

Державна служба геології та надр України
Державне геофізичне підприємство «Укргеофізика»
Дніпропетровська геофізична експедиція «Дніпрогеофізика»



Затверджую»

Начальник ДГЕ «Дніпрогеофізика»

В.К. Свистун

2021 р

ЗВІТ

про результати науково – дослідної роботи

**«Вплив розвитку гірничих робіт в кар'єрі на русло річки Інгулець.
Зміна гідрохімічних і гідродинамічних умов підземних і поверхневих вод,
а також заходи щодо їх захисту. Оцінка можливостей прориву або
фільтрації води з річки Інгулець в кар'єр.»**

(договір № 2/815-ю від 01.02.2021р.)

Головний геолог
ДГЕ «Дніпрогеофізика»

Ю.Г. Тимофієнко

Головний геофізик ДГЕ

П.Г. Пігулевський

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. НАРИС МОРФОЛОГІЧНОЇ, ГЕОЛОГІЧНОЇ І ГІДРОГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
1.1 Загальні відомості і орогідрографія.....	9
1.2 Клімат.....	11
1.3 Стислий геологічний нарис.....	13
1.3.1 Стратифіковані утворення.....	13
1.3.1.1 Докембрійські відклади.....	13
1.3.1.2 Кайнозойські відклади	15
1.3.2 Тектоніка.....	16
2. ОГЛЯД ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ТА ОБСТЕЖЕНЬ	18
2.1 Загальні відомості про гідрогеологічні спостереження прилеглої до родовища території	18
2.2 Гідрогеологічні обстеження в кар'єрі	20
3. МЕТОДИКА ПОЛЬОВИХ ГЕОФІЗИЧНИХ РОБІТ.....	24
3.1 Теоретичні основи електророзвідувальних робіт.....	24
3.2 Методика польових робіт.....	28
3.2.1 Методика польових робіт методом електротомографії.	28
3.2.2 Методика польових робіт методом ПП.....	31
3.2.3 Гравірозвідувальні роботи.....	32
3.2.4 Топо-геодезичні роботи.....	34
4. ОБРОБКА І ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ГЕОФІЗИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ....	36
4.1 Обробка результатів польових вимірювань	36
4.1.1 Обробка і інтерпретація матеріалів електротомографії.....	36
4.1.2 Обробка і інтерпретація матеріалів гравірозвідки.....	40
4.1.3 Обробка і інтерпретація матеріалів методом природнього поля.....	40

4.2	Інтерпретація геолого-геофізичних матеріалів.....	40
4.3	Комплексна інтерпретація геолого-геофізичних матеріалів.....	41
5.	РЕЗУЛЬТАТИ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	45
5.1	Північно-східна частина кар'єра	45
5.2	Південна частина кар'єра	53
6.	ЗМІНИ ГІДРОХІМІЧНИХ І ГІДРОДИНАМІЧНИХ УМОВ ПІДЗЕМНИХ І ПОВЕРХНЕВИХ ВОД	62
7.	ВПЛИВ РОЗВИТКУ ГІРНИЧИХ РОБІТ В КАР'ЄРІ НА РУСЛО РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ.....	70
	ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	72
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	75

СПИСОК ТАБЛИЦЬ

Таблиця 2.1. Показники середніх дебітів водоприпливів по пунктам спостереження в кар'єрі за період 2009-2014 рр. та перше півріччя 2020 року.....	22
Таблиця 2.2. Результати хімічного аналізу проб в пунктах спостереження кар'єру за 2019 рік.....	23
Таблиця. 5.1. Середній хімічний склад води (мінералізація) в джерелі ПС11.....	50
Таблиця. 5.2. Середній хімічний склад води (мінералізація) в джерелі ПС12.....	51
Таблиця. 5.3. Середній хімічний склад води (мінералізація) в р. Інгулець.....	52
Таблиця 5.4. Точки ймовірних водоприпливів та водопоглинання за геофізичними даними на профілі В2L1	53
Таблиця 5.5. Колонки за свердловинами 2128 і 2129	54
Таблиця 5.6. Точки ймовірних водоприпливів та водооглинання за геофізичними даними на профілі Z1.....	55
Таблиця. 5.7. Середньорічний хімічний склад води (мінералізація) в джерелі ПС4.....	59

Таблиця. 5.8. Середньорічний хімічний склад води (мінералізація) в джерелі ПС5.....	60
Таблиця 6.1. Середньорічні показники хімічного складу кар'єрних вод за період 2015-2019 рр.	62

СПИСОК РИСУНКІВ

Рисунок 1.1. Фрагмент супутникового знімку КА PLEIADES (2015 р.) території досліджень.....	10
Рисунок 1.2. Річна кількість опадів в м. Кривий Ріг з 1991 по 2019 рр.	12
Рисунок 3.1. Чотирьохелектродна установка ABMN.....	25
Рисунок 3.2. Схема польової установки ЕТ.....	30
Рисунок 3.3. Схема розміщення точок запису на розрізі ЕТ	30
Рисунок 3.4. Схема розташування геофізичних профілів В2L1 і Z1.....	35
Рисунок 4.1. Стартова 2D-модель блочного підбору уявного опору вздовж північно-східного профіля В2L1	38
Рисунок 4.2. Розріз уявного опору вздовж північно-східного профіля В2L1 в ізоомах	39
Рисунок 5.1. Об'єднаний профіль В2L1 з елементами інтерпретації	47
Рисунок 5.2. Комплексний геофізичний розріз за об'єднаним профілем В2L1	48
Рисунок 5.3. Графіки ПП на об'єднаному профілю В2L1, які отримані 21 березня та 14 квітня	49
Рисунок 5.4. Профіль Z1 з елементами інтерпретації	56
Рисунок 5.5. Комплексний геофізичний розріз східної частини профіля Z1 з елементами розривної тектоніки	57
Рисунок 5.6. Комплексний геофізичний розріз західної частини профіля з елементами розривної тектоніки	58
Рисунок 5.7. Графіки ПП на профілі Z1, які отримані 21 березня та 14 квітня	61

Рисунок 6.1. Діаграма середньорічних коливань макрокомпонентного складу кар'єрних вод	63
Рисунок 6.2. Діаграма середньорічних коливань макрокомпонентного складу кар'єрних вод по джерелу ПС-4.....	65
Рисунок 6.3. Діаграма середньорічних коливань макрокомпонентного складу кар'єрних вод по джерелу ПС-5.....	66
Рисунок 6.4. Діаграма середньорічних коливань макрокомпонентного складу кар'єрних вод по джерелу ПС-11.....	67
Рисунок 6.5. Діаграма середньорічних коливань макрокомпонентного складу кар'єрних вод по джерелу ПС-12.....	68
Рисунок 6.6. Діаграма середньорічних коливань макрокомпонентного складу кар'єрних вод по р. Інгулець.....	69
Рисунок 7.1. Система гірничих робіт на кінець 2030 року.....	71

ТЕКСТОВІ ДОДАТКИ

Додаток 1 Договір №2/815ю на виконання геофізичних робіт	77
Додаток 2 Технічне завдання на виконання геофізичних робіт в складі науково-дослідної роботи.....	80
Додаток 3 Календарний план на виконання геофізичних робіт в складі науково-дослідної роботи	81
Додаток 4 Координати і висоти точок спостереження на північно-східному профілі В2 L1 (система координат ГК-42)	82
Додаток 5 Координати і висоти точок спостереження на південному профілі Z1 (система координат ГК-42).....	86

Список прийнятих скорочень

УЩ – Український щит

СПМ – Середньопридніпровський мегаблок

ККГР – Криворізько-Кременчуцький глибинний розлом

СФЗ – структурно-формаційна зона

ГС – геологічне середовище

ГГК – глибинне геологічне картування

ЕГП – екзогенні геологічні процеси

КВ – кора вивітрювання

ВЕЗ – вертикальне електричне зондування

ЕТ – електротомографія

АВ – електроди живлення

MN – приймальні (вимірювальні) електроди

ПП – метод природнього поля

Δg_a – аномальне гравітаційне поле (мГал)

$\Delta g_{\text{лок}}$ – локальна складова гравітаційного поля (мГал)

σ – щільність, г/см³

ρ – питомий електричний опір, Ом·м

ρ_y – уявний електричний опір, Ом·м

f – частота, Гц

ДЗЗ – дистанційне зондування Землі

КА PLEIADES – спектральний супутниковий знімок

БКМ – багатокомпонентна картографічна модель

ЦМР – цифрова модель рельєфу

ДГЕ – Дніпропетровська геофізична експедиція

КП – казенне підприємство

ДП – державне підприємство

ПР, ПК – профіль, пікет

М – масштаб

Ом·м – омметр, одиниця вимірювання електричного опору

ВСТУП

У звіті розглянуті результати науково-дослідної роботи геофізичних досліджень ДГЕ «Дніпрогеофізика» (згідно договору «Вплив розвитку гірничих робіт в кар'єрі на русло річки Інгулець зміна гідрохімічних і гідродинамічних умов підземних і поверхневих вод а також заходи щодо їх захисту. Оцінка можливостей прориву або фільтрації води з річки Інгулець в кар'єр» (договір № 2/815-ю від 01.02.2021р.).

Для виявлення ступеня впливу розвитку гірничих робіт в кар'єрі на русло річки Інгулець, що можуть призвести до зміни гідрохімічних і гідродинамічних умов підземних і поверхневих вод, були виконані польові геофізичні спостереження і застосована методика порівняльно-статистичного аналізу раніше отриманих і сучасних даних. В результаті аналізу даних раніше виконаних гідрогеологічних і геофізичних досліджень на території кар'єра АТ «ПВДГЗК» були встановлені геодинамічні процеси в гідрогеологічному середовищі. У якості похідних даних були застосовані результати геологічних, гідрогеологічних спостережень і геофізичних зйомок, які проводилися в кар'єрі.

Також був використаний величезний досвід авторів (виконавців багатьох звітів ДГЕ) при проведенні геолого-інженерних робіт у різних регіонах України та у Кривбасі, зокрема багаточисельні публікації та монографії.

Польові геофізичні дослідження виконувались методами електротомографії, природного поля і гравірозвідки. Для отримання більш детальної інформації про складну будову характерну для рудних зон і зон тектонічних порушень, зсувів, насипних і штучних ґрунтів в південній частині кар'єру замість вертикального електричного зондування (за договором) були виконані дослідження методом електротомографії, що дозволили більш детально розчленити геологічний розріз по геоелектричним властивостям в порівнянні зі звичайним методом вертикальних електричних зондувань.

Камеральна обробка спостережень виконувалися під керівництвом провідних геофізиків ПОІМ В.М. Іпатко і А.Л. Лозового, провідного геодезиста Ю.Л. Леонова, при участі геофізиків I кат. С.М. Примакова і О.В. Криворотько, геофізиків О.М. Пілипчака і С.В. Яремія.

Камеральна обробка виконувалася провідним геофізиком ПОІМ В.М. Іпатко і А.Л. Лозовим, геофізиком I кат. М.О. Гарбузовою, С.М. Примаковим і Г.О. Суботою.

1 НАРИС МОРФОЛОГІЧНОЇ, ГЕОЛОГІЧНОЇ І ГІДРОГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Загальні відомості і орогідрографія

До будівництва об'єктів гірничодобувної діяльності рельєф місцевості території досліджень в орографічному відношенні характеризувався як степова рівнина, нахилена на південь. Абсолютні відмітки коливаються від 128,0 м (без урахування техногенних споруд) у північно-західній частині до 24,0 м на півдні. Територія досліджень порізана яружно-балочною системою. Яри і балки глибокі і в більшості своїй сухі. Відмітки рельєфу складають в середньому 60 - 100 м.

Територію досліджень зі всіх сторін оточують відвали, кар'єри, хвостосховища, штучні водойми та інші техногенні форми (рис. 1.1), що суттєво змінили природний рельєф місцевості з півдня міста Кривий Ріг.

Кар'єр АТ Південного ГЗК, закладений в межах Склюватського Магнетитового родовища залізистих кварцитів. Протяжність кар'єру 3000 м, ширина 2650 м, глибина по замкнутому контуру 375 м, кількість горизонтів 28, з них працюючих 19. Балансові запаси по родовищу (дані на 1.01.2021 р.) складають 824,524 млн. тон. Проектна продуктивність кар'єру (згідно проекту розробки на 2021-2030) становить 29,0-32,8 млн. тон за рік.

Головною водною артерією території є річка Інгулець – права притока р. Дніпро. Середньорічні витрати р. Інгулець за даними посту м. Кривий Ріг змінюються від 13,1 до 15,2 м³/с. Метеорологічні умови для створення льоду на річці Інгулець стають сприятливими у січні. Максимальна товщина льоду за багаторічними спостереженнями складає біля 50,0 см, мінімальна – 1,0 - 10,0 см.



Рисунок 1.1. Фрагмент супутникового знімку КА PLEIADES (2015 р.)
території досліджень

1.2 Клімат

Клімат району помірно-континентальний з жарким посушливим літом і холодною зимою. Середня температура повітря найбільш теплого місяця – липня – рівна $+22,6^{\circ}\text{C}$, найбільш холодного січня – мінус $5,1^{\circ}\text{C}$. Середньорічна температура повітря становить $+9,0^{\circ}\text{C}$. Середньорічна кількість опадів коливається від 247 мм (мінімальне, 2011 р.) до 797 мм (максимальне, 1966 р.) і в середньому становить 483 мм.

Атмосферні опади в кількісному відношенні зменшуються з північного заходу на південний схід і південь. Район в цілому належить до посушливих районів України. У середньому протягом року ця територія отримує 400 – 450 мм опадів.

Максимальна кількість атмосферних опадів припадає на початок літа, найбільш сухі місяці - вересень і період від січня до квітня. Упродовж року атмосферні опади розподілені нерівномірно. Дві третини їх припадає на теплий період року (300 - 320 мм), у зимові місяці – лише 100 - 130 мм.

Зволоження території, яка досліджується, характеризується певними варіаціями. Вологі роки чергуються з сухими, відповідно до коливань проходження атмосферних фронтів. Так, вологими були роки: 1978 - 589,6 мм/рік, 1980 - 664,1 мм/рік, 1981 - 714 мм/рік, 1985 - 546,7 мм/рік.

Сухими роками були ті, які характеризуються випаданням меншої, ніж їх середньорічна величина, кількістю опадів. Такими були роки: 1964 - 240,1 мм/рік, 1975 – 258 мм/рік, 1983 – 302,5 мм/рік, 1986 – 331,1 мм/рік.

Також посушливими були 1991-1992, 2011 роки. А в 1995, 1997, 2000, 2004, 2009, 2010 і 2016 значно перевищили норму (див. рис.1.2), що могло відбитися на режимі й рівнях підземних вод.

Середні показники випаровування для території досліджень становлять приблизно 300 мм/рік. В окремі роки ці показники змінюються. В сухі роки випаровування зростає до 900 мм/рік. Коефіцієнт зволоження становить 0.53, що характеризує цю територію як з недостатнім та нестійким зволоженням, незважаючи на те, що 60 - 70 % річних опадів припадає на літній період.

Протягом усіх літніх місяців баланс зволоження відрізняється дефіцитом вологи. Такий стан балансу пояснюється високими літніми температурами повітря та значною перевагою випаровуваності над сумою атмосферних опадів. Приблизно 95% атмосферних опадів витрачається на випаровування, 2 - 2,5 % - на підземний та 3-5% - на поверхневий стік.

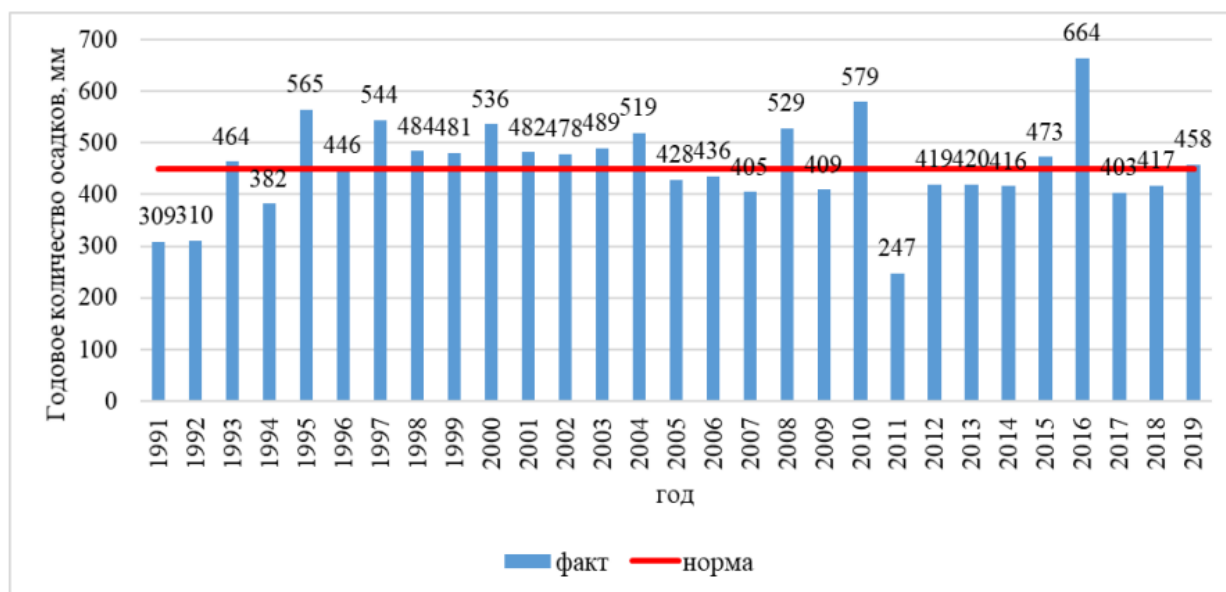


Рисунок 1.2. Річна кількість опадів в м. Кривий Ріг з 1991 по 2019 рр.

У холодний період на випаровування витрачається лише 2 - 12% опадів. Танення снігу призводить до живлення лише поверхневого стоку. Середня багаторічна висота снігового покриву досягає близько 10 см. Середня тривалість періоду зі сніговим покривом становить близько 60 днів. Промерзання ґрунту - в межах 15- 80 см, в безсніжні та морозні дні відбувається глибоке промерзання до 1,5 м.

Середня з максимальних за зиму висот сніжного покриву не перевищує 20 см.

1.3 Стислий геологічний нарис

Геологічна будова території досліджень наведена за даними геологічних робіт Криворізької КГП КП «Південукргеологія» та офіційно виданої Державної геологічної карти України масштабу 1:200 000 аркуша L-36-IV (Кривий Ріг) [1]. У геологічній будові приймають участь кристалічні породи докембрійського фундаменту, якій складають стратифіковані утворення осадово-вулканогенного генезису, нестратифіковані метаморфізовані породи магматичного походження та комплекс пухких кайнозойських утворень осадового чохла палеогенового, неогенового та четвертинного віку.

1.3.1 Стратифіковані утворення

1.3.1.1 Докембрійські відклади

Архей

Найдревнішими стратифікованими утвореннями району є метавулканогенно-осадові відклади конкської серії мезоархею, які на території робіт частіше за все представлені невеликими за розмірами, часто інтенсивно гранітизованими масивами або їх залишками. За межами району ці відклади виповнюють розташовану південніше Високопільську структуру, яка простягається вузькою смугою від замикання Лихманівської синкліналі в південно-східному напрямку до західної межі Токівського гранітного масиву

Конкська серія на території району виділяється як неподілена на світи, проте в результаті проведення геолого-формаційних досліджень її розріз розчленовано на дві формації: метадацит-андезит-толеїтову і метакоматит-толеїтову.

Метадацит-андезит-толеїтова формація займає нижнє положення в розрізі серії. В її будові беруть участь метаморфізовані в умовах амфіболітової та епідот-амфіболітової фацій регіонального метаморфізму вулканіти основного і середнього складу з підпорядкованим поширенням теригенних порід.

Групу головних членів формації представляють біотитові, мусковіт-біотитові, гранат-біотитові, біотит-амфіболові плагіогнейси, роговообманково-біотит-плагіоклазові, плагіоклаз-біотит-роговообманкові, плагіоклаз-біотитові кристалічні сланці і амфіболіти.

Переважають в розрізі амфіболіти, які займають до 40% його об'єму і належать до метаморфізованих аналогів толеїтів.

Метакоматийт-толеїтова формація картується в північній частині Високопільської структури і відсутня на території досліджень.

Протерозой

Породи протерозою криворізької серії залягають на архейських утвореннях з структурним неузгодженням. Вони розділяються на п'ять світ (знизу вгору): новокриворізьку, скелюватську, саксаганську, гданцевську та глеюватську. На досліджуваній території реально фіксуються тільки перші чотири з них, які складають південні структурні утворення Криворізького синклінорію.

Новокриворізька світа представлена амфібол-хлоритовими сланцями. Макроскопічно це середньо-дрібнозернисті породи темно-сірого до чорного кольору масивної текстури, іноді розсланцьовані. Основними породоутворюючими мінералами є рогова обманка та плагіоклаз, другорядними – біотит, актиноліт, кварц, хлорит, мікроклін і епідот.

Скелюватська світа згідно залягає на породах новокриворізької. В будові її розрізу бере участь три підсвіти: нижня ("аркозова"), середня ("філітова") і верхня ("талькова").

Саксаганська світа, як і в інших районах Кривбасу, представлена чергуванням сланцевих і залізистих горизонтів. Починається розріз світи першим сланцевим, а завершується п'ятим залізистим горизонтом.

Кар'єр закладено в межах Скелюватського Магнетитового родовища залізистих кварцитів приурочене до замка Західно-Інгулецької синкліналі, яка ускладнює замикання Основної структури (синкліналі) Кривбасу. Це відкрита складка, кути падіння крил якої змінюються від 25-40° біля замкової

частині до 50-80° - у північній частині родовища. Занурення шарніру складки складає 10-25° на північ. Розмах крил у центральній частині синкліналі сягає 1400 м, а глибина занурення перевищує 1000 м. [1].

Кар'єром розкрито (зі сходу на захід) перший, другий, четвертий, п'ятий та шостий сланцеві і залізисті горизонти саксаганської світи.

Для залізистих і сланцевих горизонтів світи характерна аутигенно-мінералогічна зональність, яка проявляється у повторенні повного циклу осадконакопичення від алюмосилікатних сланців (кварц-серицитових, кварц-біотитових) до магнетитових і гематит-магнетитових кварцитів. [1]

Гданцівська світа в межах Інгулецького родовища складена графіт-серицит-кварц-хлоритовими і слюдистими кварцитами і вохристими, суриковими продуктами їх гіпергенних змін. Потужність її розрізу не перевищує 150 м.

1.3.1.2 Кайнозойські відклади

В межах площі кайнозойські відклади представлені палеогеновою, неогеновою та четвертинною системами [1,2,3]. В їх поширенні важливу роль відіграє рельєф поверхні кристалічної основи. Палеогенові відклади виповнюють депресії, залягаючи майже горизонтально або зі слабим нахилом до Причорноморської западини. Неогенові відклади поширені значно більше і не тільки виповнюють усі пониження рельєфу поверхні фундаменту, але і спільно з четвертинними відкладами утворюють суцільний покрив, що залягає на всіх підстеляючих утвореннях, в тому числі і на породах докембрію.

Палеоген

Палеогенові відклади представлені еоценовими та олігоценовими утвореннями, що мають як морський, так і континентальний генезис.

Неоген

Відклади неогену представлені як морськими мілководними й прибережними фаціями, так і континентальними. На площі аркушу розвинені

відклади верхнього міоцену, які належать до сарматського, меотичного та понтичного регіорусів, а також товща алювіальних пісків нижнього пліоцену та товща червоно-бурих глин з прошарками пісків нижнього-верхнього пліоцену.

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 наведено відповідно до “ Стратиграфічної схеми четвертинних відкладів України ”, (Київ, 1993).

Четвертинні відклади, як правило, представлені комплексом суттєво різномірних у фаціальному та літологічному відношенні стратонів, кожному з яких відповідає певний палеогеографічний етап. Із 20-ти встановлених палеогеографічних етапів антропогену 10 представлено утвореннями теплих етапів формування і 10 – утвореннями холодних етапів формування.

Субаеральні відклади, які дуже поширені на площі аркушу, охарактеризовані повніше, з детальною характеристикою стратонів. Субаквальні утворення охарактеризовані, головним чином, в ранзі ступеня з прив’язкою до річкових терас.

1.3.2 Тектоніка

В межах території досліджень в будові кристалічного фундаменту встановлені фрагменти наступних крупних геотектонічних елементів:

1) Криворізького синклінорію, який розташовується в зоні Криворізького глибинного розлому, та 2) фрагментів крупного Саксаганського купола, складеного древніми архейськими породами гранітоїдного та метабазит-ультрабазитового типу.

Криворізький синклінорій проявляється двома фрагментами, які встановлені в північно-західному куті, північною частиною Лихманівської синкліналі та південним замиканням Основної синкліналі.

Лихманівська синкліналь має здавлену, асиметричну будову, осьова площа якої має круте ($80-85^\circ$) падіння на захід. Західне крило її деформоване, має неповний склад світ та малі їх потужності. Східне крило має повний набір світ, окрім глеюватської, та підвищені їх потужності.

Південне замикання Основної синкліналі представлене фрагментом Західно-Інгулецької синкліналі (мульди), де саксаганська світа розробляється кар'єром ПівдГЗК. В південному напрямі мульду складають скелюватська та новокриворізька світи, які внаслідок пологого падіння мають значне поширення.

Розривні тектонічні порушення добре простежені в межах Криворізького синклінорію, де проведені значні обсяги геолого-розвідувальних та геофізичних досліджень.

Розкрити кар'єром породи зім'яті в численні і морфологічно різноманітні складки та розбиті серіями поперечних і повздовжніх розломів. Безпосередньо в кар'єрі виділені Тарапаківський, Єкатерининський та Скелеватський розломи субмеридіонального простягання з вираженими зонами інтенсивного подрібнення порід та слідами розвитку лінійної кори вивітрювання [1,2]. Простягання розломів співпадають з віссю Західно-Інгулецької синкліналі. Падіння основних площин розломів на захід під кутами $60-75^\circ$. Амплітуда вертикального переміщення блоків складає від 20 до 230 м.

За результатами науково-дослідницької роботи «Картування Тарапаківського, Єкатерининського, Скелеватського тектонічних розломів і опірюючих їх розривних порушень в кар'єрі АТ «ПІВДГЗК» (КНУ, 2020) крім субмеридіональних розломів були виявлені розривні порушення поперечної субширотної системи, що «оперяють» головні розломи і мають падіння на південь під кутами $60-70^\circ$ з збільшенням кута в нижній частині кар'єру до 80° . Для них характерно розчеплення у східній частині на два елемента утворюючи так званий «ластівчин хвіст». Субширотні тектонічні порушення контролюють гідротермально-метасоматичні карбонатні утворення та розділяють Західно-Інгулецьку синкліналь на два блоки північний та південний.

2 ОГЛЯД ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ТА ОБСТЕЖЕНЬ

2.1 Загальні відомості про гідрогеологічні спостереження прилеглої до родовища території

Підприємством АТ «ПВДГЗК» стаціонарне вивчення режиму підземних вод проводиться по спеціально облаштованій мережі спостережних свердловин, розташованих в зоні порушеного режиму, в комплексі із вивченням режиму поверхневих вод. Режимна мережа АТ «ПВДГЗК» на території прилеглої до Лівобережного відвалу складається з 12 спостережних свердловин, з яких 9 обладнані на водоносний горизонт четвертинних відкладень, 2 – горизонт неогенових відкладень та одна свердловина на горизонт корінних відкладень. Характеристика сучасних гідрогеологічних спостережень та обстежень наведена за даними геологічної служби Південного ГЗКу [2].

Територія ПівдГЗКу характеризується порушеним режимом ґрунтових і підземних вод. Водні ресурси району представлені поверхневими водами р. Інгулець і підземними водами, приуроченими до відкладів четвертинного, неогенового й докембрійського віку.

У межах досліджуваної території виділені наступні водоносні горизонти [2-7];

Водоносний горизонт четвертинних відкладів охоплений мережею 9 спостережних свердловин за №№ 1Н, 6Н, 7Н, 8Н, 141р, 1735, 1736, 1743, 2067 свердловин, за якими постійно проводяться режимні спостереження.

У четвертинних відкладах виділяється водоносний горизонт, приурочений до макропористих лесоподібних суглинків і алювіальних відкладів р. Інгулець.

Водоносний горизонт в макропористих лесоподібних суглинках безнапірний. Максимальні абсолютні відмітки ґрунтового потоку спостерігаються на вододільних ділянках і досягають 96,0 м. Ухили поверхні

грунтових вод становлять 0,01-0,03. Глибина залягання ґрунтових вод згідно моніторингових спостережень в свердловинах змінюється від 2,53 м до 13,1 м. Суглинки характеризуються фільтраційною анізотропією. Коефіцієнт фільтрації лесовидних суглинків в вертикальному напрямку більше, ніж в горизонтальному. Фільтраційні властивості суглинків незначні, коефіцієнти фільтрації складають 0,25-0,5 м/добу. Коефіцієнт фільтрації делювіальних відкладень перевищує 0,1 м/добу, техногенних відкладень (лежалих хвостів) близько 0,04 м/добу.

У природних умовах за хімічним складом ґрунтові води четвертинних відкладень сульфатні натрієво магнієві, сульфатно гідрокарбонатні магнієві хлоридно натрієві з мінералізацією 1,4-4,0 г/дм³.

Водоносний горизонт алювіальних відкладень приурочено до відкладів річки Інгулець. Водовміщуючі породи представлені гравійно-піщаними і супіщаними різницями долини р. Інгулець і тальвегів балок. Горизонт безнапірний. Поверхня ґрунтових вод має форму потоку, спрямованого до русла річки Інгулець. Абсолютні позначки дзеркала ґрунтових вод знижуються у напрямку до річки і змінюються від 26,04 м до 44,69 м. глибина залягання рівнів від 0,29 м до 5,38 м, в межах надзаплавних терас рівень зростає до 13,13 м. Живлення горизонт отримує за рахунок атмосферних опадів, за рахунок поверхневих вод р. Інгулець в період весняного паводку і промивання річки.

Водоносний горизонт алювіальних відкладів в долині р. Інгулець має гідравлічний зв'язок з водоносним горизонтом в кристалічних породах і водоносним горизонтом неогенових відкладів. В місцях поєднання водоносних горизонтів живлення здійснюється за рахунок перетікання їх вод та атмосферних опадів. Розвантажується в долині р. Інгулець.

В деяких спостережних свердловинах спостерігається значне коливання якісних показників підземних вод. Зростання сухого залишку та вмісту хлоридів вказує на живлення підземних вод високо мінералізованими водами

із ставка-накопичувача шахтних вод в б. Свистуново, які мігрують по північно-західній системі тектонічних розломів.

Неогеновий водоносний горизонт охоплений мережею 2 спостережних свердловин. В понтичних відкладах спостережна свердловина № 2065 та сарматських відкладах свердловина № 2066. Водоносний горизонт приурочено до пісків і тріщинуватих вапняків сарматського і понтичного ярусів. Нижнім водоупором його служать щільні глини кийівської світи, а верхнім – червоно-бурі глини.

Водоносний горизонт має повсюдне поширення, відсутній лише в долині р. Інгулець. Горизонт безнапірний. Глибина залягання рівня підземних вод понтичних відкладів в районі Лівобережних відвалів, згідно моніторингових спостережень змінюється від 10,0 до 20,75 м. Глибина рівня підземних вод сарматських відкладів в останньому звітному періоді становить 9,90-13,82 м.

Потужність обводненої товщі порід дорівнює 35,0-40,0 м, коефіцієнт фільтрації пісків змінюється від 0,1 м/добу до 8,0 м/добу, а вапняків від 1,0 м/добу до 100 м/добу.

Водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід спостерігається однією свердловиною № 138.

Горизонт характеризується невисокою водозбагаченістю, яка визначається ступенем тріщинуватості порід. Глибина залягання рівнів підземних вод в долині р. Інгулець змінюється від 7,4 м до 21,5 м. Коефіцієнт фільтрації змінюється в межах 0,04-0,3 м/добу.

2.2 Гідрогеологічні обстеження в кар'єрі

Опис спостережень в кар'єрі за перше півріччя 2020 року надається за даними геологічної служби АТ «ПВДГЗК» (табл. 2.1, 2.2).

Південний борт. Вихід води по горизонту мінус 15/-30 м ПС-4 (пункт спостереження) проявляється у вигляді капежу й тонких струмків із тріщин у гірських породах, середній дебіт 5,2 м³/год, коливання дебіту 4,0-6,3 м³/год.

Збільшення припливів води пов'язане з опадами. Природа води – тріщина, але можливий незначний дренаж річкових вод по південному борту. Вихід води в розрізній траншеї -15/-30 м (приплив ПС-5) дебіт $10,5 \text{ м}^3/\text{год.}$, коливання дебіту від $9,1$ - $18,5 \text{ м}^3/\text{год.}$, природа аналогічна попередньому. Води південного борта кар'єра гор. -30м. (приплив ПС-4, ПС-5) хлоридні натрій-кальцієві. Підвищений вміст натрію й хлору у воді вказує на дренаж річкових вод по південному борту.

Підземні гірничі виробки. Вихід води на гор. -150м (приплив ПС-13-дно) з дебітом $0,35 \text{ м}^3/\text{год.}$ Він утворений водою, що просочується з рудного стовбура. За хімічним складом вода хлоридно сульфатні натрій-магнієві. Середній дебіт припливу ПС-7 (штольня КШП) – менше $1,0 \text{ м}^3/\text{год.}$, припливу ПС-8 (штольня рудного стовбура) – $41,7 \text{ м}^3/\text{год.}$, коливання дебіту від $9,6$ до $63,5 \text{ м}^3/\text{год.}$, припливу ПС-9 (штольня породного стовбура) – $35,2 \text{ м}^3/\text{год.}$, коливання дебіту від $10,4$ до $58,1 \text{ м}^3/\text{год.}$

Вода в підземних гірських виробках проявляється у вигляді капежу й тонких струмків і водою зрошувальної системи конвеєрів. Тріщинні води гірничих виробок ПС-7, 8, 9 – хлоридні натрій-магнієві, хлоридно сульфатні натрій-магнієві. Від річкових вод відрізняються зниженим вмістом сульфатів і підвищеним вмістом хлоридів.

Східний борт кар'єра. Після введення в експлуатацію відвідного каналу р. Інгулець і розвитку гірничих робіт у північно-східній частині кар'єра до існуючих виходів води в кар'єрі додалися виходи дренуючих річкових вод. Вони спостерігаються по окремих виходах на бортах кар'єра й динамічному руху води у свердловинах. Рух води утворює окрему зону на північно-східному борті кар'єра, яка простежена від гор. +30 м до гор. - 225 м. У теперішній час замір виконується в двох точках спостереження: ПС-11 (-15м) з середнім дебітом $2,2 \text{ м}^3/\text{год.}$, коливання дебіту від $1,3$ до $3,1 \text{ м}^3/\text{год.}$, ПС-12 (-180) з середнім дебітом $44,4 \text{ м}^3/\text{год.}$, коливання дебіту від $30 \text{ м}^3/\text{год.}$ до $44 \text{ м}^3/\text{год.}$ За хімічним складом вода цих припливів сульфатно хлоридні натрієво-магнієві.

Зумпф – 315 м. Хімічний склад води обумовлений всіма типами вод, що надходять у кар'єр, а його дебіт пов'язаний з атмосферними опадами (особливо в період зливових дощів).

Середній водоприплив до кар'єра по роботі насосів за перше півріччя 2020 року склав 546,5 м³/год., або 2 362 100 м³. Кар'єрні води скидаються безпосередньо у замкнуту обертову систему водопостачання, а не у р. Інгулець.

За даними моніторингу зони гідрогеологічного і геодинамічного стану кар'єра АТ «ПВДГЗК» [6-8, 13, 14] в таблиці 2.1 наводяться показники середніх дебітів водоприпливів по пунктам спостереження в східної та південної частинах кар'єра і р. Інгулець за період 2009-2014 рр. та перше півріччя 2020 року.

Таблиця 2.1. Показники середніх дебітів водоприпливів по пунктам спостереження в кар'єрі за період 2009-2014 рр. та перше півріччя 2020 року

Пункти спостереження	Середні дебіти припливів по рокам, м ³ /год						
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2020
1	2	3	4	5	6	7	8
ПС-4	3,0	18,0	10,7	12,0	20,0	10,0	5,2
ПС-5	11,0	9,0	12,0	9,4	10,0	16,0	10,5
ПС-7	0,3	0,3-18,0	0,3-10,7	12,0	20,0	3,2-41,5	1,0
ПС-8	67,5	61,3	75,0	84,5	41,2	61,5	41,7
ПС-9	51,7	68,2	86,3	63,5	67,7	42,1	35,2
ПС-11	1,4	1,3	1,9	1,9	3,5	1,9	2,2
ПС-12	51,2	23,5	30,5	30,5	30,5	38,8	44,4
ПС-13	1,0	0,8	0,5	–	–	–	0,35

За даними геологічної служби комбінату в таблиці 2.2 наведено хімічний склад підземних вод в пунктах спостереження за 2019 рік.

Таблиця 2.2. Результати хімічного аналізу проб в пунктах спостереження кар'єру за 2020 рік

№	Сухий залишок	K+Na		NO ₂	NO ₃ ⁻		NH ₄	Cl ⁻		SO ₄ ²⁻		Fe	Ca ²⁺		Mg ²⁺		Жорсткість, мг-екв/л			HCO ₃ ⁻		pH
	мг/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг-екв/л	заг.	карб	не карб	мг/л	мг-екв/л	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
пс-1	6144	1207.27	52.49	0,03	41,6	0,6	0,4	956,1	27	2618,8	55,3	0,22	297,2	14,8	257,8	21,2	56,3	5,6	50,7	340,4	5,6	7,7
пс-3	3520	908.13	39.48	0,42	25,7	0,4	1,8	1012,2	28,6	836,4	17,7	1,33	104,3	5,2	116,8	9,3	28,1	7,4	20,7	452	7,4	8,2
пс-4	11713	3080.40	133.93	0,03	4,16	0,06	0,5	4958,3	140,2	1594,4	33,7	1,21	536,8	26,8	231,6	18,8	67,3	5,7	61,6	345,4	5,7	7,6
пс-5	9825,7	2515.50	109.38	0,23	3,4	0,05	1,67	4458,7	126,1	1189,9	25,1	0,61	563,8	27,4	241,5	19,7	62,6	5,9	56,7	362,3	5,9	7,1
пс-7	5685,5	1296.37	56.43	0,2	5,34	0,08	0,37	2283,2	64,5	957,9	20,2	22,6	264,6	13,2	263,4	21,5	48,3	6,3	42	381,9	6,3	8,1
пс-8	3863,7	1033.31	44.93	0,29	9	0,14	0,25	1212	34,3	896,9	18,9	62,58	120,7	6	99,1	8,2	29,4	5,8	23,6	354,3	5,8	8,3
пс-9	6502	1692.33	73.58	0,04	3,36	0,05	0,22	2637,2	74,6	1021,6	21,6	42,26	289,5	14,5	161,4	13,3	44,5	5,1	39,1	313,5	5,1	8,1
пс-11	3780	944.40	41.06	0,1	4,97	0,08	0,1	1014,8	28,7	995,2	21	0,13	237,8	11,9	53,9	4,2	32,4	7,4	25	451,7	7,4	8
пс-12	2221	597.39	25.97	0,03	3,27	0,05	0,1	624,7	18	592,8	12,5	0,11	124,5	6,2	39,6	3,3	16,5	4,9	11,6	298,5	4,9	8,1
Зумпф	2939,5	839.68	36.51	0,83	19,97	0,3	1,37	660,1	18,7	911,4	19,3	0,17	87,6	3,9	35	2,7	28,2	6,1	22,1	372,7	6,1	8,2
річка Інгулець	2318,7	588.11	25.58	0,07	5,87	0,08	0,24	666,9	18,8	606,6	12,8	0,15	135,1	6,7	50,5	3,9	16,2	4,6	11,6	281,1	4,6	8

3 МЕТОДИКА ПОЛЬОВИХ ГЕОФІЗИЧНИХ РОБІТ

3.1 Теоретичні основи електророзвідувальних робіт

Для більшості методів електророзвідки на характер поширення електромагнітного поля в землі в основному впливає питомий електричний опір (ρ).

Питомий електричний опір (ПЕО) середовища характеризує її здатність проводити електричний струм. Гірські породи є гетерогенними середовищами, які складаються з твердої, рідкої і газоподібної фаз. Тверда фаза утворює скелет породи, а рідка і газоподібна фази заповнюють пори. Існує невелика кількість мінералів, які володіють металевим характером провідності. У них носіями електричного струму є вільні електрони, які переміщаються в межах кристалічних решіток. Такі породи називають електропровідними [12].

Переважає більшість породоутворюючих мінералів має дуже високий питомий опір (понад 100 Ом·м). Породи, які складаються з цих мінералів, мають іонний тип провідності, який обумовлений наявністю порової вологи. Опір води в першу чергу визначається рівнем її мінералізації (молекули солей при розчиненні дисоціюють на іони, які є вільними носіями електричного струму) і в меншій мірі температурою.

Особливе становище займають глини, які в результаті своєї тонкодисперсної структури утримують навколо своїх часток тонкий шар води (так звана зв'язана вода), що володіє високою питомою провідністю. Внаслідок цього при звичному рівні мінералізації води глини мають стабільний опір в діапазоні від 5 до 20 Ом·м.

У загальному випадку основним завданням електророзвідки є знаходження розподілу питомого електричного опору гірських порід як функції просторових координат $\rho = f(x, y, z)$. Карта розподілу цієї функції по глибині в вертикальній площині або в просторі називається геоелектричним розрізом.

Первинне поле при роботі методом опорів створюється сукупністю точкових або дипольних джерел, розміщених різним способом на денній поверхні або в свердловинах і гірничих виробках.

Схема вимірювання виглядає як розташовані на денній поверхні електроди (заземлення) в точках А і В (рис. 3.1), через які в землю від будь-якого джерела надходить струм. Нехай електрод А приєднаний до позитивного полюса джерела струму (+ I), а електрод В - до негативного (-I). Ці електроди називаються живлячими. Електричне поле живлячих електродів можна досліджувати, вимірюючи різницю потенціалів між двома точками землі (М і N), в які також поміщені електроди. Ці електроди будемо називати вимірювальними або прийомними. У практиці електророзвідки в якості живлячих і прийомних електродів найчастіше застосовуються стрижневі електроди. Нижче наведені формули для потенціалів точкових джерел (електродів А і В). В теорії електророзвідки показано, що для стрижневих електродів на великих, в порівнянні з глибиною заземлення, відстанях від живлячого електроду, потенціал можна обчислювати за формулою точкового джерела.

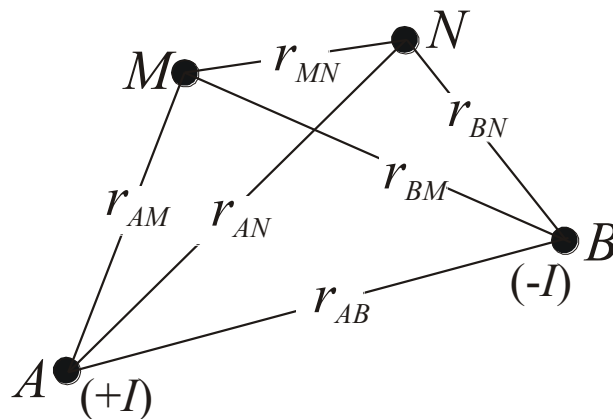


Рисунок 3.1. Чотирьохелектродна установка ABMN

Відомо [1], що різниця потенціалів ΔU_{MN} між вимірювальними електродми:

$$\Delta U_{MN} = U_M - U_N = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}} - \frac{1}{r_{AN}} + \frac{1}{r_{BN}} \right)$$

Звідси можна вивести опір однорідного середовища, що заповнює нижній півпростір:

$$\rho = \frac{\Delta U_{MN}}{I} \left(\frac{2\pi}{\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}} - \frac{1}{r_{AN}} + \frac{1}{r_{BN}}} \right)$$

Ввівши позначення

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}} - \frac{1}{r_{AN}} + \frac{1}{r_{BN}}} \quad (1),$$

отримаємо кінцеву формулу:

$$\rho = K \frac{\Delta U_{MN}}{I}.$$

Величину K , залежну тільки від взаємного положення живлячих і приймальних електродів, називають геометричним коефіцієнтом установки.

Реальне середовище, яке вивчає електророзвідка, не є однорідним півпростором [8-12]. Тому підставивши в останню формулу результати вимірювань, отримаємо не справжній питомий опір, а деяку величину, звану уявним опором (ρ_k)

Польові роботи електророзвідувальними методами виконуються за допомогою спеціальних установок. Термін «установка» в методах опорів використовується для позначення взаємного розташування і числа прийомних і живлячих електродів. Установки відрізняються глибинністю, роздільною здатністю. Вибір установки є найважливішим елементом методики електророзвідки і залежить, в першу чергу, від поставленого завдання, а також від технічних і економічних можливостей проведення вимірювань.

Поняття уявного питомого електричного опору було введено для зручності аналізу та інтерпретації спостереженого електричного поля. Уявний опір ρ_k – це спостережене електричне поле, нормоване за параметрами установки таким чином, що в однорідному півпросторі уявний опір збігається з істинним питомим опором. Уявний опір розраховують за формулою:

$$\rho_k = K \frac{\Delta U_{MN}}{I}$$

де ΔU_{MN} - різниця потенціалів між прийомними електродами (М і N), I - струм в лінії живлення АВ, a - геометричний коефіцієнт установки. K вимірюється в метрах, а ρ_k в Ом·м.

Якщо в чотирьохелектродній установці $AM < AN < 1/5AB$, то різниця потенціалів між прийомними електродами М і N буде визначатися лише живлячим електродом А, а впливом живлячого електрода В можна знехтувати і вважати, що він знаходиться в «нескінченності». Такі установки називаються трьохелектродними (AMN). У двохелектродній (AM) установці живлячий електрод В і приймальний електрод N віднесені в «нескінченність».

Найбільш часто використовуються установки Шлюмберже, Веннера і різні дипольні установки (екваторіальна - ДЕЗ, осьова - ДОЗ та інші. У дипольних установках живлячі (AB) і прийомні (MN) електроди зближені настільки, що відстані r_{AB} і r_{MN} набагато менше, ніж відстань між центрами відрізків АВ і MN.

Розносом (R) називається деякий геометричний параметр установки, що характеризує її глибинність. Для симетричної чотирьохелектродної установки Шлюмберже $R = AB / 2$, тобто її глибинність - $(1/3 \div 1/10) AB / 2$. У дипольної осової установці напруженість поля електричного диполя (AB) згасає як залежність $1/r^3$, тобто швидше, ніж поле точкового джерела. Для корекції втрати глибинності рознос цієї установки приймають рівним половині відстані між центрами приймального і живлячого диполів $R = r_{0102}/2$.

Геометричний коефіцієнт довільної чотирьохелектродної установки розраховується за формулою (1). Для установок з певним взаємним розміщенням електродів формула спрощується.

Точкою запису установки називається точка, до якої відносяться виміряні значення і розраховані по ним значення ρ_k .

При виконанні робіт використано найбільш інформативний та високопродуктивний метод електророзвідки – електротомографія.

3.2 Методика польових робіт

3.2.1 Методика польових робіт методом електротомографії

ЕТ – цільний комплекс, що включає в себе як методику польових спостережень, так і технологію обробки та інтерпретації польових даних. Її особливістю є багаторазове використання в якості живлячих та вимірювальних одних і тих же положень електродів фіксованих на профілі спостережень [12].

Це призводить до зменшення загального числа робочих положень електродів при істотному збільшенні щільності вимірювань в порівнянні зі звичайним методом вертикальних електричних зондувань. Такий підхід дозволяє з одного боку, працювати з сучасною високопродуктивною апаратурою, а з іншого боку, застосовувати ефективні алгоритми моделювання та інверсії. Інтерпретацію даних електротомографії зазвичай проводять в рамках двовимірних і тривимірних моделей. Це принципово розширює коло вирішуваних електророзвідкою завдань, у випадку дослідження середовищ, що значно відрізняються від «класичних» горизонтально-шаруватих.

Роздільна здатність (тобто кількість деталей геоелектричного розрізу, які стійко виявляються в електричному полі) і, відповідно, якість інтерпретації даних електротомографії тісно пов'язана з числом і щільністю вимірювань на одному профілі. Їх число зазвичай досягає перших тисяч, тому питання про продуктивність польових вимірювань має принципове значення і багато в чому визначає можливість практичного використання цього методу.

Для вивчення геоелектричних розрізів, що значно відрізняються від горизонтально-шаруватих, застосування електротомографії є необхідною умовою для надійної інтерпретації. Така складна будова зазвичай характерна

для рудних зон і зон тектонічних порушень, зсувів, насипних і штучних ґрунтів в зонах міської забудови, багатолітньомерзлих порід, при крутому нахилі шарів і при наявності карстів, для розчленування геологічного розрізу по геоелектричних властивостях.

Особливостями електротомографії є вимірювання за допомогою системи електродів, заздалегідь розміщених уздовж одного профілю на рівній відстані один від одного. Перемикання електродів здійснюється спеціальним комутатором каналів. Основна мета даної методики – одночасне простежування розрізу уздовж профілю і по глибині. У кожен момент часу електророзвідувальною установкою здійснюється вимір при встановлених параметрах розташування живлячих і прийомних електродів, чинним розносом і положенням точки запису.

Окремою проблемою багатоелектродних спостережень є вибір установки. Деякі фахівці вважають за краще конкретну установку, інші - вважають, що всі установки рівнозначні, так як будь-яку з них можна розрахувати на основі вимірів з двохелектродною установкою АМ. Також вважається, що двохелектродна установка найзручніша, оскільки приповерхневі неоднорідності чинять на неї мінімальний вплив. На наш погляд, найбільш зручні установки з виміром не потенціалу (U), а електричного поля (E). Потенціал-установка, що вимагає двох ліній нескінченності і вельми чутлива до електромагнітних завад, має більше недоліків, ніж переваг. Ця установка має слабшу, порівняно з градієнтними установками, чутливість як до горизонтальних, так і до вертикальних обмежень. Можливість перерахунку будь-якої установки типу АМ також сумнівна, так як перерахунок здійснюється за допомогою диференціювання, при наявності похибок при вимірюваннях. Отже, кращою є установка $AMN + MNB$, так як вона вимірює не потенціал, а електричне поле (поле одного точкового джерела), і дає два зображення, зіставлення яких допомагає краще визначити положення глибинних неоднорідностей. При роботі на обмеженій площі, де немає умов для розміщення нескінченності, використовують

дипольну осьову установку АВМN. Для цієї установки з рівними диполями, друге зображення можна отримати зміщенням точки запису на основі принципу взаємності, тобто без додаткових вимірів.

Польові роботи виконувалися відповідно до вимог інструкції з електророзвідки [12] методом опорів рівнодипольною осьовою установкою. Схема польової установки приведена на рис. 2. В якості приймача електромагнітного поля на частоті 1.22 Гц в приймальному диполі MN був використаний вимірювач ЕІН-209м. Розміри приймального і живлячого диполів становили 20 м. В якості джерела струму використовували генератор ГЕР-1/300.

За результатами польових вимірювань будуються псевдорозрізи. Особливості побудови псевдорозрізів можна зрозуміти з рис. 3.3. Крайній зліва диполь, використовується як живлячий, а ряд диполів праворуч від нього як прийомні. Точка записи відноситься до середини розносу установки і до глибини Z , для знаходження якої з центрів диполів під кутом 45° проводять лінії до перетину в точці запису. При зміні розносу установки точка запису змінює свою глибину.

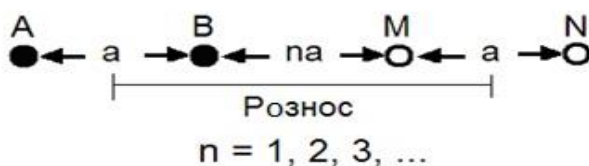


Рисунок 3.2. Схема польової установки ЕТ

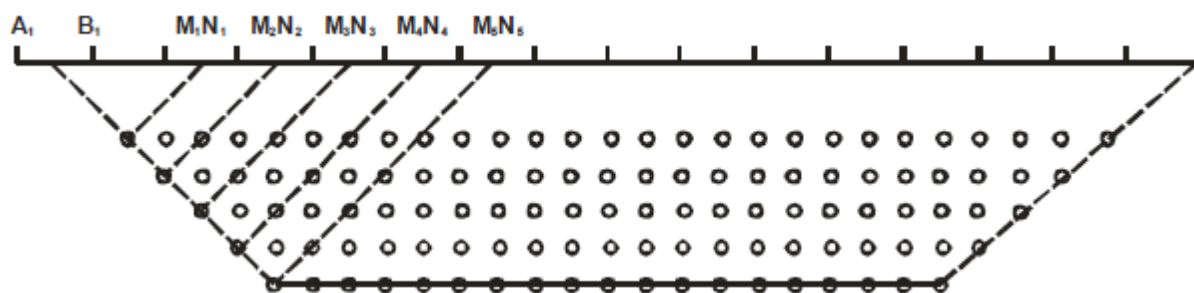


Рисунок 3.3. Схема розміщення точок запису на розрізі ЕТ

Мережа послідовних положень живлячих і прийомних диполів утворює поле точок в якому визначають значення ρ_k і проводять ізолінії, що відображають зміни геоелектричного розрізу по лінії профілю і в деякому інтервалі глибин. Природно, що псевдорозріз не дає точного уявлення про розподіл дійсних параметрів розрізу, є лише простою і досить наочною формою представлення результатів вимірювань. Сучасні багатоелектродні системи дозволяють збільшити інтервал простеження розрізу по глибині. Коли число каналів в межах однієї розстановки електродів виявляється вичерпаним, частина електродів переміщається по профілі таким чином, щоб отримати безперервне продовження псевдорозрізу (так звана переміщувана установка).

Для контролю якості польових вимірювань, згідно [1], виконувалися контрольні вимірювання в обсязі 10% від їх загальної кількості.

3.2.2 Методика польових робіт методом ПП

Польові спостереження способом градієнта проводились по замкнутих контурах або ходах, прив'язаних до точок з відомими потенціалами (рис. 3, сині лінії). Спочатку виміри проведені по замкнутому полігону, утвореному двома крайніми профілями. Потім спостереження виконані на кожному наступному профілі з прив'язкою вимірів по ньому до кінцевих точок попереднього профілю [2].

Вимірювальний прилад установлюється біля одного з електродів, а клемма М приладу з'єднується з найближчим електродом коротким провідником а довжиною 1,5 – 2 м. Другий електрод з'єднується із клемою N провідником б, довжина якого визначається відстанню між точками на профілях (10 метрів). Вся установка переміщається по профілю спостережень. Виміри проведені в наступному порядку). Вимірювальний прилад установлюється у точки I/+1 (перша точка першого профілю), електроди ставляться на точки I/0 і I/+1. Задній електрод (на точці I/0) за допомогою довгого провідника приєднують до клемі N приладу, а передній

(на точці $I/+1$) – коротким провідником до клеми М. Обмірювану між цими точками різницю потенціалів обчислювач записує в польовий журнал, після чого робітник по команді оператора переносить задній електрод через два інтервали (із точки $I/0$ на точку $I/+2$). При такому порядку перестановки електродів їхня поляризація буде входити у виміри то з одним знаком, то з протилежним і при підсумовуванні вимірів по контуру при обчисленні потенціалів, погрішність за рахунок поляризації не буде накопичуватися.

При перестановці електродів на наступний інтервал вимірювальний прилад залишається на стоянці, а довгий провідник перекидається перед переднім до електроду $I/+2$.

До відпрацьованого в такий спосіб опорному полігону прив'язувались спостереження по інших профілях. Початкову і кінцеву точки кожного профілю прив'язали до кінцевих точок попереднього.

При виконанні робіт використовувалась апаратура АЕ-72.

Довжина профілів спостережень (рис. 3) коливалася від 200 - 300 м, в залежності від умов заземлення. Загальна довжина профілів спостережень в кар'єрі згідно технічного завдання для методу ПП з кроком 5 м складає 6,0 пог. км. Загальна кількість точок з урахуванням повторних ходів та контролю склала 1260 ф.т. Середня відносна погрішність зйомки склала 4.8%.

3.2.3 Гравірозвідувальні роботи

Виконувалася відповідно до вимог технічного завдання на ділянці робіт, була виконана детальна профільна гравіметрична зйомка кроком 10 метрів. Всього було відпрацьовано 2 профілі загальною довжиною 3,0 пог. км., на яких було виконано 300 рядових спостережень для визначення прискорення сили тяжіння та контрольних замірів – 30 ф.т.

Методика виконання робіт і обробка результатів вимірювань здійснювались відповідно до діючої «Інструкції по гравірозвідці», М., 1980р.». Метрологічне калібрування гравіметрів – згідно «Методичних вказівок по методиці повірки наземних гравіметрів» (МИ 2121-90), ГОСТ

1317-87 «Гравіметри наземні», ДСТУ 3382-96 «Метрологія», державної повірочної схеми для засобів вимірювань сили тяжіння та РД 41 УРСР 07-24-88.

Відповідно до вимог «Інструкції по гравірозвідці», М. 1980 р. перед початком виконання польових робіт гравіметри пройшли комплекс обов'язкових перевірок. Роботи виконувались калібрувальною гравіметричною лабораторією ДГЕ «Дніпрогеофізика», яка має відповідне свідоцтво про атестацію № XII видане службою головного метролога Державної служби геології та надр України і яке чинне до 30.03.2021 року.

Визначення ціни поділки, середньоквадратичної похибки одиничного виміру (E_0) і зміщення нуль-пункту гравіметрів здійснювалось на Дніпропетровському гравіметричному вузькодіапазонному полігоні №12, атестованому головною організацією метрологічної служби України з гравіметрії – національним науковим центром «Інститут метрології» і допущеному до застосування згідно ДСТУ 3382-96 як зразковий робочий еталон (випробувальний засіб) II розряду для калібрування робочих засобів вимірювальної техніки - вузькодіапазонних гравіметрів (свідоцтво № 8647 від 30.11.2017 р. строком дії на 5 років).

Свідоцтво видане після виконання комплексу періодичних спостережень на пунктах гравіметричного полігону №12 з застосуванням абсолютного гравіметра типу ГАБЛ.

За результатами еталонування на кожний гравіметр було видано свідоцтво про калібрування засобу вимірювальної техніки у якому відображені основні технічні параметри приладу. Так гравіметр гравіметр ГНУ-КВ № 85 має свідоцтво № 02-20 від 06.08.2020 р.), ГНУ-КВ № 131 має свідоцтво № 03-20 від 06.08.2020 р.

Для передачі абсолютних значень прискорення сили тяжіння на пункти зйомки була створена мережа із 4 «заповнюючих» опорних гравіметричних пунктів (ОГП №№ 1, 2) від ОГП-III класу № 1130 державної сеті).

Створення мережі ОГП виконувалось за цикловою методикою з використанням автотранспорту, при цьому в один цикл включалось 2 ОГП. На кожному з пунктів ОГП в середньому виконано по 4,0 спостережень. Середня квадратична похибка ув'язки мережі ОГП склала $\pm 0,026$ мГал.

3.2.4 Топо-геодезичні роботи

У завдання топо-геодезичних робіт входило забезпечення на місцевості проектного розташування точок геофізичних спостережень, їх планова й висотна прив'язка на двох профілях, які розташовані на відрізках бортів, де максимально близько до кар'єру підходить р. Інгулець. Для рішення поставлених завдань виконувалися наступні види геодезичних робіт:

- розбивка профілів з планово-висотною прив'язкою для гравіметричних спостережень із пікетами через 10 м, в обсязі 3,0 пог. км;
- розбивка профілів для ПП з пікетами через 5 м, в обсязі 3,0 пог. км;

Перший профіль B2L1 знаходиться у північно-східній частині кар'єра, другий Z1 – у південній (рис. 3.4). Значення планово-висотної прив'язки наведені в текстових додатках 4,5.

Нормативними документами при виконанні польових і камеральних робіт служили: «Інструкція з топографо-геодезичного забезпечення геологорозвідувальних робіт», 1984 р. і «Методичні рекомендації із супутникового навігаційно-геодезичного забезпечення геологорозвідувальних робіт», К., ГУГК, 2002 р. [12].

Польові роботи виконувалися із застосуванням сучасної високоточної супутникової апаратури GPS, а саме:

1. GPS приймачем Trimble R3 № GX1220GG, № 471121.
2. GPS приймачем Topcon GRS-1 № 594-01417.

Щорічна перевірка засобу вимірів проводилася Державним підприємством «Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів» (ДП «Укрметртестстандарт»).

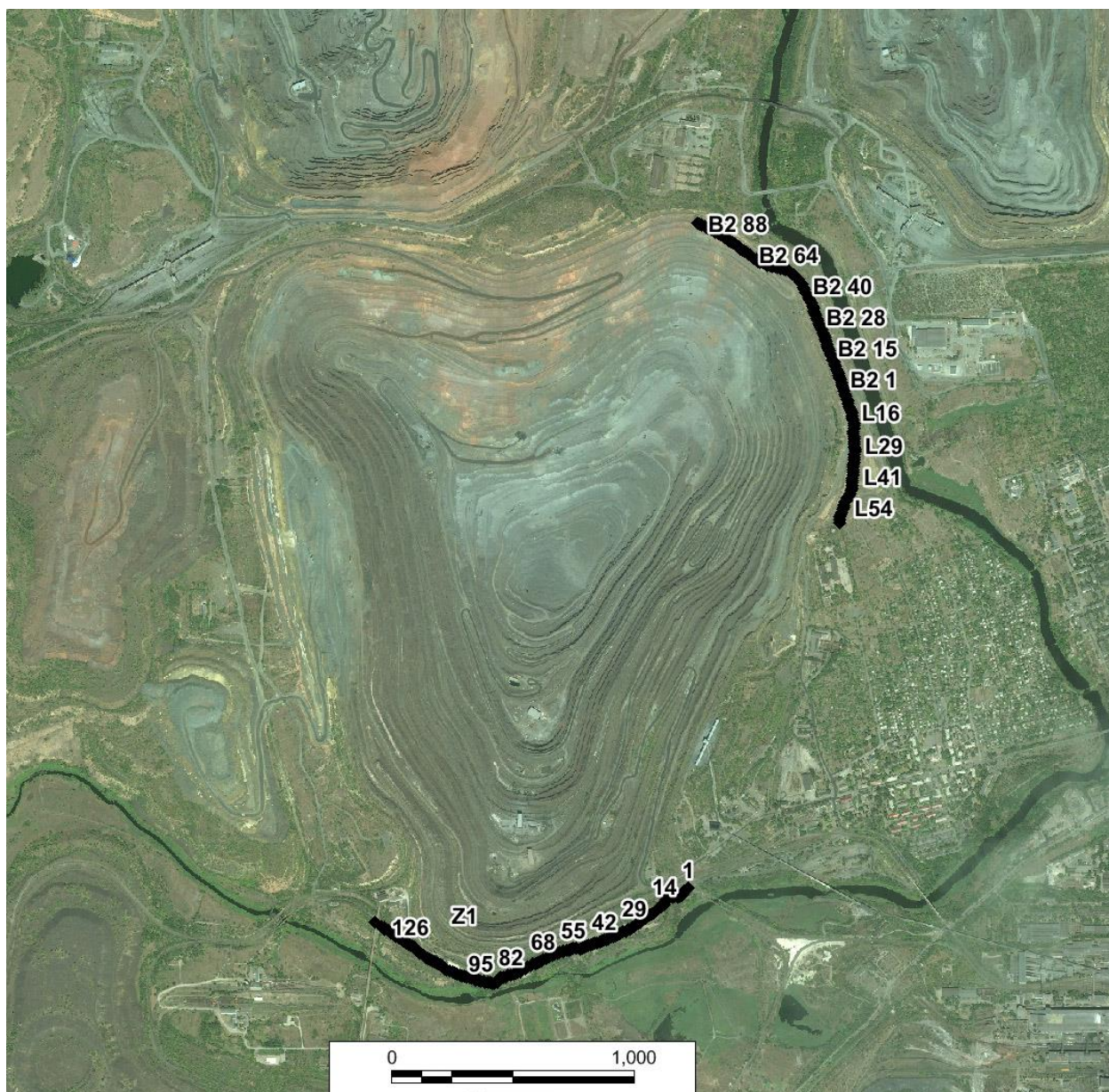


Рисунок 3.4. Схема розташування геофізичних профілів B2L1 і Z1

4 ОБРОБКА І ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ГЕОФІЗИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

4.1. Обробка результатів польових вимірювань

4.1.1 Обробка і інтерпретація матеріалів електротомографії

Графіки профілювання і розрізи уявного питомого електричного опору уздовж профілів ЕТ показані на рис. 4-5. Рішення оберненої задачі електророзвідки здійснювалося програмою *res2Dinv* [2]. Процедура інверсії, використовувана програмою, заснована на методі найменших квадратів з обмеженнями гладкості, заснована на квазіньютонівській методиці оптимізації. Цей метод найбільш швидкодіючий для великого масиву даних і використовує менше пам'яті комп'ютера. Метод найменших квадратів з обмеженнями гладкості заснований на наступному рівнянні :

$$(JTJ + uF) d = JTg,$$

де $F = f_x f_x T + f_z f_z T$; f_x - горизонтальний згладжуючий фільтр; f_z - вертикальний згладжуючий фільтр; J - матриця похідних; u - показник затухання сигналу; d - вектор приросту параметрів моделі; g - векторна нев'язка.

Одним з достоїнств цього методу є можливість налаштування показника затухання і згладжування фільтрів, щоб задовольнити різним типам електричних сигналів, як в частотному, так і в амплітудному варіантах.

Програма також передбачає використання звичайного методу Гаусса-Ньютона. Він набагато повільніший, ніж квазіньютонівський метод, але в місцях з контрастами опорів більше ніж 10: 1, він дає кращі результати. Третьою перевагою в цій програмі є використання методу Гауса-Ньютона для перших двох - трьох ітерацій, після чого використовується квазіньютонівський метод. У багатьох випадках це дає найкращий результат.

Двовимірний (2D) модель, яка використовується цією програмою, ділить півпростір на масив прямокутних блоків (рис. 4.1). Робота програми полягає

у визначенні опорів прямокутних блоків, які представляють псевдорозріз уявних опорів, співпадаючих з польовими вимірами. Для дипольної осьової установки потужність першого ряду блоків становить 0.3 величини розносу електродів. Потужність кожного глибшого шару зазвичай збільшується на 10% (або 25%).

Глибини шарів також можуть бути змінені користувачем вручну. Метод оптимізації, зазвичай, полягає в зменшенні різниці значень уявного опору, розрахованого і виміряного шляхом варіації опорів блоків моделі. Мірою цієї відмінності є середньоквадратична помилка (RMS). Загалом, найбільш розумним методом є вибір моделі для тієї ітерації, після якої помилка RMS вже значно не змінюється (рис. 4.2).

Для підвищення стійкості розв'язання оберненої задачі крок точок вимірювання вздовж профілів ЕТ був прийнятий рівним 10 м. Результати розв'язання оберненої задачі ЕТ на північно-східного профілі В2L1, представлений на рис. 4.2.

На отриманому 2D-розрізі по електротомографії видно (рис. 4.2), що профіль перетинає три ділянки з різним геоелектричним опором. Найбільш тріщинувата і обводнена ділянка розташована між розрахованими точками 270 – 320 м. Далі до точки 530 у верхній частині розрізу знаходяться більш стійкі породи, під якими на глибинах 5 – 10 м простежується обводнення. З точки розрахунку 530 і до точки 1130 відмічається водозбагачення верхньої частини розрізу. Починаючи з точки 1130 профілю тріщинуватість порід знижується, але при цьому відмічається дрібноблокова будова з їх водозбагаченням підземними водам на глибинах 5 – 20 м.

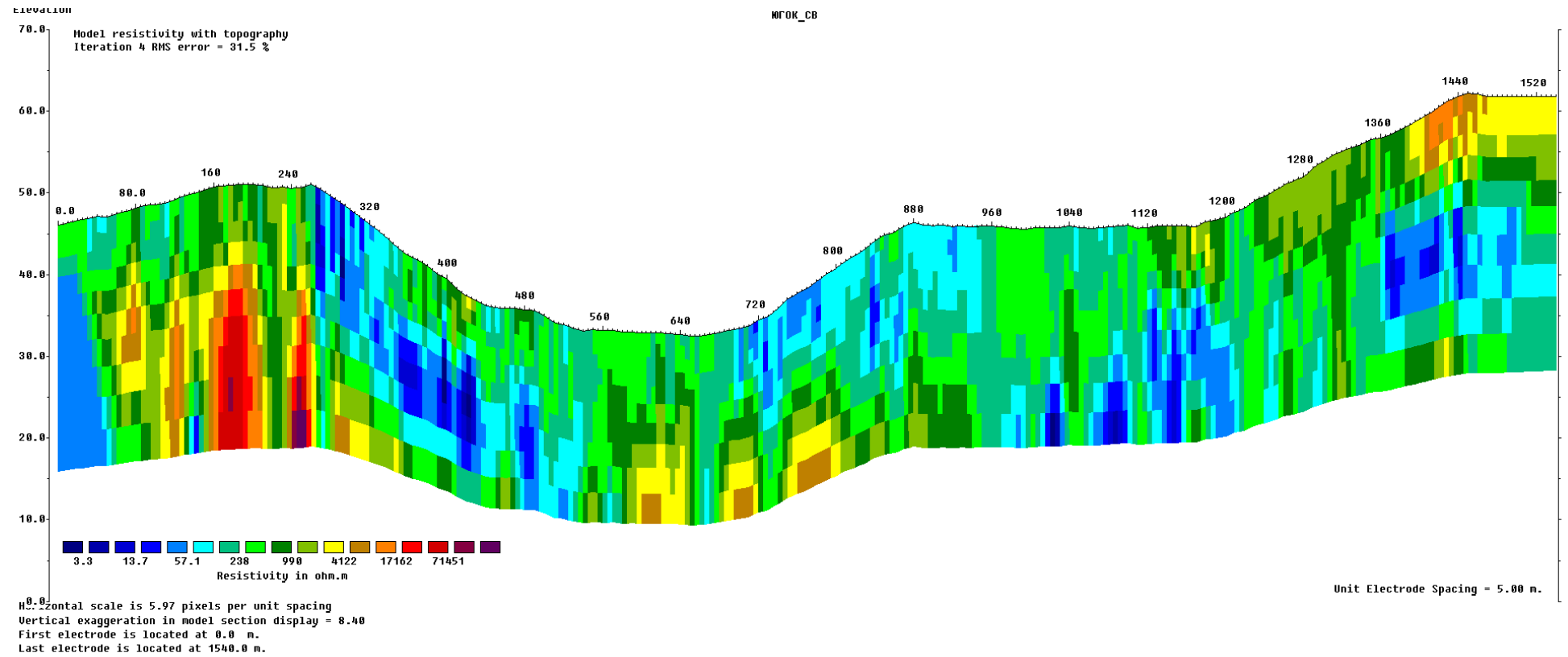


Рисунок. 4.1. Стартова 2D-модель блочного підбору уявного опору вздовж північно-східного профіля B2L1.
Примітка: цифри на профілі відповідають відстані від його початку (ПП B2L1 ПК 88) в метрах.

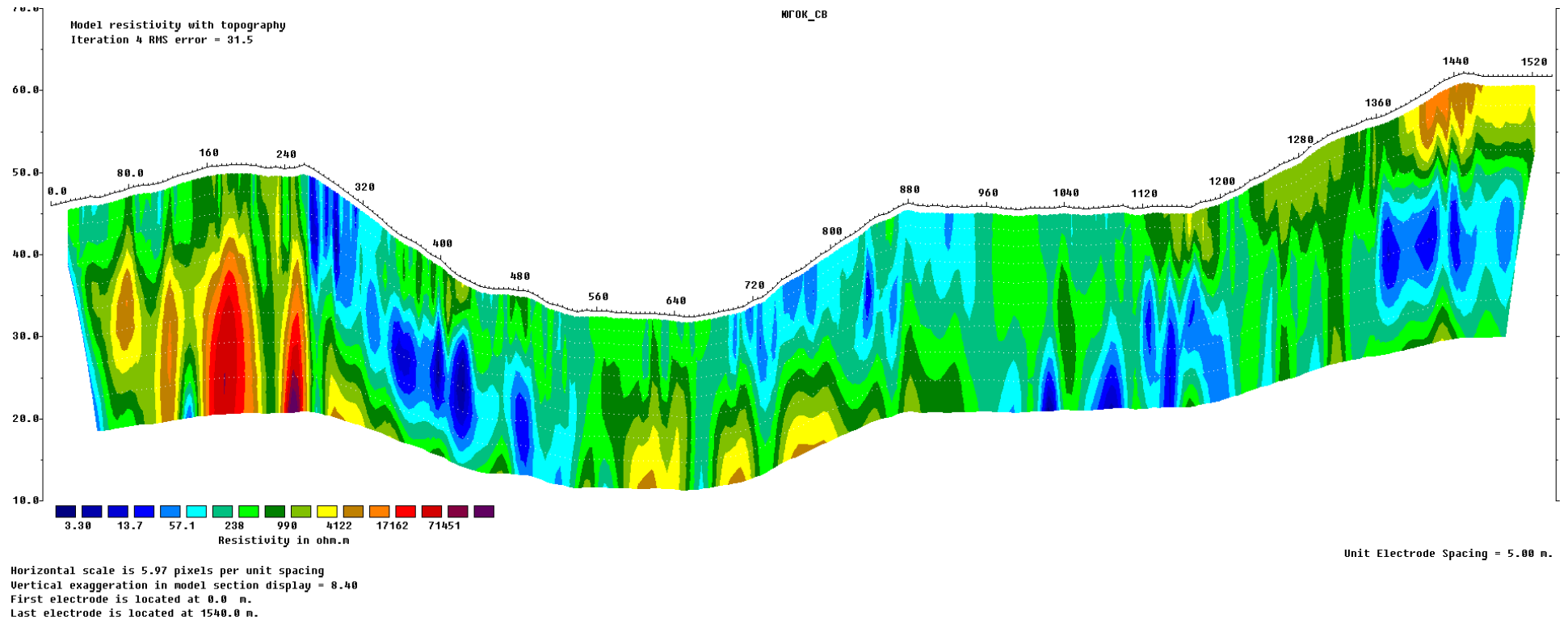


Рисунок. 4.2. 2D-модель уявного опору вздовж північно-східного профіля B2L1 в ізомахах. *Примітка: цифри на профілі відповідають відстані від його початку (ПР B2L1 ПК 88) в метрах.*

4.1.2 Обробка і інтерпретація матеріалів гравірозвідки

За результатами спостережень на кожному пункті були вчислені аномалії прискорення сили тяжіння в редукції Буге при щільності проміжного шару в $2,0 \text{ г/см}^3$, $2,3 \text{ г/см}^3$ і $2,67 \text{ г/см}^3$. Надалі, для виконання інтерпретації, були побудовані гравіметричні графіки з вказаною щільністю, а в окремих випадках і графіки аномалій Буге по профілях. Для локалізації неоднорідностей були розраховані залишкові аномалії в вікнах палетки 50×50 і $100 \times 100 \text{ м}$.

Враховуючи досягнуту точність гравіметричних спостережень, а також планової ($\pm 0,05 \text{ м}$) і висотної ($\pm 0,04 \text{ м}$) прив'язки, точність обчислення аномалій Буге склала – 0.055 мГал .

В цілому отримані матеріали гравіметричних досліджень відповідають вимогам технічного завдання і "Инструкции по гравиразведке", М., 1980 р. і дозволяють побудувати кондиційну гравіметричну карту та графіки за профілями в масштабі $1:10\,000$ з перерізом ізоаномал $0,15 \text{ мГал}$.

4.1.3 Обробка і інтерпретація матеріалів методом природнього поля (ПП)

Результати польових спостереження способами потенціалу і градієнту проводились з урахуванням замкнутих контурів, прив'язаних до точок з відомими потенціалами.

Довжина профілів спостережень коливалася від $120 - 600 \text{ м}$, в залежності від вирішення геологічного завдання. По кожному профілю були розраховані кількісні параметри потенціалів і градієнтів природнього поля (в *мілівольтах*), які наведені на рисунках 2 -10.

4.2 Інтерпретація геолого-геофізичних матеріалів

Електричні властивості порід в геологічних умовах Кривбасу.

Вивчення ділянок підтоплення Кривбасу виконувалося електророзвідувальними методами, що вимагає детальних знань електричних

властивостей порід. Вони наведені за матеріалами Держбуду РСФСР, партії руднично-шахтної геофізики Кривбасу та ДГЕ «Дніпрогеофізика».

Найбільш високі значення електричного (питомого) опору характерні для порід кристалічного фундаменту (від перших сотень до тисяч і більше Ом·м). Вивітрілі різності корінних порід мають менші значення електричного опору, які знижуються у корі вивітрювання до 10 Ом·м. Приуроченість до верхньої вивітрілої частини корінних порід водоносного горизонту сприяє підвищенню електропровідності кори вивітрювання. Таке явище є сприятливим для картування розривних порушень.

Серед порід осадової товщі відносно високий питомий електричний опір мають піски, але їх опір цілком залежить від водонасичення і, в деякій мірі, від гранулометричного складу. У природному заляганні піски є водоносними горизонтами, тому в умовах водонасичення їх опір буде коливатися в межах 25 - 80 Ом·м.

Супіски і суглинки за електричними властивостями є близькими. Їх опір змінюється для району робіт переважно в межах 10 - 30 Ом·м.

Глини мають найбільш низькі значення електричного опору. В залежності від ступеню ущільнення та зволоження вони змінюються на площі вишукувань від 2 до 20 Ом·м.

4.3 Комплексна інтерпретація геолого-геофізичних матеріалів

Комплексна інтерпретація геолого-геофізичних матеріалів була спрямована на вивчення геологічної будови, головним чином, осадових утворень та горизонтів розповсюдження мінералізованих вод. Були складені робочі карти комплексної інтерпретації геолого-геофізичних матеріалів для докембрійських утворень фундаменту і для кайнозойських відкладів, представлених палеогеновою, неогеновою та четвертинною системами осадового чохла. Основними геофізичними матеріалами при цьому були зведені карти аномальних гравітаційних полів та їх трансформант, карта рельєфу поверхні докембрійських порід фундаменту, геолого-гідрогеологічні

розрізи по профілях [12], лінеаментний аналіз полів для виділення і трасування розривних порушень, протяжних лінійних аномалій гравітаційного поля, у тому числі слабоінтенсивних.

На підставі виконаного аналізу фізичних властивостей порід кристалічного фундаменту, морфологічних особливостей та інтенсивності аномалій геофізичних полів і їх сполучень, класифікації геофізичних полів, даних по свердловинах, залучення всієї наявної інформації про геологічну будову території досліджень були виділені петрофізичні комплекси порід та горизонти підземних вод.

При вивченні геологічної будови докембрійських утворень у геологічних середовищах з різним ступенем контрастності петрофізичних властивостей, виділення елементів тектоніки не є складним завданням – супроводжуючі їх геофізичні аномалії чітко виділяються і простежуються візуально. У межах площі досліджень основними факторами, які негативно впливають на детальність і, в цілому, достовірність виділення тектонічних елементів докембрійських утворень, є «екрануючий» вплив відкладів осадового чохла. Так, потужність останнього змінюється від 30-130 м, а їх середньозважена густина, відповідно, від 2,12 до 2,61 г/см³.

Для більш впевненого виділення розривних порушень та їх систем був проведений лінеаментний аналіз геофізичних полів із залученням статистичних прийомів виявлення слабких геофізичних аномалій на фоні випадкових завад. Він передбачав розрахунок таких характеристик гравітаційного поля та їх трансформант і складових, якими можливо охарактеризувати всю систему диз'юнктивних порушень кристалічного фундаменту і, по можливості, осадового чохла.

Головним аспектом при виділенні і трасуванні диз'юнктивних порушень у потенціальних полях є те, що вони представляють собою границі аномальних об'єктів, а тому контрастно проявляються в «граничних» складових цих полів, до яких відносяться повний горизонтальний градієнт, дисперсія, асиметрія, ексцес. Комплексування цих складових гравітаційного

поля і результатів спостережень за профілями БЕЗ покладено в основу виділення і трасування розривних порушень за допомогою лінеamentного аналізу.

Для розрахунку таких складових застосовані технології і програми комплексу COSCAD 3D [2]:

- «Градiєнтні характеристики» - розрахунок градiєнтів полів вздовж і вхрест геофізичних профілів, повного горизонтального градiєнта;
- «Статистичні характеристики у вікні живої форми» - розрахунок дисперсії, асиметрії, ексцесу;
- Розрахунок параметрів «коефіцієнтів подібності» денного рельєфу і гравітаційного поля: уступів, скелету поверхні, позитивних і негативних ребер, бровки та вихід «терас» та ін. за програмою Grid Builder - Grid Master, розробленої Лапковським В.В. (Інститут геології нафти і газу СВ РАН);
- «Автоматизоване трасування осей аномалій» - для трасування осей аномалій різних енергій і різних напрямків. При використанні цієї програми формується мережа статистики, отримана в результаті одномірної адаптивної фільтрації, максимумами якої відповідають осям позитивних аномалій, а мінімумами – осям негативних аномалій;

Комплексування розрахованих граничних складових полів (градієнтів, дисперсії, ексцесу, асиметрії та ін.) закладено в основу виділення і трасування розривних порушень. Найбільш інформативні, як одноознакові складові гравітаційного поля (осей повного градiєнта Δg_a , так і комплексні (сумарні) моделі щільності осьових ліній, побудовані із застосуванням програми «Компонентний аналіз даних» програмного комплексу COSCAD 3D, були використані при складанні схеми розривної тектоніки території досліджень.

Прогнозування розповсюдження водоносних горизонтів і приурочених до них низькощільних пісковиків проводилось із використанням таких матеріалів – карти локальної складової рельєфу поверхні фундаменту (з деталізацією по карті осей негативних і позитивних форм рельєфу

фундаменту); карти локальних гравітаційних аномалій за наявністю лінійно-випуклих мінімумів; карти коефіцієнта кореляції локальних гравітаційних аномалій з картою ізогіпс рельєфу поверхні фундаменту; карти сумарної поздовжньої провідності осадового чохла.

5 РЕЗУЛЬТАТИ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

За договором було проведено вивчення верхньої частини геологічного розрізу східного борту (північно-східна частина) і ділянки між р. Інгулець і південним бортом кар'єра. Геофізичні дослідження виконувались методами електророзвідки (електротомографії і природнього поля) та гравірозвідки при постійному геодезичному забезпеченні. Просторове положення наведено на рис. 5.1.

5.1 Північно-східна частина кар'єра

Дослідження на північно-східному профілі B2L1 (рис. 5.1) методом ЕТ виконувалося в березні перед скиданням води з Карачунського водосховища для промивки р. Інгулець.

Результати комплексної обробки електротомографічних спостережень, природнього поля та гравірозвідки на профілі B2L1, що розташований в північно-східному куту кар'єру в цілому показують дуже складну геологічну будову верхньої частини східного борту кар'єру (рис. 5.2). Геоелектричний розріз за результатами електротомографії підтверджує його дрібну розломно-блокову будову. Слабкомінералізовані води не виходять на денну поверхню, а переважно розташовуються в ослаблених тектонічних зонах та у міжпластовому просторі. Їх верхня кромка здебільше знаходиться на глибинах $-3 \div -5$ м від денної поверхні. Просторово вони розташовані в межах геодезичних пікетів (з півночі на південь) 82 – 88, 37 – 55 і 5 – 14 профілю B2 та від ПК 20 до 35 і від ПК 44 до ПК 60 ПР L1 (рис. 5.1, 5.2). Отримані результати підтверджують дані попередніх геологічних спостережень, які свідчать про поширення тріщинних вод по вертикалі і обмежуються глибиною розвитку тріщинуватих кристалічних порід та складом перекриваючих їх осадових порід [11].

Зволоження під денною поверхнею прогнозується в межах пікетів 55 – 62 та 14 – 23 профілю B2 та від ПК 5 ПР B2 до ПК 6 ПР L1 (рис. 5.1, 5.2). В 100 м на захід від цих ділянок розташоване водне джерело ПС11.

Враховуючи, що значення питомого опору відносно низьке, можливо припустити незначну геофільтрацію води з р. Інгулець.

В північній частині профілю В2 L1 між ПК 62 - 87 відмічається ділянка високих значень геоелектричного опору, відповідаючою масиву залізистих кварцитів і з обох боків обмежену розривними порушеннями (рис. 5.2).

Значення уявного опору поблизу джерела води на ПС12 вище ніж поблизу ПС11. Тому можливо припустити геофільтрацію води по напрямку простягання Тарапаківсько-Скелюватської системи розломів, річна вода з Інгульця по цій системі розломів з півночі потрапляє до кар'єру. Згідно табл. 2.2 хімічний склад води (мінералізація) в цьому джерелі (ПС12) у середньому нижче ніж у р. Інгулець. Поширення тріщинних вод по вертикалі геологічного розрізу обмежується глибиною розвитку тріщинуватих кристалічних порід [12]. Найбільшою тріщинуватістю, а відтак і водозбагаченістю, характеризуються породи залізистих горизонтів, які розриваються субмеридіональними тектонічними порушеннями.

Результати гідрогеологічної інтерпретації приведені в табл. 5.1, згідно якої, в межах пікету 61 профілю В2 картується тектонічне порушення з можливим водоприпливом (джерелом) підземних вод. Ця ділянка потребує додаткового візуального обстеження.

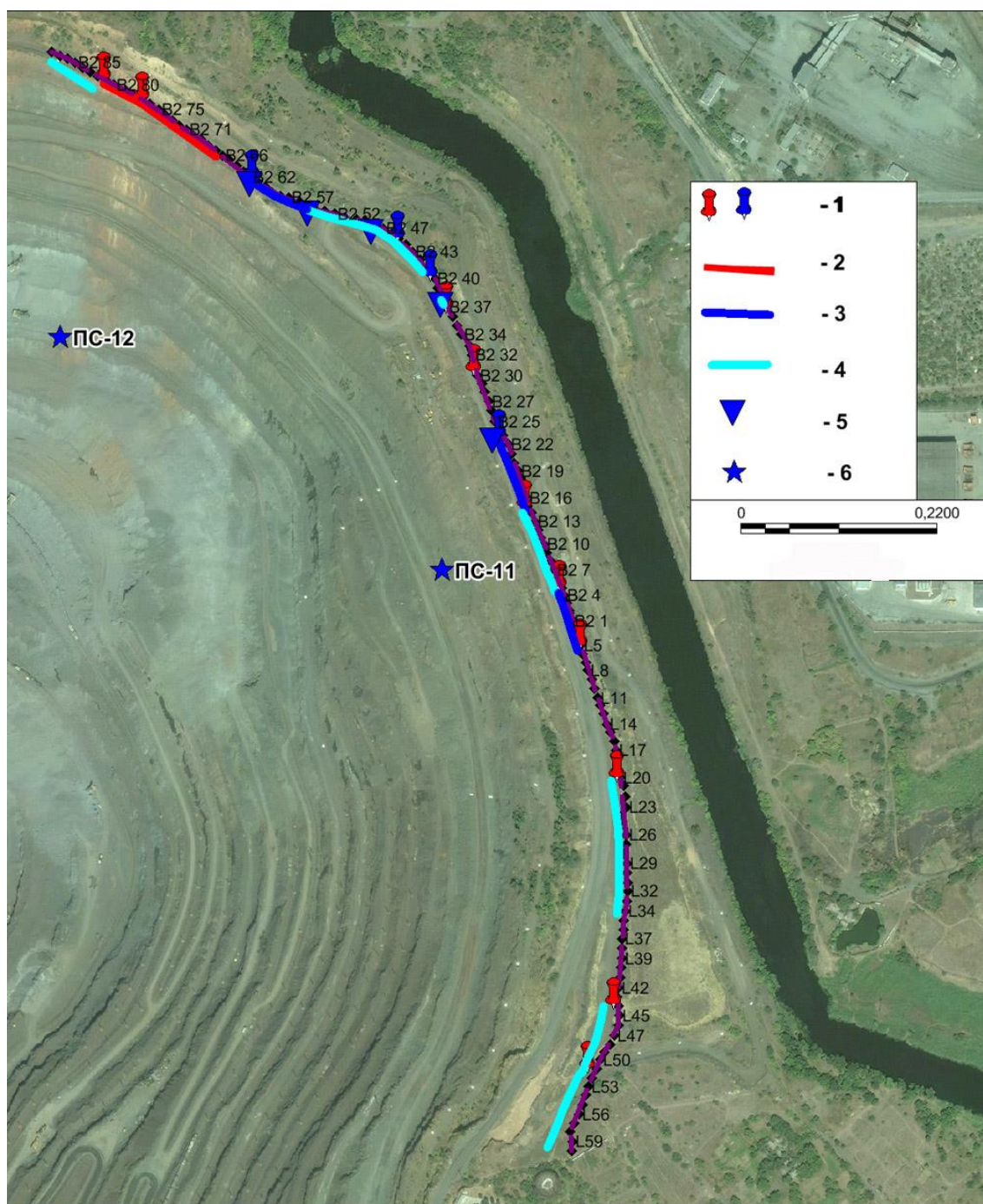


Рисунок 5.1. Об'єднаний профіль B2 L1 з номерами пікетів та елементами інтерпретації.

Умовні позначення: 1 – розривні порушення сухі (червоні та зволожені сині); 2 – сухі ділянки; 3 – водозбагаченні ділянки з поверхні; 4 – водозбагаченні ділянки з глибини 3 - 5 м; 5 – тектонічні порушення з можливими джерелами підземних вод; 6 – наявні джерела води та номер пункту спостережень.

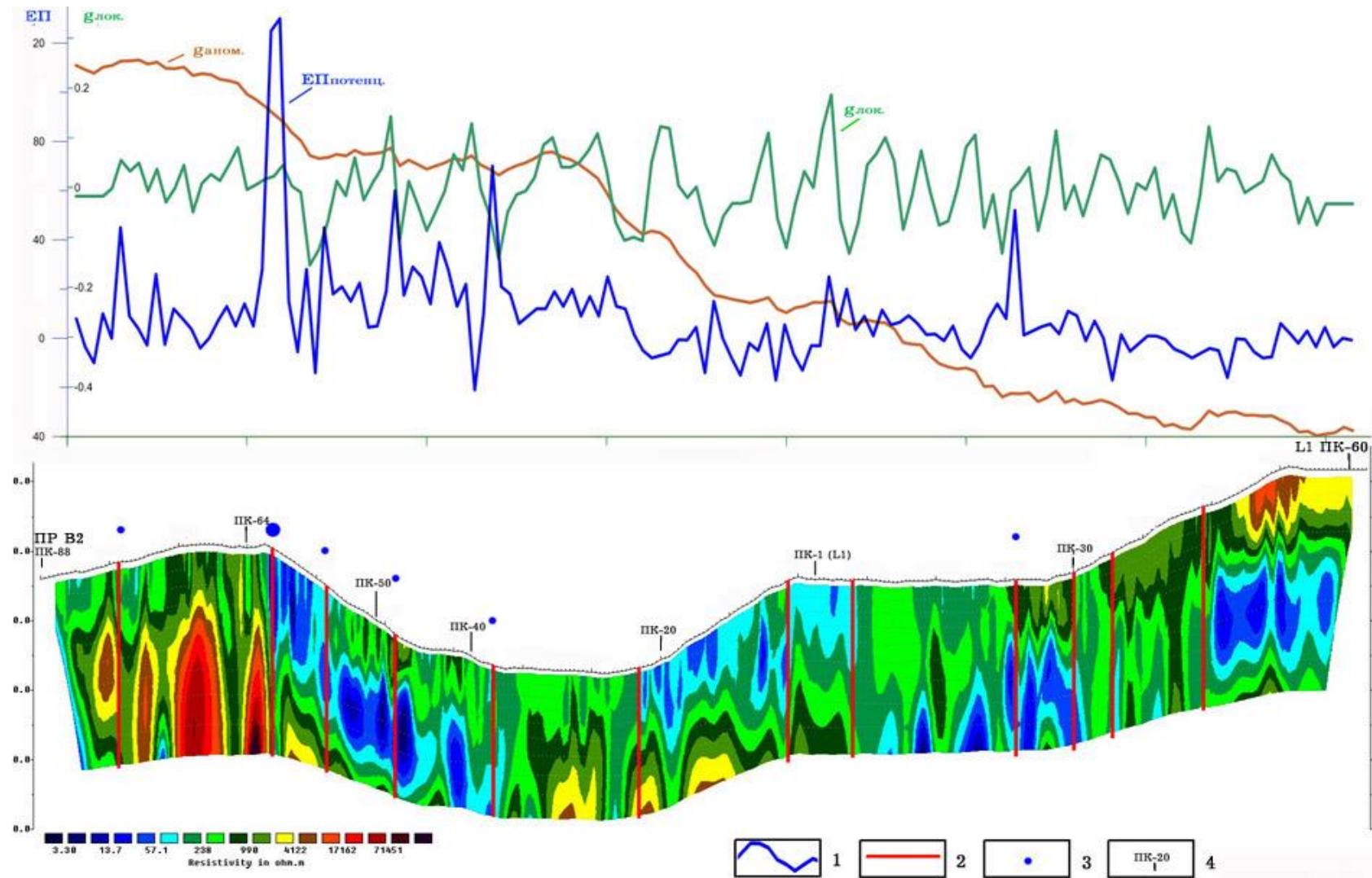


Рисунок 5.2. Комплексний геофізичний розріз за об'єднаним профілем В2 L1. Умовні позначення: графіки гравітаційного поля і ПП; 2 – розривні порушення; 3 – тектонічні порушення, які можуть бути джерелами підземних вод; 4 – геодезичний пікет та його номер (додаток 4).

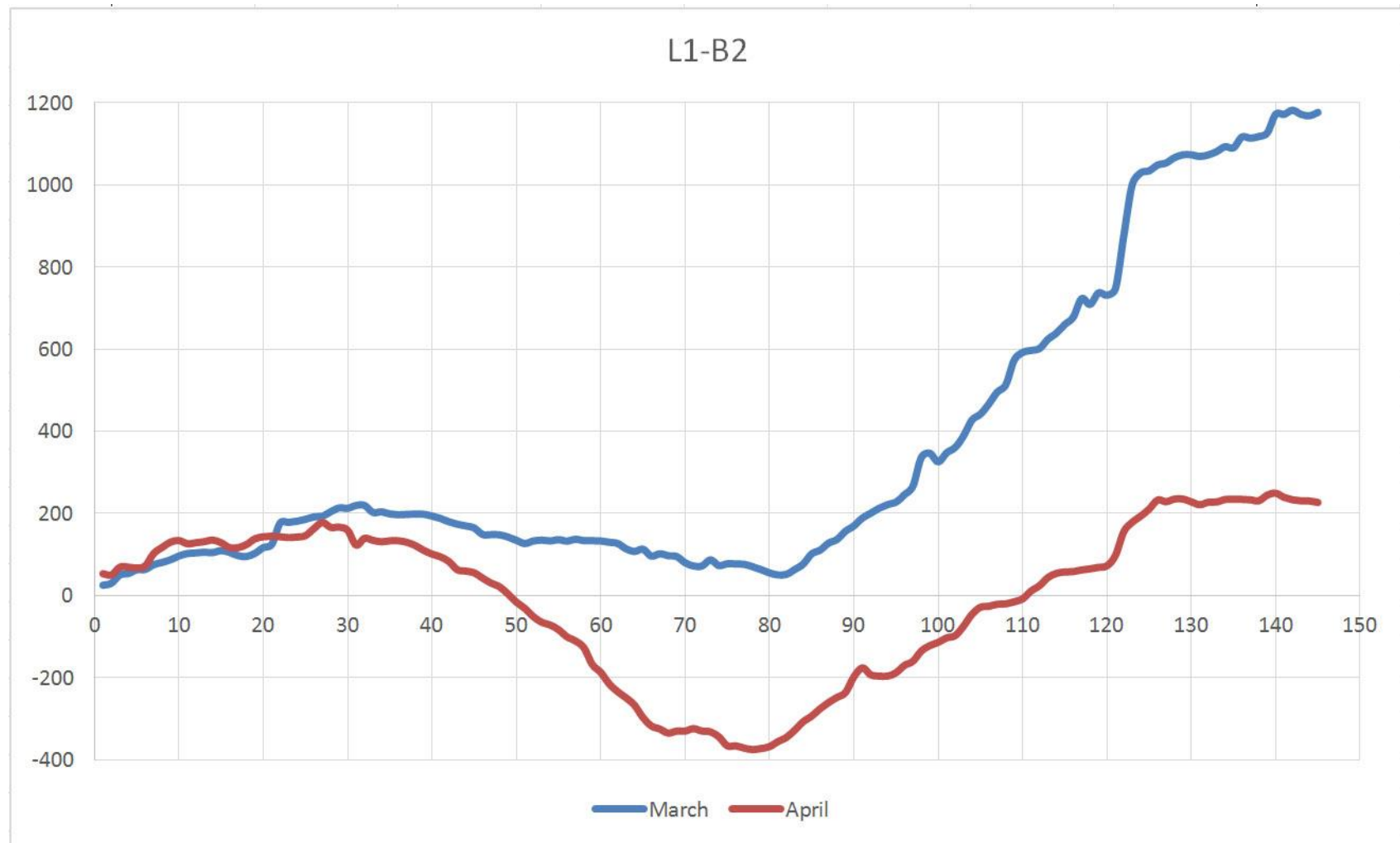


Рисунок 5.3. Графіки ПП на об'єднаному профілю В2 L1, які отримані 21 березня та 14 квітня

Таблиця. 5.1. Середній хімічний склад води (мінералізація) в джерелі ПС11

Рік	Сухий залишок	K+Na		NO ₂	NO ₃		NH ₄	Cl		SO ₄		Fe	Ca		Mg		Жорсткість			HCO ₃		pH
		мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг-екв/л	карб.	заг.	не карб.	мг/л	мг-екв/л		
																мг-екв/л	мг-екв/л	мг-екв/л				
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2014	3690	1727.725	28.325	0.03	4.7825	0.0825	0.3275	980	27.675	731.05	15.375	0.14	236.7	11.8025	121.265	9.9575	6.0825	21.9	15.665	371.85	6.075	7.8025
2015	3745.00	2253.67	36.93	0.03	10.95	0.17	0.08	1119.97	31.63	999.67	21.07	0.11	245.20	12.20	26.70	2.17	6.47	20.37	13.92	395.33	6.43	8.00
2016	3821.00	1667.93	0.03	4.43	4.43	0.07	0.11	1066.03	30.11	765.10	16.14	0.10	246.97	12.20	983.10	17.78	7.38	33.10	25.76	444.47	7.29	8.13
2017	3836.00	2072.15	33.93	0.06	7.95	0.09	0.10	1082.48	30.58	915.03	19.30	0.39	248.83	12.40	103.65	8.51	6.87	33.10	24.38	419.20	6.85	8.13
2018	3163.50	2004.50	32.82	0.03	12.09	0.19	0.24	919.15	25.98	873.18	18.40	0.16	193.55	9.66	21.38	1.55	6.81	33.10	20.39	415.08	6.78	7.77
2019	3803.75	760.16	33.05	0.03	6.84	0.10	0.19	1130.39	31.93	878.35	18.51	0.26	242.42	12.10	153.52	12.63	7.24	33.70	26.46	441.79	7.24	7.87
2020	3780.00	944.40	41.06	0.10	4.97	0.08	0.10	1014.80	28.68	995.22	21.00	0.13	237.79	11.87	53.87	4.23	7.41	32.41	25.00	451.71	7.41	7.98

Таблиця. 5.2. Середній хімічний склад води (мінералізація) в джерелі ПС12

Рік	Сухий залишок	K+Na		NO ₂	NO ₃		NH ₄	Cl		SO ₄		Fe	Ca		Mg		Жорсткість			HCO ₃		pH
		мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг-екв/л	карб.	заг.	не карб.	мг/л	мг-екв/л	
																	мг-екв/л	мг-екв/л	мг-екв/л			
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2014	3052.75	1760.00	28.85	0.04	6.52	0.10	0.20	776.63	21.93	886.98	18.70	0.10	148.55	7.38	145.32	11.95	6.27	19.16	17.80	383.95	6.25	8.21
2015	3150.25	1884.28	30.88	0.03	6.88	0.09	0.12	873.83	24.68	774.25	16.33	0.29	151.75	7.55	20.60	4.23	6.25	16.35	10.13	381.08	6.20	8.14
2016	3031.00	1562.88	25.60	0.03	8.83	0.13	0.18	641.05	18.13	910.50	19.20	0.10	131.13	6.54	249.30	20.48	6.27	41.73	35.45	382.95	6.25	8.22
2017	3159.25	1868.33	30.60	0.03	6.97	0.10	0.77	743.80	21.00	937.38	19.79	0.16	130.38	6.50	70.32	5.78	6.23	27.43	21.23	380.90	6.20	8.18
2018	3194.25	2099.22	34.38	0.03	3.84	0.06	0.34	743.07	21.00	1027.88	21.69	0.10	95.62	4.77	28.53	2.34	7.33	28.27	20.90	448.48	7.33	7.99
2019	1864.00	257.26	11.19	0.03	4.17	0.06	0.18	404.77	11.43	551.82	11.63	0.14	125.26	6.25	136.68	11.24	5.56	21.52	15.96	339.16	5.57	8.35
2020	2221.00	597.39	25.97	0.03	3.27	0.05	0.10	624.75	18.00	592.83	12.50	0.11	124.53	6.21	39.56	3.26	4.89	16.52	11.63	298.49	4.89	8.13

Таблиця. 5.3. Середній хімічний склад води (мінералізація) в р. Інгулець

Рік	Сухий залишок	K+Na		NO ₂	NO ₃		NH ₄	Cl		SO ₄		Fe	Ca		Mg		Жорсткість			HCO ₃		pH
		мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг-екв/л	карб.	заг.	не карб.	мг/л	мг-екв/л	
																	мг-екв/л	мг-екв/л	мг-екв/л			
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2016	1855.00	990.30	16.22	0.10	5.93	0.10	0.54	321.20	9.05	518.65	10.95	0.30	112.03	5.58	40.83	3.35	4.43	16.40	12.17	297.13	4.85	8.15
2017	2106.00	1130.50	18.52	0.08	5.49	0.08	0.59	192.53	10.16	621.88	13.10	0.42	155.02	7.72	400.53	7.51	5.37	17.20	11.79	327.86	5.36	8.08
2018	2361.50	1049.63	23.75	0.05	2.79	0.04	0.15	673.09	19.68	622.08	13.15	0.23	123.53	6.15	69.70	5.71	4.30	20.03	15.73	262.45	4.28	8.28
2019	2490.33	767.81	20.26	0.07	5.96	0.10	1.49	663.43	18.73	662.38	14.00	0.18	271.36	13.54	49.17	4.05	5.17	22.58	17.71	350.10	5.74	8.37
2020	2318.75	588.11	25.58	0.07	5.87	0.08	0.24	666.95	18.83	606.55	12.78	0.15	135.06	6.74	50.46	3.95	4.61	16.16	11.56	281.13	4.59	8.02

Таблиця 5.4. Точки ймовірних водоприпливів та водопоглинання за геофізичними даними на профілі В2L1

№ зп	Номер профілю, пікет	водоприплив	водопоглинання	Примітка
1	2	3	4	5
1.	В2 ПК 80	слабке водозбагачення розлому	—	280 м на південь південний захід знаходиться ПС 12
2.	В2 ПК 61	водозбагачення розлому	—	270 м на південний захід знаходиться ПС 12
3.	В2 ПК 55	зволоження розлому	—	
4.	В2 ПК 48	слабке водозбагачення розлому	—	
5.	В2 ПК 40	—	слабке	
6.	В2 ПК 37	слабке водозбагачення розлому	—	
7.	L1 ПК22-23	слабке водозбагачення розлому	—	

Співставлення графіків ЕП, побудованих за результатами спостережень 21 березня та 14 квітня (рис. 5.3) дозволяє переконатися в тому, що насичення (поглинання) річної води осадовими породами між річкою та кар'єром продовжується. Їх поводження на глибині не встановлено, оскільки виконання повторних спостережень ЕТ договором не передбачалися.

5.2 Південна частина кар'єра

Положення профілю Z1, розташованого в південній частини кар'єра наведено на рис. 5.4.

Результати комплексної обробки спостережень електротомографії та природнього поля на південному профілі, наведені на рис. 5.5. На розрізі по електротомографії видно, що профіль має більш низькоомний геоелектричний опір, що вказує на розташування осадової товщі над породами кристалічного фундаменту (табл. 5.2). За рахунок відміченого підвищена обводненість геологічного розрізу порівняно з північно-східним

профілем (рис. 5.2). Малюнок змін геоелектричного опору вказує на перевагу субвертикальних та крутопадаючих розломів в розрізі. Найбільш обводненні породи залягають переважно на глибинах від 5 до 20 м. Поблизу витоків №3 і №4 (рис. 5.4) відмічаються незначні аномалії ПП.

Таблиця 5.5. Колонки за свердловинами 2128 і 2129

№ сврд.	Устя	Інтервал		Склад порід
		від	до	
1	2	3	4	5
2128	30,40	0,0	2,2	Мулові відклади Пісок кварцовий, брудносірий, дрібнозернистий с включеннями гальки Пісок грубозернистий, кварцовий с включеннями гальки розміром до 10см
		2,2	4,1	
2129	30,50	4,1	5,1	

На заході ПР Z1 між ПК 100 – 140 (рис. 5.4, 5.5) відмічається водозбагачення верхньої частини розрізу. Вона простежується фрагментарними комірками, розташованими на різних рівнях, що вказує на наявність потужної тектонічної зони з вертикальними подвижками дрібних блоків в ній. Згідно геологічним побудовам (розрізам) по кар'єру, тут проходить потужна зона Тарапаківсько-Скелюватської системи розломів, річна вода з Інгульця по цій системі розломів з півдня потрапляє до кар'єру. На північ від неї розташовані джерела підземних вод (ПС 4 і 5). Вихід води у пункті спостереження ПС-4, який розташований вище горизонту мінус 15/-30 м проявляється у вигляді капежу й тонких струмків із тріщин у гірських породах з середнім дебітом 5,2 м³/год., коливання дебіту 4,0-6,3 м³/год. Збільшення припливів води пов'язане з опадами. Природа води – тріщина, але можливий незначний дренаж річкових вод по південному борту. Вихід води в розрізній траншеї -15/-30 м (приплив ПС-5) дебіт 10,5 м³/год., коливання дебіту від 9,1-18,5 м³/год., має природу аналогічну попередньому. Води південного борту кар'єра (табл. 2.2) гор. -30м. (приплив ПС-4, ПС-5) хлоридні натрій-кальцієві. Підвищений вміст натрію й хлору у воді вказує на

дренаж річкових вод по південному борту та їх змішування з мінералізованими водами, які акумульовані в зонах розломів.

Ближче до ложе кар'єру води у пункті спостереження ПС-13, пов'язані з підземними гірничими виробками. Приплив води на ПС-13 (гор. -150 м) має дебіт $0,35 \text{ м}^3/\text{год}$. Він утворений водою, що просочується з рудного стовбура. За хімічним складом води хлоридно-сульфатні натрій-магнієві. Середній дебіт припливу ПС-7 (штольня КШП) – менше $1,0 \text{ м}^3/\text{год}$., припливу ПС-8 (штольня рудного стовбура) – $41,7 \text{ м}^3/\text{год}$., коливання дебіту від 9,6 до $63,5 \text{ м}^3/\text{год}$., припливу ПС-9 (штольня породного стовбура) – $35,2 \text{ м}^3/\text{год}$., коливання дебіту від 10,4 до $58,1 \text{ м}^3/\text{год}$.

Вода в підземних гірських виробках проявляється у вигляді капежу й тонких струмків від зрошувальної системи конвеєрів. Тріщинні води гірничих виробок ПС-7, 8, 9 – хлоридні натрій-магнієві, хлоридно-сульфатні натрій-магнієві. Від річкових вод відрізняються зниженим вмістом сульфатів і підвищеним вмістом хлоридів.

В межах пікету 65 профілю Z1 картується ймовірні витоки з обводненого горизонту, де згідно графіків V (рис. 5.5, табл. 5.3) можливо припустити його вихід на денну поверхню. Далі на схід за профілем Z1 ПК 43, ПК 21 – 23, ПК 9 – 10 простежується різної інтенсивності водопоглинання в нижню частину розрізу, де залягають різноманітні кварцові піски (с включеннями гальки). Під ними на глибинах більш 15 – 20 м простежуються більш стійкі до обводнення породи.

Таблиця 5.6. Точки ймовірних водоприпливів та водопоглинання за геофізичними даними на профілі Z1

№ зп	Номер профілю, пікет	водоприплив	водопоглинання	Примітка
1	2	3	4	5
1.	Z1 ПК 65	слабкий	–	70 м на південний схід знаходиться ПС-3
2.	Z1 ПК 43	–	слабке	
	Z1 ПК 21 - 23	–	підвищено	
	Z1 ПК 9 - 10	–	слабке	

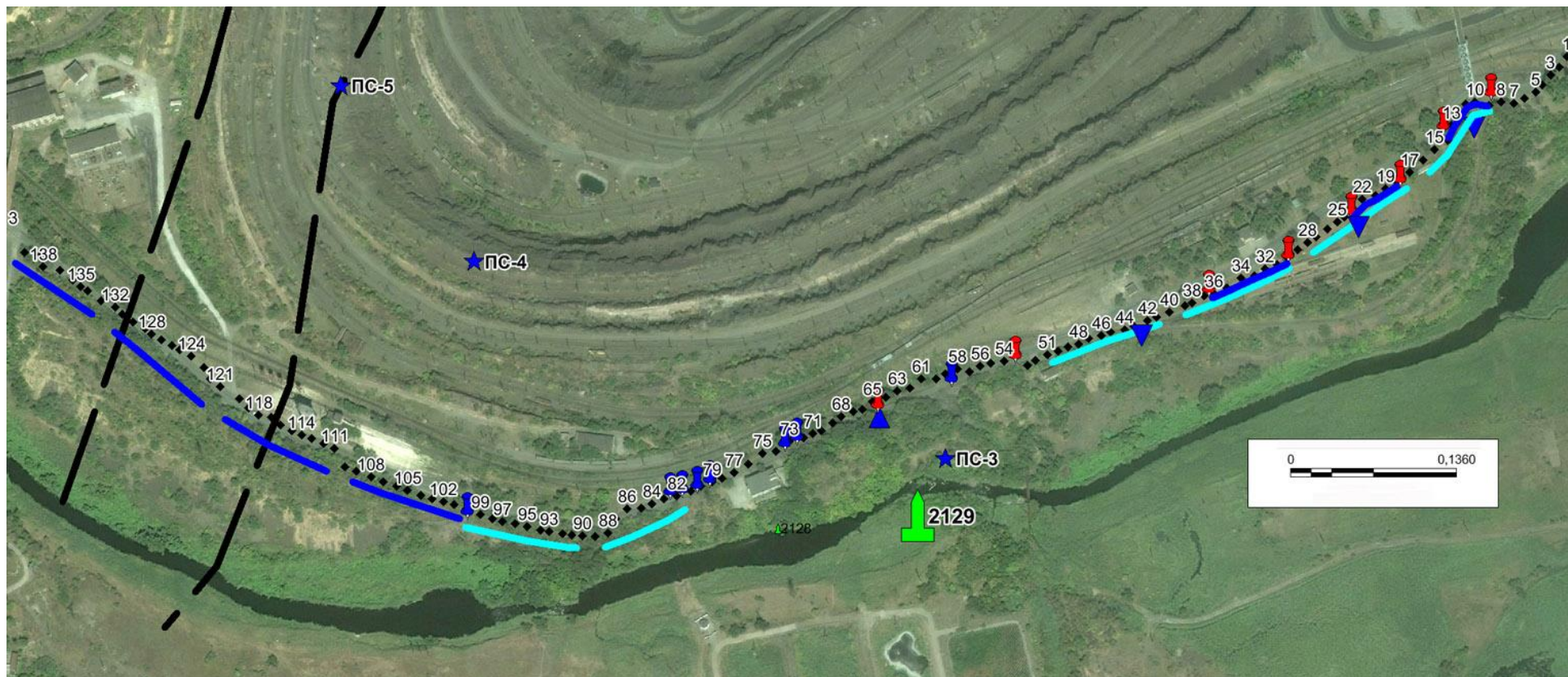


Рисунок 5.4. Профіль Z1 з номерами пікетів і елементами інтерпретації. Умовні позначення наведені на рис. 5.1.

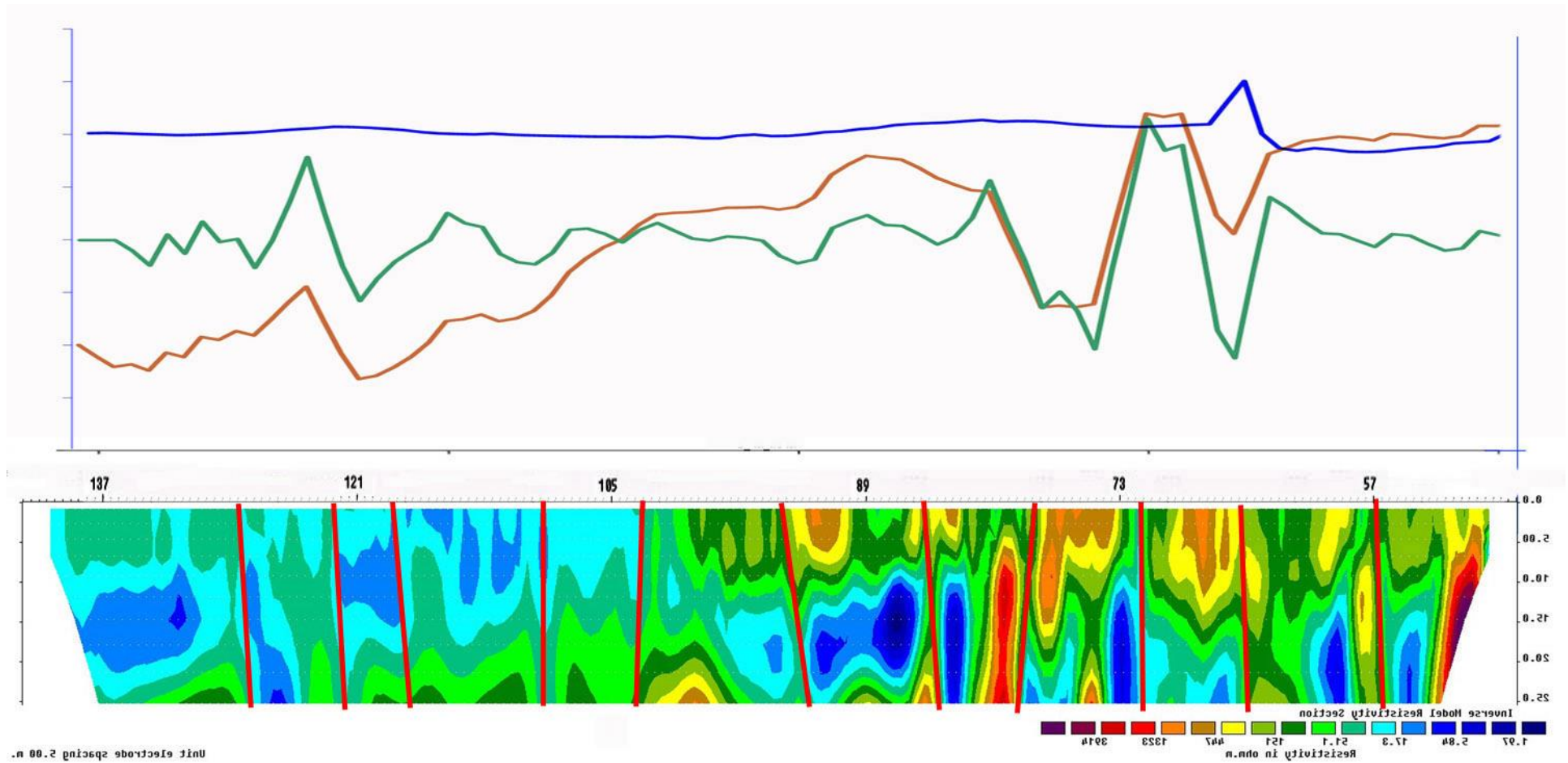


Рисунок 5.5. Комплексний геофізичний розріз східної частини профіля Z1 з елементами розривної тектоніки. Умовні позначення наведені на рис. 5.2. *Примітка: цифри на профілі відповідають номеру геодезичного пікету (додаток 5).*

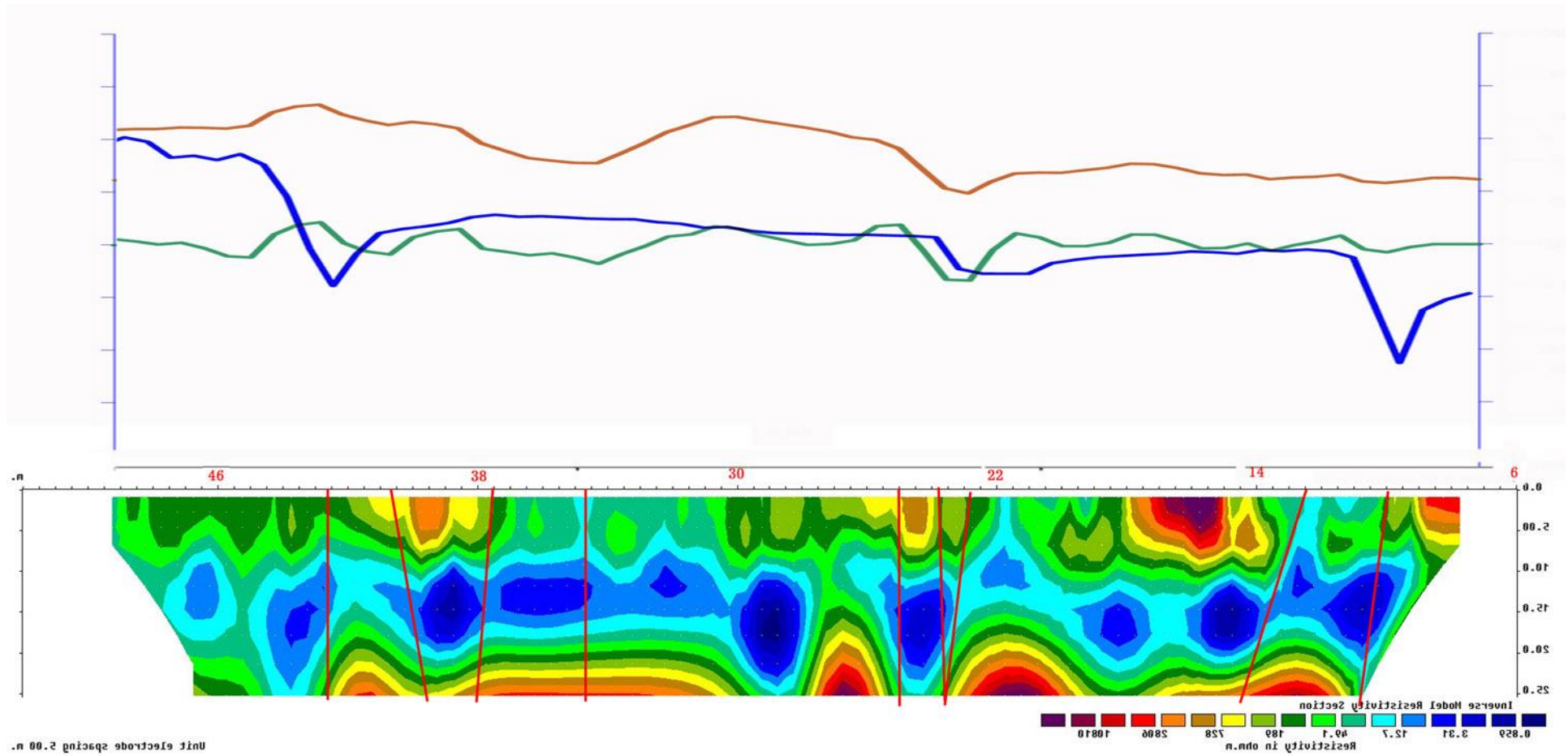


Рисунок 5.6. Комплексний геофізичний розріз західної частини профіля Z1 з елементами розривної тектоніки. Умовні позначення наведені на рис. 5.2. Примітка: цифри на профілі відповідають номеру геодезичного пікету (додаток 5).

Таблиця. 5.7. Середньорічний хімічний склад води (мінералізація) в джерелі ПС4

Рік	Сухий залишок	K+Na		NO ₂	NO ₃		NH ₄	Cl		SO ₄		Fe	Ca		Mg		Жорсткість			HCO ₃		pH
		мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг-екв/л	карб.	заг.	не карб.	мг/л	мг-екв/л	
																	мг-екв/л	мг-екв/л	мг-екв/л			
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2014	11579.75	4515.90	74.03	0.03	8.95	0.13	0.46	4804.90	135.85	1205.95	25.45	1.90	494.28	24.66	292.73	24.06	5.10	48.72	43.61	287.85	4.68	6.95
2015	13677.25	6414.30	105.05	0.03	4.56	0.06	0.13	5592.50	158.13	1292.75	27.28	3.84	527.65	26.25	234.83	19.30	4.71	47.25	42.54	287.25	4.67	7.70
2016	11822.25	5547.98	90.93	0.03	7.23	0.07	0.28	4796.90	135.63	1091.65	23.05	0.50	424.53	21.18	267.55	21.99	5.64	76.76	71.14	344.25	5.63	7.55
2017	9021.50	5490.60	89.98	0.04	10.89	0.16	0.33	4724.05	133.57	1353.73	28.55	6.41	532.83	26.58	407.91	33.53	5.62	68.33	62.66	342.90	5.63	7.66
2018	11565.50	4696.33	92.98	0.03	3.95	0.06	0.10	4610.36	130.40	1404.13	29.63	4.37	521.77	26.04	340.70	28.00	5.10	64.94	59.83	312.11	5.09	7.69
2019	10402.25	2720.63	118.32	0.03	4.66	0.07	0.89	4456.25	126.00	1458.05	30.78	1.36	485.27	24.22	233.39	19.19	4.85	63.25	45.47	295.70	4.85	8.05
2020	11712.50	3080.40	133.93	0.03	4.16	0.06	0.50	4958.26	140.20	1594.36	33.65	1.21	536.81	26.79	231.62	18.84	5.70	67.27	61.57	345.37	5.66	7.59

Таблиця. 5.8. Середньорічний хімічний склад води (мінералізація) в джерелі ПС5

Рік	Сухий залишок	K+Na		NO ₂	NO ₃		NH ₄	Cl		SO ₄		Fe	Ca		Mg		Жорсткість			HCO ₃		pH
		мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг/л	мг-екв/л	мг/л	мг-екв/л	карб.	заг.	не карб.	мг/л	мг-екв/л	
																	мг-екв/л	мг-екв/л	мг-екв/л			
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2014	10976.25	5251.45	86.05	0.03	3.48	0.05	0.62	4761.05	134.63	1184.59	25.00	0.98	658.93	32.89	370.13	30.44	5.44	55.80	50.36	331.50	5.45	7.40
2015	11804.50	5359.35	86.20	0.04	4.14	0.05	0.18	4852.63	137.20	1006.48	21.23	0.47	656.05	32.70	469.03	38.35	6.05	74.43	68.85	370.13	5.95	7.38
2016	11310.25	5337.48	87.48	0.03	3.99	0.06	0.14	4589.50	129.55	1201.20	25.35	0.50	458.93	22.90	349.65	28.74	5.75	73.78	67.99	351.08	5.75	7.78
2017	10908.25	5002.57	82.00	0.03	5.21	0.08	0.27	4262.00	120.50	1097.98	23.15	0.18	470.57	22.73	276.00	22.57	6.30	68.65	63.98	384.00	6.25	8.06
2018	10479.75	4177.88	80.68	0.03	5.41	0.08	0.18	3047.40	117.83	1056.99	73.17	0.19	545.23	27.20	226.16	18.59	6.42	67.68	61.17	392.92	6.40	7.60
2019	10359.25	2655.25	115.43	0.03	5.06	0.08	1.11	4461.64	126.13	1266.19	26.70	0.92	497.36	24.82	232.93	19.16	6.52	67.09	60.57	397.57	6.52	7.53
2020	9825.75	2515.50	109.38	0.23	3.40	0.05	1.67	4458.70	126.05	1189.95	25.13	0.61	563.83	27.39	241.51	19.66	5.94	62.63	56.69	362.34	5.94	7.12

Повторні спостереження 16 квітня, які виконані у рамках Договору 2020/у/ОГГ/830 з АТ «ПВДГЗК» показали, що за цей час пройшло насичення осадового чохла, що призвело до збільшення рівня потенціалу ПП в східній частині ПР від його початку ПК1 до ПК 43 (рис. 5.7). Про це свідчать геологічні розрізи свердловин 2128 і 2129 (табл. 5.2) – видно, що з глибини 2,2 м до забою свердловин 5,1 м залягає пласт піска кварцового з дрібнозернистими включеннями гальки розміром до 10см. Крім цього, на графіках відмічається локальна ділянка на якій продовжується поглинання надлишків річної води. Цей факт вказує на наявність відкритого розлому, який з заходу підживлює цей пласт.

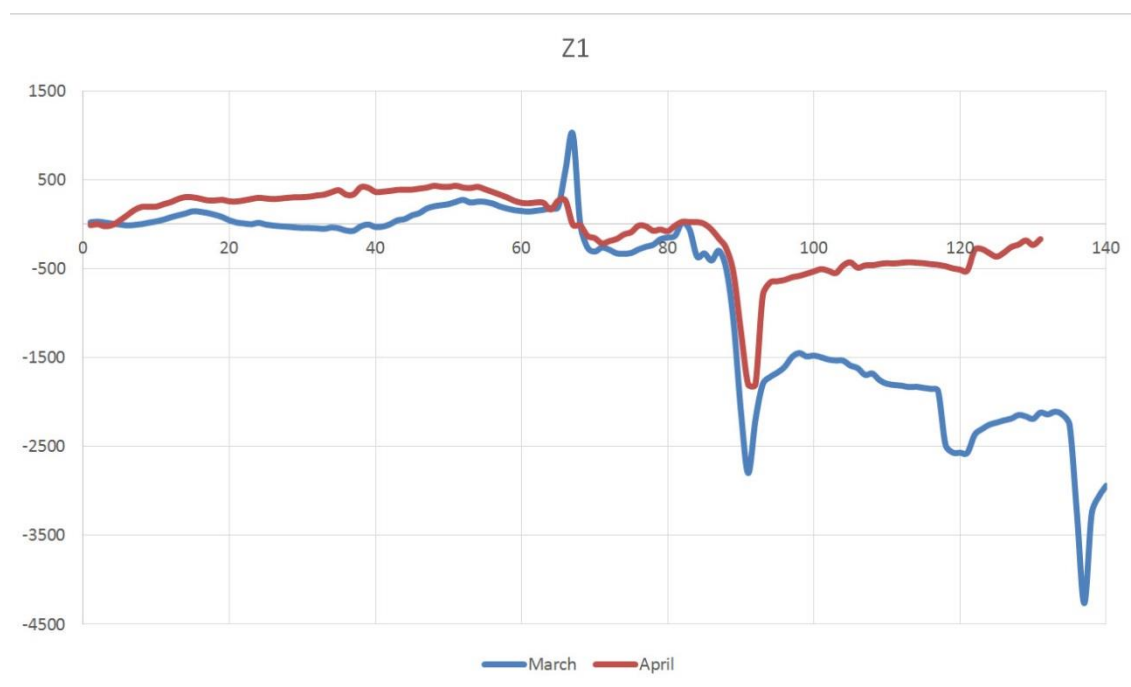


Рисунок 5.7. Графіки ПП на профілі Z1, які отримані 21 березня та 14 квітня.

6 ЗМІНИ ГІДРОХІМІЧНИХ І ГІДРОДИНАМІЧНИХ УМОВ ПІДЗЕМНИХ І ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

За літературними джерелами в період 2015-2016 років АТ «ПВДГКЗ» провело науково-дослідну роботу «Оцінка впливу гідротехнічних споруд АТ «ПВДГКЗ» на водний баланс обвідного каналу. Моделювання притоків». За результатами роботи отримано експертний екологічний висновок, згідно якого встановлено, що на АТ «ПВДГКЗ» відсутні скиди зворотних та забруднюючих речовин в Обвідний канал, а тому, немає необхідності встановлення гранично допустимих скидів забруднюючих речовин зі зворотними водами в Обвідний канал та р. Інгулець. Відповідно, АТ «ПВДГКЗ» отримано новий дозвіл без встановлення нормативів гранично допустимих скидів забруднюючих речовин зі зворотними водами в Обвідний канал та р. Інгулець.

Якісна характеристика кар'єрних вод. За даними геологічної служби комбінату (табл. 6.1) в таблиці 6.1 наведено склад підземних вод за результатами досліджень Південним ГЗК вод кар'єрного водовідливу за період 2015-2019 рр.

Таблиця 6.1. Середньорічні показники хімічного складу кар'єрних вод за період 2015-2019 рр.

Вид аналізу	Одиниця виміру	Рік				
		2015	2016	2017	2018	2019
1	2	3	4	5	6	7
Сухий Залишок	мг/дм ³	2263	2686	2554	2766	2450
HCO ₃	мг/дм ³	409,0	499,9	381,4	404,7	527,2
	мг-екв/дм ³	6,7	8,2	6,2	7,0	8,6
	%мг-екв	20,72	20,60	17,26	15,66	22,68
Cl'	мг/ дм ³	291,4	523,3	468,6	593,7	489,2
	мг-екв/ дм ³	8,2	14,8	13,2	15,1	13,8
	%мг-екв	25,42	37,11	36,49	39,55	36,22
SO ₄ "	мг дм ³ /	806,5	772,6	769,8	884,3	719,9
	мг-екв/ дм ³	17,0	16,3	16,2	18,6	16,2
	%мг-екв	51,92	40,44	44,25	43,48	39,34
NO ₃ нітрати	мг/ дм ³	38,9	45,7	45,01	34,58	41,64
	мг-екв/ дм ³	0,6	0,7	0,68	0,53	0,63
	%мг-екв	1,94	1,85	2,0	1,32	1,76

Продовження таблиці 6.1

Вид аналізу	Одиниця виміру	Рік				
		2015	2016	2017	2018	2019
1	2	3	4	5	6	7
NO ₂ нітрити	мг/ дм ³	0,07	0,13	0,53	0,09	0,65
NH ₄	мг/ дм ³	0,1	0,5	2,35	0,32	0,10
Fe	мг/ дм ³	0,12	1,30	1,40	0,12	0,24
Ca	мг/ дм ³	91,7	66,2	67,6	77,9	61,3
	мг-екв/ дм ³	3,3	3,3	3,4	3,9	3,1
	%мг-екв	6,6	3,75	4,35	4,57	7,99
Mg	мг/ дм ³	39,8	194,7	116,4	27,3	115,2
	мг-екв/ дм ³	4,1	16,0	9,6	2,2	9,5
	%мг-екв	4,72	18,75	12,35	2,64	24,75
Na +K	мг/ дм ³	1414	1581	1481	1812	592
	мг-екв/ дм ³	23	26	24	30	26
	%мг-екв	88,67	78,0	83,07	92,76	67,23
Жорсткість заг.	мг/ дм ³	6,7	7,4	6,2	6,6	8,6
Жорсткість карб.	мг/ дм ³	11,9	30,1	24,8	25,8	26,4
Жорсткість некар.	мг/ дм ³	10,9	21,9	18,5	19,2	17,8
pH	мг/ дм ³	8,3	8,2	8,2	8,2	8,2

На рисунку 6.1 Показана діаграма середньорічних коливань макрокомпонентного складу кар'єрних вод.

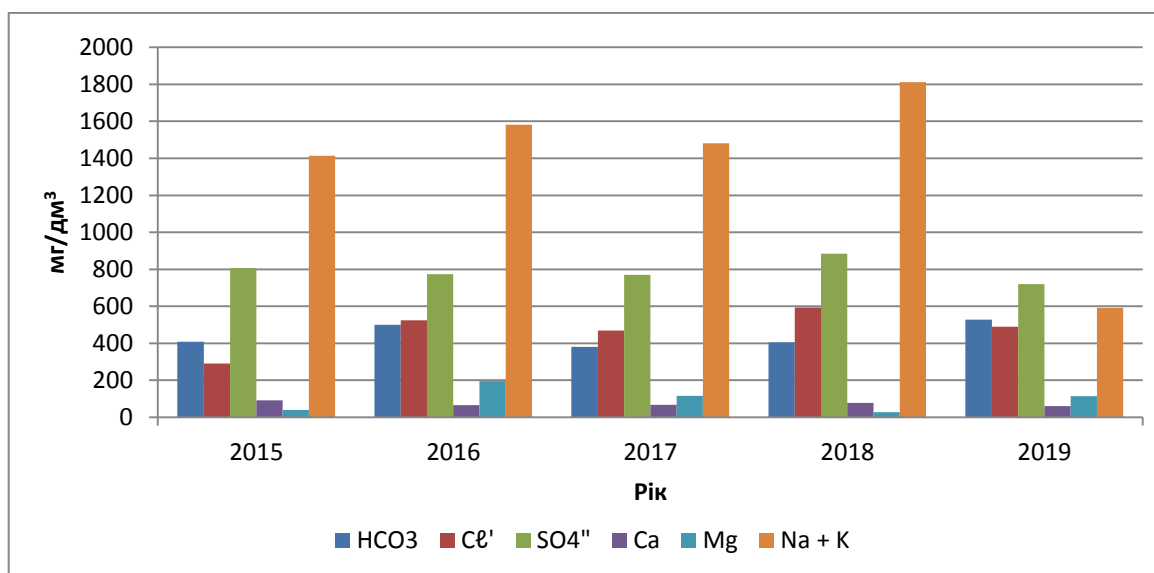


Рисунок 6.1. Діаграма середньорічних коливань макрокомпонентного складу кар'єрних вод

За результатами гідрохімічних досліджень було встановлено, що за співвідношенням основних катіонів і аніонів кар'єрні води відносяться до сульфатно хлоридних, хлоридно сульфатних натрієвих, натрієво-магнієвих з мінералізацією 2,26-2,76 г/дм³.

Аналіз показників хімічного складу кар'єрних вод (таблиці 6.1, наглядно на рис. 6.1) показує, що за період 2015-2019 рр. спостерігається певна стабільність макрокомпонентного складу кар'єрних вод.

Розглядаючи окремі компоненти складу кар'єрних вод за період 2014-2020 рр. по джерелам ПС-4,5 (південний борт), ПС-11, 12 (східний борт) та р. Інгулець (табл.6.1, табл. 5.1-5.2, 5.7- 5.8, рис. 6.1 – 6.7) можливо зробити висновок, що середньорічні коливання макрокомпонентного складу кар'єрних вод по цим джерелам за останні три роки (2018 - 2020 рр.) змінюються незначно і в межах середніх значень.

Аналіз показників хімічного складу води в р. Інгулець (таблиці 2.2, 5.3, рис. 6.8) показує, що за період 2014-2020 рр. спостерігається певна стабільність макрокомпонентного складу річкової води, за винятком хлоридів, вміст яких за останні три роки (з 2018 по 2020 рр.) підвищився майже в два рази і досяг концентрації в 660-680 мг/л.

Збільшення вмісту кальція і магнія приводить до підвищення карбонатної і загальної жорсткості.

Зміна хлоридної складової у кар'єрних водах залежить від збільшення площі вивітрювання порід, через які дренуються пластові і поверхневі води в р. Інгулець. В свою чергу кількість дренуючих стоків залежить як від кількості атмосферних опадів, так і від збільшення площі відкритих порід, що зв'язано з подальшим розширенням геометрії кар'єру. Тому значення карбонатної і загальної жорсткості може проявлятися з деякими коливаннями в часі.

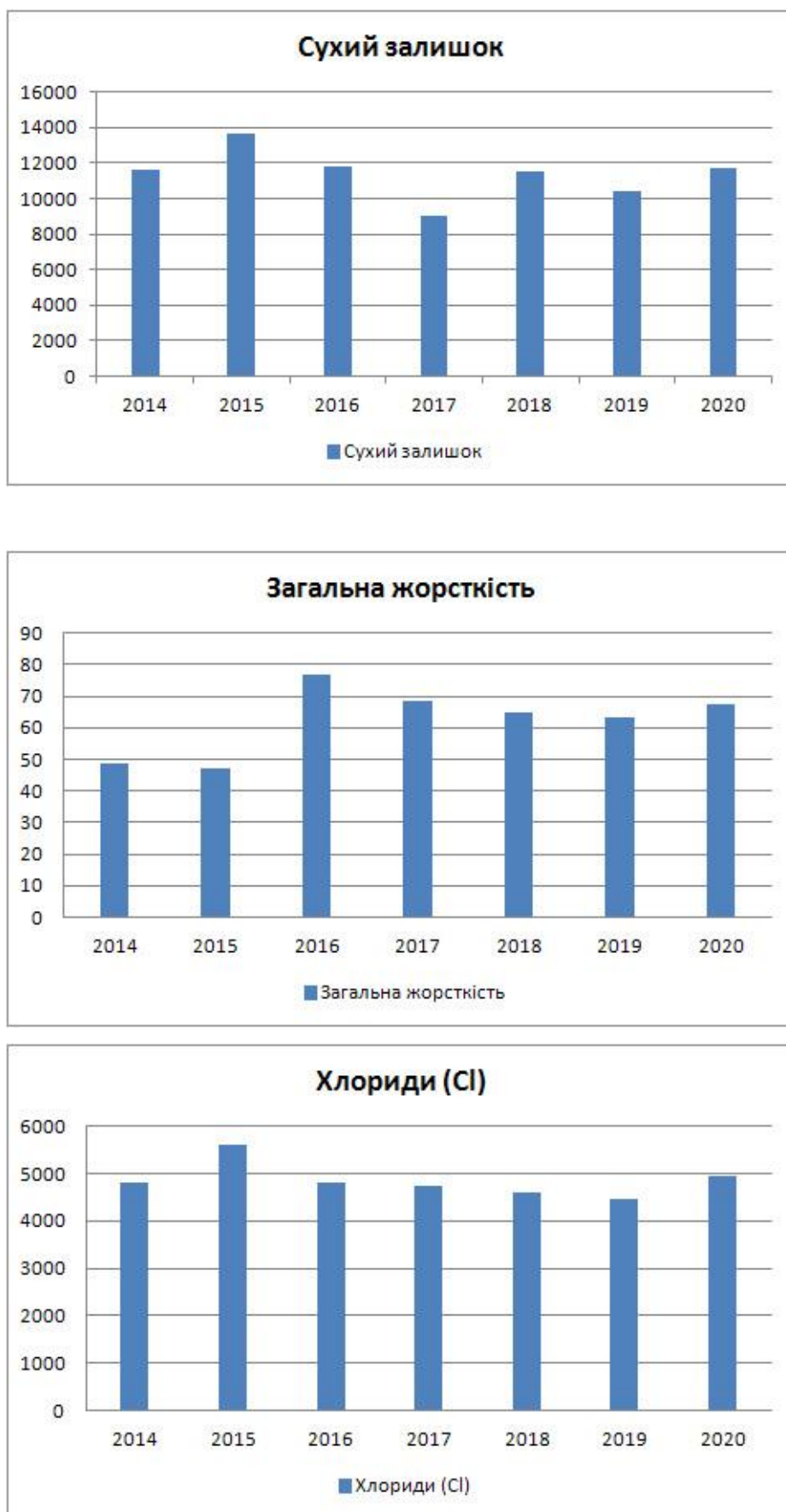


Рисунок 6.2. Діаграма середньорічних коливань макрокомпонентного складу кар'єрних вод по джерелу ПС-4



Рисунок 6.3. Діаграма середньорічних коливань макрокомпонентного складу кар'єрних вод по джерелу ПС-5

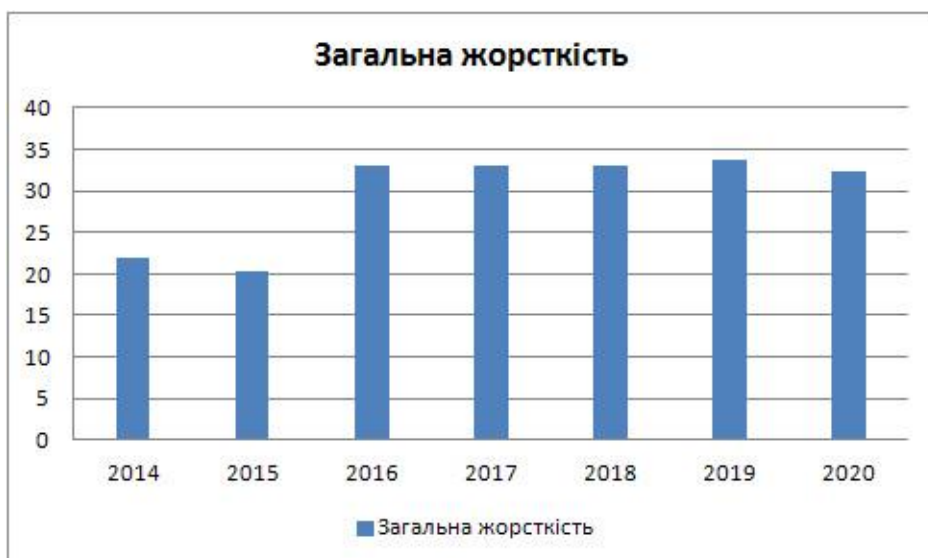


Рисунок 6.4. Діаграма середньорічних коливань макрокомпонентного складу кар'єрних вод по джерелу ПС-11



Рисунок 6.5. Діаграма середньорічних коливань макрокомпонентного складу кар'єрних вод по джерелу ПС-12



Рисунок 6.6. Діаграма середньорічних коливань макрокомпонентного складу кар'єрних вод по р. Інгулець

7 ВПЛИВ РОЗВИТКУ ГІРНИЧИХ РОБІТ В КАР'ЄРІ НА РУСЛО РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ

Згідно договору ТОВ «ЮЖГІПРОРУДА» з АТ "ПІВДГЗК" «Реконструкція кар'єру у зв'язку з його поглибленням з метою підтримки потужності комбінату на період з 2021 року до 2030 року (Дог. 815ю/2021/д/УКС/121) нами проаналізовані отримані геофізичні дані з питання впливу розвитку гірничих робіт в кар'єрі на русло річки Інгулець.

На рис. 7.1 показана проектна система гірничих робіт на кінець 2030 року, розроблена ТОВ «ЮЖГІПРОРУДА». На ній також винесені профілі геофізичних спостережень 2021 р., джерела підземних вод, що витікають зі стінок кар'єру та додатковий профіль для щорічних моніторингових спостережень за зміною глибини підземних вод та станом стінок кар'єру.

Як відмічалось в розділі 5, геофізичними дослідженнями були встановлені зони тектонічних порушень різних рангів і напрямів, але вони переважно знаходяться в «закритому» стані. Дослідження підтверджують, що на теперішній час гірничі робіт в кар'єрі не впливають на русло річки Інгулець.

Поширення тріщинних вод по вертикалі обмежується глибиною розвитку тріщинуватості у кристалічних породах. Найбільшою тріщинуватістю, а відтак і водозбагаченістю, характеризуються породи залізистих горизонтів, які «розриваються» субмеридіональною зоною Тарапаківсько-Скелюватського порушення у складі Криворізько-Кременчуцької системи розломів. Цю систему розломів перетинає більш молода ортогональна – захід-північно-західного напрямку.

Для вивчення подальшого впливу розвитку гірничих робіт в кар'єрі на русло річки Інгулець в наступні роки пропонується щорічно виконувати електророзвідувальні дослідження методами електротомографії і природного поля. Вони дозволять контролювати розкриття тектонічних зон і поширення тріщинних вод по вертикалі у кристалічних породах. Пропонується проводити моніторингові спостереження один раз на рік по профілю В2L1 (1,5 км) та на уступі -180 м (1 км). Положення останнього наведено на рис. 7.1.



Умовні позначення

	- Існуючі положення укосу уступу		- Існуючі автомобільні дороги
	- Проектне положення укосу уступу		- Проектовані автомобільні дороги
	- Межа ведення гірничих робіт		- Існуючі залізничні колії
	- Межа гірничого відбоду		- Нове будівництво залізничних колій
	- Межа земельного відбоду		- Переулаштування залізничних колій
	- Проектне положення профіля		- Проектовані ЛЕП 6 кВ
			- Існуючі ЛЕП 6 кВ
			- Існуючий кар'єрний водовідлив
			- Проектований кар'єрний водовідлив

Рисунок 7.1. Система гірничих робіт на кінець 2030 року. Інші умовні позначення на рис. 5.1.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

При вивченні наявної геологічної інформації по тематиці договору нами було прийнято рішення про заміну вертикального електричного зондування електротомографією.

Застосування електротомографії дозволило використати ефективні алгоритми моделювання та інверсії при інтерпретації даних електророзвідки та отримати кількісні двовимірні моделі. Це принципово розширило коло вирішуваних електророзвідкою завдань по договору, в тому числі і для дослідження середовищ, з неоднорідною геологічною будовою, характерною для Криворізької рудної зони з тектонічними порушеннями різних напрямів, насипними і штучними ґрунтами при крутому нахилі шарів кристалічних порід. Використання комплексу геофізичних методів, незважаючи на складність будови борта кар'єра, дозволило детально розчленувати геологічний розріз за геоелектричними і розуцільненими властивостями.

Роботи проводились в несприятливих умовах з високим рівнем техногенних завад: важкі умови заземлення (кам'янистий ґрунт); високовольтні лінії електропередач, із змінним навантаженням, що створювало інтенсивні електромагнітні перешкоди; профілі проходять вздовж берми кар'єру, що впливає на розподіл електричного поля джерела в залежності від таких техногенних факторів, як нерівномірність ширини берми і рельєфу бортів кар'єру.

При таких важких умовах вимірювання були отримані якісні геоелектричні розрізи профілю ЕТ з локалізацією можливих обводнених ділянок (пов'язаних з тектонічними порушеннями і підвищеною водопроникністю в зонах розуцільненості залізистих кварцитів).

Комплексне застосування електророзвідки методами електротомографії та природнього поля і гравірозвідки дозволило встановити тектонічні порушення різних рангів і оцінити їх обводненість:

1. Встановлені тектонічні порушення різних рангів і їх зони переважно знаходяться в «закритому» стані.
2. Поширення тріщинних вод по вертикалі обмежується глибиною розвитку тріщинуватості у кристалічних породах. Найбільшою тріщинуватістю, а відтак і водозбагаченістю, характеризуються породи залізистих горизонтів, які «розриваються» конкордантною субмеридіональною зоною Тарапаківсько-Скелюватської системи розломів та більш молодими ортогональними тектонічними порушеннями захід-північно-західного напрямку.

Дослідження стану бортів кар'єру комплексом геофізичних методів показують, що крупних джерел води, які могли б створити передумову для прориву води з р. Інгулець не виявлено.

Скидання води з Карачунського водосховища для промивки р. Інгулець впливає на гідрогеодинамічний стан масивів оточуючих гірських порід. Різка підняття рівня води в річці впливає на гідрогеофільтраційні процеси в верхньому осадовому чохлі та в потужних тектонічних зонах але їх незначні об'єми не відображаються на системі взаємодії річка – кар'єр, які склалися на протязі багатьох років.

Аналіз показників хімічного складу кар'єрних вод свідчить, що за період 2014-2020 рр. спостерігається певна стабільність макрокомпонентного складу кар'єрних вод і зміна гідрохімічних і гідродинамічних умов підземних та поверхневих вод в кар'єрі і навколо нього не несе екологічної загрози.

У південній частині кар'єру заглиблення та розробка борту не планується, тому істотних змін в його гідродеформаційному стані і гідродинамічній ситуації не прогнозується.

Відсутність крупних розуцільнених зон та тектонічних порушень підтверджують, що на теперішній час гірничі робіт в кар'єрі не впливають на русло річки Інгулець.

Нашими дослідженнями також не встановлена можливість прориву або потенціально значної фільтрації води з річки Інгулець в кар'єр. В той же час, як показують дослідження, найбільш вразливим є північно-східний борт кар'єру, в сторону якого пропонується проводити його поглиблення на протязі послідовуючих 10 років.

Для своєчасного попередження підсилення впливу гірничих робіт в кар'єрі на русло річки Інгулець в часі, рекомендується здійснювати моніторингові спостереження методами електротомографії та природного поля мінімум 1 раз на 3 роки в північно-східній частині кар'єру на профілях B2L1 і додатковому на відмітці -180 м., що дозволить реєструвати зміни в геологічному та гідродинамічному середовищі в часі до 2030 р.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ (*мовою оригіналу*)

- 1 - Захаров В.В. Отчет о результатах геологического доизучения площадей М-ба 1:200 000 (ГДП-200) листов М-36-XXXIV, L-36-IV / В.В. Захаров, А.В. Мартинюк, Ю.П. Мечников. – К.: Геоінформ України, 1998. – Кн.2. – 336с.
- 2 - Звіт до договору №2018/у/ЮГГ/952 от 02.07.2018 г. і додаткової угоді № 1 от 17.04.2019г. док договору №2018/у/ОГГ/952 від 02.07.2018р. «Площадное геолого-геофизическое исследование территории, прилегающей к промышленным объектам ПАО «ЮГОК» с оценкой степени влияния на качественный состав воды пруда б. Ивановской». ДГЕ «Дніпрогеофізика», м. Дніпр, 2019. Книга 1 – текст.
- 3 - Кулькова Т.М. Гідрогеологічне довивчення масштабу 1:200 000 аркушу L-36-IV Звіт про гідрогеологічне довивчення площ масштабу 1:200 000. Фонди Криворізької КГП, м. Кривий Ріг, 2007.
- 4 - Моделирование геофильтрации и геомиграции подземных и поверхностных вод от производственных объектов ПАО «ЮГОК», определение природных или техногенных показателей влияния на территорию Новолатовского сельского совета. Звіт про науково-дослідницьку роботу Українського державного науково-дослідницького і проектно-дослідницького інституту «УкрНДІВОДОКАНАЛПРОЕКТ», м. Київ, 2017. ТОМ 2.
- 5 - Оценка влияния гидротехнических сооружений ПАТ «ЮГОК» на водный баланс обводного канала. Моделирование притоков в обводной канал. НІР. НПЦ «Техноекос», м. Дніпро, 2016.
- 6 - Отчет об инженерно-геологических и геофизических изысканиях на стадии рабочей документации. УкрНДІводоканалпроект, арх. № 276/1460, 1994. Отчет о научно-исследовательской работе ОАО «Южный ГОК». Проект. м. Київ, 1994.
- 7 - Реконструкция карьера в связи с его углубкой с целью поддержания мощности комбината. Выбор параметров уступов и бортов карьера на

- предельных контурах и оценка его влияния на подземные воды (заключительный). Договір № 1/Ю-08 (5176) от 20 лютого 2008г. Харків, 2009. – 101с.
- 8 - Пігулевський П.Г., Свистун В.К., Кирилюк О.С. Дослідження геоелектричними методами інженерно-геологічного стану південно-західного Кривбасу. Частина 1. Фізико-геологічні передумови досліджень/Geoінформатика. – 2016. – № 3 (59). – С.69-75.
 - 9 - Пігулевський П.Г., Свистун В.К., Кирилюк О.С. Дослідження геоелектричними методами інженерно-геологічного стану південно-західного Кривбасу. Частина 2. Результати застосування геоелектричних методів при обстеженні ділянок підтоплення / Geoінформатика. – 2016. – № 4 (60). – С. 62-74.
 - 10 - Пігулевський П.Г., Свистун В.К., Кирилюк О.С. Дослідження геоелектричними методами інженерно-геологічного стану південно-західного Кривбасу. Частина 3. Результати застосування геоелектричних методів при вирішенні інженерно-геологічних задач // Геоінформатика. – 2017. – №2 (62). – С. 55-63.
 - 11 - Пігулевський П.Г., Свистун В.К., Кирилюк О.С. Дослідження геоелектричними методами інженерно-геологічного стану Південно-Західного Кривбасу. Частина 4. Використання потенціальних полів при вивченні сучасної тектоніки // Геоінформатика. – 2017. – №3 (63). – С. 48-55.
 - 12 - Пігулевський П.Г., Свистун В.К. Геофізичні дослідження процесів підтоплення в промисловому Кривбасі. – ФОП Мезіна В.В., Харків, 2018. – 210 с.
 - 13 - «Мониторинг зоны гидрогеологического и геодинамического состояния карьера ПАО «ЮГОК», КП «Наука», Кривой Рог, 2015.
 - 14 - «Геолого-економічна оцінка запасів Скелеватське-магнетитового родовища залізистих кварцитів магнетитових (запаси підраховані станом на 01.07.2020 р.)». ВК «Геолог», Київ, 2020.

ДОГОВІР № 2/815ю
на виконання геофізичних робіт

м. Карків

“_01_” лютого 2021 р.

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ЮЖГПРОРУДА» (ТОВ «ЮЖГПРОРУДА»), в особі директора **Квітки Володимира Івановича**, який діє на підставі Статуту, (надалі іменується «Замовник»), з однієї сторони, та **Дніпропетровська геофізична експедиція «Дніпрогеофізика»** Державного геофізичного підприємства «Укргеофізика», скорочена назва ДГЕ «Дніпрогеофізика» ДГП «Укргеофізика», в особі начальника експедиції **Свистуна Володимира Кириловича**, який діє на підставі Довіреності ДГП «Укргеофізика» № 74 від 21.12.2020р., (далі - «Виконавець»), з іншої сторони, уклали цей договір про нижченаведене:

1. ПРЕДМЕТ ДОГОВОРУ

1.1. «Замовник» доручає, а «Виконавець» бере на себе зобов'язання виконати геофізичні роботи згідно технічного завдання (Додаток 1) та календарного плану (Додаток 2) в складі науково – дослідної роботи: **«Вплив розвитку гірничих робіт в кар'єрі на русло річки Інгулець. Зміна гідрохімічних і гідродинамічних умов підземних і поверхневих вод, а також заходи щодо їх захисту. Оцінка можливостей прориву або фільтрації води з річки Інгулець в кар'єр».**

2. ВАРТІСТЬ РОБІТ

2.1. Вартість робіт і порядок оплати виконаних геофізичних робіт визначається протоколом узгодження договірної ціни (Додаток 3, який є невід'ємною частиною договору) і становить **432000** грн., в т.ч. ПДВ – **72000** грн.

2.2. В разі зміни обсягу робіт, вказаного в технічному завданні (Дод.1) «Сторони» можуть переглянути і скорегувати суму договору шляхом підписання додаткової угоди.

3. ПОРЯДОК РОЗРАХУНКІВ

3.1. Оплата за виконані роботи здійснюється протягом 45 календарних днів шляхом безготівкового перерахування грошових коштів на поточний рахунок «Виконавця» за фактично виконані обсяги робіт поетапно, згідно Календарного плану, на підставі акту виконаних робіт та рахунку на адресу «Замовника».

3.2. Копію рахунку на оплату «Виконавець» надсилає до бухгалтерії «Замовника» на електронну адресу: ruda@uzgiproruda.com.ua.

4. КОНТРОЛЬ ЗА ВИКОНАННЯМ РОБІТ

4.1. «Замовник» має право безперешкодного доступу до робіт, що виконуються «Виконавцем», з метою перевірки і контролю.

5. ПОРЯДОК ЗДАЧІ – ПРИЙМАННЯ РОБІТ

5.1. Передача попередніх результатів геофізичних робіт здійснюється «Виконавцем» у вигляді анотацій них звітів за кожний етап Календарного плану.

5.2. Кінцеві матеріали передаються «Замовнику» одночасно з представленням звіту з виконаних робіт.

зміненими з дати оформлення Документів за результатами перевірки наступним чином:

- грошові зобов'язання в сумі, що відповідає величині негативних фінансових наслідків, які настали для **“Замовника”**, підлягають виконанню протягом 20 календарних днів з моменту закінчення оскарження Документів за результатами перевірки (далі – «Момент закінчення оскарження»), якщо більш пізній строк виконання грошових зобов'язань не визначено умовами Договору;

- до моменту закінчення оскарження замовника не несе відповідальності у вигляді неустойки, штрафів, пені, а також інших санкцій / компенсацій, пов'язаних з порушенням термінів виконання грошових зобов'язань в сумі, що відповідає величині негативних фінансових наслідків, які наступили для замовника.

Моментом закінчення оскарження є дата отримання **“Замовником”**:

- рішення про скасування в повному обсязі Документів за результатами перевірки, прийнятого державним органом, яким були оформлені Документи за результатами перевірки, або іншим уповноваженим державним органом; або

- якщо вступило в законну силу судове рішення про скасування в повному обсязі документів за результатами перевірки, за умови, що це судове рішення не скасовано судом вищої інстанції і не оскаржується сторонами спору, в рамках якого було винесено судове рішення (у разі оскарження судового рішення про скасування документів за результатами перевірки, Момент закінчення оскарження вважається таким, що не настав до отримання замовником, який набрав законної сили судового рішення про скасування документів за результатами перевірки в повному обсязі за результатами оскарження).

“Замовник” зобов'язується письмово повідомити **“Виконавця”** про настання Моменту закінчення оскарження протягом 10 днів з моменту отримання документів, з якими пов'язано його наступ.

6.4. При порушенні терміну виконання і терміну оплати робіт **“Виконавець”** та **Замовник**”, відповідно, сплачують неустойку у розмірі облікової ставки НБУ за кожний день прострочення.

7. СТРОК ДІЇ ДОГОВОРУ

7.1. Цей договір набирає чинності з моменту його підписання уповноваженими представниками **«Сторін»** і діє до 30.07.2021р.

7.2. Закінчення строку договору не звільняє **«Сторони»** від відповідальності за його порушення, яке мало місце під час виконання Договору.

8. ІНШІ УМОВИ

8.1. Цей договір складено в двох екземплярах, що мають однакову юридичну силу.

8.2. Додаткові угоди та додатки до цього Договору є його невід'ємною частиною і мають юридичну силу.

8.3. У випадках, не передбачених цим Договором, сторони керуються нормами чинного законодавства.

8.4. **“Виконавець”** і **“Замовник”** є платниками податку на прибуток на загальних підставах, передбачених чинним законодавством України.

8.5. **“Виконавець”** і **“Замовник”** є платниками податку на додану вартість на загальних підставах, передбачених чинним законодавством України.

8.6. У разі зміни в ланцюжку володіння (в т.ч. бенефіціарів) *Виконавця* та/або в органах управління, *Виконавець* зобов'язується проінформувати *Замовника* протягом 5

У разі, якщо цей Договір або зміни (додатки/специфікації, додаткові угоди) до цього Договору були підписані Сторонами в період дії обставин, які підпадають під визначення форс-мажору, і при внесенні змін до цього Договору Сторони не виступили з ініціативою про скорочення або припинення покладених на себе зобов'язань, це значить, що Сторони розуміють і приймають всі ризики, пов'язані з виникненням таких обставин, і не мають права в подальшому посилаючись на них, як на підставу для звільнення від відповідальності за невиконання чи неналежне виконання зобов'язань.

9.2. Усі спори та розбіжності, які виникли у зв'язку з цим Договором або щодо його укладення, зміни, порушення, розірвання, недійсності які не будуть врегульовані шляхом переговорів вирішуються в господарському суді України.

9.3. Закінчення строку дії даного Договору не призводить до припинення дії викладеного в цьому Договорі згоди Сторін про порядок врегулювання спорів.

10. ЮРИДИЧНІ АДРЕСИ ТА БАНКІВСЬКІ РЕКВІЗИТИ СТОРІН.

ЗАМОВНИК

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ЮЖГІПРОРУДА»

61058, м. Харків, вул. Ромен Роллана, 12
код ЄДРПОУ 35244024
IBAN UA 9435160700000000260000036483
в АТ «БАНК «ГРАНТ» м. Харкова,
ПІН 352440220304
тел. (057) 705-05-49, факс (057) 705-05-48
e-mail: ruda@uzgiproruda.com.ua

ВИКОНАВЕЦЬ

ДГЕ «Дніпрогеофізика» ДГП «Укргеофізика»

Юридична адреса:
03057, м. Київ, вул. Мірошніченко Євгенії, 10
49057, м. Дніпро, вул. Геофізична, 1
код ЄДРПОУ 01432747
IBAN UA223510050000026003033725701
в АТ «УкрСиббанк» м. Київ, МФО 351005
ПІН № 014327626592, Свід. пл. ПДВ № 100328431
тел. бух. 095-581-97-35, e-mail: dpge@ukr.net
Поштова адреса:
49057, м. Дніпро, вул. Геофізична, 1

Для складання і реєстрації податкових накладних:
ДГП «Укргеофізика», ДГЕ «Дніпрогеофізика»
код ЄДРПОУ (ОКПО) 01432761, філія 5
(в довіднику «картка контрагента» код філії – «5» -
обов'язково).

Директор ТОВ «ЮЖГІПРОРУДА»



В.І. Квітка

Начальник ДГЕ «Дніпрогеофізика» ДГП
«Укргеофізика»



В.К. Свистун

Додаток 2

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання геофізичних робіт в складі науково-дослідної роботи:

«Вплив розвитку гірничих робіт в кар'єрі на русло річки Інгулець.

**Зміна гідрохімічних і гідродинамічних умов підземних і поверхневих вод,
а також заходи щодо їх захисту. Оцінка можливості прориву або
фільтрації води з річки Інгулець в кар'єр».**

№ п/п	Види досліджень	Одиниця виміру	Північно- східна ділянка	Південна ділянка	Сумарні обсяги
1	Електротомографія	км	1,5	-	1,5
2	Електророзвідка ВЕЗ (крок 20м, АВ = 300м)	км	-	1,5	1,5
3	Метод потенціалів природного поля (ПП), (крок 5м)	км	3,0	3,0	6,0
4	Гравірозвідка (крок 10м)	км	-	1,5 + (5% контроль)	1,6
5	Геодезія	км	1,5	1,5	3,0
6	Формування заключного звіту за результатами узагальнення геолого- геофізичної інформації	шт.			1

Директор ТОВ «ЮЖГІПРОРУДА»



В.І. Квітка

Начальник ДГЕ «Дніпрогеофізика»



В.К. Свистун

Додаток 3

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

на виконання геофізичних робіт в складі науково-дослідної роботи
«Вплив розвитку гірничих робіт в кар'єрі на русло річки Інгулець. Зміна гідрохімічних і гідродинамічних умов підземних і поверхневих вод, а також заходи щодо їх захисту. Оцінка можливості прориву або фільтрації води з річки Інгулець в кар'єр».

№ етапу	Найменування етапу	Вартість робіт, тис. грн. (без врахування ПДВ)	Строк виконання		Вид звітності
			початок	кінець	
1.	Проведення польових досліджень на північно-східній ділянці: – методом електричної томографії – 1,5 п.км з кроком 10 м; – методом природнього поля – 900 ф. точок; – топо-геодезична прив'язка профілів спостережень 1,5 п.км.	120,00	08.02.2021	05.03.2021	Анотаційний звіт
2.	Проведення польових досліджень на південній ділянці: – методом електричної томографії – 1,5 п.км з кроком 10 м; – вертикальне електричне зондування (ВЕЗ) – 1,5 п.км з кроком 20 м; – методом природнього поля – 900 ф. точок; – профільні гравіметричні спостереження 1,5 п.км з кроком 10 м; – топо-геодезична прив'язка профілів спостережень 1,5 п.км;	170,00	06.03.2021	26.03.2021	Анотаційний звіт
3.	Обробка і інтерпретація польових спостережень та побудова геофізичних розрізів за результатами проведених робіт.	40,00	27.03.2021	06.04.2021	Анотаційний звіт
4.	Формування заключного звіту за результатами узагальнення геолого-геофізичної інформації.	30,00	07.04.2021	22.04.2021	Заключний звіт

Директор ТОВ «ЮЖГПРОРУДА»



В.І. Квітка

Начальник ДГЕ «Дніпрогеофізика»



В.К. Свистун

Додаток 4

Координати і висоти точок спостереження на північно-східному
профілі В2 L1 (система координат ГК-42)

№ ПР	X, м	Y, м	H, м
B2 1	5301352,3	6524483,5	46,03
B2 2	5301361,4	6524480,4	46,30
B2 3	5301372,5	6524477,4	46,62
B2 4	5301381,2	6524474,1	46,84
B2 5	5301389,6	6524471,8	47,10
B2 6	5301399,6	6524467,0	47,04
B2 7	5301409,6	6524463,7	47,39
B2 8	5301419,1	6524459,9	47,79
B2 9	5301428,1	6524455,2	48,17
B2 10	5301438,0	6524451,5	48,45
B2 11	5301445,3	6524448,1	48,55
B2 12	5301453,8	6524445,5	48,77
B2 13	5301463,3	6524441,2	49,11
B2 14	5301472,8	6524437,7	49,68
B2 15	5301480,3	6524432,6	49,97
B2 16	5301489,5	6524432,0	50,36
B2 17	5301501,7	6524427,7	50,72
B2 18	5301510,7	6524425,1	50,85
B2 19	5301519,2	6524422,7	50,95
B2 20	5301527,5	6524417,6	51,06
B2 21	5301538,2	6524415,3	51,07
B2 22	5301548,9	6524411,0	50,89
B2 23	5301558,1	6524405,5	50,63
B2 24	5301567,2	6524401,8	50,71
B2 25	5301574,2	6524396,2	50,53
B2 26	5301586,0	6524392,2	50,66
B2 27	5301596,2	6524389,5	50,98
B2 28	5301606,5	6524384,9	50,44
B2 29	5301616,1	6524382,3	49,67
B2 30	5301625,2	6524376,5	48,84
B2 31	5301637,3	6524374,2	47,93
B2 32	5301648,0	6524370,6	47,05
B2 33	5301658,3	6524367,6	46,19
B2 34	5301670,9	6524358,6	45,27
B2 35	5301680,7	6524353,8	44,29
B2 36	5301690,9	6524349,2	43,24
B2 37	5301701,0	6524341,9	42,34
B2 38	5301712,3	6524338,0	41,75
B2 39	5301722,2	6524332,1	41,09
B2 40	5301732,9	6524328,4	40,02
B2 41	5301742,1	6524319,3	39,44

B2 42	5301753,7	6524312,4	38,24
B2 43	5301762,1	6524304,2	37,38
B2 44	5301770,6	6524296,3	36,76
B2 45	5301777,1	6524287,8	36,16
B2 46	5301782,2	6524280,0	35,96
B2 47	5301788,1	6524271,3	35,89
B2 48	5301793,1	6524261,1	35,88
B2 49	5301796,7	6524250,8	35,66
B2 50	5301797,7	6524240,9	35,61
B2 51	5301800,0	6524228,5	34,98
B2 52	5301804,0	6524217,1	34,15
B2 53	5301806,9	6524206,0	33,88
B2 54	5301808,6	6524195,2	33,42
B2 55	5301810,7	6524185,4	33,13
B2 56	5301817,1	6524177,7	33,24
B2 57	5301822,1	6524165,5	33,16
B2 58	5301823,8	6524156,1	33,17
B2 59	5301827,0	6524146,3	32,99
B2 60	5301834,1	6524139,4	32,97
B2 61	5301839,8	6524130,7	32,87
B2 62	5301844,9	6524122,6	32,84
B2 63	5301850,3	6524114,7	32,88
B2 64	5301856,9	6524107,7	32,79
B2 65	5301863,2	6524099,3	32,66
B2 66	5301868,3	6524091,5	32,45
B2 67	5301873,4	6524083,6	32,51
B2 68	5301879,4	6524075,4	32,72
B2 69	5301886,6	6524067,5	32,93
B2 70	5301890,0	6524058,9	33,23
B2 71	5301897,2	6524050,9	33,43
B2 72	5301901,9	6524042,4	33,71
B2 73	5301907,0	6524035,2	34,44
B2 74	5301913,1	6524027,1	34,88
B2 75	5301919,3	6524020,3	35,92
B2 76	5301925,2	6524010,3	36,94
B2 77	5301930,9	6524000,4	37,66
B2 78	5301934,6	6523992,0	38,26
B2 79	5301939,8	6523982,5	39,17
B2 80	5301946,3	6523969,9	40,02
B2 81	5301951,6	6523961,2	40,77
B2 82	5301956,3	6523952,2	41,69
B2 83	5301960,3	6523943,3	42,37
B2 84	5301965,6	6523934,7	43,17
B2 85	5301971,2	6523927,0	44,18
B2 86	5301975,1	6523917,8	44,84
B2 87	5301978,4	6523909,5	45,14

B2 88	5301982,7	6523900,5	45,87
L1	5301364,1	6524480,6	46,38
L2	5301354,1	6524484,2	46,05
L3	5301345,3	6524487,1	45,99
L4	5301335,5	6524490,8	46,05
L5	5301325,8	6524493,2	45,89
L6	5301316,0	6524495,2	45,91
L7	5301306,6	6524499,3	45,83
L8	5301298,0	6524501,1	45,96
L9	5301287,9	6524505,6	45,92
L10	5301277,9	6524508,6	45,82
L11	5301267,3	6524512,4	45,70
L12	5301259,6	6524515,5	45,52
L13	5301249,7	6524518,6	45,65
L14	5301238,1	6524522,6	45,75
L15	5301229,6	6524526,9	45,71
L16	5301219,1	6524530,9	45,76
L17	5301209,5	6524533,2	45,96
L18	5301199,7	6524534,6	45,77
L19	5301189,0	6524535,3	45,68
L20	5301179,3	6524537,6	45,71
L21	5301169,7	6524541,7	45,83
L22	5301158,2	6524543,6	45,95
L23	5301145,9	6524544,9	46,02
L24	5301135,1	6524538,1	45,68
L25	5301125,9	6524540,6	45,71
L26	5301115,5	6524545,0	45,99
L27	5301104,9	6524544,8	45,91
L28	5301094,5	6524542,3	45,90
L29	5301083,5	6524545,7	45,92
L30	5301073,1	6524545,8	45,85
L31	5301062,5	6524546,9	46,47
L32	5301053,2	6524546,8	46,66
L33	5301041,4	6524546,0	46,97
L34	5301030,9	6524544,7	47,67
L35	5301020,5	6524542,2	48,10
L36	5301010,0	6524542,5	49,06
L37	5301000,1	6524540,5	49,57
L38	5300989,5	6524540,5	50,19
L39	5300978,2	6524541,1	50,95
L40	5300967,8	6524539,9	51,45
L41	5300957,0	6524538,7	51,93
L42	5300945,4	6524536,9	53,00
L43	5300935,2	6524535,0	53,74
L44	5300925,6	6524537,0	54,54
L45	5300914,6	6524537,8	55,06

L46	5300903,6	6524537,4	55,50
L47	5300892,5	6524533,2	55,90
L48	5300882,5	6524528,3	56,53
L49	5300874,3	6524521,5	56,69
L50	5300865,2	6524516,9	57,11
L51	5300855,7	6524513,1	57,73
L52	5300845,5	6524507,7	58,32
L53	5300835,7	6524503,9	59,00
L54	5300825,9	6524501,3	59,73
L55	5300815,3	6524497,8	60,52
L56	5300804,7	6524493,5	61,27
L57	5300794,5	6524487,8	61,76
L58	5300785,7	6524483,7	62,19
L59	5300774,6	6524486,2	62,08
L60	5300763,9	6524485,1	61,81

Координати і висоти точок спостереження на південному
профілі Z1 (система координат ГК-42)

№ ПР	X, м	Y, м	H, м
1	5299272,0	6523870,3	41,19
2	5299263,4	6523863,9	41,04
3	5299257,2	6523856,9	41,09
4	5299249,0	6523850,3	40,87
5	5299243,0	6523844,9	40,62
6	5299238,1	6523836,1	40,67
7	5299234,0	6523827,6	40,75
8	5299234,9	6523816,8	40,68
9	5299231,8	6523807,3	40,75
10	5299235,0	6523795,7	40,93
11	5299233,3	6523787,9	41,03
12	5299225,0	6523780,8	40,89
13	5299215,8	6523776,7	40,71
14	5299203,7	6523773,5	40,91
15	5299196,0	6523762,5	41,08
16	5299187,8	6523753,4	40,78
17	5299177,8	6523742,5	40,72
18	5299170,2	6523731,9	40,54
19	5299164,6	6523722,8	40,32
20	5299158,6	6523715,0	40,35
21	5299158,7	6523715,1	40,35
22	5299155,7	6523703,8	40,00
23	5299145,8	6523696,5	39,97
24	5299141,2	6523689,9	39,93
25	5299136,9	6523683,9	39,92
26	5299131,4	6523675,6	40,05
27	5299125,1	6523666,7	39,89
28	5299120,2	6523659,9	40,02
29	5299114,5	6523651,6	40,15
30	5299108,4	6523643,0	40,18
32	5299098,9	6523625,2	40,24
33	5299093,2	6523616,3	40,58
34	5299091,3	6523605,6	40,47
35	5299083,1	6523594,0	40,36
31	5299102,4	6523635,0	40,29
36	5299078,6	6523583,5	40,06
37	5299076,6	6523575,3	39,81
38	5299070,9	6523565,9	39,96
39	5299068,6	6523560,1	39,87
40	5299063,5	6523547,6	40,05
41	5299059,3	6523536,7	40,13

42	5299056,3	6523529,3	40,13
43	5299052,0	6523518,7	40,54
44	5299048,9	6523511,0	40,64
45	5299047,0	6523499,2	41,19
46	5299044,2	6523492,2	40,86
47	5299041,7	6523481,8	40,79
48	5299037,3	6523473,3	40,87
49	5299034,6	6523464,6	41,17
50	5299031,4	6523456,8	41,04
51	5299028,3	6523448,4	41,07
52	5299024,0	6523438,0	40,54
53	5299019,8	6523432,0	40,56
54	5299023,0	6523412,6	40,24
55	5299021,5	6523402,0	40,24
56	5299018,7	6523393,6	40,22
57	5299014,6	6523384,5	40,01
58	5299016,4	6523375,0	40,11
59	5299012,5	6523365,1	40,33
60	5299008,6	6523357,4	40,70
61	5299008,3	6523345,1	40,84
62	5299000,6	6523336,4	40,23
63	5298998,7	6523326,0	40,51
64	5298993,4	6523316,6	40,89
65	5298989,8	6523305,7	40,34
66	5298983,7	6523297,5	40,54
67	5298981,5	6523289,9	40,36
68	5298977,4	6523280,2	40,38
69	5298972,4	6523273,6	40,54
70	5298965,8	6523264,0	40,21
71	5298963,6	6523257,3	40,43
72	5298960,0	6523249,8	40,30
73	5298957,4	6523238,1	40,60
74	5298949,3	6523227,5	40,60
75	5298947,5	6523216,6	40,73
76	5298938,9	6523204,7	40,94
77	5298931,7	6523193,3	40,96
78	5298927,3	6523183,3	40,87
79	5298924,0	6523175,3	40,82
80	5298920,9	6523166,3	40,61
81	5298916,6	6523158,0	40,66
82	5298912,8	6523146,5	40,33
83	5298910,4	6523136,1	40,30
84	5298905,9	6523126,5	40,32
85	5298902,8	6523117,5	40,34
86	5298902,0	6523106,3	40,25
87	5298894,0	6523097,0	40,27

88	5298882,4	6523090,4	40,51
89	5298879,5	6523080,3	40,43
90	5298879,8	6523069,8	40,49
91	5298880,5	6523061,1	40,62
92	5298881,5	6523053,6	40,69
93	5298883,1	6523042,9	40,75
94	5298884,8	6523035,8	40,72
95	5298887,3	6523024,8	40,79
96	5298889,5	6523014,7	40,94
97	5298891,4	6523004,8	40,91
98	5298893,5	6522996,4	40,92
99	5298897,2	6522986,7	41,07
100	5298901,6	6522975,3	41,29
101	5298905,0	6522965,4	41,32
102	5298907,1	6522956,5	41,34
103	5298909,5	6522947,4	41,33
104	5298912,5	6522937,8	41,31
105	5298916,3	6522927,1	41,40
106	5298919,5	6522918,3	41,51
107	5298923,4	6522907,6	41,59
108	5298927,4	6522897,3	41,61
109	5298931,6	6522885,2	41,70
110	5298935,0	6522876,0	41,72
111	5298949,8	6522867,5	41,63
112	5298954,1	6522858,9	41,32
113	5298958,1	6522849,1	41,56
114	5298960,9	6522840,7	41,56
115	5298964,4	6522832,5	41,52
116	5298968,9	6522823,4	41,66
117	5298975,5	6522815,8	41,68
118	5298977,0	6522805,8	41,79
119	5298982,8	6522797,6	41,38
120	5298989,8	6522790,0	41,33
121	5298999,7	6522774,2	41,21
122	5299006,1	6522766,4	41,29
123	5299015,4	6522760,8	41,83
124	5299024,6	6522750,6	41,21
125	5299029,4	6522741,0	41,11
126	5299033,2	6522734,8	41,44
127	5299037,7	6522726,4	41,15
128	5299042,0	6522718,3	41,44
129	5299046,8	6522712,7	41,63
130	5299052,1	6522703,2	41,60
131	5299058,1	6522694,4	41,97
132	5299063,8	6522688,5	42,10
133	5299068,9	6522677,0	41,90

134	5299077,0	6522666,1	42,25
135	5299080,8	6522660,2	42,35
136	5299086,0	6522653,7	42,64
137	5299093,5	6522643,3	42,86
138	5299096,4	6522629,7	43,31
139	5299105,8	6522627,2	43,19
140	5299107,8	6522614,6	43,68