне», «IV карта», видима зміна положення рівнів та напрямок потоку відзначається на південь від хвостосховищ «Миролюбівка», «Центральне», «IV карта».

На даній території, у смузі бортів хвостосховищ «Миролюбівка», «Центральне», «IV карта» прогнозується зниження рівнів четвертинного водоносного горизонту в діапазоні 0,5 - 3,0 м.

Прогнозне зниження рівнів четвертинного горизонту (не менше 0,5 м) очікується в зоні:

- до 2.2 км на схід від контуру хвостосховища «III карта»;
- до 910 м – 2.0 км на схід і північний схід від контуру хвостосховища «Миролюбівка».

У межах сельбищних територій, розташованих поблизу хвостосховища «III карта» і діючих хвостосховищ ГД (с. Свистуново і с. Миролюбівка), згідно з виконаним прогнозом, також буде мати місце зниження рівнів ґрунтових вод.

Зниження рівнів ґрунтових вод на території с. Свистуново становитиме від 0,5 до 0,7 м, на території с. Миролюбівка – до 0,25 м, що знизить розвиток процесів підтоплення.

На решті території становище рівнів, згідно з прогнозом, залишається незмінним. Це пов'язано з тим, що системи аварійних ємностей, обвідний канал і, в першу чергу, ставок у балці Грушевата, є для четвертинного водоносного горизонту гідродинамічним бар'єром,

перешкоджаючи взаємовпливу ділянок зі своїми локальними областями живлення та розвантаження.

Після досягнення стаціонарного режиму рівні вод будуть визначатися сезонними річними варіаціями, що залежать, в основному, від водності року та розподілу опадів у річному циклі.

21. Отримані на моделі прогностні рівні ґрунтових і підземних вод на прилеглих до хвостосховищ ГД територіях, у т.ч. селітебних, можна оцінити як доволі значні.

Так, у результаті планованої діяльності загальна площа, на якій відзначається значне зниження ґрунтових вод (до 0.5 м), становить 30.68 км².

При цьому зниження рівнів на 0.5 м прогнозується на площі 1305.1 га, зниження рівнів до 1.0 м – на площі 1225.7 га, на 1.5 м – на площі 348.7 га, до 2.5 м – на площі 188.5 га. Це доволі значні території і також значні зниження рівнів.

За рахунок прогностного зниження рівнів вміст води в ґрунтах прилеглої до хвостосховищ ГД території зменшиться на 4.4822 млн. м³.

Ширина лінії значного (0.5 м і більше) зниження рівнів ґрунтових вод у районі хвостосховища «Миролюбівка» досягає 3.3 км, в районі хвостосховища «IV карта» - 6.0 км.

22. Обмежений вплив планованої діяльності на *горизонт неогенових відкладень* пов'язаний із утрудненим гідравлічним зв'язком між горизонтами техногенних відкладень «хвостів», горизонтом четвертинних відкладень і водоносним комплексом неогенових відкладень, через наявність у крові комплексу потужної товщі глинистих відкладень.

Моделльні дослідження показали, що *вплив планованої діяльності на води неогенового комплексу практично відсутній*. Зміна рівнів неогенового комплексу як при пристрої хвостосховища «III карта», так і при зміні умов експлуатації хвостосховищ «Миролюбівка», «Центральне», «IV карта», мінімально - максимальне зниження рівнів оцінюється величиною 0,12 м.

Зміна режимів неогенового водоносного комплексу в межах с. Свистунове та с. Миролюбівка не очікується.

23. Хвостосховище «III карта» не матиме фільтраційних втрат через ложе і таким чином не впливатиме на гідрохімічний режим ґрунтових і підземних вод прилеглих територій.

Прогностні гідродинамічні розрахунки показують, що очікуваним є зниження рівнів ґрунтових і підземних вод, як на площі, що відведена під будівництво хвостосховища «III карта», так і у смузі навколо діючих хвостосховищ ГД і в межах сельбищних територій сс. Свистуново і Миролюбівка.

При цьому хімічний склад ґрунтових і підземних вод розглянутої території не зміниться, оскільки відсутні додаткові (до тих, що є) джерела їх забруднення (хвостосховище «ІІІ карта» не є джерелом забруднення цих вод через відсутність фільтраційних втрат).

Таким чином, стан ґрунтових і підземних вод територій, прилеглих до хвостосховища «ІІІ карта», визначатиметься не планованою діяльністю, а іншими наявними факторами (води зрошення, втрати з водонесучих комунікацій, інші).

Гідрохімічний режим ґрунтових і підземних вод територій, прилеглих до хвостосховища «ІІІ карта», не погіршиться відносно сучасного за умов будівництва і експлуатації хвостосховища «ІІІ карта».

24. Проведеними модельними дослідженнями встановлено, що діюча система дренажів хвостосховищ ГД є ефективною і забезпечує локальний вплив існуючих хвостосховищ на режим ґрунтових і підземних вод прилеглих до них територій.

Проектні рішення щодо будівництва і експлуатації хвостосховища «ІІІ карта» виключають негативний вплив споруди на стан ґрунтових і підземних вод прилеглих територій. Крім цього, обладнання системи дренажів і протифільтраційного екрану в основі проєктованого хвостосховища зменшують надходження вод в підземні водоносні горизонти на його площі і сприяють зниженню їх рівнів як в межах споруди, так і на прилеглих до неї територіях.

Зниженню рівнів ґрунтових і підземних вод в межах розглянутих територій також сприятиме виведення з експлуатації нині діючих хвостосховищ ГД і експлуатація тільки хвостосховища «ІІІ карта».

Внаслідок реалізації проектних рішень за доволі невеликий період часу очікується значне зниження рівнів ґрунтових вод на досить великих територіях, які включають промислові і селітебні зони. При цьому, експлуатація проєктованого хвостосховища не погіршить гідрохімічний режим ґрунтових і підземних вод прилеглих територій відносно сучасного стану.

25. Таким чином, модельні дослідження показали, що існуючі і проєктовані (у складі хвостосховища «ІІІ карта») дренажні системи хвостосховищ ГД є ефективними і достатніми для поліпшення (відносно сучасного) стану ґрунтових та підземних вод в межах прилеглих до них територій.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Звіт «Оценить на основе гидродинамического и гидрохимического моделирования зоны влияния и масштабы загрязнения подземных водоносных горизонтов фильтрационными водами из пруда-накопителя в б. Свистунова». Х.-д. №14 пр-123-05 от 20.12.05. Заключительный отчёт. Харьков. 2006. АОЗТ «Тяжпромавтоматика».
2. Изучение режима грунтовых и подземных вод на территориях горнорудных предприятий Криворожско-Кременчугского и Никопольского бассейнов с целью прогноза подтопления промышленных площадок и охраны окружающей среды от загрязнения. Отчет Саксаганской гидрогеологической партии за 1986-1991 г.г. по району ЮГОКа – НКГОКа.
3. Моніторинг геологічного середовища Кривбасу: Звіт про НДР. Криворізька геолого-розвідувальна партія (КГРП); Керівник Т. Н. Кулькова. – №4024. –Кривий Ріг, 2000.
4. Шерстюк Н.П. Особливості гідрохімічних процесів у техногенних та природних водних об'єктах Кривбасу: монографія. Н.П. Шерстюк, В.К. Хільчевський. – Дніпропетровськ. ТОВ "Акцент ПП", 2012.
5. Дослідження гідрологічного та гідрогеологічного режиму та визначення джерел забруднення р. Інгулець в районі діяльності підприємств Кривбасу у Дніпропетровській області. Державний регіональний проектно-вишукувальний інститут «Дніпродіпроводгосп». Звіт 1860-ЗВ,Т. 1. – Д., 2007. – 173 с.
6. Звіт «Про результати виконання комплексу режимних спостережень по діючих спостережних свердловинах, які розташовані на промисловій ділянці та території прилеглий до гідротехнічних споруд гірничого департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Комплексна геологічна партія «Кривбасгеологія». Кривий Ріг, 2020.
7. Звіт «Визначення кількісних характеристик поверхневого стоку, дренажних і фільтраційних вод з території водозбору обвідного каналу». Х.-д. №3815 від 22.12.2017. Харків. МДП «Інститут проблем управління НАН України», 2018.
8. Звіт «Комплексний аналіз впливу місць видалення відходів ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (ГД) на оточуюче середовище». Харків. МДП «Інститут проблем управління НАН України», 2020.
9. Проект «Нове будівництво хвостосховища «ІІІ карта» шламового господарства РЗФ на території Гречаноподівської та Новолатівської сільських рад Широківського району Дніпропетровської обл. ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», Харків, ТОВ «Южгіпроруда», 2020.

10. Звіт з математичного моделювання фільтрації у складі проекту «Нове будівництво хвостосховища «ІІІ карта» шламового господарства РЗФ на території Гречаноподівської та Новолатівської сільських рад Широківського району Дніпропетровської обл. ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», Дніпро, ІГТМ НАН України, 2019.
11. Звіт з НДР «Хвостосховище «ІІІ карта» ГЗК ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Проект. Розробка рекомендацій із захисту території від підтоплення підземних вод від забруднення». Харків, НОВОТЕК-2, 2008.
12. Технічний звіт про стан гідротехнічних споруд хвостового господарства гірничого департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» за 2021, 2022 рр.
13. Альтернативна схема акумуляції надлишків шахтних вод кривбасу у ставку-накопичувачі шахтних вод в балці Свистунова та їх скидання у р. Інгулець. Том 2 «Оцінка впливу ставка-накопичувача шахтних вод в балці Свистунова на режим підземних вод прилеглої території. Рекомендації щодо модернізації режимної мережі спостережних свердловин в зоні впливу ставка-накопичувача шахтних вод в балці Свистунова». Харків, МДП «Інститут проблем управління НАН України» спільно з Північно-Східний науковий Центр НАН України і МОН України, 2020.