

УДК 550.837+551.44  
№ Держ. реєстрації  
Інв. №

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу**  
76000, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15  
тел. (0342) 72-47-16, факс (0342) 54-67-25  
e-mail: gbg@nung.edu.ua

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Проректор з наукової роботи,  
доктор техн. наук, професор

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.  
О. Р. КОНДРАТ  
М.П.

## **ЗВІТ**

про надання послуг  
за договором № 1М /2024 від 17.07.2024 р.  
**ДК 021:2015: 90740000-6 Послуги з відстеження, моніторингу  
забруднювачів і відновлення (Проведення екологічного моніторингу  
стану довкілля, контролю засоленості поверхневих і підземних вод, зон  
просідань та гірничих розробок над колишніми рудниками «Калуш»,  
«Голинь» та «Ново-Голинь»)**  
(остаточний)

Директор НДІ НГЕ і Е,  
к. т. н, доцент

**А. В. ГРИЦАНЧУК**

Науковий керівник, г.н.с.  
доктор. геол.-мінерал. наук, професор

**Е.Д. КУЗЬМЕНКО**

Івано-Франківськ  
2024 р.

**СПИСОК АВТОРІВ**

Науковий керівник робіт  
доктор геол.-мін. наук, професор

Е.Д. КУЗЬМЕНКО  
(вступ, розділи 1-3,  
висновки та рекомендації)

Провідний науковий співробітник  
кандидат геологічних наук, доцент  
(відповідальний виконавець теми)

С.М. БАГРІЙ  
(вступ, розділи 1-3,  
висновки та рекомендації)

Головний науковий співробітник  
доктор технічних наук, професор

Я.О. АДАМЕНКО  
(вступ, розділи 3,  
висновки та рекомендації)

Головний науковий співробітник  
доктор технічних наук, професор

О.М. МАНДРИК  
(вступ, розділи 2,  
висновки та рекомендації)

Старший науковий співробітник  
кандидат геологічних наук, доцент

І.В. ЧЕПУРНИЙ  
(розділи 3)

Старший науковий співробітник

М.Я. ГРИНІШАК  
(розділи 1)

Старший науковий співробітник

В.М. КОВТУН  
(розділи 1)

Старший науковий співробітник  
кандидат технічних наук, доцент

Д.В. КУХТАР  
(розділи 1)

Науковий співробітник  
Завідувач лабораторії

В.П. МИХАЙЛИШИН  
(розділи 1)

Нормоконтролер

Т.В. ПАЗЮК

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ НАД КОЛИШНІМИ РУДНИКАМИ «КАЛУШ» ПО ВУЛ. ЄВРОПЕЙСЬКА ТА «НОВО-ГОЛИНЬ» В МЕЖАХ С. КРОПИВНИК.....	9
1.1 Топографо-геодезичні спостереження ґрунтових реперів профільних ліній на рудниках Ново-Голинь» та «Калуш» (с. Кропивник, вул. Європейська м. Калуш).....	9
1.2 Опрацювання матеріалів топографо-геодезичних спостережень з метою встановлення фактичних осідань та обчислення прогнозованих річних осідань земної поверхні в межах рудників «Ново-Голинь» та «Калуш» (с. Кропивник, вул. Європейська, м. Калуш).....	14
1.3 Побудова мульд осідання земної поверхні та аналіз напрямків та швидкостей зміни розмірів мульди за останні роки в межах рудника «Ново-Голинь» та визначення швидкості осідання в с. Кропивник. Побудова графіків земної поверхні на території вул. Європейська, м. Калуш.....	25
1.3.1 Мульди осідання в с. Кропивник.....	25
1.3.2 Процес осідання земної поверхні в межах рудника «Калуш».....	35
1.3.3 Побудови прогнозної карти мульд осідання земної поверхні в межах рудника «Ново-Голинь» (с. Кропивник).....	35
2. ГЕОФІЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НА ТЕРИТОРІЇ КАЛУСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ.....	39
2.1 Геофізичні спостереження по вул. Європейська (Центральне каїнітове поле) та вул. Глібова (Північно каїнітове поле) м. Калуш.....	39
2.2 Інтерпретація геофізичних досліджень методом ПЕМПЗ по вул. Європейська (Центральне каїнітове поле) та вул. Глібова (Північно каїнітове поле) м. Калуш.....	43
2.2.1 Результати обробки даних ПЕМПЗ. Рудник «Калуш», центральне каїнітове шахтне поле (м. Калуш, вул. Європейська).....	43

2.2.2	Результати обробки даних ПІЕМПЗ. Рудник «Калуш» північно каїнітове шахтне поле (м. Калуш, вул. Глібова).....	46
2.3	Оцінка динаміки активності деформаційних процесів за комплексом робіт по вул. Європейська та картування небезпечних зон за геофізичними спостереженнями по вул. Глібова (Північне каїнітове поле) м. Калуш.....	54
3.	ОЦІНКА ЗАСОЛЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД НА ТЕРИТОРІЇ КАЛУСЬКОГО ГІР-НИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ В МЕЖАХ ПРОФІЛЮ ХВОСТОСХОВИЩЕ №1- ДОМБРОВСЬКИЙ КАР'ЄР – Р. ЛІМНИЦЯ.....	63
3.1	Характеристика мережі спостережних свердловин.....	63
3.2	Проведення лабораторних гідрогеохімічних аналізів відібраних проб з спостережних свердловин по профільній лінії Хвостосховище №1 - Домбровський кар'єр - р. Лімниця.....	65
3.3	Систематизація даних лабораторних аналізів у свердловинах за даними спостережень 2021-2024 років.....	69
3.4	Побудова графіків засолення та динаміки показників сольового складу підземних вод на території Калуського гірничопромислового району в межах профілю Хвостосховище №1 - Домбровський кар'єр – р. Лімниця...	73
	ВИСНОВКИ ДО ЗВІТУ.....	85
	ПРОПОЗИЦІЇ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ.....	89
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА.....	90
	ДОДАТКИ.....	93



## РЕФЕРАТ

Звіт (остаточний) про надання послуг за договором № 1М /2024 від 17.07.2024 р. ДК 021:2015: 90740000-6 Послуги з відстеження, моніторингу забруднювачів і відновлення (Проведення екологічного моніторингу стану довкілля, контролю засоленості поверхневих і підземних вод, зон просідань та гірничих розробок над колишніми рудниками «Калуш», «Голинь» та «Ново-Голинь» містить: 93 сторінки тексту, 5 таблиць, 38 рисунків, 17 додатків, 21 використання джерел.

Об'єкт досліджень – територія гірничо-хімічного підприємства міста Калуш та села Кропивник.

Метою робіт є проведення екологічного моніторингу стану довкілля, контролю засоленості поверхневих і підземних вод, зон просідань в межах гірничих розробок та розробка рекомендацій щодо запобігання виникнення надзвичайної ситуації та надання висновків щодо загрози для житлових будинків, які розташовані у небезпечній зоні.

Методи досліджень – топографо-геодезичні дослідження, геофізичні методи, зокрема метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі, гідрогеохімічні дослідження.

У звіті представлено результати екологічного моніторингу щодо осідання земної поверхні в селі Кропивник та вул. Європейська із використанням топографо-геодезичних спостережень. За результатами опрацювання геодезичних спостережень отримано графіки та карти осідання земної поверхні та проведено прогностичні розрахунки мультисередовищного осідання. Наведена оцінка динаміки активності деформаційних процесів, яка включає комплекс геофізичних та геологічних результатів. Побудовано моделі напружено-деформованого стану гірських порід по вул. Європейська та вул. Глібова (Північне каїнітове поле) м. Калуш. За даними природного імпульсного електромагнітного поля Землі виділені зони з ймовірними осіданнями та провалами земної поверхні. Гідрологічні дослідження

виконані для простеження засолення підземних вод на території Калуського гірничопромислового району в межах профілю Хвостосховище №1-Домбровський кар'єр – р. Лімниця. За результатами комплексного екологічного моніторингу надано рекомендації щодо запобігання виникнення надзвичайної ситуації та надано висновки щодо загрози для житлових будинків, які розташовані у небезпечній зоні.

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ, НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН, ТОПОГЕОДЕЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОСІДАННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ, ПРОВАЛИ, ЗАБРУДНЕННЯ ТЕРИТОРІЇ.

## ВСТУП

Науково-дослідні роботи виконані з метою екологічного моніторингу стану довкілля, контролю засоленості поверхневих і підземних вод, зон просідань в межах гірничих розробок та розробки рекомендацій щодо запобігання виникнення надзвичайної ситуації та надання висновків щодо загрози для житлових будинків, які розташовані у небезпечній зоні.

Методи моніторингових досліджень, які використано під час виконання робіт – це топографо-геодезичні дослідження, геофізичні дослідження, зокрема метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ШЕМПЗ) та гідрогеохімічні дослідження в межах профілю Хвостосховище №1- Домбровський кар'єр – р. Лімниця..

За результатами геодезичного моніторингу, отримано результати щодо динаміки осідання земної поверхні в межах рудників «Ново-Голинь» та «Калуш» (с. Кропивник та м. Калуш, вул. Європейська). За геофізичними дослідженнями, отримано результати щодо напружено-деформованого стану гірничих масивів (Північно каїнітове поле, вул. Глібова, вул. Пархоменка, провал №14 та Центрально каїнітове поле, вул. Європейська), стадії активності деформаційного процесу в межах території дослідження гірничого масиву. Гідрогеологічний моніторинг дозволив отримати результати щодо забруднення території Калуського гірничопромислового району, оцінити динаміку засолення водоносного горизонту в часі. За результатами комплексного геодезичного, геофізичного та гідрогеологічного моніторингу стану довкілля надано рекомендації, які дозволять прийняти управлінські рішення з метою попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

Роботи виконані за договором № 1М /2024 від 17.07.2024 р. ДК 021:2015: 90740000-6 Послуги з відстеження, моніторингу забруднювачів і відновлення (Проведення екологічного моніторингу стану довкілля, контролю засоленості поверхневих і підземних вод, зон просідань та

гірничих розробок над колишніми рудниками «Калуш», «Голинь» та «Ново-Голинь»), заключеного між Управлінням з питань надзвичайних ситуацій Калуської міської ради (ЗАМОВНИК) та ІФНТУНГ (ВИКОНАВЕЦЬ).

# **1 ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ НАД КОЛИШНІМИ РУДНИКАМИ «КАЛУШ» ПО ВУЛ. ЄВРОПЕЙСЬКА ТА «НОВО-ГОЛИНЬ» В МЕЖАХ С. КРОПИВНИК**

## **1.1 Топографо-геодезичні спостереження ґрунтових реперів профільних ліній на рудниках Ново-Голинь та «Калуш» (с. Кропивник, вул. Європейська м. Калуш).**

Для виконання умов технічного завдання договору 1М (г/тема 1М/2024) від 17.07.2024 р. проведені польові вимірювання для встановлення актуальних абсолютних відміток та величин осідань реперів наступних профільних ліній:

1. Рудник «Ново-Голинь» у межах с. Кропивник:

1.1 Профільна лінія Рп 63 – Рп 224 (кількість реперів 31, початок спостережень 1979 р.).

1.2 Профільна лінія Рп 22/49 - Рп V (кількість реперів 19, початок спостережень 1968 р.).

1.3 Профільна лінія Рп 22/49 – Рп 241 (кількість реперів 19, початок спостережень 1968 р.).

1.4 Профільна лінія Рп 21 – Рп I (кількість реперів 25, початок спостережень 1968 р.).

1.5 Профільна лінія Рп XVI - Рп XV (кількість реперів 25, початок спостережень 1968 р.).

1.6 Профільна лінія Рп 4 - Рп 274 (кількість реперів 30, початок спостережень 1968 р.).

1.7 Профільна лінія Рп X - Рп XII (кількість реперів 50, початок спостережень 1968 р.).

1.8 Профільна лінія Рп 122 - Рп 237 (кількість реперів 14, початок спостережень 1979 р.).

1.9 Профільна лінія Рп 88 - Рп 260 (кількість реперів 45, початок спостережень 1968 р.).

1.10 Профільна лінія Рп 192 - Рп 141 (кількість реперів 29, початок спостережень 1968 р.).

2. Профільна лінія по вул. Європейській (м. Калуш) Рп 1 - Рп 22 (кількість реперів 22, початок спостережень 2008 р.).

На вказаних об'єктах у рамках першого етапу робіт виконано 1 серію вимірів – (VII-VIII)/2024 р. Перед початком вимірів проведена розкопка реперів вищевказаних профільних ліній. У результаті виконання господарських та польових робіт зафіксоване пошкодження ряду реперів (Рп 195, Рп 189, Рп 257, Рп 258, Рп 259 рудника «Ново-Голинь»), що потребує додаткового аналізу даних пунктів та значно знижує достовірність результатів осідань на них. Частина ґрунтових реперів втрачені, зокрема опорні Рп II, Рп V, Рп VI, Рп VII, Рп VIII, Рп XII, Рп XIII, Рп XV, Рп XVIII, Рп XIX рудника «Ново-Голинь».

Виміри у 2024 р. (рис. 1.1) виконували високоточним електронним нівеліром DL-501 (серійний номер 560168) з автоматичним взяттям відліків за штрихковою рейкою (метрологічні характеристики приладу гарантуються свідоцтвом про перевірку – додаток В). Перед початком кожної серії спостережень виконували дослідження нівеліра за програмою, визначеною в ГОСТ 10528-90. Зокрема перед початком серії спостережень визначений кут  $i$  за допомогою автоматизованої програми меню нівеліра. Зазначимо, що програма вимірювань високоточного електронного нівеліра DL-501 передбачає введення у результати вимірів поправки за кут  $i$  на кожній станції вимірювань.

Спостереження виконано за методикою спостережень, розробленою спеціально для даного об'єкту ще у 2012 р. (рис. 1.2).

Основні положення методики спостережень наступні:

1. Схема вимірів у мережі 2024 р. включала ходи нівелювання II класу точності, які утворюють мережу, що з'єднує опорні репери на кінцях профільних ліній і вузлові репери (вузлові точки ходів), розміщені на перетині профільних ліній. Схема нівелірних ходів наведені в додатку А.

Там же наведені результати підрахунку службових допусків (нев'язок у полігонах), за якими контролювалась точність вимірів;



*Рисунок 1.1 – Геометричне нівелювання коротким променем між ґрунтовими реперами в районі новоутвореного озера (с. Кропивник)*

2. Сер. кв. похибка визначення перевищень на станції в ходах мережі не допускалась більше 0,3 мм. Для досягнення такої точності нівелювання



виконували з використанням сучасної методики геометричного цифрового нівелювання за дотримання наступних вимог:

- висота наведення на рейку не перевищувала 1,8 м (рис. 1.3);
- допустима різниця пліч на станції для ходів 1,0 м;
- на зв'язуючих точках ходів рейка встановлювалась тільки на нівелірні підкладини (костилі або башмаки);



*Рисунок 1.2 – Виконання серії нівелювання між реперами на вул. Європейська (дата спостережень – 16.08.2024 р.)*



- прилад на станціях та нівелірні підкладини встановлювались тільки на твердий ґрунт або бетон;

При контролі вимірів користувались наступними службовими допусками:

1. Різниця перевищень, визначених при різних горизонтах приладу, на станції допускалась не більше 0,3 мм.



*Рисунок 1.3 – Встановлення рейки на ґрунтовий репер 129 під час нівелювання в с. Кропивник*

2. Допустимі нев'язки в полігонах -  $fh_{\text{дон}}$  приймались рівними в залежності від кількості станцій -  $n$  за формулою:

$$fh_{\text{дон}} = 0,3 * \sqrt{n} \quad (1.1)$$

Результати вимірів реєструвались при допомозі вбудованої пам'яті електронного нівеліра DL-501, що дозволяє зберігати до 10000 відліків. Для опрацювання результатів використано персональні комп'ютери (ноутбуки) та програму Microsoft Office Excel (контроль правильності вимірних перевищень в ходах виконувався в день вимірювання в обов'язковому порядку). За допомогою табличних формул в цій програмі створені електронні таблиці польових журналів нівелювання в форматі \*.xls .

Слід зазначити, що, як і попереднього року, у 2024 р. виконано прив'язку висотної мережі рудника «Ново-Голинь» до репера ДГМ (Рп ГУГК №537), розташованого у с. Кропивник, що сприяє підвищенню надійності результатів визначення осідань земної поверхні.

## **1.2 Опрацювання матеріалів топографо-геодезичних спостережень з метою встановлення фактичних осідань та обчислення прогнозованих річних осідань земної поверхні в межах рудників «Ново-Голинь» та «Калуш» (с. Кропивник, вул. Європейська, м. Калуш).**

За умовами технічного завдання договору № 1М від 17.07.2024 р. виконані виміри осідань та визначені деформації земної поверхні на реперах профільних ліній рудників “Ново-Голинь” та “Калуш” (у межах територій с. Кропивник, вул. Європейська, м. Калуш) – детально у п. 1.1 звіту.

За звітний період на всіх об'єктах виконано 1 серію вимірів – VIII/2024 р. Перед початком вимірів проведена розкопка реперів вищевказаних профільних ліній. Частину реперів не вдалося

відспостерігати через заборону розкопок власників відповідних земельних ділянок. Зафіксовані пошкодження частини реперів (Рп 195, Рп 189 лінії 9, Рп 257, Рп 258, Рп 259 лінії 10), що потребує додаткового аналізу даних пунктів та значно знижує достовірність результатів осідань на них. Значна кількість ґрунтових реперів втрачені, зокрема опорні Рп II, Рп V, Рп VI, Рп VII, Рп VIII, Рп XII, Рп XIII, Рп XV, Рп XVIII, Рп XIX.

Для опрацювання результатів з цифрового нівеліра DL-501 дані копіювались на комп'ютер за допомогою стандартної програми Topcon link 8.2, яка автоматично конвертує польовий журнал в формат \*.sdr .

Матеріали спостережень урівнювали параметричним методом і виконувалась оцінка точності вимірів із використанням спеціально розробленого програмного комплексу, що базується на вирішенні оптимізаційної задачі нелінійного програмування.

Лістинги результатів автоматизованого опрацювання, що містять дані про виміряні та вирівняні перевищення для всіх ходів, приведені в додатку Б.

Як і в серіях спостережень попередніх років, у результаті проведення спеціального дослідження найбільш стабільним репером для мережі спостережної станції рудників «Голинь» та «Ново-Голинь» прийнято Рп 33 з абсолютною відміткою  $H = 311.040$  м. Обґрунтування вибору Рп 33 в якості вихідного детально описано у звіті договору № 06-36/2021 (етап 1).

На спостережній станції «Центральне каїнітове поле» (м. Калущ, вул. Європейська) у якості вихідного прийнято Рп5 профільної лінії IV, оскільки при аналізі динаміки зміни висоти даного репера від початку спостережень (VII.1968 р.) до серії спостережень X.2008 р. він осів на -7 мм, що найменше з-поміж усіх відшуканих ґрунтових реперів. Отже, при зрівнюванні висотної мережі Центрального поля у серії спостережень VIII.2024 р. вихідним прийнято Рп5 з відміткою 290.845 м (як було на X.2008 р.).

Результати геодезичного моніторингу реперів профільних ліній за період 1968 – 2024 р.р. занесені в електронну базу даних. Створені графіки

осідань земної поверхні ілюструють динаміку осідання реперів кожної профільної лінії від моменту закладання реперів до VIII.2024 р.

*Результати вимірів осідань ґрунтових реперів профільних ліній шахтного поля «Ново-Голинь» рудника «Калуш» на території с. Кропивник дозволяють зробити наступні висновки:*

**1. Профільна лінія Рп 63 – Рп 224 Кропивник (Додаток Г.1)** початок спостережень V.1979 р. Величини осідань за весь період спостережень на XII.2013 р. знаходяться в границях  $-15 \div -146$  мм, станом на VIII.2024 р. максимальне осідання зафіксоване на Рп 180 ( $-370,9$  мм), мінімальне – на Рп 63 ( $-46,3$  мм). Чітко відслідковується центр мульди зсуву в районі репера 180 (графік осідання додатку Г.1). У порівнянні з 2023 роком спостерігається збільшення швидкості осідання ґрунтових реперів на ділянці Рп 63 – Рп 180. Тому при майбутніх спостереженнях слід звернути особливу увагу на цю ділянку, щоб підтвердити або спростувати збільшення швидкості осідання на ній. Результати прогнозування за матеріалами математико-статистичного аналізу останніх 4-х серій спостережень станом на VIII.2025 р. (стовбець 9 додатку Г.1) свідчать, що процес осідання на даній профільній лінії продовжуватиметься і в наступному році. Тому спостереження слід продовжувати, зважаючи на коливання середньорічної швидкості осідань реперів між серіями спостережень VI.2023 р. та VIII.2024 р. (стовпець 8 додатку Г.1) в границях  $-1,4 \div -33,6$  мм/рік.

На жаль репери на кінці цієї лінії втрачені та не спостерігаються ще з 1994 р. хоча осідання їх вже на той час досягло  $-24$  мм і вказувало на необхідність продовження лінії за край мульди хоча б на 100 м. Потрібно терміново відновити репери з 220 до 224 і продовжити лінію заклавши ще два нові репери за межами існуючої мульди. Також слід звернути увагу на втрату через господарські роботи ділянки реперів профільної лінії від Рп 151 до Рп 176, які були розташовані поблизу житлових будинків і теж потребують відновлення.

## **2 Профільна лінія Рп 22/49 – Рп V Кропивник (Додаток Г.2)**

початок спостережень VII.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень на VIII.2024 р. знаходяться в границях  $0 \div -576,9$  мм тоді, як станом на VI.2023 р. максимальна величина осідання спостерігалася на Рп 22 (-494,7 мм). Чітко відслідковується центр мульди зсуву в районі Рп 22/49. Результати прогнозування за матеріалами математико-статистичного аналізу останніх 4-х серій спостережень (стовбець 9 таблиці додатку Г.2) свідчать, що процес осідання продовжуватиметься і в наступному році. Середньорічна швидкість осідання у період 2022-2023 р.р. на ділянці лінії Рп 46 – Рп 22 становить  $-24,4 \div -44,7$  мм/рік тоді, як у період 2023-2024 р.р. зростає до  $-30,3 \div -70,5$  мм/рік, що не може не викликати занепокоєння. Тому спостереження профільної лінії слід продовжувати.

Зона, охоплена мульдою зсуву на даній профільній лінії за період XII.2013 р.  $\div$  VIII.2024 р. розширилася від Рп 43 до Рп 35. Не зважаючи на це зміна висоти репера 33 на кінці лінії в порівнянні з 1968 р. рівна 0 мм. Тому репер 33 був прийнятий як початковий при підрахунку висот реперів всієї спостережної станції. З огляду на розширення мульди в останні роки рекомендуємо продовжити лінію закладанням двох нових реперів (у серії спостережень 1968 р. такими реперами були Рп VI та Рп V, проте від 1973 р. дані про їх висоти відсутні).

## **3 Профільна лінія Рп 22/49 – Рп 241 Кропивник (Додаток Г.3)**

початок спостережень VII.1968 р. Величини осідань за весь період, зафіксована станом на VIII.2024 р., знаходяться в границях  $+1,5 \div -576,9$  мм. Зазначимо, що станом на VI.2023 р. максимальне осідання було зафіксоване на Рп 22 (-494,7 мм). Як і для попередньої профільної лінії, чітко відслідковується центр мульди зсуву в районі репера 22/49 (графік додатку Г.3). Результати прогнозування на VIII.2025 р. за матеріалами математико-статистичного аналізу останніх 4-х серій спостережень (наведені в стовпці 9 таблиці додатку Г.3), так і всіх серій з початку спостережень свідчать, що процес осідання інтенсифікується на ділянці Рп

25 – Рп 22 (середньорічні швидкості осідання у період 2022-2023 р.р. складають  $-13,2 \div -44,7$  мм/рік в той час, як у період 2023-2024 р.р. цей діапазон розширюється до  $-10,9 \div -70,5$  мм/рік). Розширення зони, охопленої мульдою зсуву на даній профільній лінії за період VII.2022 р.  $\div$  VIII.2024 р. відбулося від Рп 27 до Рп 28. Край мульди зсуву за останній рік перемістився в район Рп 30, тому доцільно було б відновити втрачені репери 31, 32 та 287. Відновлення втрачених на кінці лінії реперів 238, 239, 240 і 241, які не спостерігаються вже останні 28 років, поки що не доцільне.

**4 Профільна лінія Рп 21 – Рп I Кропивник (Додаток Г.4)** початок спостережень II.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень на VIII.2024 р. знаходиться в границях  $-110,4$  (Рп 87)  $\div$   $-706,9$  мм (Рп 16). Така ж тенденція спостерігалась і у серії VI.2023 р.: максимальне осідання ( $-647,8$  мм) зафіксоване на Рп 16, а мінімальне ( $-108,7$  мм) – на Рп 87.

Чітко відслідковується центр мульди зсуву в районі Рп 12  $\div$  Рп 21. Результати прогнозування за матеріалами математико-статистичного аналізу як останніх 4-х серій спостережень (наведені в стовпці 9 таблиці додатку Г.4), так і всіх серій з початку спостережень свідчать, що процес осідання інтенсифікується на ділянці Рп 21  $\div$  Рп 4 з середньорічною швидкістю у 2023-2024 р.р  $-10,9 \div -85,8$  мм/рік. В той же час у період 2022-2023 р.р. на цій же ділянці була зафіксована середньорічна швидкість осідань р  $-4,1 \div -51,3$  мм/рік Аналізуючи таблицю та графік додатку Г.4 бачимо, що уся профільна лінія охоплена мульдою зсуву. Зважаючи на вищеописане вважаємо необхідним продовжити періодичні (щорічні) спостереження за динамікою зміни висот реперів профільної лінії та відновити репери 18, 17, 7, 6, 2 та II профільної лінії.

**5 Профільна лінія Рп XV – РпXVI Кропивник (Додаток Г.5)** початок спостережень 0V.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень на VIII.2024 р. знаходяться в границях  $-39,3 \div -2891,4$  мм. Зазначимо, що за результатами спостережень у серії VIII.2021 р. було зафіксоване збільшення величини осідань на ділянці Рп 127  $\div$  Рп 120 у

декілька разів (на Рп 123 величина осідання від початку спостережень становила -1651,2 мм). Зважаючи на те, що спостереження не велися з 2013 р., не вдалося достовірно визначити, коли саме у період XII.2013 р. ÷ VIII.2021 р. відбулася інтенсифікація процесу осідання земної поверхні. Проте у період VIII.2021 р. ÷ VII.2022 р. зафіксовані середньорічні швидкості осідання ділянки профільної лінії Рп 122 ÷ Рп 126 знаходяться в діапазоні -290,1 ÷ -474,0 мм/рік, що є свідченням подальшої інтенсифікації процесів осідання земної поверхні в зазначеній зоні. У період VII.2022 р. ÷ VI.2023 р. середньорічна швидкість осідань на цій ділянці становили -320,9 ÷ -444,4 мм/рік тоді, як у період VI.2023 р. ÷ VIII.2024 р. цей показник складає -199,3 ÷ -341,5, що свідчить про стабілізацію швидкості осідання земної поверхні в районі новоутвореного озера.

Ще за результатами спостережень серії XII.2013 р. спостерігалось достатньо активне осідання в центрі профільної лінії за останні роки. Впевнено відслідковувалося розширення зони, охопленої мульдою зсуву як в сторону репера XV, так і Рп XVI. На жаль, з 2006 р. репер XVI і з 1996 р. репер XV вважались втраченими і були “знайдені” тільки в 2013 р., тому достовірно судити про динаміку розширення мульди зсуву за вказаний період не є можливим.

**6. Профільна лінія Рп 274 – Рп 4 Кропивник (Додаток Г.6)** початок спостережень V.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень станом на VIII.2024 р. знаходяться в границях -185,2 мм ÷ -2570,8 мм. Слід зауважити, що Рп272, на якому станом на VII.2022 р. фіксувалося осідання -2432,5 мм, станом на VI.2023 р. затоплено.

Аномально великі величини осідання реперів даної профільної лінії вперше були зафіксовані за результатами вимірів серії VIII.2021 р. (від Рп 265, де осідання за весь період становило -261,4 мм до Рп 272 – осідання становило -1960,1 мм). Ділянка лінії Рп 272 ÷ Рп 274 затоплена новоутвореним озером, що не дозволяє визначити величини осідань реперів ділянки. Відсутність результатів спостережень у період XII.2013 р. ÷

VIII.2021 р. не дозволяє встановити, коли саме інтенсифікувався процес осідання в районі новоутвореного озера. Однак результати виконаних спостережень у період VIII.2021 р. ÷ VII.2022 р. дозволили встановити, що швидкість осідання ділянки Рп 270 ÷ Рп 272 становить -244,3 ÷ -515,3 мм/рік. У 2022-2023 р.р. максимально швидкість осідання зафіксована на Рп 271 (-344,0 мм/рік). За період 2023-2024 р.р. зафіксовані середньорічні швидкості осідання ґрунтових ділянки Рп 146 ÷ Рп 144 в межах -136,2 ÷ -163,8 мм/рік. Така динаміка свідчить про стабілізацію процесу осідання земної поверхні в районі новоутвореного озера.

Зазначимо, що в районі Рп 267 (швидкість осідання даного репера у 2022-2023 р.р. була -69,4 мм/рік тоді, як у 2023-2024 р.р. -67,5 мм/рік) знаходиться житловий будинок і далі в напрямку до Рп 265 розташовані господарські двори та житлові будівлі. Тому необхідний постійний геодезичний моніторинг за динамікою осідання реперів профільної лінії для своєчасного попередження про інтенсифікацію осідання на забудованих землях.

Аналізуючи таблицю та графік додатку Г.6 можна стверджувати, що епіцентр мульди зсуву знаходиться на ділянці Рп 274 ÷ Рп 272, яка затоплена озером.

Ще у 2013 р. відзначалося достатньо активне осідання в центрі мульди. Відслідковувалося розширення зони, охопленої мульдою зсуву, в сторону репера 274. Профільну лінію слід продовжити в сторону Рп 4 (величина осідання за весь період станом на VIII.2024 р. складає -185,2 мм), заклавши додаткові репери для того, щоб вивести кінець профільної лінії за границі мульди зсуву.

Станом на VIII.2024 р. через господарську діяльність втрачені репери ділянки Рп 151 ÷ Рп 186, які доцільно було б відновити, оскільки репери були розташовані безпосередньо біля жилих будинків.

**7 Профільна лінія Рп X – Рп 201 Кропивник (Додаток Г.7)** початок спостережень VII.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень на



VIII.2024 р. знаходяться в границях  $+4,8 \text{ мм} \div -630,6 \text{ мм}$ . Станом на VI.2023 р. максимальну величину осідання зафіксовано на Рп 21 ( $-530,8 \text{ мм}$ ) в той час, як на VIII.2024 р. осідання цього репера становить  $-630,6 \text{ мм}$ . Чітко відслідковується центр мульди зсуву в районі Рп 50  $\div$  Рп 74. Результати прогнозування на VIII.2025 р. за матеріалами математико-статистичного аналізу як останніх 4-х серій спостережень (наведені у стовпці 9 таблиці додатку Г.7), так і всіх серій з початку спостережень свідчать, що процес осідання на даній профільній лінії інтенсифікується в центрі мульди (Рп 56  $\div$  Рп 77, де зафіксовані середньорічні швидкості осідань за 2023-2024 р.р. більше  $-10 \text{ мм/рік}$ ). Тому слід виконувати щорічні спостереження зміни висот реперів зазначеної ділянки профільної лінії. Розширення зони, охопленої мульдою зсуву, на даній профільній лінії за останні роки не спостерігається. Проте викликає занепокоєння збільшення швидкості осідання реперів ділянки Рп 56  $\div$  Рп 77 (у період 2022-2023 р.р. воно становило  $-3,9 \text{ мм} \div -44,8 \text{ мм/рік}$  тоді, як у період 2023-2024 р.р. складає вже  $-9,2 \text{ мм} \div -86,1 \text{ мм/рік}$ . Зафіксована також інтенсифікація осідань ділянки Рп 67 – Рп 58, на якій протягом останнього року зафіксовані швидкості осідань земної поверхні порядку  $1 \div 1,5 \text{ см}$ .

Слід звернути увагу на втрату опорних Рп XII та Рп 206, розташованих на кінцях профільної лінії, які в майбутньому необхідно відновити.

**8. Профільна лінія Рп 122 - Рп 237 Кропивник (Додаток Г.8)**  
початок спостережень V.1979 р. Величини осідань за весь період спостережень на XII.2013 р. знаходилася в границях  $-9,0 \text{ мм} \div -250 \text{ мм}$ . Однак за результатами спостережень VIII.2021 р. максимальне осідання зафіксоване на найближчому до новоутвореного озера Рп 122 і складає  $-1298,2 \text{ мм}$ . За результатами спостережень у серії VI.2023 р. осідання Рп 122 становило  $-1858,2 \text{ мм}$ ., а станом на VIII.2024 р. зростає до  $-2184,2 \text{ мм}$ . У відомості і на графіку додатку Г.8 чітко видно, що інтенсивність осідання

мульди зростає від Рп 229 (сумарне осідання -99,9 мм) до вищезгаданого Рп 122.

Ще за результатами вимірів XII.2013 р. чітко відслідковувався центр мульди зсуву в районі репера 122. Результати прогнозування за матеріалами математико-статистичного аналізу як останніх 4-х серій спостережень (стовбець 9 таблиці додатку Г.8), так і всіх серій з початку спостережень свідчать, що процес осідання на даній профільній лінії інтенсифікувався у період 2013÷2021 р.р., особливо на ділянці Рп 227 ÷ Рп 122. Так, швидкість осідання Рп 122 в 2022-2023 р.р. складала -320,9 мм/рік тоді, як у період 2021÷2022 р.р. вона становила -290 мм/рік. У період 2023-2024 р.р. середньорічна швидкість осідання Рп 122 становить -279,4 мм/рік. Виходячи з вищеописаного робимо висновок, що протягом останнього року відбувся процес інтенсифікації осідань ділянки Рп 235 ÷ Рп 226 профільної лінії. В той же час швидкість осідання Рп 122 стабілізувалася. Тому спостереження реперів профільної лінії слід обов'язково періодично проводити і в майбутньому, звертаючи особливу увагу на ділянку Рп 229 ÷ Рп 122.

**9 Профільна лінія Рп 88 – Рп 260 Кропивник (Додаток Г.9)**  
початок спостережень II.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень станом на VIII.2024 р. знаходяться в границях від -15,6 мм на Рп 258 до -1204,4 мм на Рп 105. Станом на VII.2022 р. максимальне осідання було зафіксоване на Рп 105 (-1201,9 мм). Чітко прослідковується формування мульди зсуву з центром в районі репера 105. Результати прогнозування за матеріалами математико-статистичного аналізу як останніх 4-х серій спостережень, так і всіх серій з початку спостережень свідчать, що осідання на даній профільній лінії одні з найбільших, зафіксованих на шахтному полі. Проте зафіксована швидкість осідання в останні 2 роки не перевищувала -10 мм/рік, що свідчить про поступову стабілізацію процесів осідання реперів даної профільної лінії. Результати виконаного прогнозу величин осідань станом на VIII.2025 р. свідчать, що і в наступному році не передбачається суттєве збільшення швидкостей

осідання реперів. Попри вищевказане вважаємо, що спостереження профільної лінії слід продовжувати.

Зазначимо, що через господарську діяльність людей відбулася втрата практично усіх реперів на ділянці Рп 103 ÷ Рп 248 (окрім Рп 105), розташованої в центрі мульди, що унеможлиблює отримання достовірних даних про рух земної поверхні на вказаній ділянці.

**10. Профільна лінія Рп 192 – Рп 141 Кропивник (Додаток Г.10)**  
початок спостережень V.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень на XII.2013 р. знаходилася в границях  $-5,0$  мм ÷  $-363$  мм. Станом на VIII.2021 р. зафіксоване максимальне сумарне осідання на Рп 276 ( $-1553,1$  мм). За результатами спостережень серії VII.2022 р. осідання Рп 276 вже становить  $-2010,9$  мм. На VI.2023 р. зафіксована втрата Рп 276 (під водою новоутвореного озера). Репери 140, 275 та 141 опинилися на дні новоутвореного озера, тому відомостей про їх осідання немає. У зв'язку з відсутністю результатів спостережень за період XII.2013 р. ÷ VIII.2021 р. не вдалося ідентифікувати момент інтенсифікації утворення мульди. Зазначимо тільки, що величини осідань реперів ділянки Рп 138 ÷ Рп 276 за цей період збільшилися у 2 ÷ 6 разів у порівнянні зі станом на XII.2013 р.

У період 2022-2023 р.р. зафіксована аномально висока швидкість осідання частини профільної лінії від Рп 277а до Рп 125 ( $-217,5$  мм/рік ÷  $-324,9$  мм/рік). У період 2023-2024 р.р. на цій ділянці швидкості осідання ґрунтових реперів знаходяться в межах  $-262,1$  мм/рік ÷  $-285,4$  мм/рік, що вимагає постійного геодезичного моніторингу даної ділянки.

Ще станом на XII.2013 р. осідання за період від серії спостережень XI.2001р. перебували в границях  $+7,0$  ÷  $-200$  мм. Окрім того вже тоді передбачалась можлива небезпечна тенденція розширення зони, охопленої мульдою зсуву на даній профільній лінії з центром від Рп 278 до репера XVII. На той час відзначено, що аномально високе значення осідання Рп 276 (в два і три рази більше від сусідніх) спостерігається ще з 1986 р. На жаль

репери 274, 273, 143 втрачені і це не дає можливості зробити прогнозування процесів на цій ділянці, тому їх треба обов'язково відновити.

Результати математико-статистичного прогнозування на основі чотирьох останніх серій спостережень свідчать, що інтенсивне осідання ділянки Рп 278 ÷ Рп 125 продовжиться і в наступному році.

Аналізуючи зміну середньорічних швидкостей осідання ґрунтових реперів цієї профільної лінії робимо висновок, що у 2023-2024 р.р. відбулася інтенсифікація осідань усіх реперів профільної лінії (зафіксовано збільшення швидкості осідання усіх реперів).

Зважаючи на вищеописане рекомендуємо в майбутньому особливу увагу приділити спостереженню за осіданнями реперів цієї профільної лінії – особливо в районі новоутвореного озера (Рп 279 – Рп 125).

***Результати вимірів осідань ґрунтових реперів профільних ліній шахтного поля «Центральне» рудника «Калуш», дозволяють зробити наступні висновки:***

На профільній лінії VI визначено висоти Рп5, Рп6 та Рп17 – початок спостереження VII.1968 р. У період X.2008-XI.2018 рр. спостереження вказаних реперів не велися. Станом на XI.2018 рр. зафіксована середньорічна швидкість осідання Рп6 та Рп17 становила -1 мм/рік. Проте за результатами спостережень VIII.2021 р. встановлено, що Рп 17 не зберіг свою стабільність (величина осідання складає -18,4 мм). У результаті спостережень у серії VIII.2024 р. бачимо, що відмітки Рп 5 та Рп 6 у порівнянні з попередньою серією практично не змінилися.

Репери, встановлені на обочині вул. **Європейська** (болти кріплення опор ліхтарів освітлення на вулиці) – початок спостереження VII.2008 р. (Додаток Д). У період XI.2009-XI.2018 рр. спостереження не велися. Протягом вказаного періоду зафіксована поява горбів випирання зсуву на ділянках Рп1-Рп3 та Рп11-Рп12, що свідчить про те, що підпірна стінка кладовища перестала виконувати свою функцію. Станом на V.2022 р. зафіксоване підняття реперів максимум на +27,9 мм (Рп1). Результати

спостережень VIII.2024 р. свідчать про те, що за останні 2 роки не відбулося суттєвої зміни у висотному положення вищевказаних реперів.

На ділянці Рп4-Рп10 зафіксоване незначне осідання реперів з максимумом на VII.2023 р. -105,1 мм (на Рп 8) в той час, як станом на VIII.2024 р. величина осідання становить -118,3 мм.

На ділянці Рп14-Рп17 станом на VII.2023 р. зафіксовані осідання реперів від -126,0 мм на Рп14 до -241,7 мм на Рп15. Результати спостережень VIII.2024 р. свідчать, що величини осідань даної ділянки збільшилися і знаходяться в границях -129,7 ÷ -246,9 мм

Порівнюючи результати серії спостережень VIII.2024 р. з результатами станом на VII.2023 р. можна зробити висновок, що спостерігається аномальне збільшення величин осідань реперів 8, 16, 17, 18. Зафіксована на Рп 16 середньорічна швидкість осідання -26,7 мм/рік викликає певне занепокоєння, проте потребує підтвердження в наступних серіях спостережень, оскільки конструкція реперів цієї ділянки не відповідає вимогам нормативних документів і не забезпечує надійну стабільність пунктів.

Зафіксовані величини річних осідань інших реперів станом на VIII.2024 р. коливаються в межах 5 мм, що не викликає занепокоєння.

**1.3 Побудова мульд осідання земної поверхні та аналіз напрямків та швидкостей зміни розмірів мульди за останні роки в межах рудника «Ново-Голинь» та визначення швидкості осідання в с. Кропивник. Побудова графіків земної поверхні на території вул. Європейська, м. Калуш.**

#### ***1.3.1 Мульди осідання в с. Кропивник***

Відсутність достовірних матеріалів планової прив'язки профільних ліній (відзначені відхилення в плановому положенні реперів відносно чітких контурів місцевості та існуючих будівель, які досягають величин

порядку 10 м, відхилення в фактичних віддальх між реперами профільних ліній і їх планового положення (проектного) на наданому картографічному матеріалі на територію рудника «Ново-Голинь» зумовили необхідність розроблення методики розрахунку та візуального зображення планового положення мульд зсуву, яка враховувала б ці факти. Основні положення розробленої методики наступні:

- з використанням програмного комплексу DIGITALS створено електронну ортофотокарту території шахтного поля рудника на площу 4 км<sup>2</sup> в системі координат 1963 р. (Ск63) та обмінний файл в форматі \*.tif, об'ємом 1 Гб ;

- обмінний файл передано в програмний комплекс AutoCad і наявними в ньому засобами, на електронну карту нанесено положення реперів профільних ліній. При цьому використано, як дані виконаної польової прив'язки реперів до чітких контурів і будівель, які гарантовано віддешифровані на електронній карті, так і фактичні віддалі між реперами виміряні в натурі;

- на електронній карті в AutoCad визначено планові координати всіх реперів і передано в електронну таблицю Excel;

- електронну таблицю Excel доповнено значеннями осідань реперів за весь період спостережень і передано в графічний редактор AutoCad.

- в графічному редакторі AutoCad побудовано шар електронної карти з ізолініями рівних осідань з висотою перерізу 50 мм,

- В AUTOCAD підготовлено до друку електронний варіант ортофотокарти з шарами, які відображають:

- Шар 1- положення,
- Шар 2 –назви,
- Шар 3- величини осідань реперів профільних ліній
- Шар 4 - ізолінії рівних осідань,

- Шар 5 - координатна сітка через 500 м в системі координат 1963 р. (Ск63) ( точність нанесення координатної сітки відповідає масштабу 1:10 000).

На поверхні рудника «Ново - Голинь» згідно побудованих мульд (див. додаток Е1 та додаток Е2) можна побачити три зони просідання.

Розглянемо першу із них (рис. 1.4).

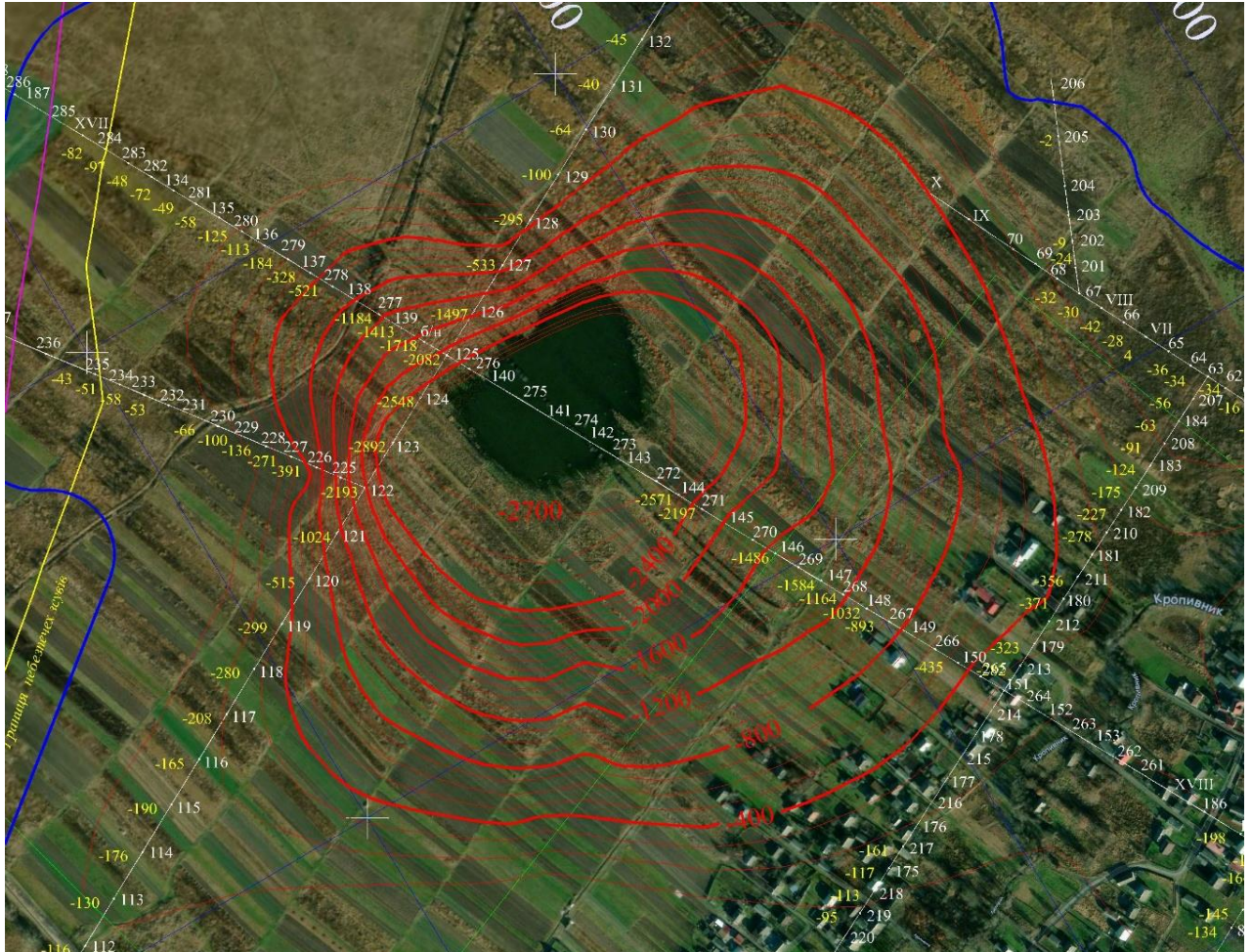






Рисунок 1.4 – Мульди осідання земної поверхні (фрагмент 1)

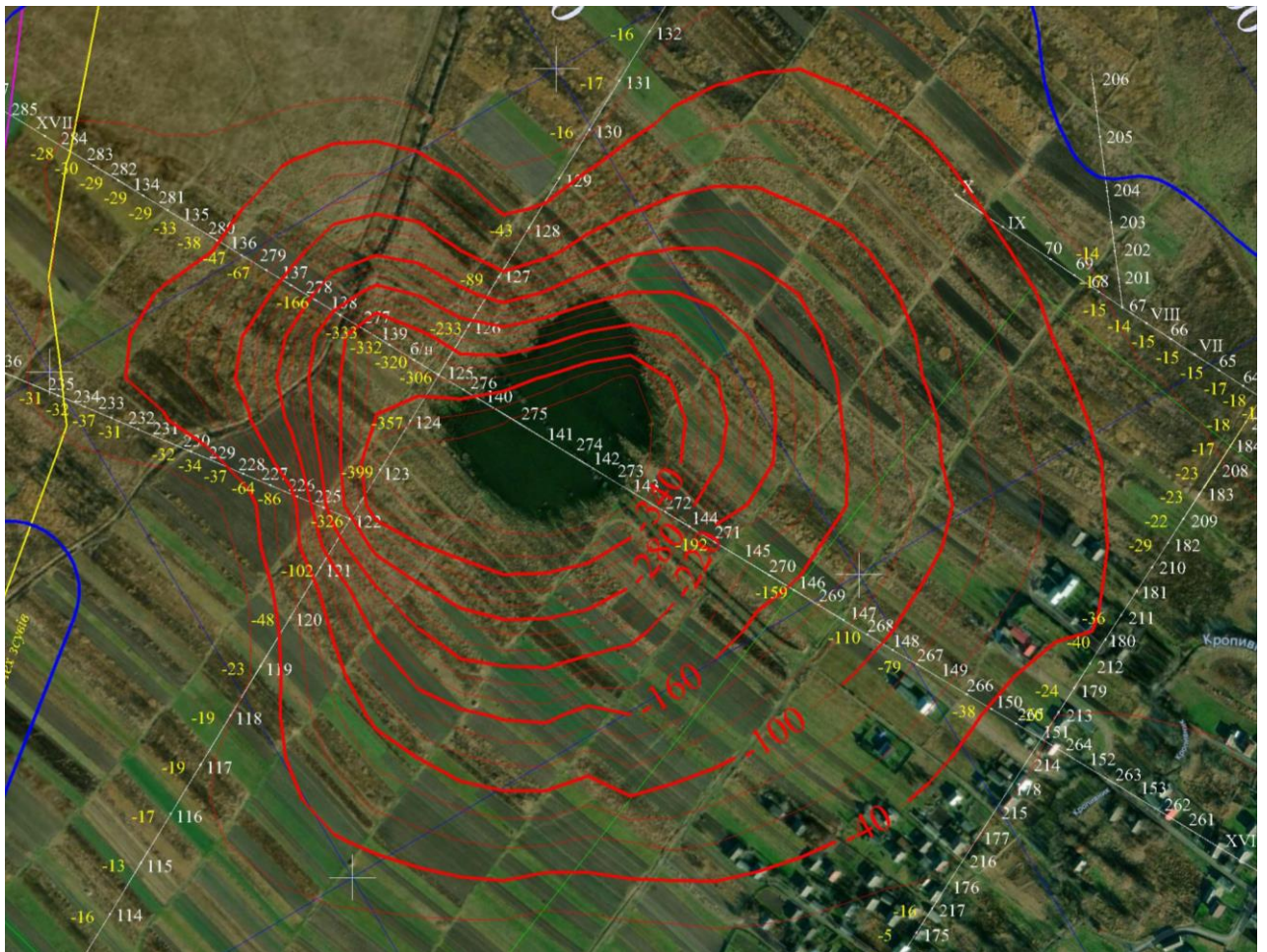
Розглянемо позначення які зображені на даному фрагменті.

-  - мульди осідань з висотою перерізу 100 мм;
-  - значення осідань в мм.
-  - номери реперів профільних ліній;
-  - Загальне осідання станом на 2024р.



У 2024 році найбільше просідання знаходиться на репері №123 і становило 2,89 м. Під час спостережень у 2024 році репер №276 та №272 бли уже затоплені. Там де знаходяться репери №272, №143, №271... №275, №140, №276 на даний час знаходиться озеро. Тому можна припустити, що просідання там значно більші.

Порівнюючи отримані результати з даними 2023 р. (рис. 1.5) можна зробити висновок, що осідання земної поверхні на берегах новоутвореного озера становлять близько 0,4 м (це підтверджують результати, отримані на Рп №123 дивитися додаток Е2 ).



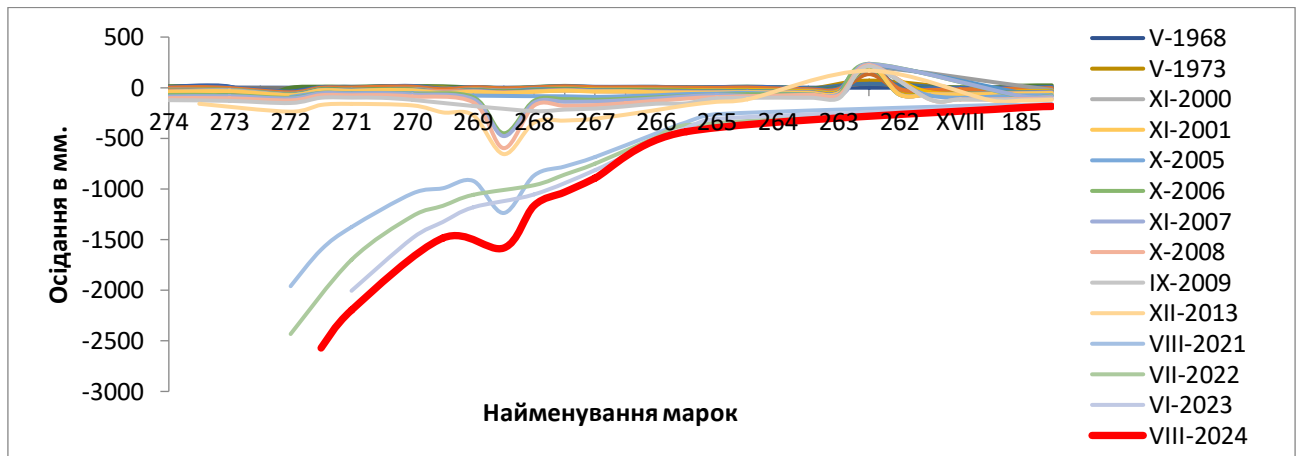
*Рисунок 1.5 – Мульди осідання земної поверхні від 2023 року*



За рік дана зона мала максимальне просідання на 399 мм на репері №123, так як це зображено на рисунку 1.5.

Зазначимо, що з наближенням до господарських дворів величини осідань зменшуються і в районі розташування крайніх хатів зафіксована величина осідання за останній рік становить 38 мм на репері №150. Осідання за весь період осідання становить 435 мм на репері №150.

Динаміку осідання ґрунтових реперів профільної лінії Рп 274 - Рп 4 рудника Ново-Голинь (Кропивник) за результатами вимірів V-1968-VI-2024 р.р. можемо побачити на графіку (рис. 1.6).



*Рисунок 1.6 – Графік осідання ґрунтових реперів профільної лінії Рп 274 - Рп 4*

Дана інформація, яка характеризує осідання на побудованих мульдах, не є достовірною тому, що істинні осідання визначені на реперах профільних ліній, а інші змодельовані програмно. Наприклад, на рисунку 1.7 деякі житлові будівлі розташовані в районі осідань, зафіксованих на 95 мм на репері №219, на 113 мм на репері №218, на 117 мм на репері №175, на 161 мм на репері №217. Це істинні значення, які були встановлені згідно топографогеодезичних робіт. Згідно побудованих мульд, деякі житлові будівлі просідають на 200 – 700 мм. Але ця інформація не є дійсною, а розрахованою програмою. Для більш точної побудови мульд слід закладати поперечні профільні лінії.



Рисунок 1.7 – Недостовірність побудови мульд осідання земної поверхні

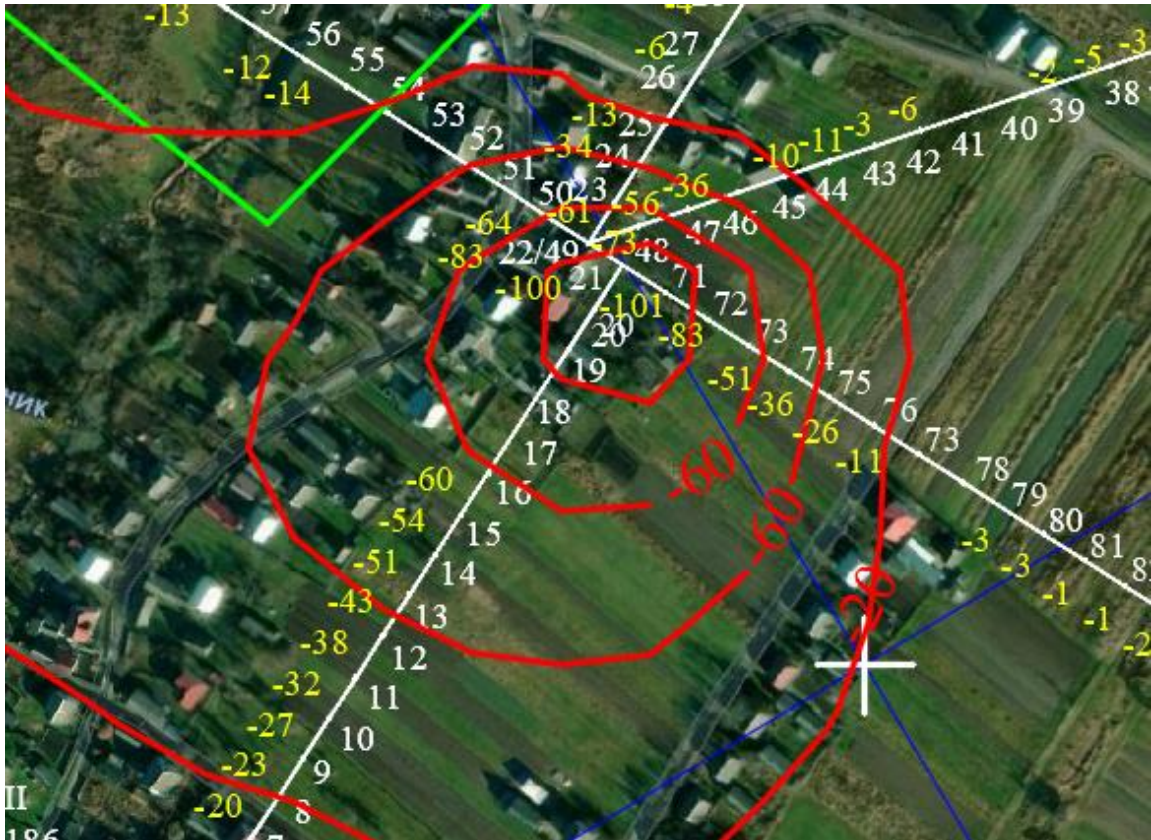
Друга зона осідання зображена на рисунку 1.8.



Рисунок 1.8 – мульди осідання земної поверхні (фрагмент 2)



Найбільше просідання знаходиться на репері №16 і становить 707 мм. Порівнюючи отримані результати з даними 2023 року можна зробити висновок, що річні величини осідань в центрі мульди (Рп №72) складають - 101мм, як це зображено на рисунку 1.9

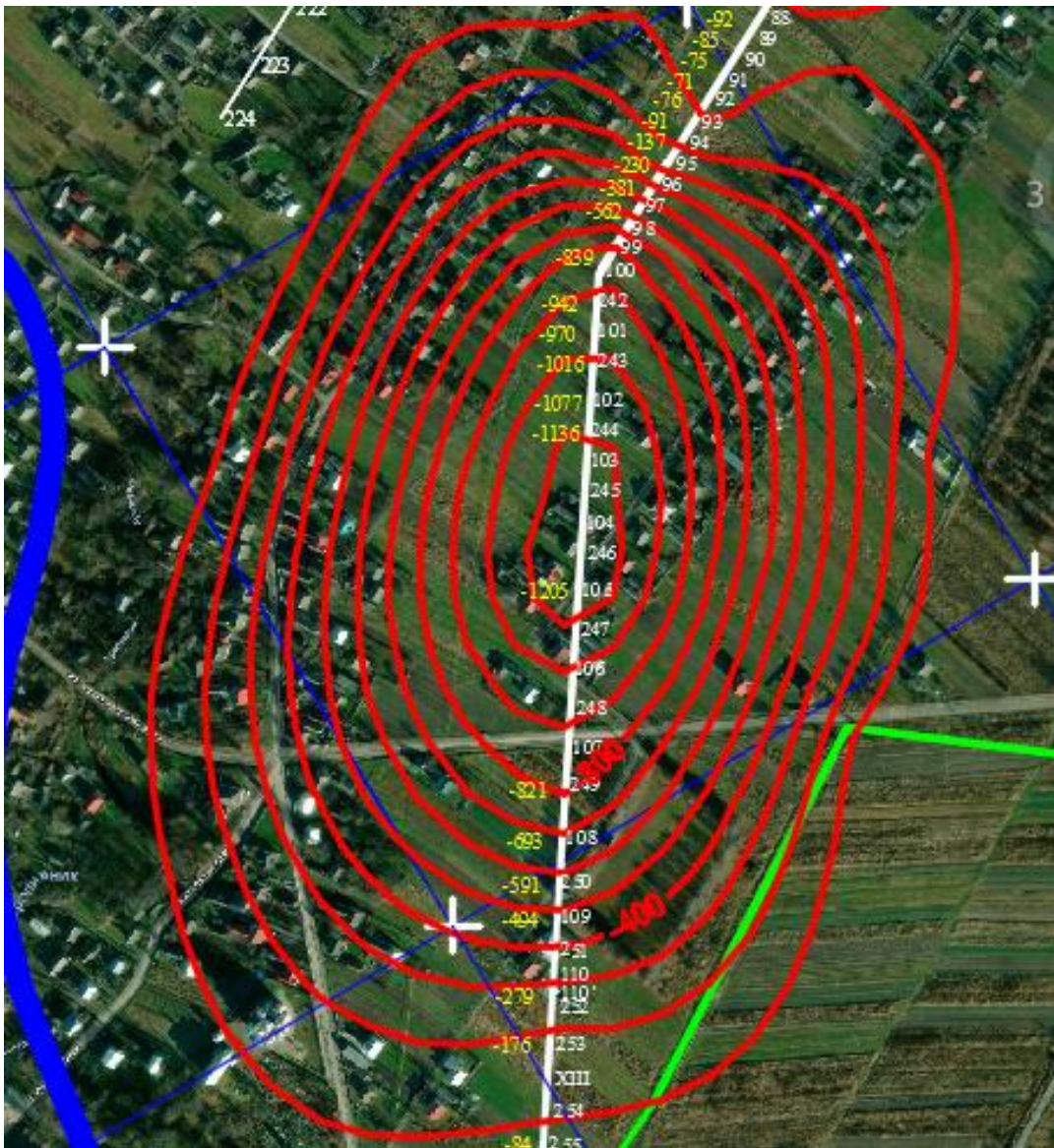


*Рисунок 1.9 – Мульди осідання земної поверхні від 2023 року*

Третя зона осідання зображена на рисунку 1.10.

Найбільше просідання знаходиться на репері №105 і становить - 1,205 м. За останній рік відносно попередньої серії спостережень в центрі мульди спостерігається осідання земної поверхні на величину порядку 3 мм. Тому можна вважати дану зону осідання затухаючою.

Дана інформація, яка характеризує осідання на побудованих мульдах не є достовірною тому, що істинні осідання визначені на реперах профільних ліній, а інші змодельовані програмно (див. вище).



*Рисунок 1.10 – Мульди осідання земної поверхні (фрагмент 3)*

Отже мажна вважати, що глибина мульди зрушення над гірничими виробками залежить від коефіцієнту вилучення корисної копалини і від ступеня заповнення виробок сухим матеріалом. При неглибокому заляганні рівня ґрунтових вод у мульді зрушення утворилося озеро (репери №272, №143, №271... №275, №140) .

Для відслідковування фактичної динаміки утворення мульд осідання над шахтними полями найдієвішими є методи геодезичних спостережень, зокрема періодичне (з частотою хоча б 1 серія/рік) виконання геометричного нівелювання існуючих реперних ліній. У результаті такого



моніторингу можна зафіксувати зміни швидкості осідань точок земної поверхні та встановити місця можливого утворення провалів.

Також на дану територію у 2023 році створено карту висот реперів (рис. 1.11), із якої можна побачити, що рівень озера знаходиться вище від струмка на три метри. З цього можна зробити припущення, що озеро можна спустити у струмок. Мінімальна віддаль від озера до струмка становить 500 м.



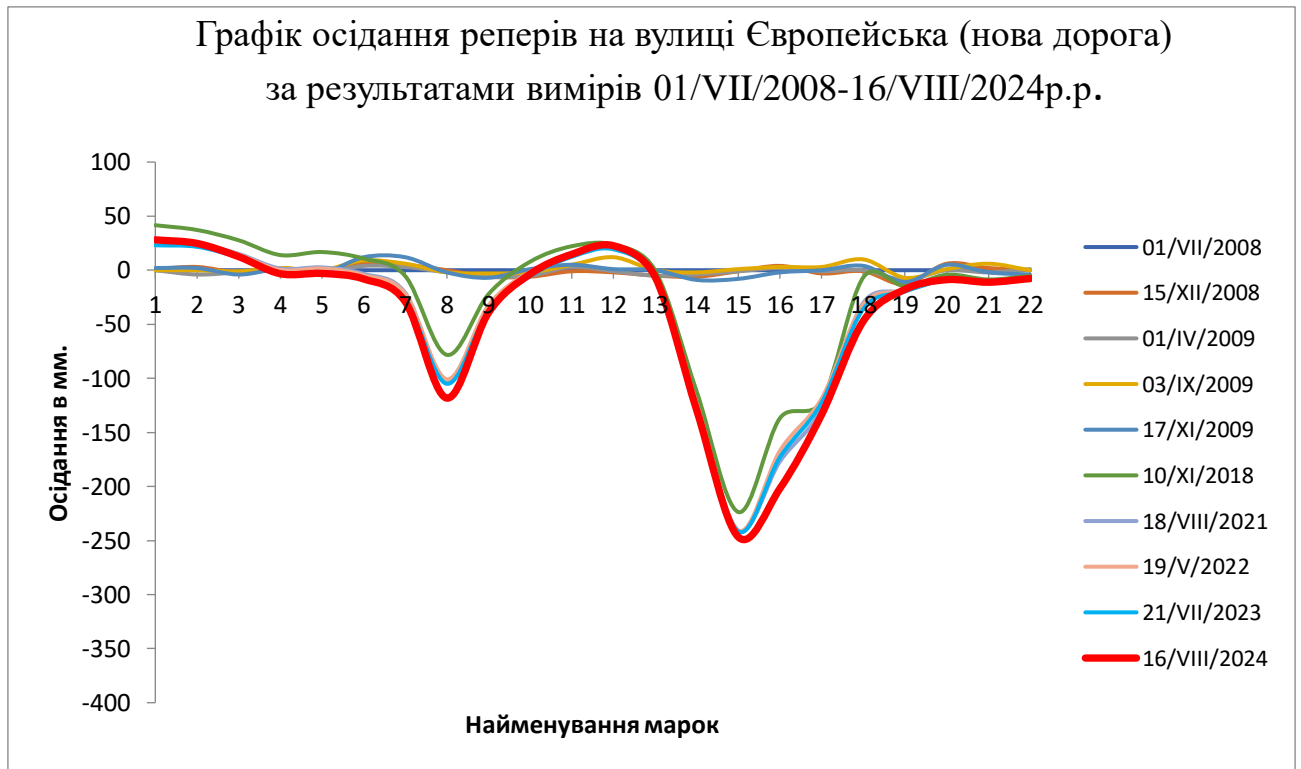
*Рисунок 1.11 – Карта висот реперів шахтного поля «Ново-Голинь»*

Отже, у першій зоні зафіксована швидкість осідання реперів на березі новоутвореного озера становить близько -400 мм/рік. У другій зоні зафіксована швидкість осідання реперів у центрі мульди становить близько -100 мм/рік. У третій зоні зафіксована швидкість осідання реперів у центрі мульди становить близько -5 мм/рік., що свідчить про затухання.

### 1.3.2 Процес осідання земної поверхні в межах рудника «Калуш»

інтерпретовано у вигляді графіка по лінії вздовж вул. Європейська (рис. 1.12). Побудувати мульду для даної ділянки неможливо, оскільки на ній присутня тільки одна профільна лінія.

Співставляючи результати спостережень у серії VIII.2024 р. з результатами станом на VII.2023 р. бачимо, що зміни у висотному положенні реперів знаходяться в межах 15 мм за винятком Рп 16, на якому зафіксовано 28,9 мм (Додаток Д). Отже, по вказаній профільній лінії не зафіксовано небезпечних осідань земної поверхні протягом останнього року.



*Рисунок 1.12 – Графік осідань реперів по вул. Європейська в м. Калуш*

### ***1.3.3 Побудови прогнозної карти мульд осідання земної поверхні в межах рудника «Ново-Голинь» (с. Кропивник).***

Для прогнозування осідань використано математичні моделі апроксимації, які описують розподіл зміщень в залежності від часового інтервалу геодезичних спостережень.

Спостереження за осіданнями ґрунтових реперів профільних ліній у межах рудника «Ново-Голинь» безперервно велися протягом останніх чотирьох років (2021-2024 рр.). За результатами зафіксованих фактичних вертикальних переміщень земної поверхні шляхом апроксимаційних обчислень визначено прогнозовані величини осідань ґрунтових реперів профільних ліній станом на VIII.2025 р. (стовбець 9 таблиць додатку Г).

В результаті побудови прогнозної карти мульд осідання земної поверхні виділені наступні зони, в межах яких прогноуються найбільші величини осідань земної поверхні протягом наступного року.

Перша ділянка знаходиться в північно-східній частині с. Кропивник, в епіцентрі якої знаходиться новоутворене озеро. Як бачимо з рис. 1.13, а також з аналізу таблиць і графіків додатків Г.5, Г.6, Г.8 та Г.10 прогноується розширення мульди осідання у напрямку с. Кропивник. Так прогнозована сумарна величина осідання земної поверхні станом на VIII.2025 р. на краю озера становить понад 3.3 м. В той же час обчислена прогнозована величина осідання за період 2024-2025 рр. на краю озера становить близько 400 мм тоді, як в районі Рп 267, розташованого в районі найближчого до озера господарського двору, прогнозована величина осідання складає близько 72 мм за той же період.

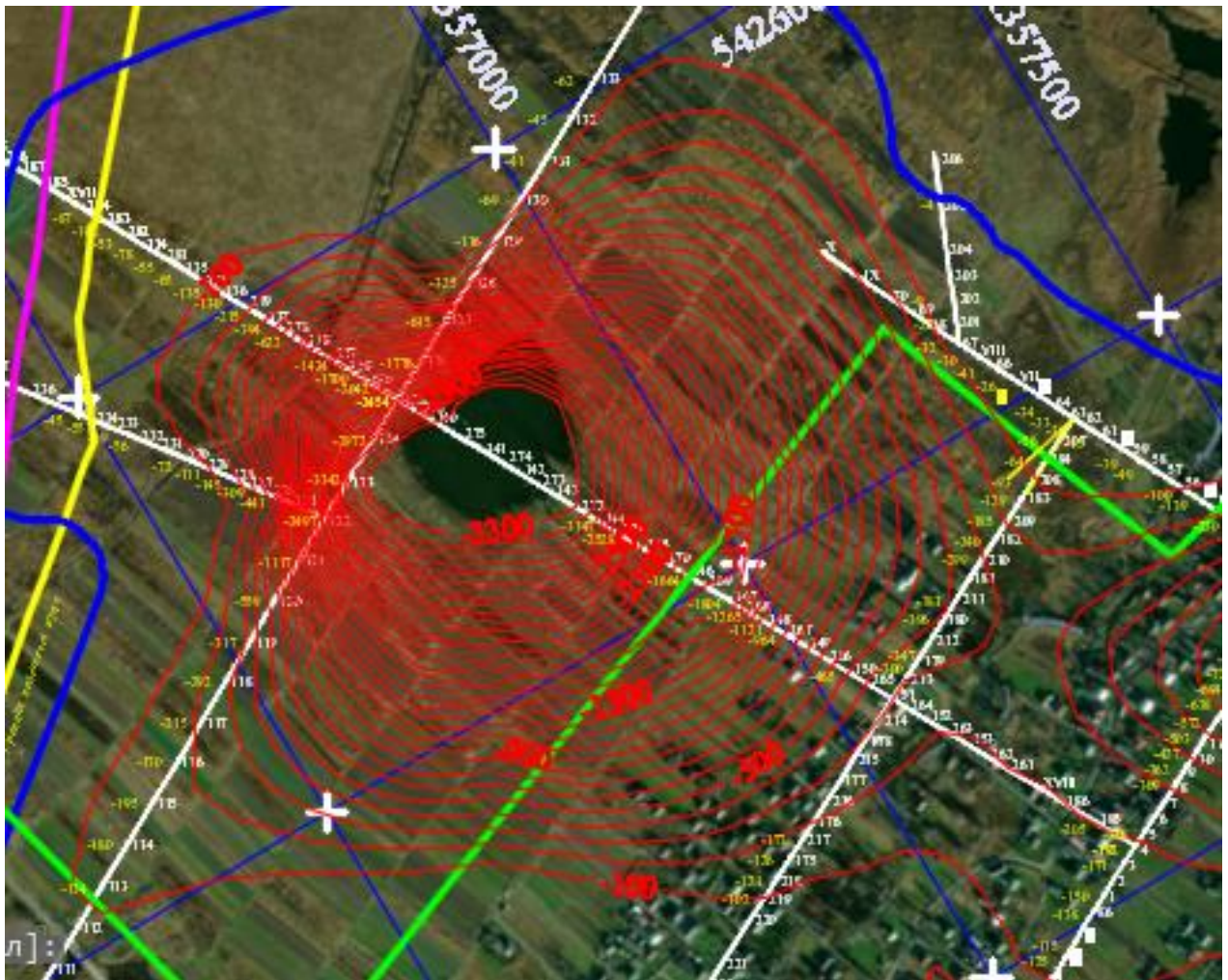
На рис. 1.13 бачимо, що в районі найближчих до озера господарських дворів величина прогнозованого осідання земної поверхні від початку спостережень складає 500÷900 мм (дивитися додаток Е3).

Друга ділянка знаходиться в районі перетину чотирьох профільних ліній у північно-східній частині с. Кропивник (рис. 1.14). Аналізуючи дані додатків Г.2, Г.3, Г.4, Г.7 та рис. 1.14 слід зауважити, що максимальна



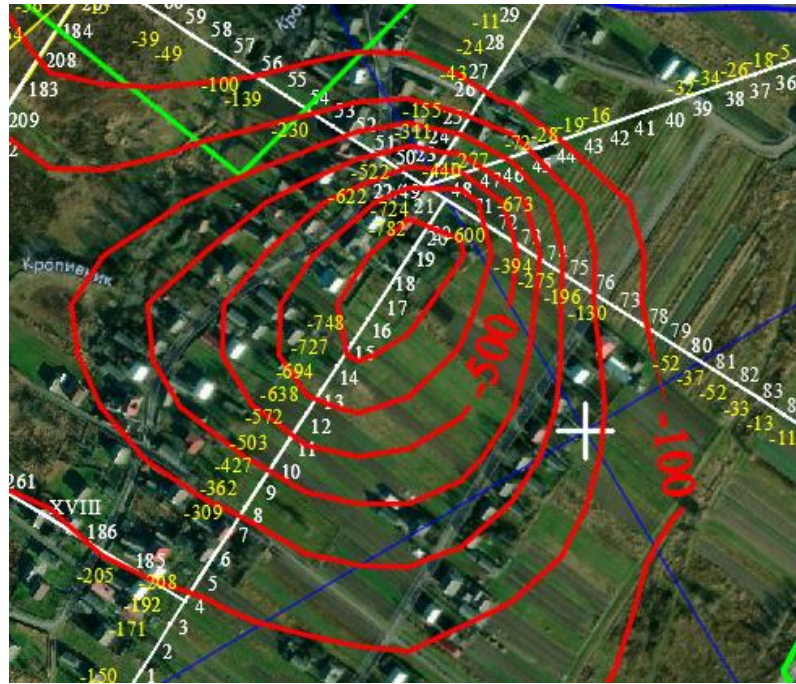
величина осідання прогнозується в районі Рп 19 і становитиме близько 100 мм протягом 2024-2025 рр.

Прогнозується розширення вказаної мульди переважно у південно-західному напрямку. Зазначимо, що прогнозовані напрямки розвитку мульд з рис. 1.13 та рис. 1.14 можуть свідчити про їх злиття у майбутньому в одну велику мульду.



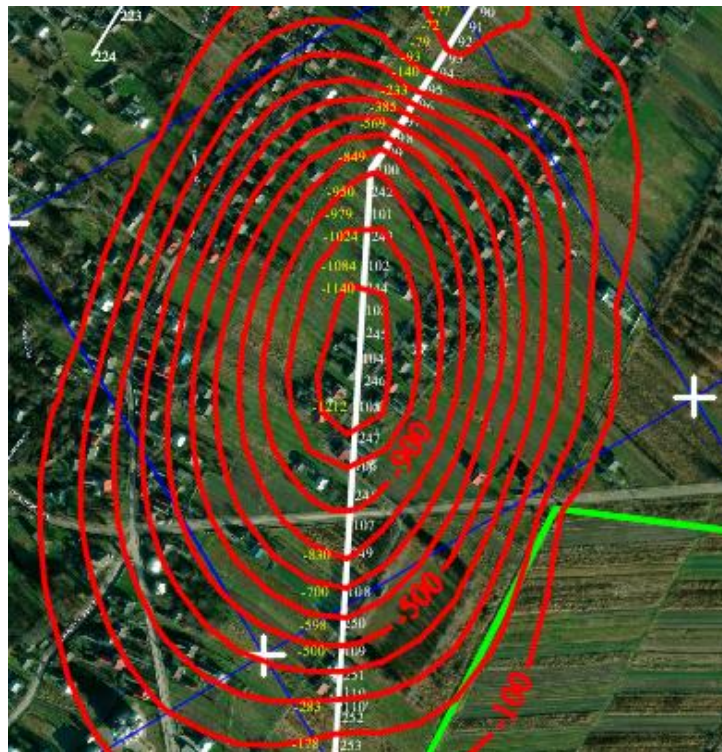
*Рисунок 1.13 – Прогнозна карта мульд осідання земної поверхні  
(фрагмент 1)*





*Рисунок 1.14 – Прогнозна карта мульд осідання земної поверхні  
(фрагмент 2)*

Третя ділянка розташована в центральній частині с. Кропивник у межах Рп 95 ÷ Рп 110 профільної лінії Рп 88 – Рп 260 (рис. 1.15 та додаток Г.9).



*Рисунок 1.15 – Прогнозна карта мульд осідання земної поверхні  
(фрагмент 3)*

Зазначимо, що хоч величини прогнозованих сумарних осідань ґрунтових реперів даної ділянки станом на 2025 р. сягають величини 1212 мм, проте результати вимірів 2021-2024 рр. свідчать про те, що процес осідання на даній ділянці знаходиться в стадії затухання. Тому прогнозовані величини осідань земної поверхні в межах третьої ділянки на період 2024-2025 рр. становлять не більше 10 мм.

## 2. ГЕОФІЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НА ТЕРИТОРІЇ КАЛУСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ

### 2.1 Геофізичні спостереження по вул. Європейська (Центральне каїнітове поле) та вул. Глібова (Північно каїнітове поле) м. Калуш

#### *Центральне каїнітове поле, вул. Європейська*

Профільні спостереження виконано методом ПЕМПЗ на ділянці проходження автомагістралі по вул. Європейській (рис. 2.1), яка знаходиться в зоні впливу гірничих виробок Центрально каїнітового поля. Дослідження виконано із двох сторін автодорожного полотна. Профілі виконані по опорних геодезичних пунктах та деталізовані додатковими спостереженнями між ними.

Для вивчення геологічного розрізу із глибиною виконано чотири серії спостережень на різних частотних діапазонах. Зміна частотного діапазону дає можливість виявлення зон, що пов'язані з напруженим станом на різних глибинах. Серії спостережень у 2024 році:

1. Частота спостережень 2 – 50 кГц – широкий діапазон частот;
2. Частота спостережень 2 – 16 кГц – низький діапазон частот;
3. Частота спостережень 16 – 36 кГц – середній діапазон частот;
4. Частота спостережень 36 – 50 кГц – високий діапазон частот;

Загальна кількість фізичних точок спостереження по вул. Європейська склала 176 вимірів.

#### *Північно каїнітове поле, вул. Глібова*

На ділянці проходження автомагістралі **Т 1419 – Миколаїв – Калуш (Р84 – Бібрка - Бурштин)**, вул. Глібова - Вітовського, яка знаходиться в зоні впливу гірничих виробок Північного каїнітового поля. Дослідження виконано із двох сторін автодорожного полотна радіохвильовим індикатором напружено-деформованого стану гірських порід (рис. 2.2).



Серії спостережень у 2024 році:

1. Частота спостережень 2 – 50 кГц – широкий діапазон частот;
2. Частота спостережень 2 – 16 кГц – низький діапазон частот;
3. Частота спостережень 16 – 36 кГц – середній діапазон частот;
4. Частота спостережень 36 – 50 кГц – високий діапазон частот;

Загальна кількість фізичних точок спостереження по вул. Глібова - Вітовського склала 280 вимірів.



*Рисунок 2.1 – Виконання польових спостережень по вул. Європейська, центральне каїнітове поле.*





*Рисунок 2.2 – Виконання польових спостережень по вул. Глібова - Вітовського , північно каїнітове поле.*



***Північно каїнітове поле, ділянка в районі провалу №14 а, б, в, г, д .***

У липні 2023 року на північно каїнітовому полі в районі в камери №37 утворився провали земної поверхні. Університетом додатково на запрошення Управління з питань надзвичайних ситуацій в місті Калуш виконано площинні спостереження в межах провалу. Враховуючи складну ситуацію, яка виникла в районі камери 37, ділянка досліджень була включена в моніторингові дослідження за договором 1М/2024.

Для визначення динаміки та простеження розвитку карстових процесів виконаний метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ) (рис. 2.3).



*Рис. 2.3 – Виконання польових робіт в районі провалу 14 методом ПЕМПЗ, північно каїнітове поле, вул. Глібова.*

Серії спостережень у 2024 році:

1. Частота спостережень 2 – 16 кГц – низький діапазон частот;
2. Частота спостережень 16 – 36 кГц – середній діапазон частот;
3. Частота спостережень 36 – 50 кГц – високий діапазон частот;

Загальна кількість фізичних точок спостереження в районі провалу біля вул. Глібова склала 297 вимірів.

## **2.2 Інтерпретація геофізичних досліджень методом ШЕМПЗ по вул. Європейська (Центральне каїнітове поле) та вул. Глібова (Північно каїнітове поле) м. Калуш.**

### **2.2.1 Результати обробки даних ШЕМПЗ. Рудник «Калуш», центральне каїнітове шахтне поле (м. Калуш, вул. Європейська)**

Профільні спостереження виконано методом ШЕМПЗ на ділянці проходження автомагістралі по вул. Європейській, яка знаходиться в зоні впливу гірничих виробок Центрально каїнітового поля. Дослідження виконано із двох сторін автодорожного полотна із зміною частотного діапазону, який дає можливість виявлення зон що пов'язані із напруженим станом на різних глибинах. Серії спостережень:

Частота спостережень 2 – 50 кГц – широкий діапазон частот;

Частота спостережень 2 – 16 кГц – низький діапазон частот;

Частота спостережень 16 – 36 кГц – середній діапазон частот;

Частота спостережень 36 – 50 кГц – високий діапазон частот;

Реєстрація випромінювання електромагнітного поля велась по трьох антенах (X та Y) горизонтальні складові поля, Z вертикальна складова. Для зручності аналізу даних графіків інтенсивності випромінювання електромагнітного поля представлені в наступному вигляді : вісь абсцис – це геодезичні репери, а вісь ординат – інтенсивність випромінювання електромагнітного поля по окремій антені (X, Y та Z). Для порівняння даних



інтенсивності випромінювання електромагнітного поля проведемо нормування та приведемо їх до одного рівня.

Частота спостережень 2 – 16 кГц – низький діапазон частот (рис. 2.4). Низький діапазон частот дозволяє реєструвати сигнал, який надходить із глибин, тобто від стелин гірничих виробок. Інтенсивність поля (антена X) коливається від 8 до 75 імп/с при фоновому (варіаційному полі) 8 – 12 імс/с. Аномальна зона за антеною X знаходиться в межах Рп 10 – Рп 15, що відображається збільшенням інтенсивності поля. Інтенсивність поля за (антеною Y) складає 10 до 80 імп/с при фоновому 8 – 10 імп/с. Аналіз графіків по антені Y характеризує зміну поля, яка відображена аномальною зоною в межах з Рп 10 – Рп 19. Антена Z реєструє вертикальні напруження в масиві гірських порід, інтенсивність поля змінюється від 5 до 95 імп/с при фонових значеннях 5 – 8 імп/с.

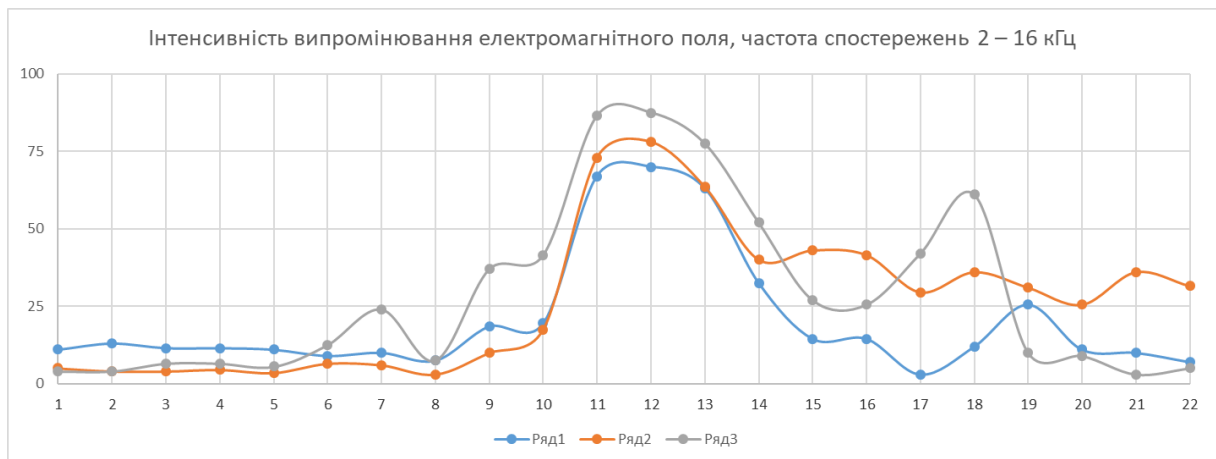


Рис. 2.4 Інтенсивність випромінювання електромагнітного поля, частота спостережень 2 – 16 кГц.

Частота спостережень 16 – 36 кГц – середній діапазон частот (рис. 2.5). Середній діапазон частот дозволяє реєструвати, сигнал який надходить із глибин до декількох десятків метрів від поверхні землі, тобто це проміжні горизонти які знаходяться між гірничими виробками та денною поверхнею. Інтенсивність поля (антена X) є незначною і коливається від 8 до 20 імп/с при фоновому (варіаційному полі) 8 – 10 імс/с.

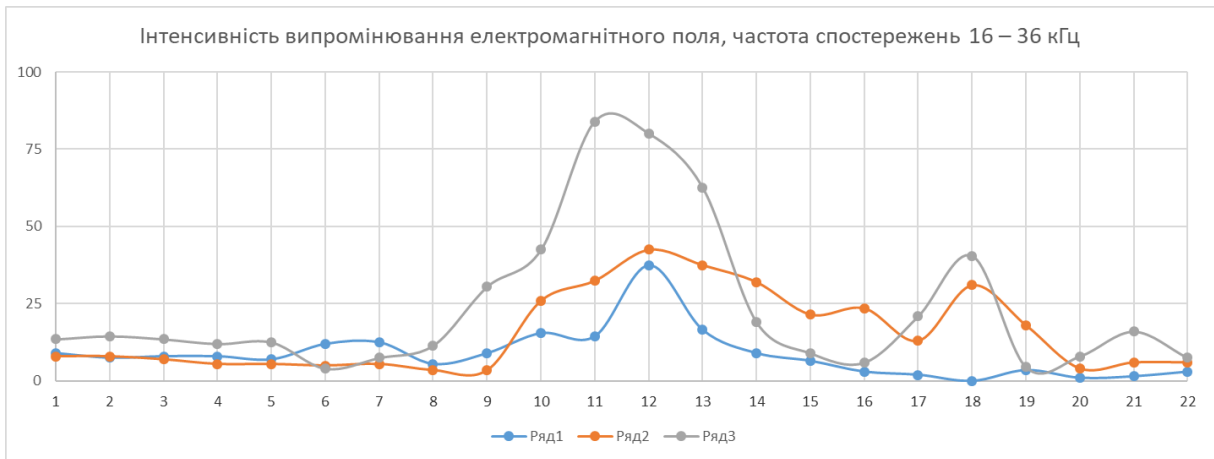


Рис. 2.5 Інтенсивність випромінювання електромагнітного поля, частота спостережень 16 – 36 кГц.

Аномальна зона за антеною X не виділяється. Інтенсивність поля за (антеною Y) складає 5 до 85 імп/с при фоновому 5 – 8 імп/с. Аномальна зона розташована в межах Рп 9 – Рп 19. За антеною Z інтенсивність поля змінюється в межах 10 до 90 імп/с, при фонових значеннях 8 – 10 імп/с. Аномалія, що виділяється, є контрастною і знаходиться в межах Рп 9 – Рп 14.

Частота спостережень 36 – 50 кГц – високий діапазон частот (рис. 2.6). Високий діапазон частот дозволяє реєструвати сигнал який надходить від перших метрів від поверхні землі. Інтенсивність випромінювання електромагнітного поля за антенами (X, Y та Z) виділяється в межах Рп 9 – Рп 17.

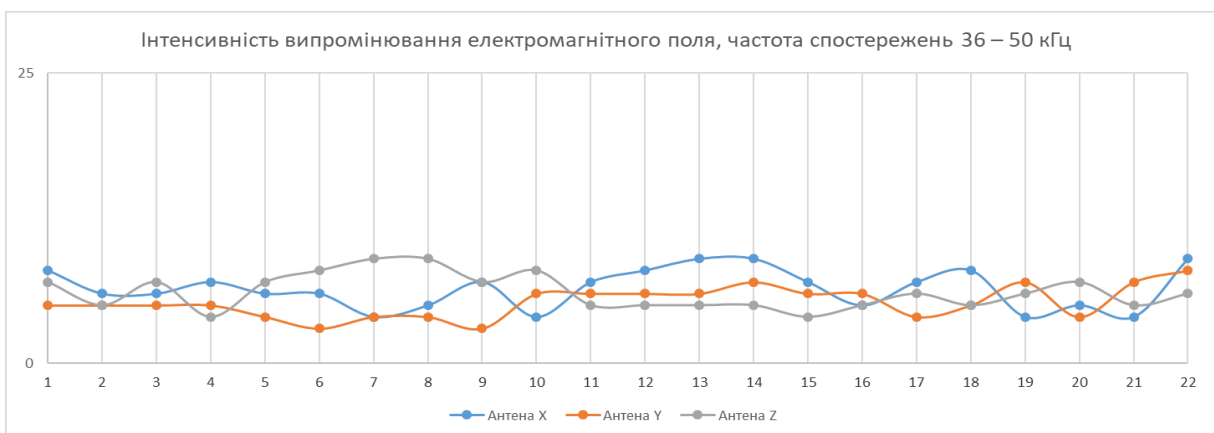


Рис. 2.6 Інтенсивність випромінювання електромагнітного поля, частота спостережень 36 - 50 кГц.

### 2.2.2 Результати обробки даних ПЕМПЗ. Рудник «Калуш» північно каїнітове шахтне поле (м. Калуш, вул. Глібова)

Профільні спостереження виконано методом ПЕМПЗ на ділянці проходження автомагістралі по вул. Глібова, яка знаходиться в зоні впливу гірничих виробок Північно каїнітового поля. Дослідження виконано із двох сторін автодорожного полотна із зміною частотного діапазону, який дає можливість виявлення зон що пов'язані із напруженим станом на різних глибинах. Серії спостережень:

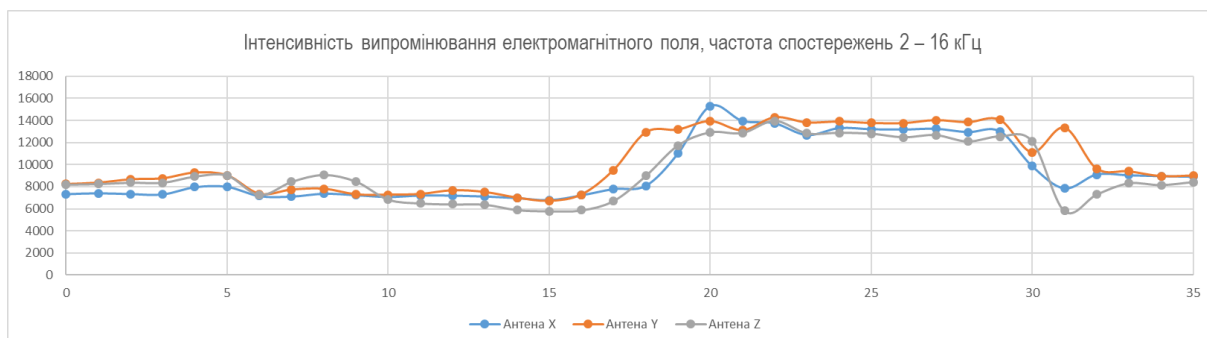
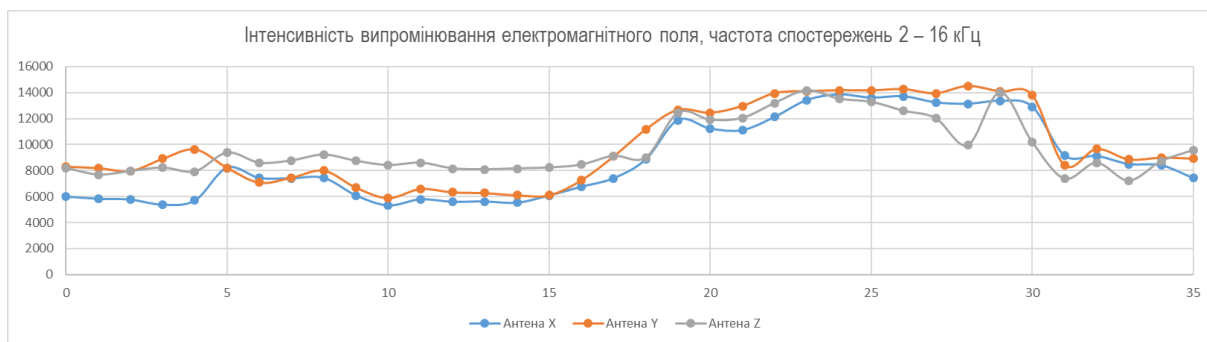
Частота спостережень 2 – 50 кГц – широкий діапазон частот;

Частота спостережень 2 – 16 кГц – низький діапазон частот;

Частота спостережень 16 – 36 кГц – середній діапазон частот;

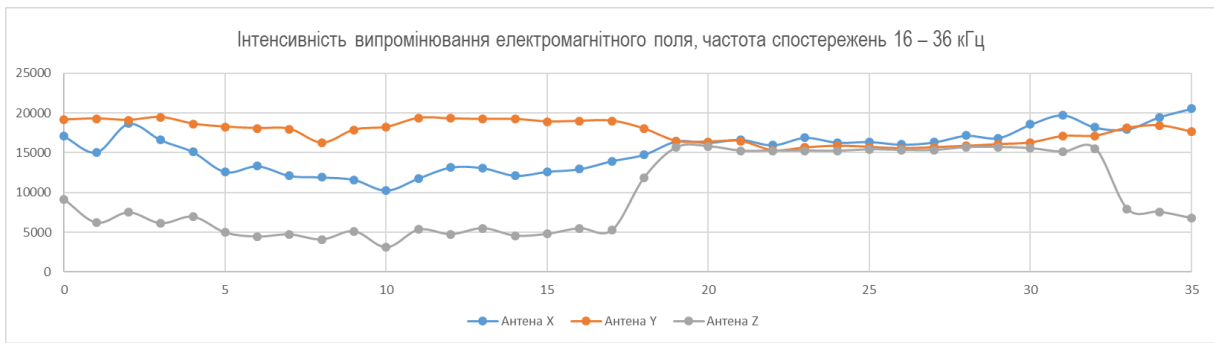
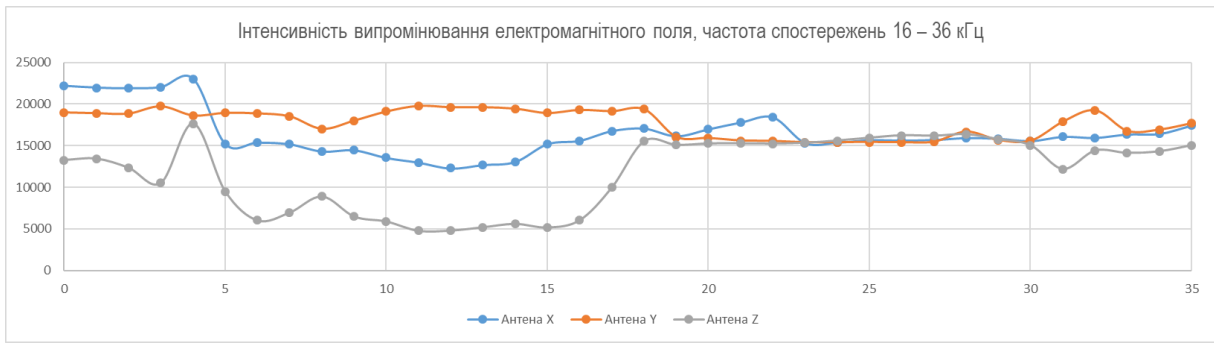
Частота спостережень 36 – 50 кГц – високий діапазон частот;

Частота спостережень 2 – 16 кГц – низький діапазон частот (рис. 2.7). Низький діапазон частот дозволяє реєструвати сигнал, який надходить із глибин, тобто від стелин гірничих виробок. Інтенсивність поля (антена X) коливається від 8 до 75 імп/с при фоновому (варіаційному полі) 8 – 12 імс/с. Аномальна зона за антеною X знаходиться в межах пікетів Рп 15 – Рп 30, що відображається збільшенням інтенсивності поля. Інтенсивність поля за (антеною Y) складає 5000 до 20000 імп/с при фоновому 5000 – 8000 імп/с. Аналіз графіків по антені Y характеризує зміну поля, яка відображена аномальною зоною в межах з Рп 15 – Рп 30. Антена Z реєструє вертикальні напруження в масиві гірських порід, інтенсивність поля змінюється від 5500 до 15000 імп/с при фонових значеннях 5000 – 8000 імп/с.



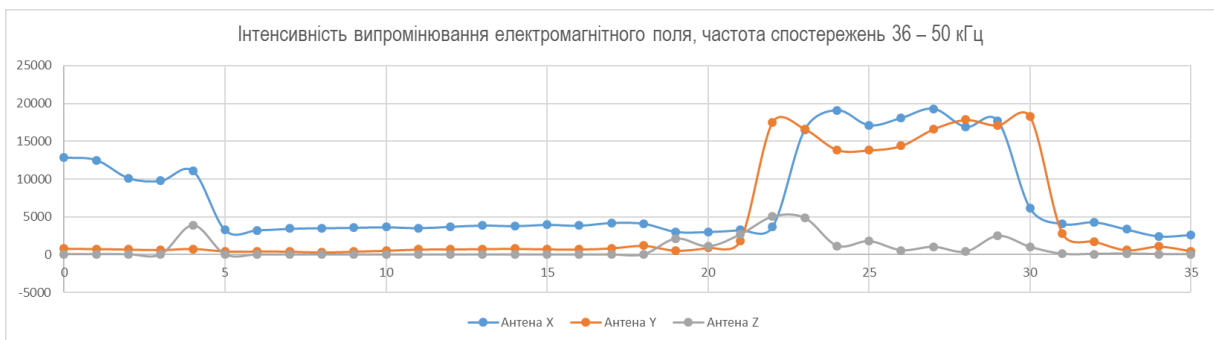
*Рис. 2.7 Інтенсивність випромінювання електромагнітного поля, частота спостережень 2 - 16 кГц. Вулиця Глібова, м. Калуш Північно каїнітове поле.*

Частота спостережень 16 – 36 кГц – середній діапазон частот (рис. 2.8). Середній діапазон частот дозволяє реєструвати сигнал, який надходить із глибин до декількох десятків метрів від поверхні землі, тобто це проміжні горизонти, які знаходяться між гірничими виробками та денною поверхнею. Інтенсивність поля (антена X) коливається від 5000 до 16000 імп/с при фоновому (варіаційному полі) 4000 до 6000 імп/с. Аномальна зона за антеною X виділяється в межах пікетів Рп 4 – Рп 10, Рп 17 – Рп 22 та Рп 30 – Рп 33. Інтенсивність поля за (антеною Y) складає 6000 до 26000 імп/с при фоновому 5000 – 8000 імп/с. Аномальна зона розташована в межах Рп 4 – Рп 10, Рп 17 – Рп 32. За антеною Z інтенсивність поля змінюється в межах 9500 до 25000 імп/с, при фонових значеннях 8000 – 10000 імп/с. Аномалії, що виділяється відповідають за пікетажем антени Z.



*Рис. 2.8 Інтенсивність випромінювання електромагнітного поля, частота спостережень 16 - 36 кГц. Вулиця Глібова, м. Калуш Північно каїнове поле.*

Частота спостережень 36 – 50 кГц – високий діапазон частот (рис. 2.9). Високий діапазон частот дозволяє реєструвати сигнал, який надходить від декількох метрів від поверхні землі, тобто це верхня частина розрізу. Інтенсивність поля (антенами X, Y та Z) коливається від перших сотень імпульсів до 25000 імп/с при фоновому (варіаційному полі) 10 – 100 імс/с. Аномальна зона за антенами X, Y та Z виділяється в межах пікетів Рп 20 – Рп 31.



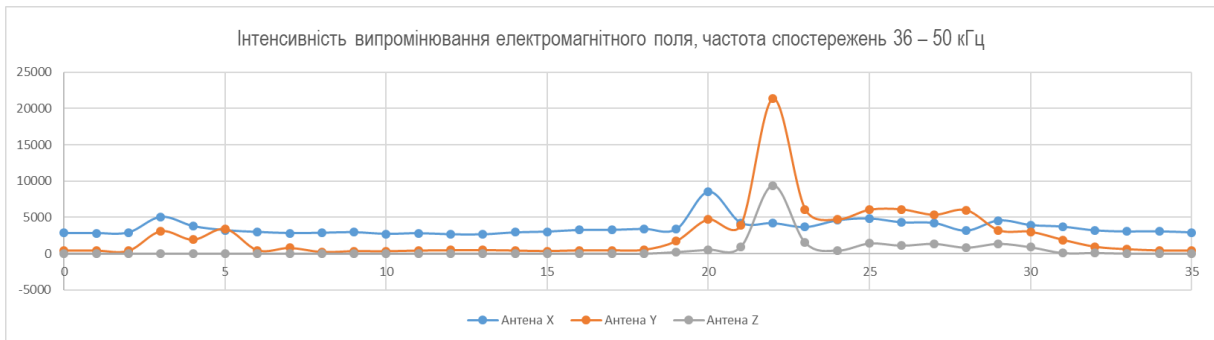


Рис. 2.9 Інтенсивність випромінювання електромагнітного поля, частота спостережень 36 - 50 кГц. Вулиця Глібова, м. Калуш Північно каїнітове поле.

**Результати обробки площинних спостережень ПІЕМПЗ в районі провалу Рудник «Калуш» ( вул. Глібова (Північно каїнітове поле) .**

Дослідження виконані на ділянці 90х100 метрів, яка зображена на рис. 2.10.

Серії спостережень:

Частота спостережень 2 – 16 кГц – низький діапазон частот;

Частота спостережень 16 – 36 кГц – середній діапазон частот;

Частота спостережень 36 – 50 кГц – високий діапазон частот;

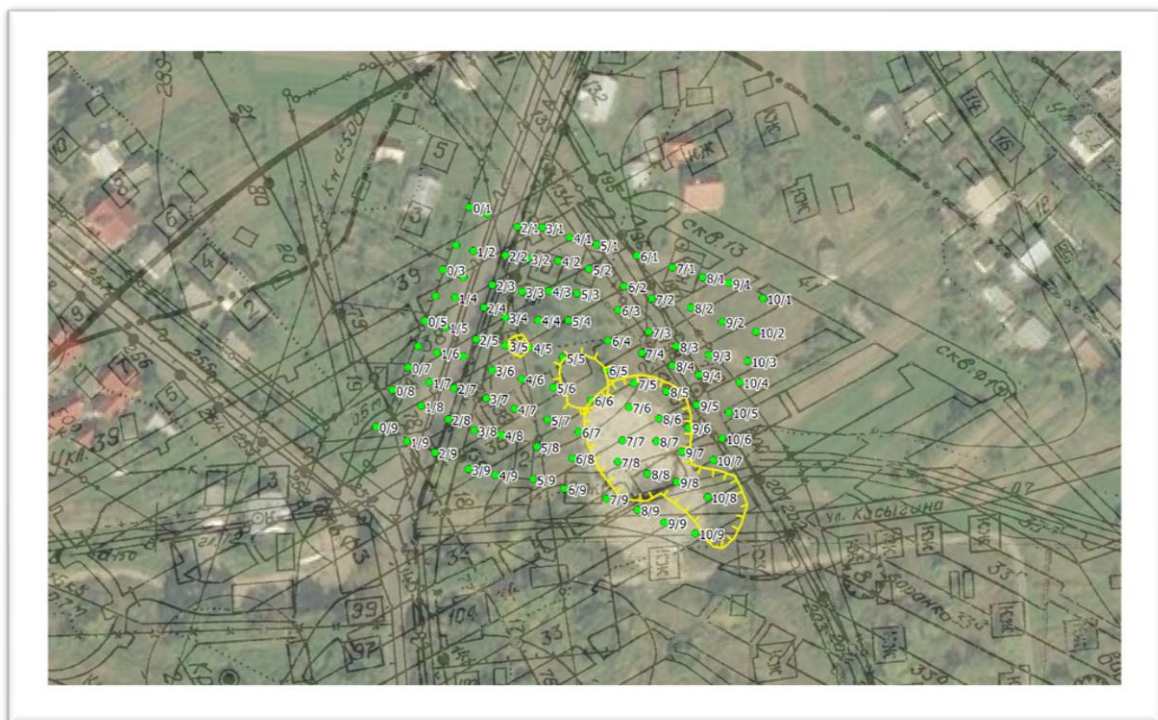


Рис. 2.10 – Ділянка досліджень методом ПІЕМПЗ

Результати інтерпретації по різних компонентах складових електромагнітного випромінювання представлені на рис.2.11 – 2.13. На рисунках наведено інформацію щодо досліджень на різних частотах, які відповідають трьом послідовним глибинам (знизу вверху). Аналіз рисунків дозволяє стверджувати, що причина аномального зрушення є на значних глибинах (що узгоджується із засоленістю води провалу), а далі пов'язується з приповерхневими шарами.

**Частота спостережень 2 – 16 кГц** – низький діапазон частот (рис. 2.11). Інтенсивність поля (за антенами X, Y та Z) коливається від 3000 до 15000 імп/с при фоновому (варіаційному полі) 8000 імс/с. Аномальні зони для напружено-деформованого стану, це підвищені (високі) значення, які вказують на напруження, що відбуваються в гірничому масиві та приурочені стелинам відпрацьованих гірничих камер. Аномально низькі значення поля від 1000-3000 імп/с пов'язані із зонами розвантаження (зонами розущільнення) та зонами майбутніх провалів.



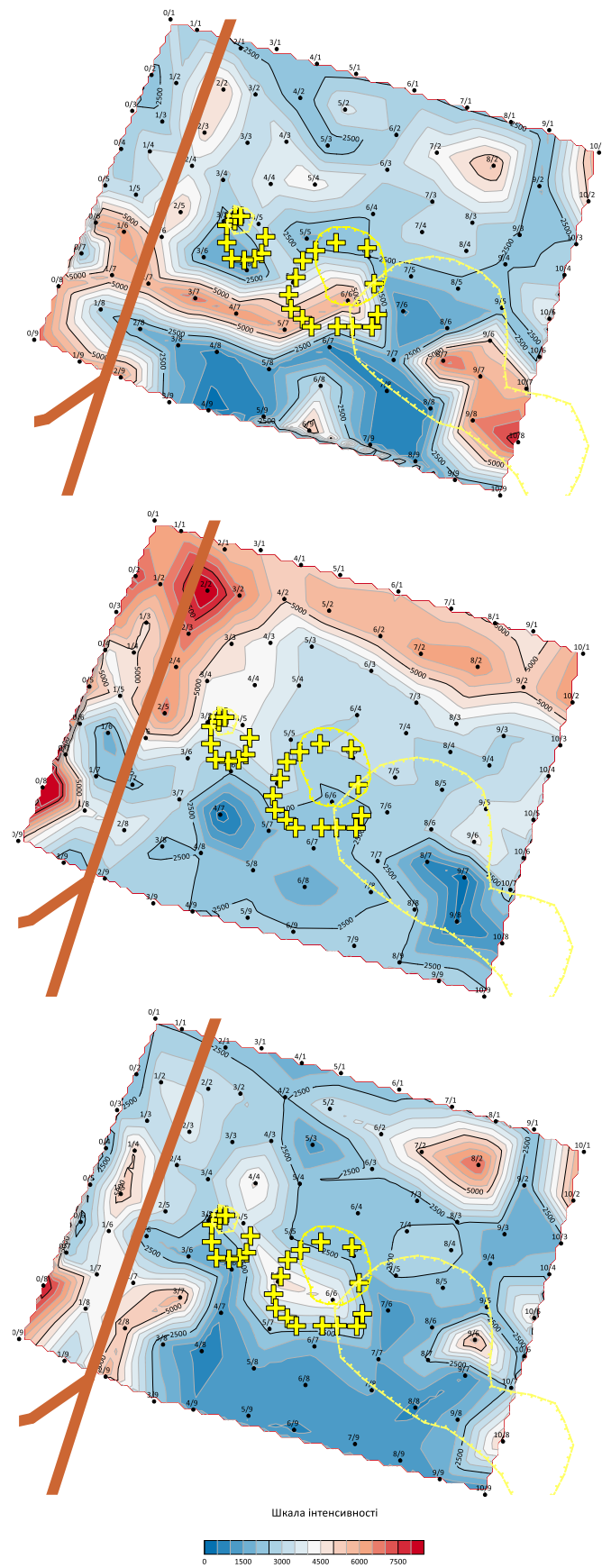


Рис. 2.10 - Інтенсивність випромінювання електромагнітного поля, частота спостережень 2 - 16 кГц. Ділянка Провал №14, м. Калуш Північно каїнітове поле. а) антена X; б) антена Y; в) антена Z.

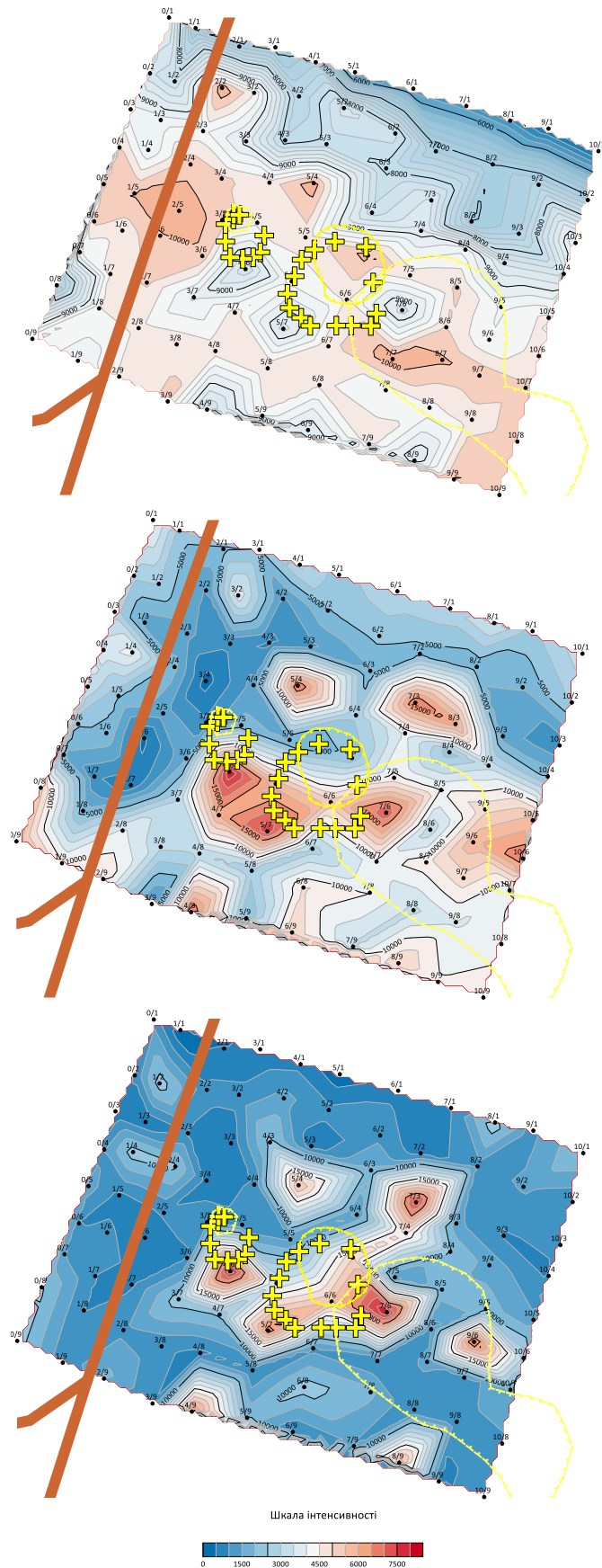


Рис. 2.11 - Інтенсивність випромінювання електромагнітного поля, частота спостережень 16 - 36 кГц. Ділянка Провал №14, м. Калуш Північно каїнітове поле. а) антена X; б) антена Y; в) антена Z.

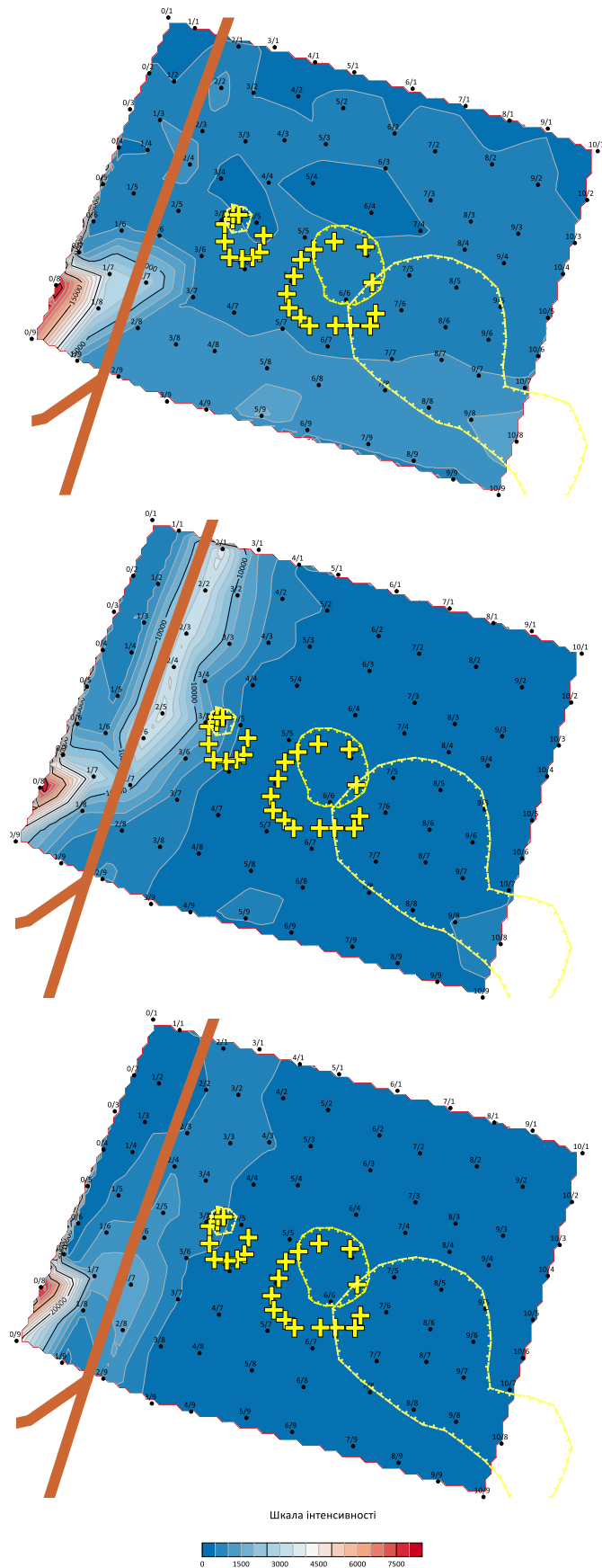


Рис. 2.11 - Інтенсивність випромінювання електромагнітного поля, частота спостережень 36 - 50 кГц. Ділянка Провал №14, м. Калуш Північно каїнітове поле. а) антена X; б) антена Y; в) антена Z.

### 2.3 Оцінка динаміки активності деформаційних процесів за комплексом робіт по вул. Європейська та картування небезпечних зон за геофізичними спостереженнями по вул. Глібова (Північне каїнітове поле) м. Калуш

Оцінка стадії активності проводиться за комплексом методів - геофізичні та геодезичні. Для геофізичних, прийнятий параметр (повний вектор напруженості поля  $T$ ), який включає горизонтальні складові поля ( $X$  та  $Y$ ) і вертикальну складову  $Z$ . Розраховується повний вектор напруженості природного імпульсного електромагнітного поля Землі  $T$  за формулою:

$$T = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}, \quad (2.1)$$

де:

- $X$  - горизонтальна складова (антена  $X$ );
- $Y$  - горизонтальна складова (антена  $Y$ );
- $Z$  - вертикальна складова (антена  $Z$ ).

Графік повного вектора напруження представлений на рис. 2.12. На графіку спостерігається зона підвищених значень  $R_p 9 - R_p 18$ , що зв'язана із напружено-деформованим станом гірських порід.

Для геодезичних досліджень це фактичне осідання реперів на профільній лінії VI, які встановлені на обочині вул. Європейська (болти кріплення опор ліхтарів освітлення на вулиці). На рис. 2.12 б представлено мульту осідання, яка склала в межах пікетів  $R_p 14-R_p 17$  -248,1 мм та  $R_p 8 - 121$  мм за увесь період спостережень.

Проведемо співставлення цих матеріалів та накладемо їх на геологічний розріз, який проходить від св. Газоліна неподалік св. Т2 до св. П5. Виконані геофізичні спостереження на низьких частотах дають аномальний ефект, що відповідає стелинам камер, які знаходяться в межах реперів  $R_p 9 - R_p 17$ . На високих частотах аномалій не виявлено.





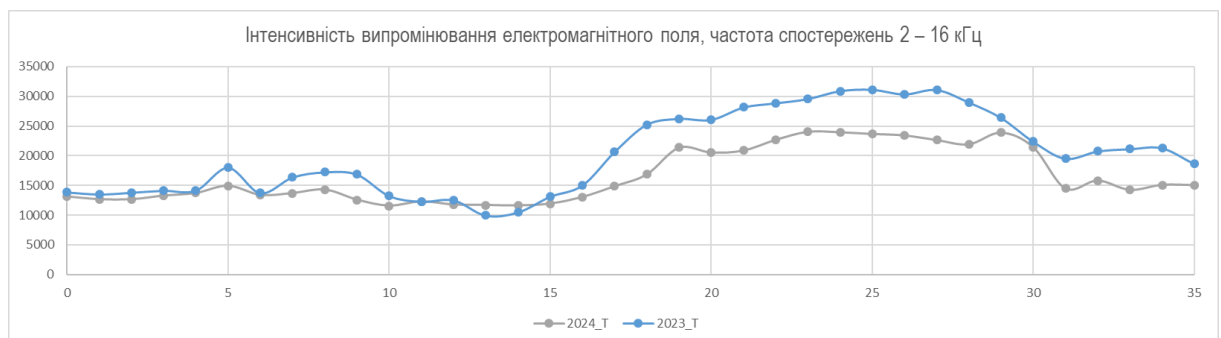


На рис. 2.13 наведено комплекс геофізичних та геодезичних досліджень в режимі моніторингу на середніх частотах (16 -36 кГц). Наведені графіки по роках підтверджують виявлені раніше аномальні зони та зони осідання. Інтенсивність випромінювання коливається в межах похибки спостережень. Аналізуючи вище наведене, приходимо до висновку що в районі вул. Європейська відбувається активна стадія осідання, яка пов'язана із деформаціями стелин камер та гірських порід які залягають вище. За топографо-геодезичними спостереженнями швидкість осідання на поверхні землі склала -26.7 мм.

### ***Північно каїнітове поле, вул. Глібова***

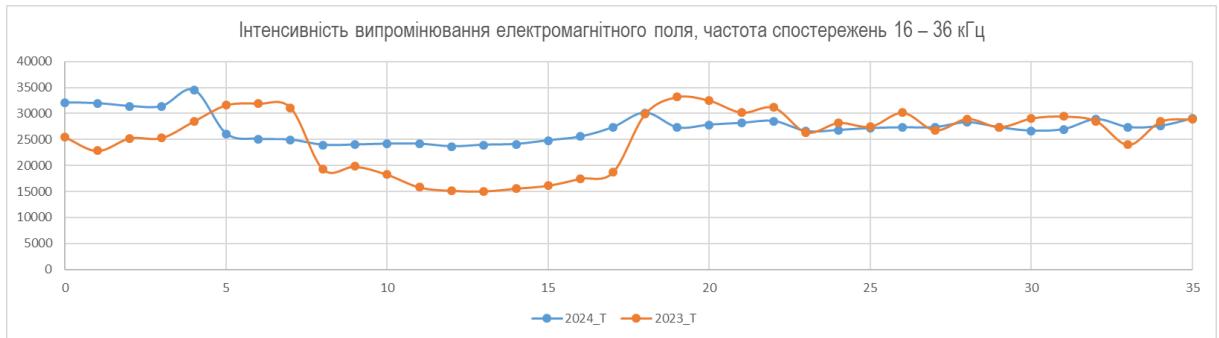
Результати режимних спостережень, які проводились у 2023 – 2024 рр. представлені у вигляді графіків. На рис. 2.14 та 2.15 наведено повний вектор напруження електромагнітного поля Землі із врахуванням його складових компонент X, Y та Z.

***Частота спостереження 2-16 кГц.*** У межах профільної лінії можна виділити одну аномалію у межах пк16 - пк30. Зрозуміло, що ця зона приурочена до гірничого масиву відпрацьованих камер 35, 36, 37, 38 та 39. Аномалія має глибинне походження та відповідає напружено-деформованому стану порід та стелинам гірничих виробіток.



*Рис. 2.14 - Інтенсивність випромінювання електромагнітного поля, частота спостережень 2 - 16 кГц, вул. Глібова, м. Калуш Північно каїнітове поле. Повний вектор напруження електромагнітного поля.*

**Частота спостереження 16-36 кГц.** Аналізуючм поля за 2023 та 2024 рр. спостерігається зміна у межах пікетів 6 – 16. Ця зміна є незначною. В цілому поля повторюють одне одного. Враховуючи що глибина досліджень є незначною, ця зміна може бути пов'язана із коливанням рівня підземних вод та фільтраційними процесами.



*Рис. 2.14 - Інтенсивність випромінювання електромагнітного поля, частота спостережень 2 - 16 кГц, вул. Глібова, м. Калуш Північно каїнітове поле. Повний вектор напруження електромагнітного поля.*

#### **Північно каїнітове поле, ділянка в районі провалу №14 а, б, в, г, д .**

Площинний розподілу аномалій за різними частотами, а саме 2 – 16 кГц (від стелин камер), 16 – 36 кГц (перехідна частина) та 36-50 кГц (приповерхнева частина) дозволяє зазначити наступне. Площі, які раніше зазнали просідання, знаходяться в межах низьких значень ПЕМПЗ. Ці площі добре видно в синьому та голубому кольорі. Площі територій з підвищеним напружено-деформованим станом відрізняються значною інтенсивністю електромагнітного випромінювання, що відображено червоним кольором (рис. 2.15 – 2.17). Провівши аналіз опрацьованих матеріалів (рис. 2.18) можна стверджувати, що територія, на якій відбувся провал 2023 р та провал 2024 р є нестабільною. Отримані результати у 2024 р підтверджують що в майбутньому слід очікувати нових провалів в північно-східній частині території, включаючи дорогу територіального значення Т14 - 19.

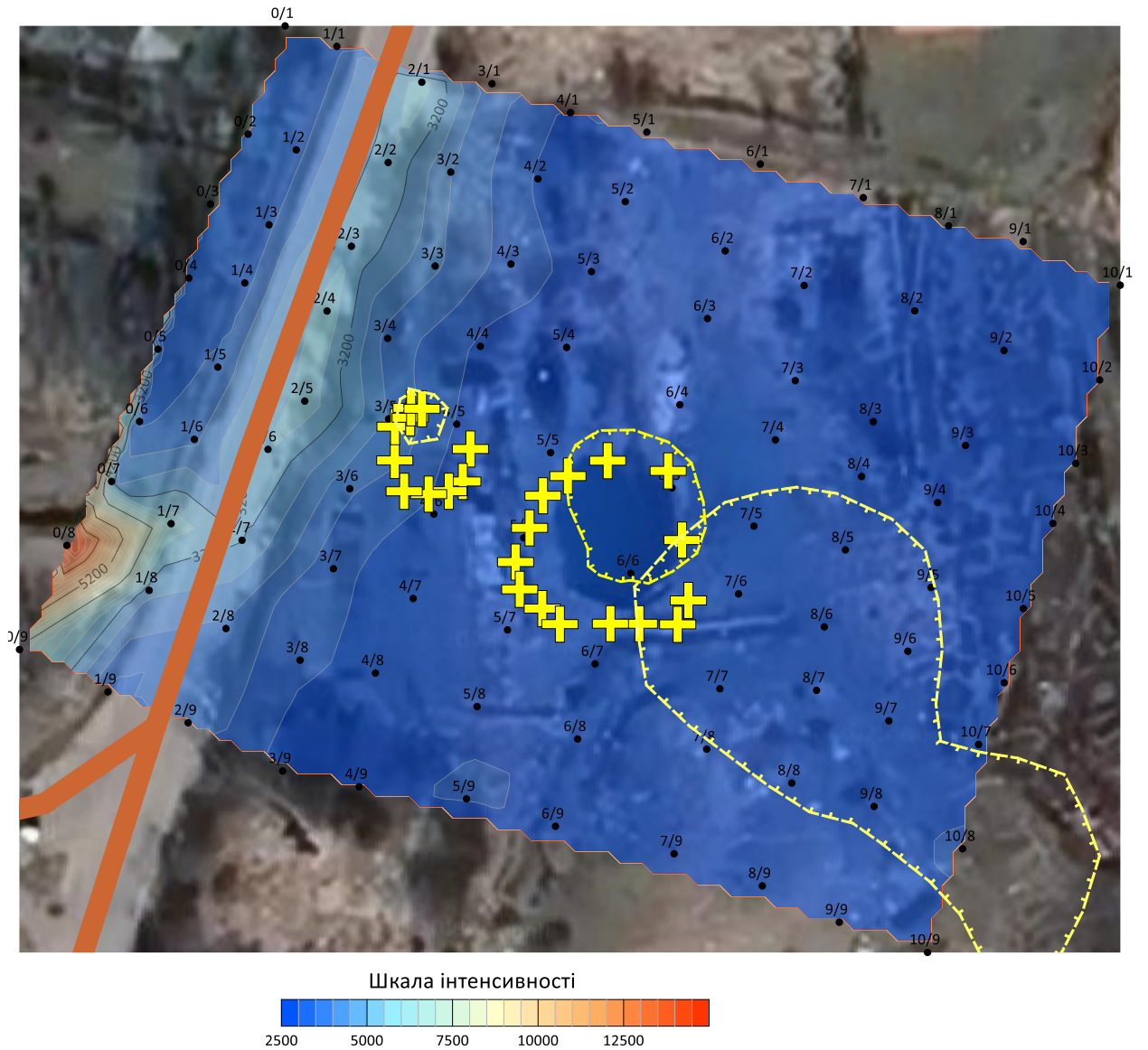


Рис. 2.15 Повний вектор напруження випромінювання електромагнітного поля, частотний діапазон 36 – 50 кГц.

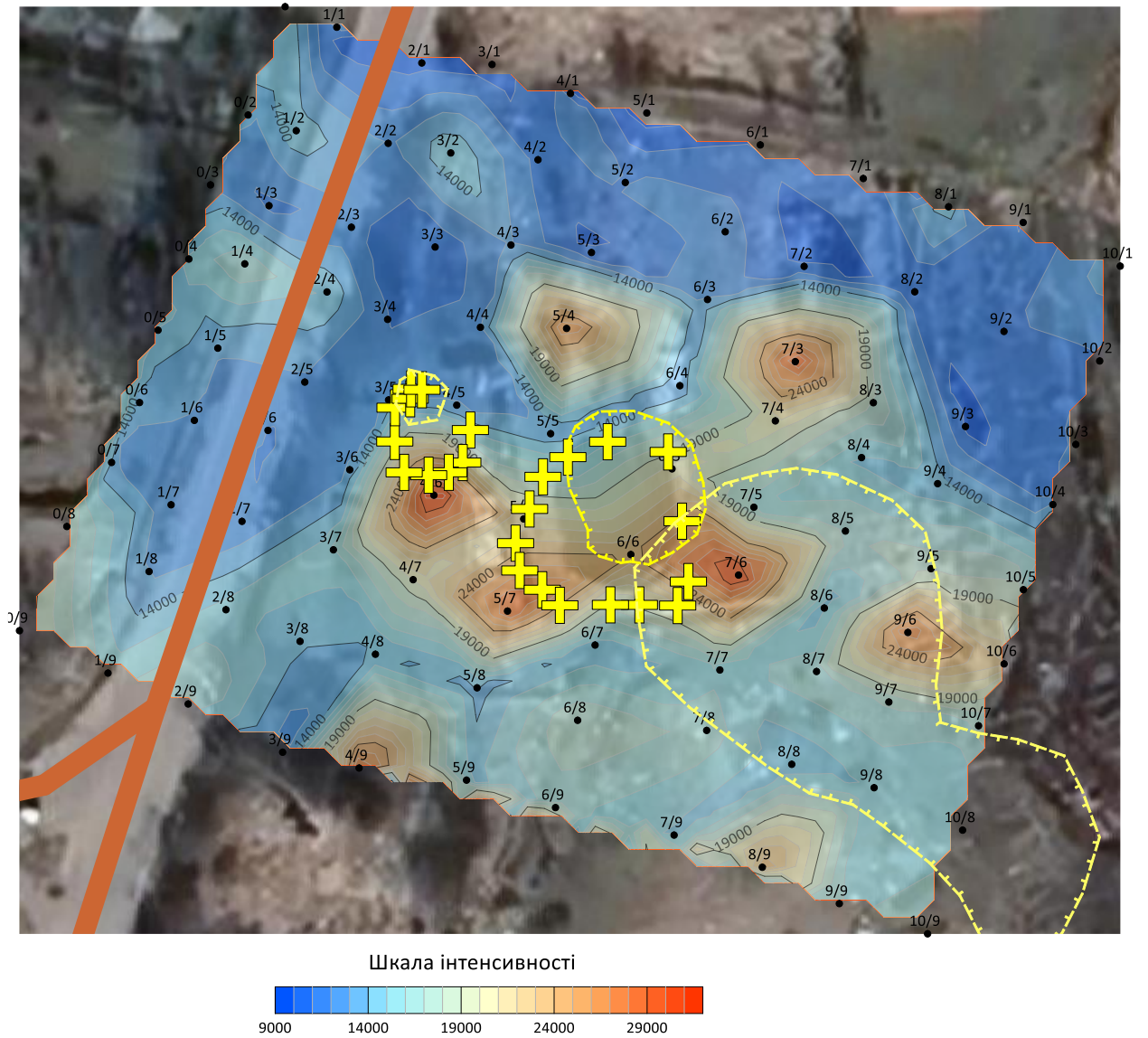


Рис. 2.16 Повний вектор напруження випромінювання електромагнітного поля, частотний діапазон 16 – 36 кГц.



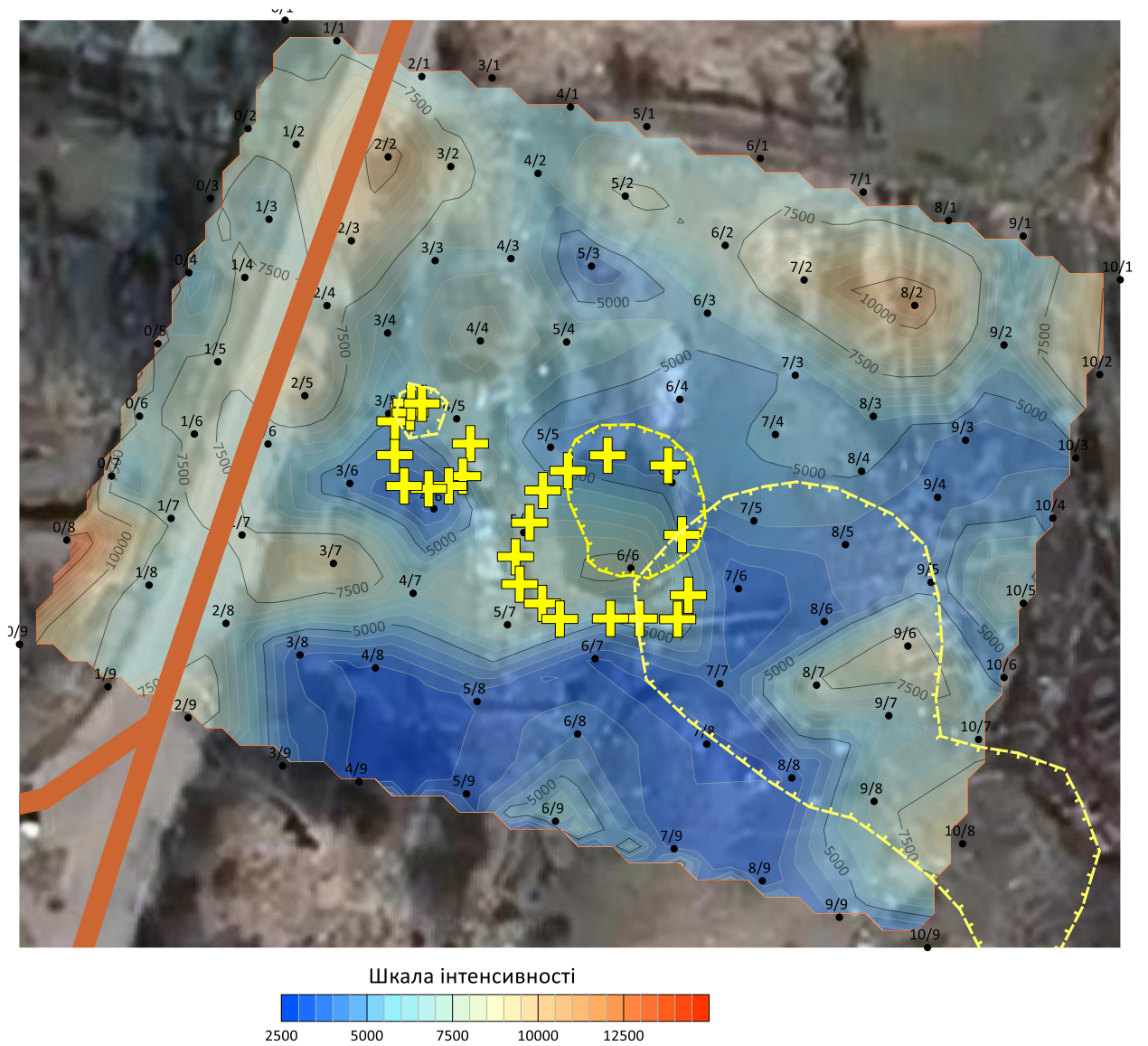
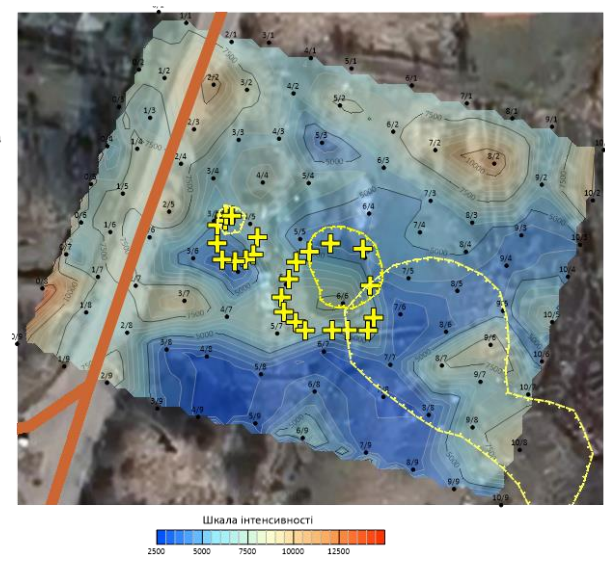
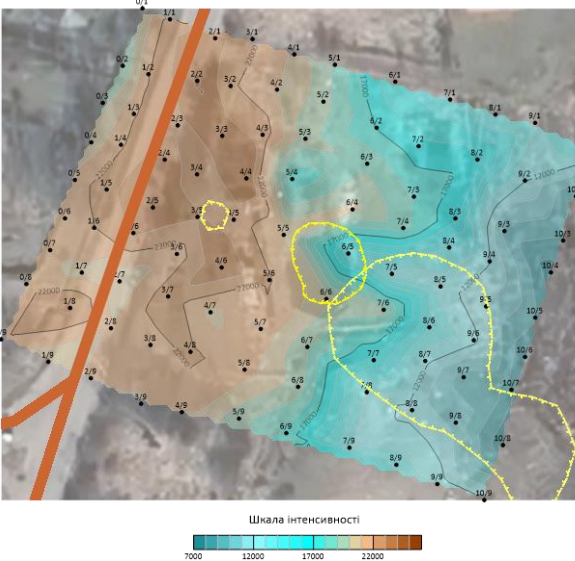
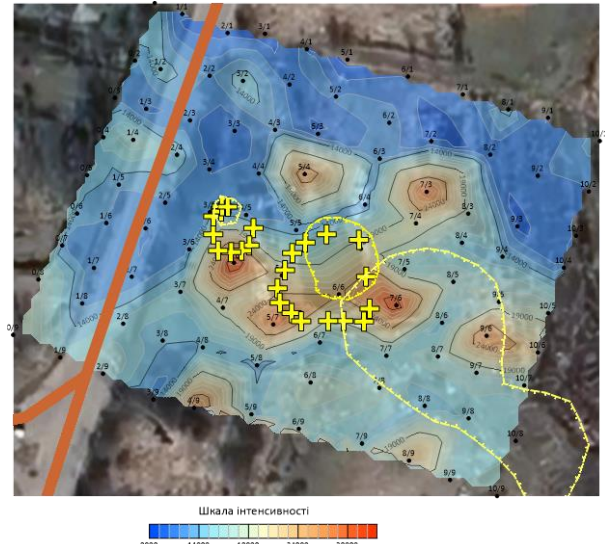
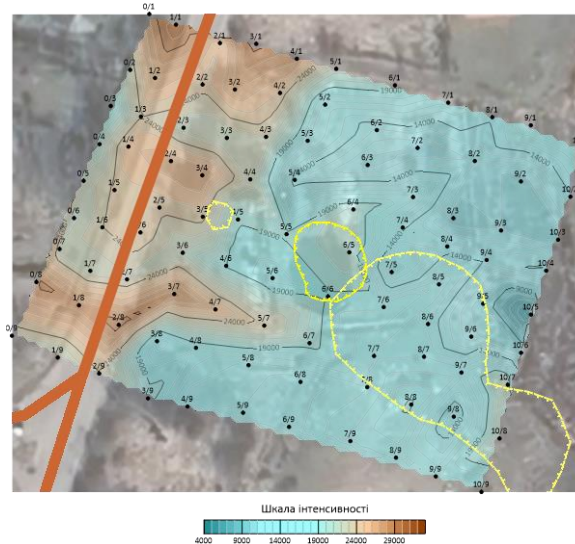
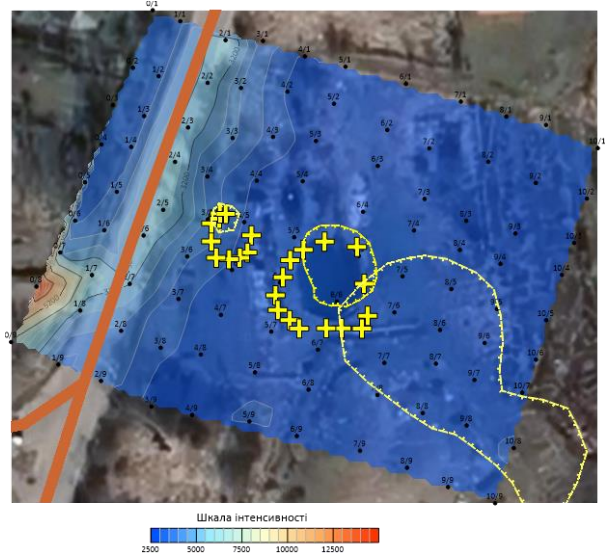
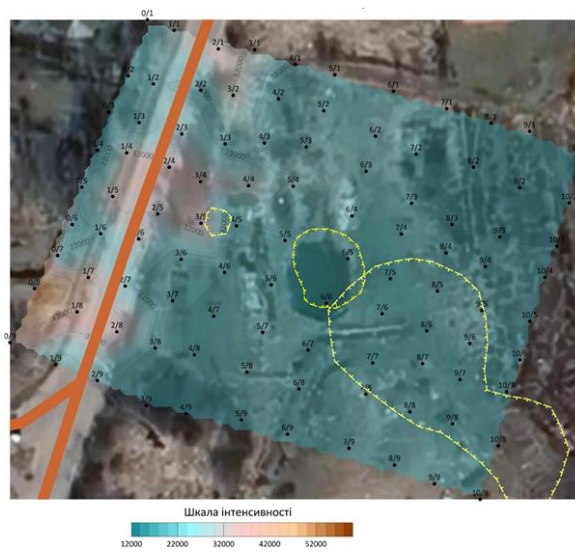


Рис. 2.17 Повний вектор напруження випромінювання електромагнітного поля, частотний діапазон 2 – 16 кГц.



2023 р

2024 р

Рис. 2.18 Режимні спостереження на ділянці провал №14

### **3. ОЦІНКА ЗАСОЛЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД НА ТЕРИТОРІЇ КАЛУСЬКОГО ГІР-НИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ В МЕЖАХ ПРОФІЛЮ ХВОСТОСХОВИЩЕ №1- ДОМБРОВСЬКИЙ КАР'ЄР – Р. ЛІМНИЦЯ**

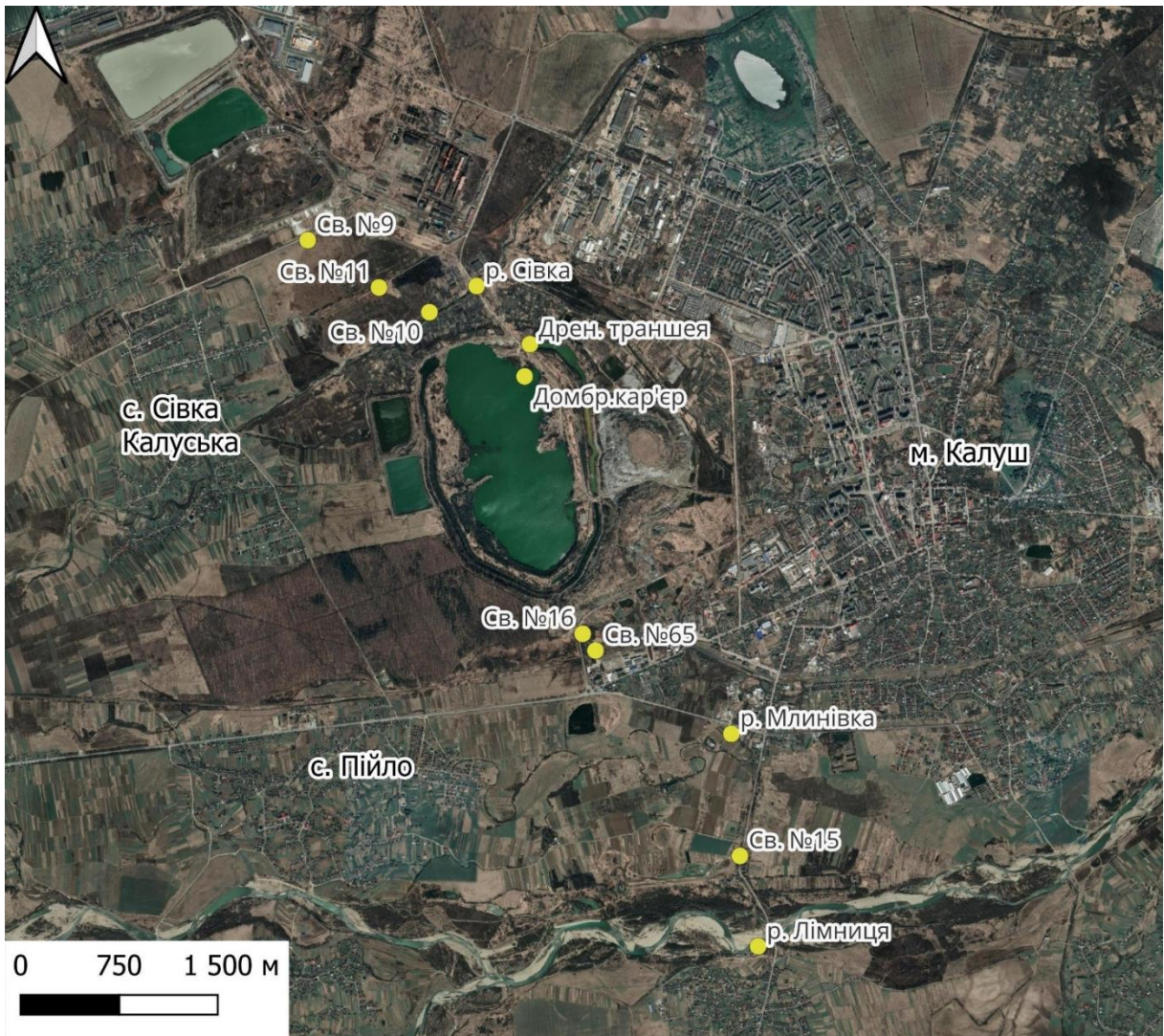
#### **3.1 Характеристика мережі спостережних свердловин**

У відповідності до умов договору та календарного плану, 24 липня 2024 року проведено відбір проб із 6-ти спостережних свердловин моніторингової гідрогеологічної мережі Калуського гірничо-промислового району (свердловини № 9, 10, 11, 15, 16, 65), а також Домбровського кар'єру, дренажної траншеї, річки Лімниця, р. Млинівка, р. Сівка Калуська. Загальна кількість відібраних проб – 11. Розташування об'єктів моніторингу, із яких відібрано проби наведено на рисунку 3.1. У 2023, попередньому, році проби води відібрано із 20 спостережних гідрогеологічних свердловин, а також Домбровського кар'єру, шламонакопичувача, хвостосховища № 2, дренажної траншеї, річки Лімниця.

Методика відбору проб води зі спостережних гідрогеологічних свердловин передбачала дотримання стандартних процедур для отримання репрезентативних і точних даних щодо складу підземних вод. Основні етапи відбору проб включали попереднє очищення свердловини шляхом відкачування трьох об'ємів свердловини. Це забезпечує отримання свіжої, не застійної води, яка краще відображає поточний стан підземного водоносного горизонту. Для відбору проб використано пробовідбірник з клапаном.

Для кожної свердловини було визначено абсолютну відмітку устя свердловини, та виміряно глибину залягання рівня води до прокачування свердловини, після прокачування та під час відбору проби. Ці дані наведені у таблиці 3.1.





*Рисунок 3.1 Розташування гідрогеологічних свердловин та об'єктів з яких відібрано проби у 2024 році*

Таблиця 3.1 – Рівні вод та абсолютні відмітки за об'єктами моніторингу

Об'єкт моніторингу	Глибина залягання рівня води, м			Абсолютна відмітка устя свердловини, м	Абсолютна відмітка рівня води, м
	до прокачування	після прокачування	під час відбору		
Домбровський кар'єр					290,25
Дренажна траншея					291
Св. №9	8,12	рівна глибині свердловини	8,1	308,4	300,3
Св. №10	4,26	4,58	4,24	298,6	294,36
Св. №11	2,76	2,93	2,8	301,4	298,6
Св. №15	1,78	1,8	1,88	289,0	288,12
Св. №16	0,7	1,36	0,64	292,14	291,5
Св. № 65	0,34	3,28	0,74	291,8	291,06
р. Лімниця					
р. Млинівка					
р. Сівка-Калуська				296,6	296,6

### **3.2 Проведення лабораторних гідрогеохімічних аналізів відібраних проб з спостережних свердловин по профільній лінії Хвостосхо-вище №1 - Домбровський кар'єр - р. Лімниця**

У пробах визначались хімічні та фізико-хімічні показники, зокрема вміст солей та хлоридів. Ці показники є важливими для характеристики стану вод, оскільки високомінералізовані води та стоки можуть проникати у водоносні горизонти та р. Лімниця, яка є джерелом питного водопостачання м. Калуш. Аналіз результатів випробувань проведено відповідно «Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення», затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України 02 травня 2022 року № 721.



Визначення хімічних і фізико-хімічних показників проведено з допомогою приладів:

- спектрофотометр Ulab 102 HD
- рН-метр HoriBa Ltd Laguna-PC 1100
- кондуктометр HoriBa Ltd Laguna-PC 1100

Результати аналізу солевого складу проб води наведені у таблиці 4.2.

Таблиця 3.2 – Сольовий склад проб води

	Найменування показника	Мінералізація, мг/дм <sup>3</sup>	Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	Жорсткість, мг-екв/дм <sup>3</sup>	Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>	Магній, мг/дм <sup>3</sup>	Бікарбонати, мг/дм <sup>3</sup>
	Гігієнічні нормативи якості	≤1000	≤500	≤350	1,5-7,0	≤200	≤50	-
№ з/п	Назва проби	Результати випробувань						
1	Домбровський кар'єр	15600	5707	9572	99	500	901	1708
2	Дренажна траншея	4120	2526	1418	42	320	313	1952
3	№9	19400	3637	14180	197	936	1813	1464
4	№10	4870	608	1276	64	496	481	2074
5	№11	14200	2367	9217	124	476	1217	1708
6	№15	272	60	31	3,5	33	22	128
7	№16	5720	726	1841	47	444	299	2600
8	№ 65	13800	1439	9926	73	460	610	1525
9	р. Лімниця	93	19	7,1	1,4	19	5,0	61
10	р. Млинівка	386	48	79	3,2	40	15	122
11	р. Сівка-Калуська	988	173	496	5,7	51	39	153

Результатами досліджень підтверджено високий вміст солей у Домбровському кар'єрі. Так, при гранично допустимій концентрації вмісту солей у воді рівній 1000 мг/дм<sup>3</sup>, рівень мінералізації вод у Домбровському кар'єрі понад у 20 разів вище норми та рівній 15600 мг/дм<sup>3</sup>. Визначена

мінералізація за об'єктами гідрогеохімічного моніторингу винесена на рисунок 3.2.

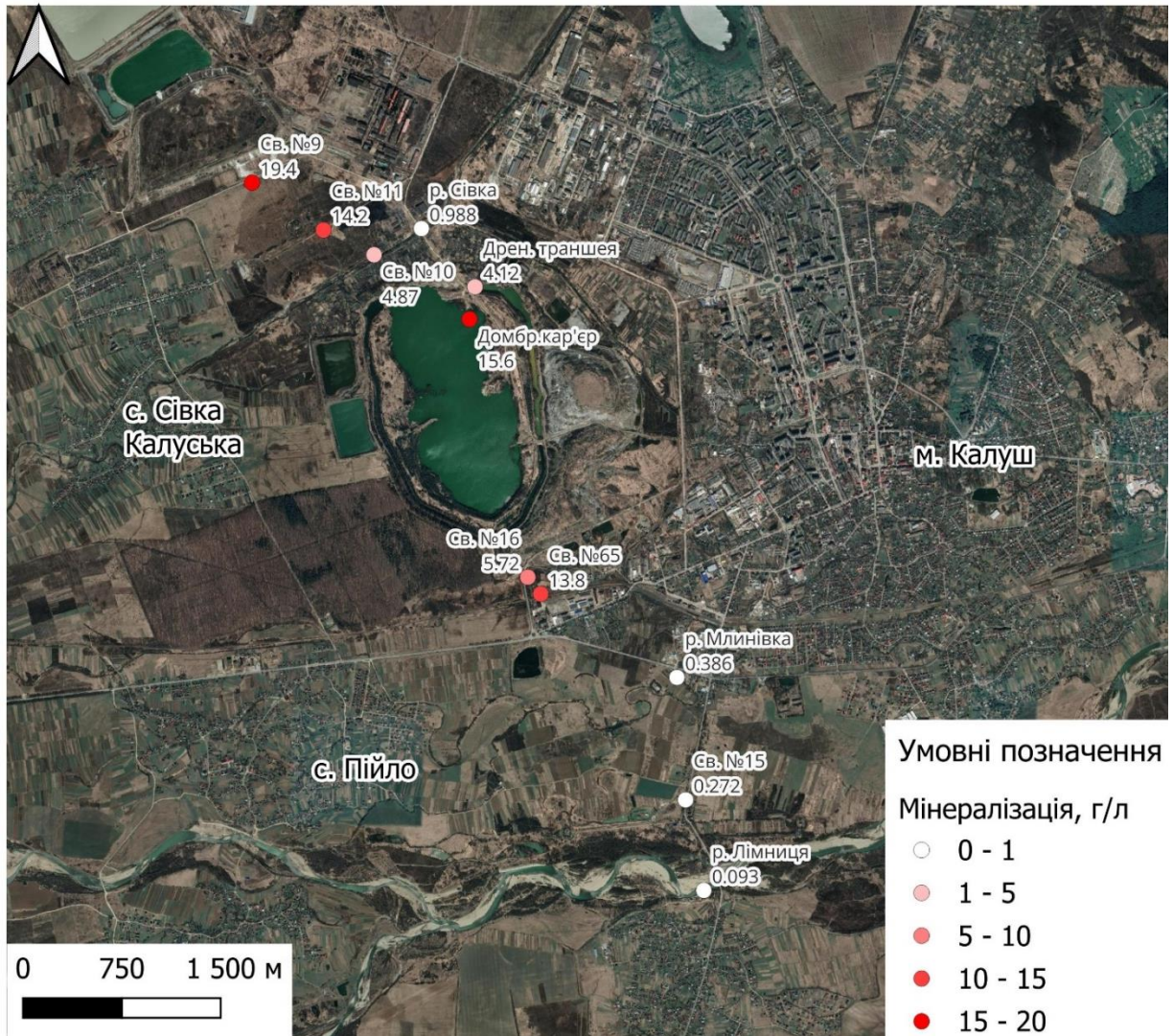


Рисунок 3.2 Визначена мінералізація для проб води за об'єктами гідрогеохімічного моніторингу

Якісний склад вод характеризується присутністю хлоридних та сульфатних солей. При нормативних значеннях вмісту хлоридів рівному  $350 \text{ мг/дм}^3$ , сульфатів –  $500 \text{ мг/дм}^3$ , у пробах, відібраних із Домбровського кар'єру та дренажної траншеї спостерігається перевищення встановлених гранично- допустимих концентрацій за вмістом хлоридів у 27,3 та у 4,1 разів відповідно, за вмістом сульфатів - в 11,4 та 5,1 разів відповідно.

У результаті проведених досліджень проб, відібраних у 2024 році із свердловин на території Калуського гірничо-промислового району,

визначено, що максимальні значення вмісту солей характерні для свердловини № 9: показник мінералізації рівний  $19400 \text{ мг/дм}^3$ , сульфати –  $3637 \text{ мг/дм}^3$ , хлориди –  $14180 \text{ мг/дм}^3$ , кальцій –  $936 \text{ мг/дм}^3$ , магній –  $1813 \text{ мг/дм}^3$ . Також перевищення ГДК за показником мінералізації спостерігається для 4-х свердловин (№10, 11, 16, 65), особливо значне перевищення (у понад 10 разів) спостерігається у свердловинах № 11 та №65. У цих же свердловинах також спостерігається перевищення ГДК за вмістом солей. Вміст сульфатів визначається концентраціями від  $608 \text{ мг/дм}^3$  (свердловина №10) до  $2367 \text{ мг/дм}^3$  (свердловина №11). Перевищення ГДК, окрім свердловини № 9, за вмістом хлоридів зафіксовано у 4-х пробах і їх найвищий вміст у свердловині № 65 –  $9926 \text{ мг/дм}^3$ , що вище норми у 28,4 рази. Найнижчий вміст зафіксовано у свердловині № 15 –  $31 \text{ мг/дм}^3$ . У пробі, відібраній зі свердловини №15 (південна частина ділянки досліджень) вміст солей, сульфатів та хлоридів знаходиться у межах ГДК.

Також, окрім виявлених перевищень ГДК за вмістом кальцію та магнію у свердловині №9, у чотирьох пробах (свердловини №10, 11, 16, 65) є вищим нормативних значень рівних  $200 \text{ мг/дм}^3$  і  $50 \text{ мг/дм}^3$  відповідно: у пробі № 10 вміст кальцію рівний  $496 \text{ мг/дм}^3$ , що вище ГДК у 2,5 рази, магнію –  $481 \text{ мг/дм}^3$ , перевищення ГДК у 9,6 разів. У пробі № 11 - вміст кальцію рівний  $476 \text{ мг/дм}^3$ , що вище ГДК у 2,4 рази, магнію -  $1217 \text{ мг/дм}^3$ , перевищення в 24,3 рази, у пробі № 16 - кальцій  $444 \text{ мг/дм}^3$ , що вище ГДК у 2,2 рази, у пробі № 65 - вміст кальцію рівний  $460 \text{ мг/дм}^3$  та перевищує ГДК у 2,3 рази, магнію -  $610 \text{ мг/дм}^3$  та перевищує ГДК в 12,2 рази.

Проведено лабораторні дослідження проб води з водних об'єктів - р. Лімниця, р. Млинівка, р. Сівка-Калуська. За солевим складом перевищень гранично допустимих концентрацій у пробах, відібраних з річок Лімниця та р. Млинівка не виявлено. У пробі води з річки Сівка-Калуська, яка відібрана на північ від кар'єру, виявлено перевищення ГДК за вмістом хлоридів у 1,4 рази за концентрації  $496 \text{ мг/дм}^3$ , показник мінералізації у цій пробі становить  $988 \text{ мг/дм}^3$  та наближається до ГДК, яка становить  $1000 \text{ мг/дм}^3$ .

Дослідження проби з річки Лімниця відповідно до класифікації за мінералізацією В.К. Хільчевського підтверджують, що вода є помірно прісною, м'якою, за хімічним складом - гідрокарбонатно-сульфатною. Показники солевого складу низькі і практично незмінні протягом тривалого періоду спостережень.

### **3.3 Систематизація даних лабораторних аналізів у свердловинах за даними спостережень 2021-2024 років**

За результатами відібраних у 2024 році проб за сіткою спостережних свердловин, проведено лабораторні хімічні аналізи з визначення сольового складу води, а саме визначено такі хімічні та фізико-хімічні показники - загальна мінералізація, жорсткість, вміст сульфатів, хлоридів, кальцію, магнію, бікарбонатів. На відміну від попереднього року визначення вмісту біогенних елементів та токсикологічних показників у пробах води не проводилось.

З метою систематизації результатів досліджень за 2021 – 2024 роки проведено систематизацію показників для свердловин та об'єктів моніторингу, за якими проведено дослідження у 2024 році.

Значення мінералізації та сольового складу за 2022 та 2023 роки та їх різницю (як показник динаміки) наведено в таблицях 3.3-3.4.

Таблиці 3.3 – Сольовий склад відібраних проб води.

№ з/п	Найменування показника		Мінера-лізація, мг/дм <sup>3</sup>					Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>					Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>				
	ГДК і ОБРВ мг/дм <sup>3</sup>	рибгосп. питн., госп-побут. (наказ МОЗ 721 від 02.05.22)	1000					100					300				
Місце відбору проб			Результати випробувань														
			2021	2022	2023	2024	Δ	2021	2022	2023	2024	Δ	2021	2022	2023	2024	Δ
1	Домбровський кар'єр		<u>20320</u>	<u>24829</u>	<u>19600</u>	<u>15600</u>	-4000	<u>324</u>	<u>5600</u>	<u>1959</u>	<u>5707</u>	3748	<u>11344</u>	<u>10840</u>	<u>8975</u>	<u>9572</u>	597
2	Дренажна траншея			<u>2604</u>	<u>3780</u>	<u>4120</u>	340		<u>210</u>	<u>655</u>	<u>2526</u>	1871		<u>1080</u>	<u>1312</u>	<u>1418</u>	106
3	№9		<u>23746</u>	<u>18164</u>	<u>59900</u>	<u>19400</u>	-40500	<u>4714</u>	<u>331</u>	<u>14900</u>	<u>3637</u>	-11263	<u>10156</u>	<u>8578</u>	<u>21766</u>	<u>14180</u>	-7586
4	№10		<u>1227</u>	<u>3764</u>	692	<u>4870</u>	4178	<u>540</u>	<u>500</u>	<u>178</u>	<u>608</u>	430	174	<u>790</u>	121	<u>1276</u>	1155
5	№11		<u>1680</u>	<u>8474</u>	<u>26400</u>	<u>14200</u>	-12200	<u>198</u>	<u>2000</u>	<u>4321</u>	<u>2367</u>	-1954	<u>514</u>	<u>2595</u>	<u>11599</u>	<u>9217</u>	-2382
6	№15		292	264	297	272	-25	50	18	37	60	23	71	95	21	31	10
7	№16		<u>3859</u>	<u>8465</u>	<u>1740</u>	<u>5720</u>	3980	<u>676</u>	<u>1400</u>	<u>213</u>	<u>726</u>	513	<u>1817</u>	<u>2693</u>	<u>743</u>	<u>1841</u>	1098
8	№ 65				<u>29211</u>	<u>13800</u>	-15411			<u>3200</u>	<u>1439</u>	-1761			<u>13542</u>	<u>9926</u>	-3616
9	р. Лімниця			189	199	93	-106		12	45	19	-26		76	15	7,1	-7,9
10	р. Млинівка					386	-				48	-				79	-
11	р. Сівка-Калуська					988	-				<u>173</u>	-				<u>496</u>	-

Δ – різниця між 2024 та 2023 роком



Таблиця 3.4 – Сольовий склад відібраних проб води.

№ з/п	Найменування показника		Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>					Магній, мг/дм <sup>3</sup>					Жорсткість, мг-екв/дм <sup>3</sup>				
	ГДК і ОБРВ мг/дм <sup>3</sup>	рибгосп. питн., госп-побут. (наказ МОЗ 721 від 02.05.22)	2021	2022	2023	2024	Δ	2021	2022	2023	2024	Δ	2021	2022	2023	2024	Δ
			180					40					1,5-7,0				
			200					50					-				
Місце відбору проб			Результати випробувань														
			2021	2022	2023	2024	Δ	2021	2022	2023	2024	Δ	2021	2022	2023	2024	Δ
1	Домбровський кар'єр		<u>508</u>	<u>1668</u>	<u>445</u>	<u>500</u>	55	<u>1477</u>	<u>379</u>	<u>679</u>	<u>901</u>	222	<u>147</u>	<u>115</u>	<u>78</u>	<u>99</u>	21
2	Дренажна траншея			<u>392</u>	140	<u>320</u>	180		<u>333</u>	<u>75</u>	<u>313</u>	238		<u>46</u>	<u>13</u>	<u>42</u>	29
3	№9		<u>2320</u>	<u>1580</u>	<u>1804</u>	<u>936</u>	-868	<u>194</u>	<u>395</u>	<u>1798</u>	<u>1813</u>	15	<u>132</u>	<u>111</u>	<u>233</u>	<u>197</u>	-36
4	№10		118	<u>640</u>	59	<u>496</u>	437	28	<u>112</u>	<u>10</u>	<u>481</u>	471	<u>8,2</u>	<u>41</u>	3,8	<u>64</u>	60,2
5	№11		110	<u>928</u>	<u>1209</u>	<u>476</u>	-733	<u>65</u>	<u>243</u>	<u>1067</u>	<u>1217</u>	150	<u>12</u>	<u>66</u>	<u>145</u>	<u>124</u>	-21
6	№15		48	29	30	33	3	13	6,4	16	22	6	3,5	2	2,7	3,5	0,8
7	№16		<u>360</u>	<u>690</u>	74	<u>444</u>	370	<u>267</u>	<u>165</u>	44	<u>299</u>	255	<u>40</u>	<u>48</u>	<u>7,3</u>	<u>47</u>	39,7
8	№ 65				<u>1230</u>	<u>460</u>	-770			<u>533</u>	<u>610</u>	77			<u>103</u>	<u>73</u>	-30
9	р. Лімниця			22	28	19	-9		3,5	4,7	5	0,3		1,4	1,7	1,4	-0,3
10	р. Млинівка					40	-				15	-				3,2	-
11	р. Сівка-Калуська					51	-				39	-				5,7	-

Δ – різниця між 2024 та 2023 роком

Порівняння даних про мінералізацію та сольовий склад, наведених у таблицях 3.3 та 3.4 за 2023 і 2024 роки, демонструє відповідність результатам попередніх років, що підтверджує сталу тенденцію до значних коливань концентрацій хімічних компонентів у підземних водах. Зокрема, суттєві зміни концентрацій за спостереженнями у 2024 та 2023 роками, виявлені для груп свердловин 9, 10, 11 (які знаходяться в зоні впливу хвостосховищ) і 16, 65 (розташованих у зоні впливу солевідвалу). У цих свердловинах зафіксовано коливання концентрацій, що перевищують або дорівнюють одній частці гранично допустимої концентрації (ГДК) для більшості аналізованих показників.

Такі значні зміни пояснюються безпосередньою близькістю зазначених свердловин до джерел забруднення водоносного горизонту, які утворюються внаслідок фільтрації забруднюючих речовин із хвостосховищ та солевідвалів. Результати свідчать про продовження негативного техногенного впливу цих об'єктів на якість підземних вод.

Крім того, аналіз динаміки змін концентрацій забруднюючих речовин вказує на залежність хімічного складу води від сезонних коливань рівня підземних вод, що також може впливати на інтенсивність перенесення забруднень.

Стійке значне зменшення загальної мінералізації за період 2022-2024 спостерігається у пробах відібраних з Домбровського кар'єру. Аналізуючи дані за 2023 та 2024 роки, можна відзначити суттєві зміни у загальній мінералізації вод у ряді спостережних свердловин. У свердловинах №9, 11 та 65 зафіксовано аномальне зменшення мінералізації — понад 10-кратне відносно частки гранично допустимої концентрації (ГДК). Водночас у свердловинах №10 та 16 спостерігається значне збільшення загальної мінералізації, приблизно на 4000 мг/дм<sup>3</sup>.

Особливу увагу привертає динаміка мінералізації у свердловині №65, яка входить до спостережної мережі ДП «Калійний завод». У цій свердловині присутні перевищення ГДК за всіма компонентами сольового складу. Географічне розташування свердловини №65, на південь від досліджуваної

ділянки, між Домбровським кар'єром та річкою Лімниця, зумовлює підвищений ризик подальшого забруднення підземних і, потенційно, поверхневих вод регіону. Це потребує посиленого моніторингу та додаткових заходів для вивчення причин змін і можливих шляхів міграції забруднень.

Свердловина №16, розташована на відстані 160 м на північ від свердловини №65, демонструє дещо інший характер змін. Мінералізація у цій свердловині становить близько 5,7 г/л, що є значно нижчим показником порівняно зі свердловиною №65. Проте у 2024 році тут також відзначається перевищення ГДК, хоча й не у десятки разів. Варто підкреслити, що свердловина №16 належить до нової спостережної мережі, створеної ТОВ «НООСФЕРА», що забезпечує додаткові можливості для моніторингу.

Свердловиною, де відсутні перевищення ГДК та значні коливання концентрацій є свердловина №15 у південній частині ділянки у районі р. Лімниця. Це свідчить про непорушений режим підземних вод та відсутність впливу техногенних об'єктів.

Динаміка показників мінералізації та сольового складу в цих свердловинах свідчить про складну екологічну ситуацію, яка потребує детального дослідження для встановлення джерел і механізмів забруднення.

### **3.4 Побудова графіків засолення та динаміки показників сольового складу підземних вод вод на території Калуського гірничопромислового району в межах профілю Хвостосховище №1-Домбровський кар'єр – р. Лімниця**

Для візуалізації результатів гідрогеохімічного моніторингу за свердловинами та іншими об'єктами на території Калуського гірничопромислового району в межах профілю Хвостосховище №1-Домбровський кар'єр – р. Лімниця доцільно створити графіки, які відображають зміни мінералізації та концентрації окремих речовин. На рисунку 4.3 наведено картограму території досліджень із нанесеним профілем А-А, за яким побудовано графіки ( рис. 3.4 - 3.9).

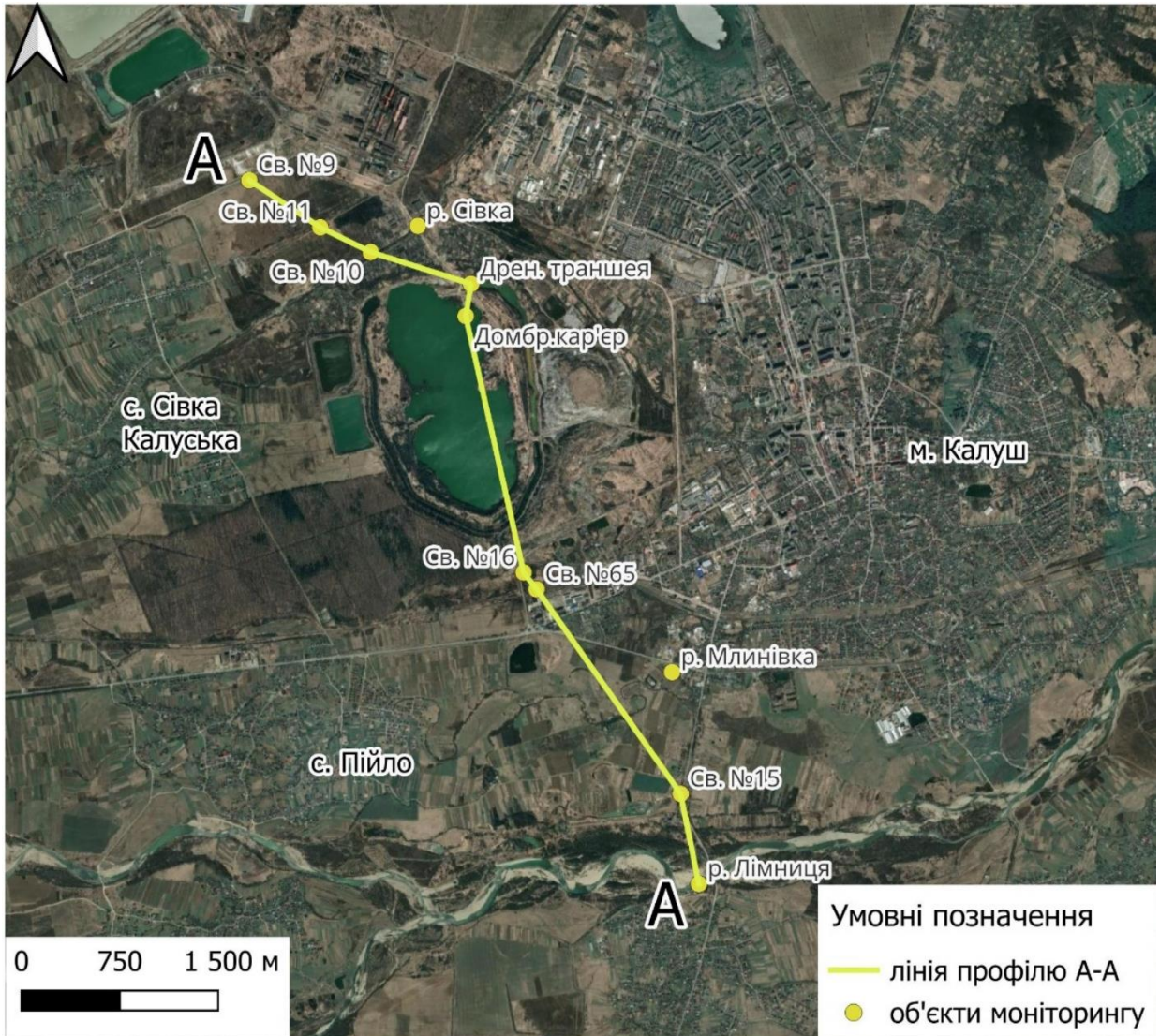


Рисунок 3.3 – Розташування гідрогеологічних свердловин та об'єктів з яких відібрано проби у 2024 році з нанесеною лінією профілю

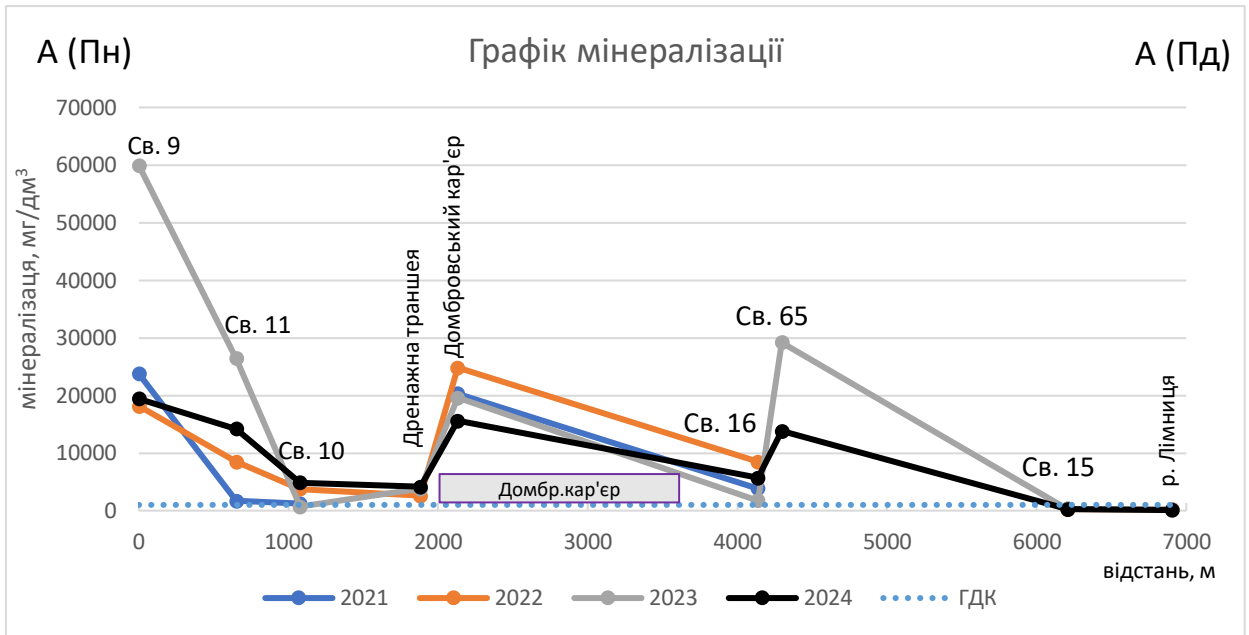


Рисунок 3.4 – Графік динаміки мінералізації за об'єктами гідрогеохімічного моніторингу за профілем А-А (рис. 3.3)

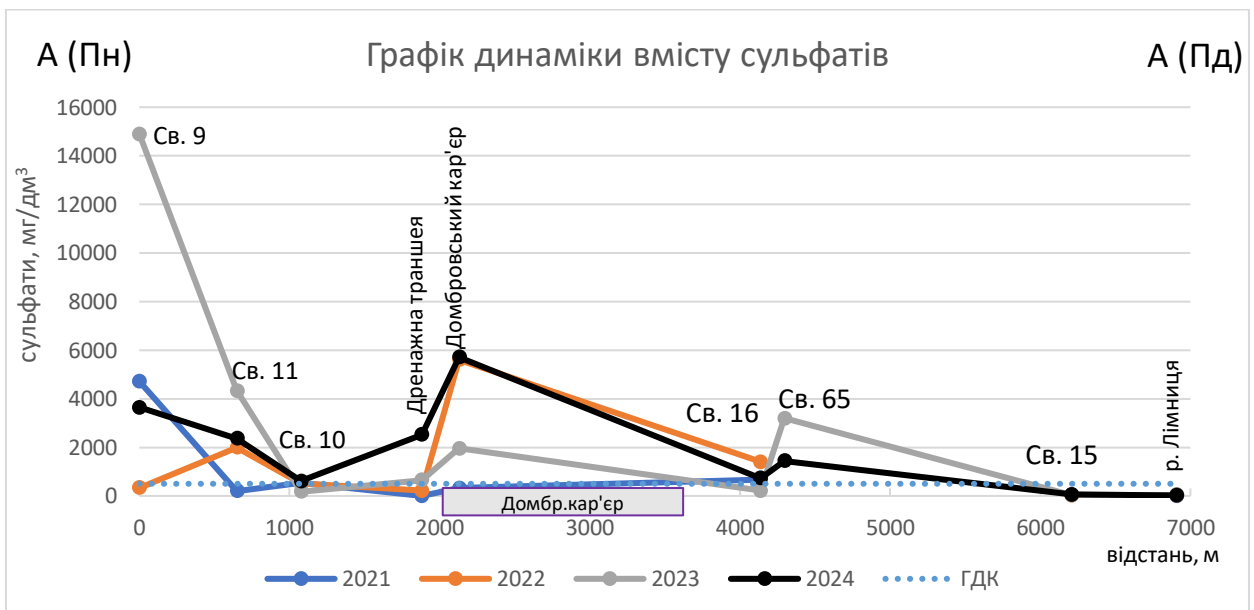


Рисунок 3.5 – Графік динаміки концентрацій сульфатів за об'єктами гідрогеохімічного моніторингу за профілем А-А (рис. 3.3)



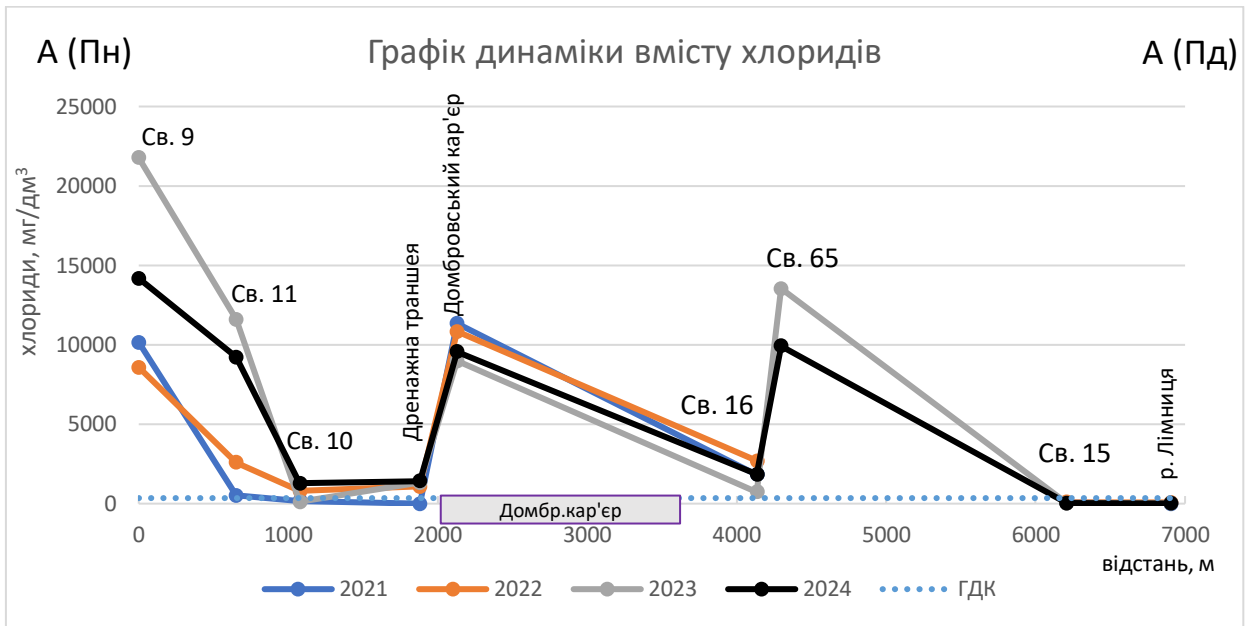


Рисунок 3.6 – Графік динаміки концентрацій хлоридів за об'єктами гідрогеохімічного моніторингу за профілем А-А (рис. 3.3)

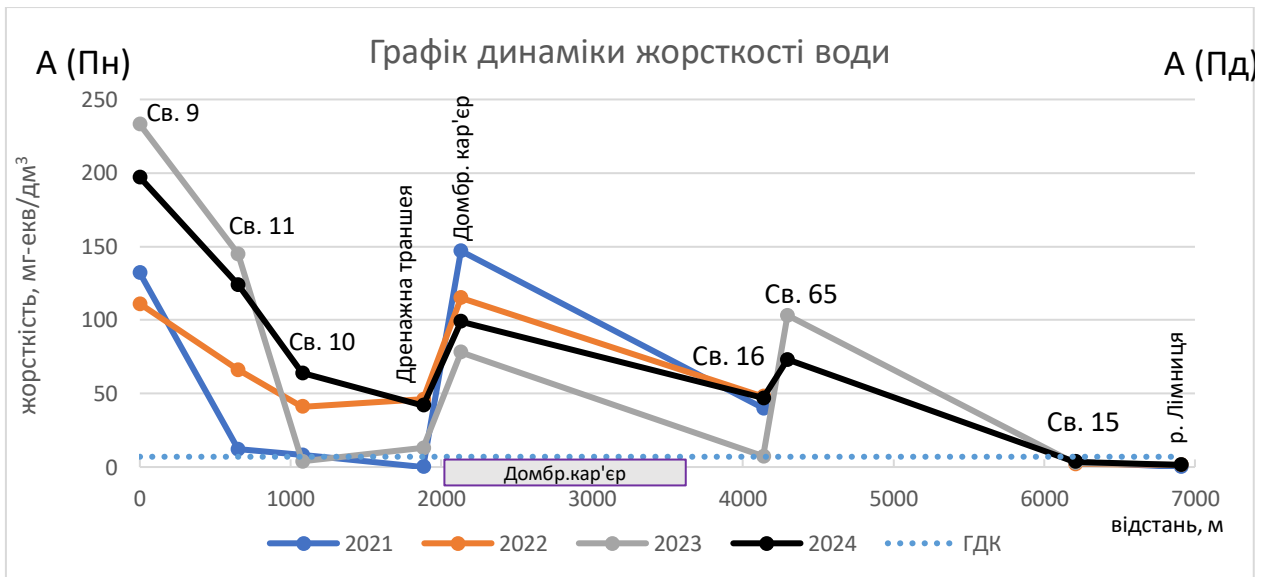


Рисунок 3.7 – Графік динаміки показника «жорсткість води» за об'єктами гідрогеохімічного моніторингу за профілем А-А (рис. 3.3)

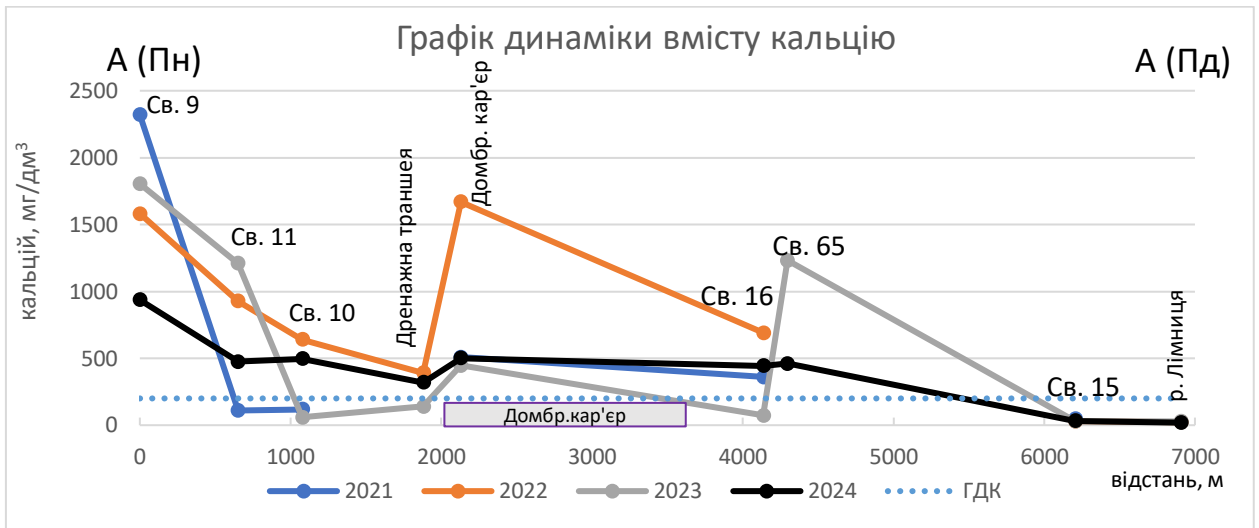


Рисунок 3.8 – Графік динаміки концентрацій кальцію за об'єктами гідрогеохімічного моніторингу за профілем А-А (рис. 3.3)

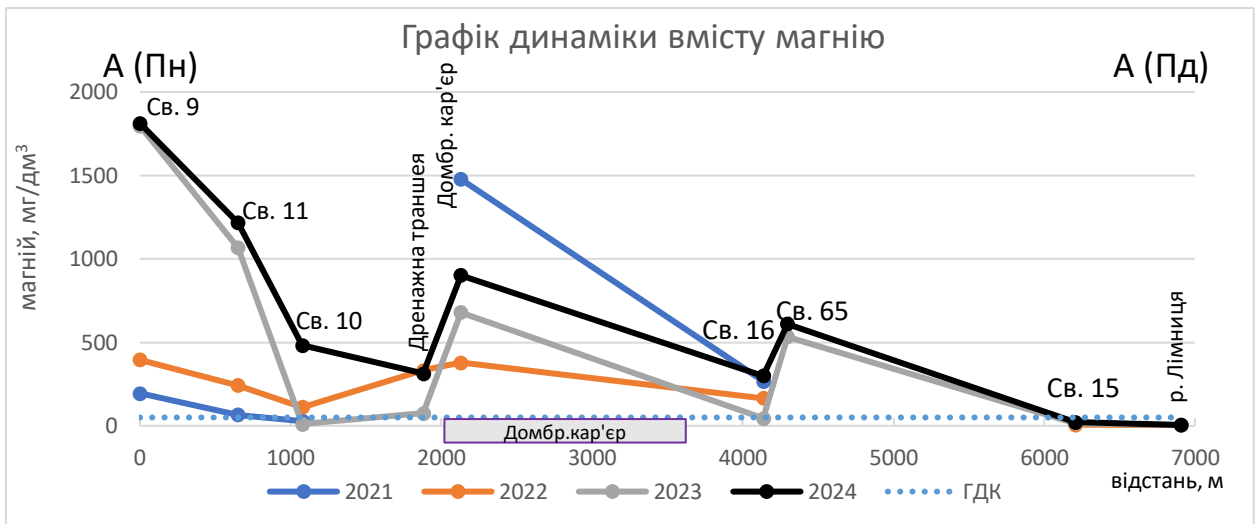


Рисунок 3.9 – Графік динаміки концентрацій магнію за об'єктами гідрогеохімічного моніторингу за профілем А-А (рис. 3.3)

На графіках (рис. 3.4-3.9) відзначено результати досліджень 2021, 2022, 2023 та 2024 років. По осі абсцис відкладено відстань у метрах за профілем. Початком відліку (ліва сторона графіка – північна сторона профілю А-А на рис. 3.3) є свердловина №9. Об'єкти моніторингу – спостережні свердловини, Домбровський кар'єр, дренажна траншея та р. Лімниця підписані у полі графіку. Орієнтовна проекція кар'єру винесена посередині осі абсцис. Також на графік пунктиром винесена лінія гранично допустимих концентрацій згідно

наказу МОЗ України № 77 від 13.01.2023 про затвердження «Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько – побутових та інших потреб населення».

За усіма показниками максимальні значення динаміки значень між роками спостерігається для свердловини №9. Це зумовлено її безпосередньою близькістю до хвостосховища. Найменша динаміка спостерігається для свердловини №15 у районі р. Лімниця.

За графіком зміни мінералізації за профілем А-А за роками можна відмітити, що у 2024 році найбільша засоленість відзначається у свердловині №9, трохи менше у пробі, відібраній з Домбровського кар'єру, далі свердловина №65. За цими об'єктами мінералізація перевищує 10000 мг/дм<sup>3</sup>. За графіком можна відмітити зону на півночі ділянки (свердловини № 9 та №10) для якої характерне перевищення ГДК у понад 10 разів. Іншої такої характерної зони, яка б була підтверджена двома і більше свердловинами не спостерігається. Надзвичайно аномальні значення спостерігаються у свердловині №65. У сусідніх свердловинах таких великих значень мінералізації не зафіксовано. Порівняно з 2023 роком значення мінералізації у свердловині суттєво зменшились. Не слід відкидати той факт, що ця свердловина була введена до спостережної мережі у 2023 році, є свердловиною мережі ДП «Калійний завод», і з неї на протязі багатьох років не відбирались проби. Відповідно, необхідно проводити подальше спостереження для цієї свердловини, оскільки вона розташована на південь кар'єру на шляху фільтрації підземних вод у бік річки Лімниця.

За графіками динаміки сульфатів та хлоридів (рис. 3.5-3.6) спостерігаємо подібну тенденцію – перевищення ГДК за пробами з усіх об'єктів за винятком проб з свердловини №15 та р. Лімниця. Максимальні концентрації у свердловині №9, пробі відібраній з Домбровського кар'єру, свердловині №65. Жорсткість води (рис. 4.7) характеризується аналогічно.

За концентрацією кальцію значних аномальних значень не спостерігається, проте варто відзначити значно підвищену концентрацію показника у свердловині №16 та №10 по відношенню до сусідніх об'єктів

спостереження та порівнюючи з описаними вище графіками. За вмістом магнію за даними спостерігається тенденція аналогічна до спостережень у 2023 році – аномальні перевищення ГДК у північній частині профіля (св. № 9 та 11), кар'єрі та свердловині №65.

Візуальний аналіз просторового розподілу досліджуваних показників на графіках вказує, що основними джерелами підвищених значень показників забруднення є хвостосховища №1 та 4, відвали кар'єру а також зони мульд просідання. Важливо відзначити, що для отримання більш достовірних результатів з визначення зон забруднення водоносного горизонту за різними показниками необхідно мати більш густу мережу спостережних свердловин та рівномірний її розподіл у просторі. Також важливо проводити відбір проб та хімічний аналіз з меншою періодичністю, наприклад, раз у квартал, для отримання надійних даних.

Важливим параметром який характеризує напрямки фільтрації підземних вод і може пояснювати динаміку хімічних та фізико-хімічних показників є абсолютні відмітки рівнів підземних вод показників. На рисунку 4.10 наведено графік зміни абсолютних відміток півнів підземних вод, абсолютних відміток устя свердловин та дані щодо мінералізації результатами моніторингу к 2024 році.

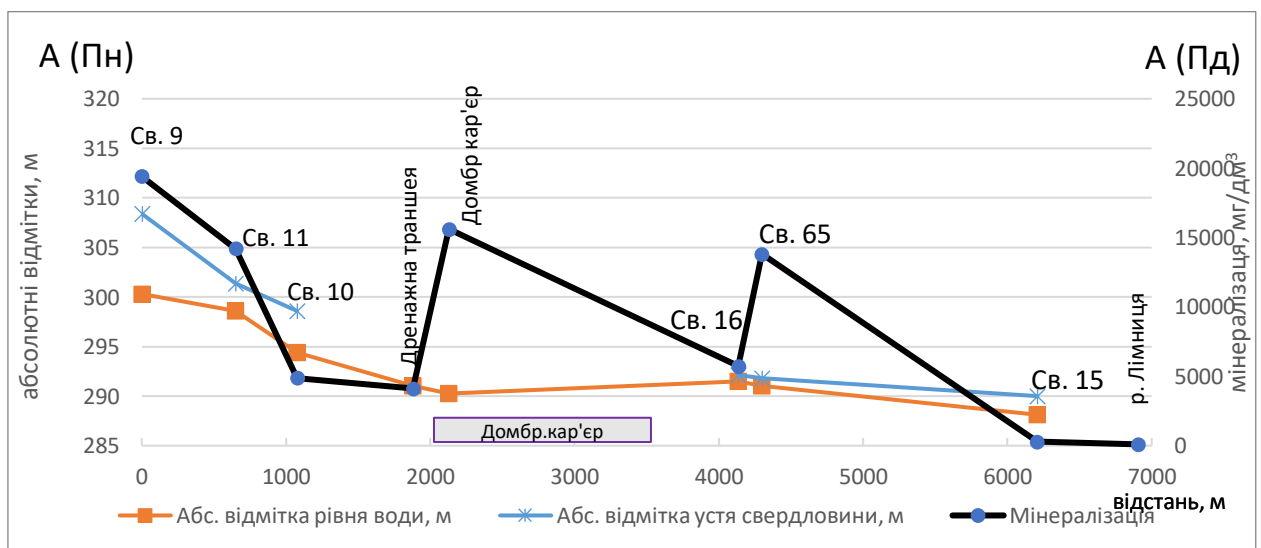


Рисунок 3.10 - Графік динаміки абсолютних відміток рівнів підземних вод, співставлений з мінералізацією за профілем А-А (рис. 3.3)

З рисунка 3.10 видно, що регіональний напрямок падіння рівня підземних вод спрямований у бік р. Лімниця. Абсолютна відмітка рівня води у кар'єрі (290,25 м) є нижчою відносно рівня води у дренажній траншеї (291 м) та нижчою відносно рівні у найближчих свердловинах - №10 (294,36 м) та № 16 (291,5 м). Цим твердженням можна пояснити підвищену мінералізацію та значення концентрації за сольовим складом проби, відібраної у кар'єрі по відношенню до найближчих об'єктів моніторингу - дренажної траншеї, свердловин №10 та № 16.

Динаміка зміни загального засолення по окремим свердловинам демонструється в табл. 3.5, де поряд з чисельним значенням мінералізації наводяться діаграми зміни їх по рокам. Ці рисунки дозволяють візуально оцінити динаміку мінералізації за об'єктами моніторингу. Вони підтверджують факт, що найменша динаміка за мінералізацією спостерігається для свердловини №15, підвищені значення, але відсутні різкі коливання між річними спостереженнями спостерігають для свердловини № 16. У всіх інших свердловинах, які залучались до моніторингу у 2024 році, спостерігається різка зміна мінералізації, що свідчить про значний вплив техногенних об'єктів.

Таблиця 3.5 Динаміка змін мінералізації по роках.

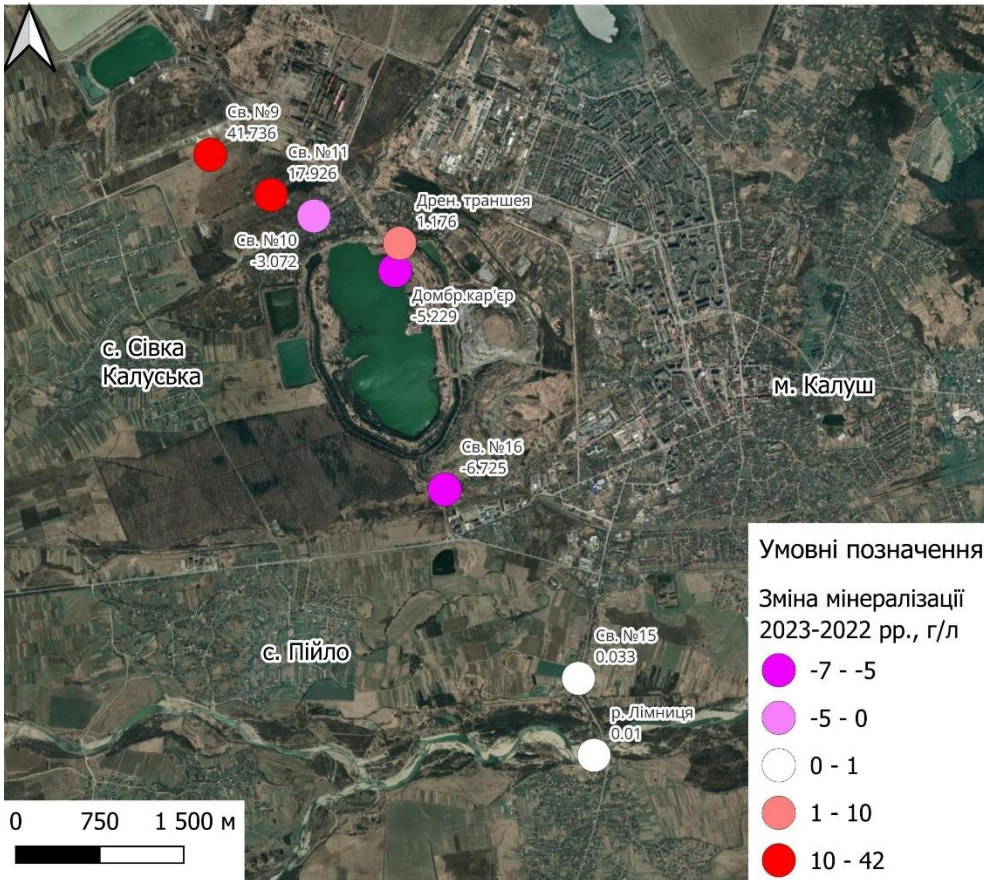
№ св.	Мінералізація, г/л						Графік зміни мінералізації по роках
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
1	2	3	4	5	6	7	8
Св.9	50,2	30,36	23,7	18,164	59,9	19,4	



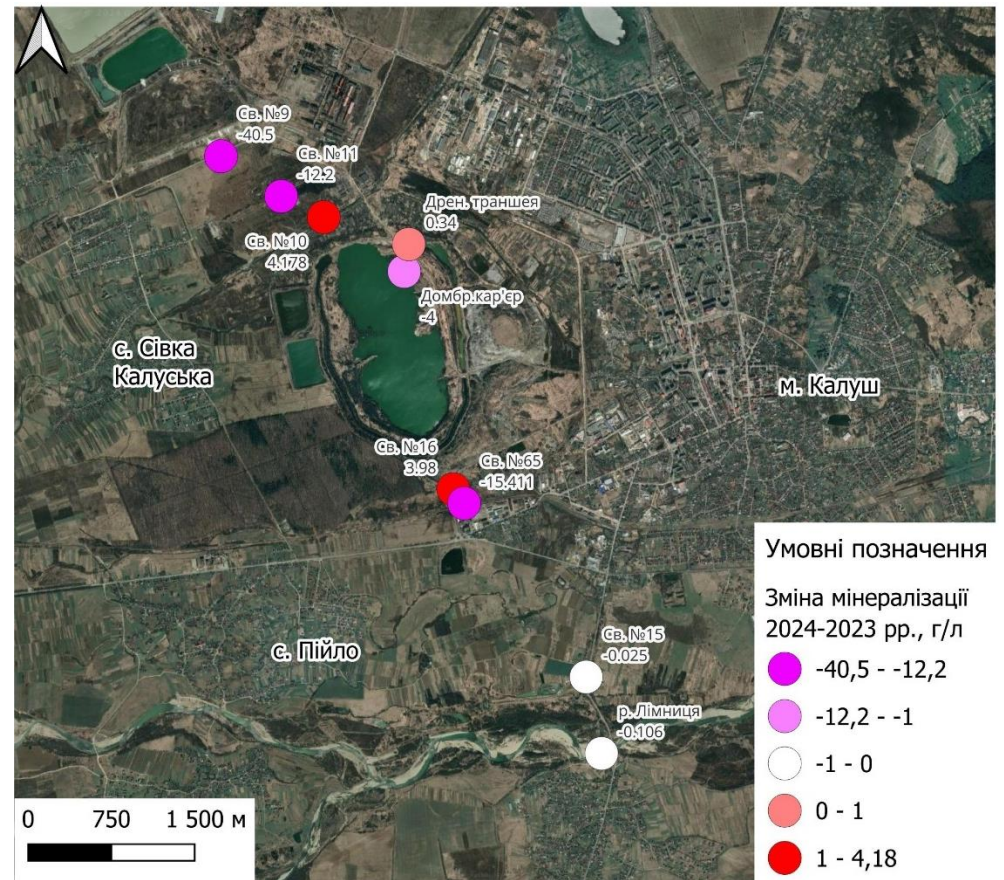
Св.10	5,26	4,97	1,22	3,764	0,692	4,87	
Св.11	26,01	19,08	1,68	8,474	26,4	14,2	
Св.15	0,36	0,6	0,2	0,264	0,297	0,272	
Св.16	59,4	1,27	3,8	8,465	1,74	5,72	
Св.65	-	-	-	-	29,211	13,8	

р. Лімни ця	-	-	-	<b>0,189</b>	<b>0,199</b>	<b>0,093</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Рік</th> <th>Значення</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2019</td><td>0</td></tr> <tr><td>2020</td><td>0</td></tr> <tr><td>2021</td><td>0</td></tr> <tr><td>2022</td><td>0,19</td></tr> <tr><td>2023</td><td>0,2</td></tr> <tr><td>2024</td><td>0,1</td></tr> </tbody> </table>	Рік	Значення	2019	0	2020	0	2021	0	2022	0,19	2023	0,2	2024	0,1
Рік	Значення																				
2019	0																				
2020	0																				
2021	0																				
2022	0,19																				
2023	0,2																				
2024	0,1																				
Домб ровсь кий кар'єр			<b>20,32</b>	<b>24,8</b>	<b>19,6</b>	<b>15,6</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Рік</th> <th>Значення</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2019</td><td>0</td></tr> <tr><td>2020</td><td>0</td></tr> <tr><td>2021</td><td>20,32</td></tr> <tr><td>2022</td><td>24,8</td></tr> <tr><td>2023</td><td>19,6</td></tr> <tr><td>2024</td><td>15,6</td></tr> </tbody> </table>	Рік	Значення	2019	0	2020	0	2021	20,32	2022	24,8	2023	19,6	2024	15,6
Рік	Значення																				
2019	0																				
2020	0																				
2021	20,32																				
2022	24,8																				
2023	19,6																				
2024	15,6																				
Дрена жна транш єя			-	<b>2,6</b>	<b>3,78</b>	<b>4,12</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Рік</th> <th>Значення</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2019</td><td>0</td></tr> <tr><td>2020</td><td>0</td></tr> <tr><td>2021</td><td>0</td></tr> <tr><td>2022</td><td>2,6</td></tr> <tr><td>2023</td><td>3,78</td></tr> <tr><td>2024</td><td>4,12</td></tr> </tbody> </table>	Рік	Значення	2019	0	2020	0	2021	0	2022	2,6	2023	3,78	2024	4,12
Рік	Значення																				
2019	0																				
2020	0																				
2021	0																				
2022	2,6																				
2023	3,78																				
2024	4,12																				

У площинному вигляді динаміки засолення у періодах 2022-2023 років та 2023-2024 років демонструється картограмами (рис. 3.11) з зазначеними різницями мінералізації у вигляді тематичної карти точок з кольоровою шкалою за об'єктами моніторингу. У 2022-23 роках спостерігаємо значне збільшення засолення для свердловин №9 та №11 на майже 41 та 18 г/л відповідно. Зменшення мінералізації спостерігалось Домбровському кар'єрі та свердловині №16 на 5,229 та 6,725 г/л відповідно.



а) 2022-2023 роки



б) 2023-2024 роки

Рисунок 3.11 – Динаміка засолення за об'єктами моніторингу

За період 2023/2024 рр. суттєве зменшення мінералізації спостерігалось у свердловині №65 (-15,411 г/л), свердловинах №9 та №11 – мінус 40,5 та -12, г/л відповідно. Приріст був у свердловинах №16 та №10 - +3,98 г/л та +4,178 г/л. Свердловина № 15, яка наближена до водозабору та р. Лімниця, значних коливань засолення не мала.

## ВИСНОВКИ ДО ЗВІТУ

За результатами проведення екологічного моніторингу стану довкілля, контролю засоленості поверхневих і підземних вод, зон просідань та гірничих розробок над колишніми рудниками «Калуш», «Голинь» та «Ново-Голинь» складено остаточний звіт.

### *Топографо-геодезичні дослідження*

За результатами геодезичних спостережень у серії VIII.2024 р., виконаних по профільних лініях в межах шахтного поля «Ново-Голинь» та по лінії реперів вздовж вул. Європейська (м. Калуш) слід відмітити, що, як і за результатами спостережень у серіях VIII.2021 р., VII.2022 р. та VI.2023 р., продовжується процес інтенсивного осідання більшості реперів на території с. Кропивник. Частина реперів профільних ліній Рп 274- Рп 4 та Рп 192- Рп 141 опинилися на дні новоутвореного озера.

Зафіксована швидкість осідання реперів на березі новоутвореного озера у період 2023-2024 р.р. становить близько -350 мм/рік тоді, як у період 2022-2023 р.р. вона становила -500 мм/рік. Це свідчить, на нашу думку, про стабілізацію швидкості процесу осідання в цьому районі. Проте сам процес осідання не зупинився і потребує подальшого моніторингу.

Занепокоєння викликає збільшення середньорічної швидкості осідання земної поверхні у напрямку руху від озера, особливо в напрямку найближчих житлових будинків с. Кропивник протягом останнього року. Це обумовлює необхідність постійного геодезичного моніторингу (мінімум 4 серії на рік) реперів профільних ліній Рп 141 – Рп 4, Рп 141 – Рп 191, Рп XV – Рп XVI, Рп 122 – Рп 237, Рп 63 – Рп 224 та Рп 63 – Рп 206.

Крім того протягом останнього року спостерігається збільшення майже вдвічі у порівнянні з 2022-2023 р.р. швидкостей осідання земної поверхні в районі Рп 52 – Рп 75 (профільна лінія Рп XI – Рп X), Рп 21 – Рп 14 (профільна лінія Рп 21 – Рп I), Рп 49 – Рп 40 (профільна лінія Рп 49 – Рп



33) та Рп 22 – Рп 30 (профільна лінія Рп 22 – Рп 241). На вказаній ділянці густо розташовані господарські двори та житлові будівлі. Тому слід виконувати періодичний моніторинг хоча б раз на півроку даної ділянки.

Результати геодезичного моніторингу реперів по вул. Європейська в м. Калуш загалом не викликають занепокоєння, оскільки висоти більшості реперів за останній рік не змінились більше, ніж на 5 мм. Певне занепокоєння викликають тільки Рп 8 та ділянка Рп 16 – Рп 18, де спостерігається річне осідання від -1 до -3 см/рік.

За результатами геодезичного моніторингу земної поверхні рудників «Ново-Голинь» та «Калуш» побудовані мульди осідання на територію с. Кропивник станом на 2024 р. Для демонстрації річної величини осідання за період 2023-2024 рр. додатково побудовані мульди з відображенням поточного стану процесу осідання (протягом останнього року). За прогнозованими значенням величин осідання ґрунтових реперів профільних ліній станом на VIII.2025 р. (детально про розрахунок у п. 1.2) побудовані прогнозовані мульди осідання на вказану дату.

Зафіксована у 2023-2024 рр. тенденція розширення мульд в районі новоутвореного озера (рис. 1.4) та у північній частині с. Кропивник (рис. 1.8) назустріч одна одній. Крім того швидкість осідання ґрунтових реперів у центрі мульди (рис. 1.8) за останній рік збільшилася практично вдвічі у порівнянні з 2022-2023 рр. Аналітично розраховані величини прогнозованих осідань на цих ділянках свідчать про прогнозоване подальше розширення вищевказаних мульд назустріч одна одній і в 2024-2025 рр. (рис. 1.13 та 1.14), що в майбутньому може призвести до їх злиття в одну велику мульду.

### ***Геофізичні дослідження методом природного імпульсного електромагнітного поля Землі.***

Геофізичні дослідження, виконані на різних частотних діапазонах по вул. Європейська (Центральне каїнітове поле) та вул. Глібова (Північно

каїнітове поле) м. Калуш та площинній зйомці в районі провалу № 14, дозволяють стверджувати наступне.

На Центральній каїнітовому шахтному полі м. Калуш, вул. Європейська, картується аномальна зона в межах *Pn 5 – Pn 14 (район старого кладовища)*, яка прослідковується у всіх серіях спостереження (2022 – 2024 рр.). Ця зона має глибинне походження та узгоджується із напружено-деформованим станом, який пов'язаний із верхньою частиною гірничих виробіток.

За результатами профільних спостережень вул. Глібова (Північно каїнітове поле) м. Калуш в межах пікетів *Pn 20 – Pn 30* неподалік новоутвореного провалу спостерігається напружено-деформований стан гірничого масиву, який узгоджується із площинними дослідженнями.

Результати досліджень методом ПЕМПЗ (ділянка в районі провалу) 2023 -2024 рр. свідчать про активну стадію в районі карстового провалу №14. Ці процеси будуть розвиватися і в майбутньому тому слід очікувати нових провалів у північно-східній частині території, включаючи дорогу територіального значення Т14 – 19 та східну частину території дослідження.

Експлуатацію дороги слід продовжувати, вживаючи заходи щодо обмеження швидкості автомобільного руху.

### ***Гідрохімічні дослідження***

Проведено гідрогеохімічні моніторингові дослідження за мережею спостережених гідрогеологічних свердловин, а саме відібрано проби з 6-ти спостережених свердловин моніторингової гідрогеологічної мережі Калуського гірничо-промислового району (свердловини № 9, 10, 11, 15, 16, 65), а також Домбровського кар'єру, дренажної траншеї, річки Лімниця, р. Млинівка, р. Сівка Калуська. У пробах визначались хімічні та фізико-хімічні показники, зокрема вміст солей та хлоридів.

За результатами проведених лабораторних аналізів та побудованих графічних матеріалів – графіків та картограм можна стверджувати про

продовження тенденції щодо динаміки показників, яка спостерігалась у попередні періоди. Значна динаміка засолення та показників сольового складу характерна для свердловин, які підпадають під прямий вплив техногенних об'єктів – це свердловини № 9 та 11 (зона впливу хвостосховища) на півночі від кар'єру та свердловина №65 на південь від кар'єру (зона впливу солевідвалу). Свердловина №15 (район р. Лімниця) значної динаміки та перевищень ГДК за показниками не демонструє. Абсолютна відмітка рівня води у кар'єрі поки що є нижчою відносно найближчих об'єктів моніторингу.

## **ПРОПОЗИЦІЇ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ**

З метою попередження надзвичайних ситуацій рекомендується продовжити топографо-геодезичні спостереження за швидкістю осідання земної поверхні в районі вул. Європейська м. Калуш (Центрально каїнітове поле), с. Кропивник та с. Сівка-Калуська (рудник «Ново-Голинь »).

Продовжити площинні геофізичні дослідження методом ШЕМПЗ в районі провалу №14 з метою відстеження динаміки та картування карстових провалів на Північно каїнітовому полі.

Необхідно провести геофізичні дослідження в с. Кропивник по реперних профілях для оцінки динаміки та визначення майбутньої границі озера, яке формується над відпрацьованим гірничим масивом рудника «Ново-Голинь». Виконання таких досліджень дасть можливість встановити зони майбутніх провалів та прийняти правильні управлінські рішення.

Необхідно закласти геодезичну лінії із ґрунтовими реперами по вул. Глібова – вул. Пархоменка (дорога територіального значення Т14 - 19), які дадуть можливість відстежувати осіданням в часі.

Доцільно продовжити режимні спостереження житлових будинків в с. Кропивник вул. І.Франка.

Слід розширити гідрогеологічну мережу із залученням старих свердловин ДП «Калійний завод» та продовжити гідрологічні та гідрохімічні спостереження території Калуського гірничопромислового району та Домбровського кареру з метою оцінки впливу джерел забруднення та попередження у разі виникнення надзвичайної ситуації техногенного характеру.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

- 1 Інструкції по наблюдениям за сдвижением земной поверхности и за подрабатываемыми зданиями и сооружениями на калийных месторождениях», Ленинград, 1984 р.
- 2 Бурак К. О. Дослідження можливостей автоматизації урівнювання спеціальних нівелірних мереж при допомозі сучасного програмного забезпечення / Костянтин Бурак // Журнал «Інженерна геодезія». Київ - 2002. - Вип.42. - с.16-23.
- 3 Корінь С.С. Проведення комплексних геологічних досліджень, спрямованих на ви-значення (прогнозування) змін природного стану геологічного середовища в місцях розробки калійних родовищ з метою запобігання їх негативного впливу на життєдіяльність людей та стан господарських і промислових об'єктів / [Корінь С.С., Садовий Ю.В., Лукаш І. О. та ін.]. Кн. 1. – Калуш: 2005. – 221 с
- 4 Пискунов М. Е. Методика геодезических наблюдений за деформациями сооружений. – М.: Недра, 1980 р.
- 5 Баран П. І. Інженерна геодезія/ П. І. Баран. – Київ, ПАТ «ВПОЛ», 2012. – 617 с.
- 6 Левчук Г. П. Прикладная геодезия. Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ / Григорій Левчук // Книга: «Прикладная геодезія» - Недра,1981. – 438 с.
- 7 Бородавкин П.П., Таран В. Д., Трубопроводы в сложных условиях.- М.: Недра, 1968.
- 8 Рудько Г.І., Петришин В.Ю. Соляні ресурси Передкарпаття та перспективи їх використання / За ред. Г.І. Рудька. – Київ–Чернівці: Букрек, 2017. – 472 с.
- 9 Гайдін А.М., Рудько Г.І. Техногенний карст Київ—Чернівці : Букрек, 2016. - 200 с.
- 10 Бурак К. Е. К выбору методики геодезических наблюдений за напряжно-деформированным состоянием трубопроводов на оползневых участках.



- 11 Бородавкин П. П., Березин В. А. Сооружение магистральных трубопроводов. – М.: Недра. – 1977р. – 310 с.
- 12 Бурак К. Е. Геодезические наблюдения за оповзнями на трасе газопровода «Братство» // Геодезия и картография. – 1981, №7. – с. 27-31
- 13 Бурак К. О. Про можливість виділення критичних напружено-деформованих зон ЗОРВ АЕС за результатами геодезичних вимірів // Вісник геодезії і картографії. – 1999, №1. – с. 10-13
- 14 Бурак К. Е. Исследование методики геодезических наблюдений за напряженно-деформированным состоянием трубопроводов на оползневых участках. – Москва, 1982. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.
- 15 Корневский С.М., Донченко К.Б. Геология и условия формирования калийных месторождений Советского Предкарпатья // Труды ВСЕГЕИ. Геология месторождений калийных солей. – Т. 99. – 1963. – 152 с.
- 16 Е.Д. Кузьменко, С.М. Багрій. Про доцільність дослідження карсту на родовищах калійної та кам'яної солі електричними методами // Геодинаміка. – 2011. – №2(14). – С. 134–137.
- 17 Correlation of natural pulsed electromagnetic field of the Earth with stresses and deformations, which appeared in exhausted salt fields in the Precarpathians for karst creation forecasting / S. Bagriy, E. Kuzmenko, U. Dzoba // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія. - 2020. - Вип. 2. - С. 79-88. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKNU\\_geol\\_2020\\_2\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKNU_geol_2020_2_13)
- 18 Комплексування методів електророзвідки у задачах прогнозування техногенних просідань і провалів на родовищах солі Передкарпаття./ Е. Д. Кузьменко, В. Ю. Максимчук, С. М. Багрій, О. Я. Сапужак, І. В. Чепурний, С. А. Дециця, У. О. Дзьоба// Геодинаміка.-2019.-№2(27).- С.56-67. DOI: <https://doi.org/10.23939/jgd2019.02.054>.
- 19 Звіт. Запровадження екологічного моніторингу стану довкілля, контролю засоленості поверхневих і підземних вод, зон просідань та

гірничих розробок на території гірничо-хімічних підприємств міста Калуш та сіл Сівка-Калуська і Кропивник, ІФНТУНГ, 2021р

20 Воробьев А.А. Равновесие и преобразование видов энергии в недрах / А.А. Воробьев. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1980. – 211 с.

21 Наукові та методичні основи охорони геологічного середовища в районах розробки калійних родовищ: дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук: 11.00.11 / Семчук Я.М. – Калуш. 1994. – 304.