

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

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ О. Р. КОНДРАТ  
\_\_\_\_\_ 2025 р.  
М.П.

## **ЗВІТ**

про надання послуг

за договором № 1М / 2025 від 02.06.2025 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  
2025 р.

## СПИСОК АВТОРІВ

|                                                                                                          |                                                                     |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----|
| Науковий керівник робіт<br>доктор геол.-мін. наук, професор                                              | Е.Д. КУЗЬМЕНКО<br>(вступ, розділи 1-5,<br>висновки<br>рекомендації) | та |
| Провідний науковий співробітник<br>кандидат геологічних наук, доцент<br>(відповідальний виконавець теми) | С.М. БАГРІЙ<br>(вступ, розділи 1-5,<br>висновки<br>рекомендації)    | та |
| Головний науковий співробітник<br>доктор технічних наук, професор                                        | Я.О. АДАМЕНКО<br>(вступ, розділи 5,<br>висновки<br>рекомендації)    | та |
| Головний науковий співробітник<br>доктор технічних наук, професор                                        | О.М. МАНДРИК<br>(вступ, розділи 5,<br>висновки<br>рекомендації)     | та |
| Головний науковий співробітник<br>доктор технічних наук, професор                                        | М.М. ПРИХОДЬКО<br>(вступ, розділи 1,4<br>висновки<br>рекомендації)  | та |
| Старший науковий співробітник<br>кандидат геологічних наук, доцент                                       | І.В. ЧЕПУРНИЙ<br>(розділи 5)                                        |    |
| Старший науковий співробітник                                                                            | М.Я. ГРИНІШАК<br>(розділи 1,4)                                      |    |
| Старший науковий співробітник<br>кандидат геологічних наук, доцент                                       | Л.В. ШТОГРИН<br>(розділи 2,3)                                       |    |
| Старший науковий співробітник<br>кандидат технічних наук                                                 | Р.Р. ПИЛИП'ЮК<br>(розділи 1)                                        |    |
| Науковий співробітник<br>Завідувач лабораторії                                                           | В.П. МИХАЙЛИШИН<br>(розділи 4)                                      |    |
| Нормоконтролер                                                                                           | Т.В. ПАЗЮК                                                          |    |

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 8  |
| 1 ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ НАД<br>ВІДПРАЦЬОВАНИМИ РУДНИКАМИ «КАЛУШ» ПО ВУЛ. ЄВРОПЕЙСЬКА<br>ТА «НОВО-ГОЛИНЬ» В МЕЖАХ С.<br>КРОПИВНИК.....                                                                                                                                      | 11 |
| 1.1 Топографо-геодезичні спостереження ґрунтових реперів профільних ліній<br>на рудниках «Голинь», «Ново-Голинь» та «Калуш» (с. Кропивник, вул.<br>Європейська м. Калуш).....                                                                                                               | 11 |
| 1.2 Опрацювання матеріалів топографо-геодезичних спостережень з метою<br>встановлення фактичних осідань та обчислення прогнозованих річних осідань<br>земної поверхні в межах рудників «Ново-Голинь» та «Калуш» (с. Кропивник,<br>вул. Європейська, м. Калуш).....                          | 15 |
| 1.3 Побудова мульд осідання земної поверхні та аналіз напрямків та<br>швидкостей зміни розмірів мульди за останні роки в межах рудника «Ново-<br>Голинь» та визначення швидкості осідання в с. Кропивник. Побудова графіків<br>земної поверхні на території вул. Європейська, м. Калуш..... | 25 |
| 1.4 Надання прогнозу щодо утворення зон просідання земної поверхні в с.<br>Кропивник на наступні 10 років та нанесення на карту житлових будинків (з<br>прив'язкою до адрес), які потрапляють у небезпечну зону просідання земної<br>поверхні, мешканці яких потребують відселення.....     | 32 |
| Висновки до розділу 1 .....                                                                                                                                                                                                                                                                 | 37 |
| 2. ГЕОФІЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ СПОРУД (ДАМБ) .....                                                                                                                                                                                                                                     | 38 |
| 2.1 Геофізичні дослідження північно-східного та південно-східного берегів<br>дамби хвостосховища №2 методом природного імпульсного електромагнітного<br>поля Землі.....                                                                                                                     | 38 |
| Висновки до розділу 2. ....                                                                                                                                                                                                                                                                 | 42 |
| 3. ГЕОФІЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НА ТЕРИТОРІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ<br>ШАХТНИХ ПОЛІВ КАЛУСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО<br>РАЙОНУ.....                                                                                                                                                                        | 43 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1 Геофізичні спостереження по вул. Європейська (Центральне каїнітове поле) та вул. Глібова, вул. Ю. Ганущак (Північно каїнітове поле) м. Калуш та с. Кропивник (рудник «Ново-Голинь»)                                                                                                              | 43 |
| 3.2 Інтерпретація геофізичних досліджень методом ПЕМПЗ по вул. Європейська (Центральне каїнітове поле), вул. Глібова, вул. Ю.Ганущак (Північно каїнітове поле) м. Калуш та с. Кропивник (рудник «Ново-Голинь»)                                                                                       | 48 |
| 3.3 Прогнозування зони можливого утворення карстових провалів земної поверхні по вул. Глібова, Ю.Ганущак, м. Калуш (Північно каїнітове поле) за даними геофізичних вимірювань                                                                                                                        | 60 |
| 3.4 Визначення динаміки осідання земної поверхні, зон напружено-деформованого стану гірських масивів відпрацьованих шахтних полів за даними 2021-2025 років в с. Кропивник. Побудова карти з нанесенням небезпечних зон пов'язаних з осіданням земної поверхні та можливими провалами в с. Кропивник | 67 |
| Висновки до розділу 3.                                                                                                                                                                                                                                                                               | 74 |
| 4. СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ В С. КРОПИВНИК ТА РОЗРАХУНОК ПРОГНОЗОВАНИХ ВЕЛИЧИН ПРОСІДАНЬ                                                                                                                                                                                                      | 76 |
| 4.1 Режимні спостереження житлових будинків в с. Кропивник вул. І. Франка 84, 117, 144, 196, 202 з метою встановлення існуючих величин деформацій цих будинків від початку їх моніторингу та розрахунку прогнозованих величин просідань                                                              | 76 |
| 4.2 Визначення осідань фундаментів та аналіз величин розкриття гіпсових маяків на житлових будинках в с. Кропивник, вул. І. Франка, 84, 117, 144, 196, 202                                                                                                                                           | 78 |
| 4.3 Визначення осідань фундаментів та аналіз величин розкриття гіпсових маяків на житлових будинках в с. Кропивник, вул. І.Франка 84, 117, 144, 196, 202 та надання висновків щодо загрози для житлових будинків, які розташовані у небезпечній зоні                                                 | 84 |
| Висновки до розділу 4.                                                                                                                                                                                                                                                                               | 99 |

|                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5. ОЦІНКА ЗАСОЛЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД НА ТЕРИТОРІЇ КАЛУСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ В МЕЖАХ ПРОФІЛЮ ХВОСТОСХОВИЩЕ №1- ДОМБРОВСЬКИЙ КАР'ЄР – Р. ЛІМНИЦЯ. СТВОРЕННЯ ПРОГНОЗНОЇ ГІДРОГЕОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ В МЕЖАХ ПРОФІЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ..... | 102 |
| 5.1 Характеристика мережі спостережних свердловин.....                                                                                                                                                                                 | 102 |
| 5.2 Проведення лабораторних гідрогеохімічних аналізів відібраних проб з спостережних свердловин по профільній лінії Хвостосховище №1 - Домбровський кар'єр - р. Лімниця.....                                                           | 104 |
| 5.3 Систематизація даних лабораторних аналізів у свердловинах за даними спостережень 2021-2025 років.....                                                                                                                              | 108 |
| 5.4 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.....                       | 113 |
| 5.5 Створення прогностичної гідрогеологічної моделі в межах профіля дослідження.....                                                                                                                                                   | 125 |
| Висновки до розділу 5.....                                                                                                                                                                                                             | 128 |
| ВИСНОВКИ ДО ЗВІТУ.....                                                                                                                                                                                                                 | 129 |
| ПРОПОЗИЦІЇ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ.....                                                                                                                                         | 136 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА.....                                                                                                                                                                                                       | 137 |
| ДОДАТКИ.....                                                                                                                                                                                                                           | 140 |

## РЕФЕРАТ

Звіт (остаточний) про надання послуг за договором №1М / 2025 від 02.06.2025 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:

139 сторінки тексту, 22 таблиці, 68 рисунків, 25 додатків, 20 використаних джерел.

Об'єкт досліджень територія Калуської міської громади Івано-Франківської області (м. Калуш, с. Кропивник).

Мета послуги - проведення екологічного моніторингу впливу гірничих виробіток та засолення на територію населених пунктів та водоносний горизонт, розробка рекомендацій щодо запобігання виникнення надзвичайної ситуації та надання висновків щодо загрози для житлових будинків, які розташовані у небезпечній зоні.

Методи досліджень – топографо-геодезичні спостереження ґрунтових реперів профільних ліній, геофізичні дослідження методом природного імпульсного електромагнітного поля Землі та георадарних досліджень, гідро геохімічні дослідження.

У звіті:

- представлено результати побудови мульд осідання земної поверхні та аналіз напрямів та швидкостей зміни розмірів мульд за останні роки в межах рудника «Ново-Голинь» та Визначення швидкості осідання на території вул. Європейська, м. Калуш;

- наведена оцінка динаміки активності деформаційних процесів за комплексом геофізичних спостережень на окремих ділянках м. Калуш та с. Кропивник.

- наведено результати визначення напружено-деформованого стану та картування зон ослаблення для дамби хвостосховища №2;

- спрогнозовано зони можливого утворення карстових провалів земної поверхні в м. Калуш (вул. Глібова, Ганущак – Північнокаїнтове поле) за даними геофізики;

- наведено оцінку засолення підземних вод на території Калуського гірничопромислового району в межах окремого профілю досліджень із включенням Домбровського кар'єру;

- наданий прогноз щодо утворення зон просідання земної поверхні в с. Кропивник на наступні роки із зазначенням житлових будинків, які потрапляють у небезпечну зону просідання.

Ключові слова: ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ, НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН, ТОПОГЕОДЕЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОСІДАННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ, ПРОВАЛЛЯ, ЗАБРУДНЕНІ ТЕРИТОРІЇ.

## ВСТУП

Науково-дослідні роботи виконані, як продовження робіт 2024 року з екологічного моніторингу стану довкілля, контролю засоленості поверхневих та підземних вод, зон просідання в межах гірничих розробок над колишніми рудниками «Калуш» та «Ново-Голинь». Роботи є продовженням досліджень 2021-2024 років.

Метою робіт є оцінка впливу гірничих виробок та засолення на територію населених пунктів та розробка рекомендацій щодо запобігання виникнення надзвичайних ситуацій і надання висновків щодо загрози для житлових споруд, які розташовані в небезпечній зоні.

За результатами польових спостережень отримано:

1) Топографо-геодезичні дані ґрунтових реперів профільних ліній на рудниках «Голинь», «Ново-Голинь» та «Калуш»;

2) Геофізичні дані за методом природного імпульсного електромагнітного поля Землі для північно-східного та південно-східного берегів дамби хвостосховища №2;

3) Геофізичні дані за методом природного імпульсного електромагнітного поля Землі по вул. Європейська (Центральне каїнітове поле) та вул. Глібова, вул. Ю. Ганущак (Північно каїнітове поле) м. Калуш та с. Кропивник (рудник «Ново-Голинь»);

4) Проби води по профільній лінії Хвостосховище №1 - Домбровський кар'єр - р. Лімниця (в межах спостережних гідрологічних свердловин, які наближені до цієї лінії);

5) Дані спостереження за існуючими деформаціями житлових будинків в с. Кропивник вул. І.Франка, 84, 117, 144, 196, 202 з метою моніторингу їх деформацій та розрахунку прогнозованих величин просідань;

6) Одержано абсолютні відмітки рівня води в Домбровському кар'єрі, дренажній траншеї та р. Сівка.

Опрацювання польових спостережень дозволило встановити фактичні та прогнозовані просідання території досліджень, виконати геофізичну інтерпретацію даних; провести гідрогеохімічні аналізи проб розсолів.

В заключному звіті за 2025 рік виконано:

1) Опрацювання матеріалів топографо-геодезичних спостережень та обчислення прогнозованих річних осідань земної поверхні в межах рудників, «Ново-Голинь» та «Калуш» (с. Кропивник, вул. Європейська, м. Калуш).

2) Інтерпретацію геофізичних досліджень методом ПЕМПЗ по вул. Європейська (Центральне каїнітове поле), вул. Глібова, вул. Ю.Ганущак (Північно каїнітове поле) м. Калуш та с. Кропивник (рудник «Ново-Голинь»);

3) Інтерпретацію геофізичних досліджень методом ПЕМПЗ на берегах дамби хвостосховища №2.

4) Проведення лабораторних гідрогеохімічних аналізів відібраних проб з спостережних свердловин по профільній лінії Хвостосховище №1 - Домбровський кар'єр - р. Лімниця;

5) Визначення осідань фундаментів та аналіз величин розкриття гіпсових маяків на житлових будинках в с. Кропивник, вул. І.Франка 84, 117, 144, 196, 202 та надання висновків щодо загрози для житлових будинків, які розташовані у небезпечній зоні;

6) Порівняння абсолютних відміток рівня води в Домбровському кар'єрі, дренажній траншеї та р. Сівка із аналогічними значеннями за попередні роки та надання прогнозу щодо потрапляння розсолів у водоносний горизонт;

7) Побудову мульд осідання земної поверхні та аналіз напрямків та швидкостей зміни розмірів мульд за останні роки в межах рудника «Ново-Голинь» та визначення швидкості осідання в с. Кропивник;

8) Оцінку динаміки активності деформаційних процесів за комплексом робіт геофізичних спостережень по вул. Європейська та закартовано небезпечні зони по вул. Глібова (Північне каїнітове поле) м. Калуш;

9) Визначення напружено-деформованого стану та картування зон ослаблення для дамби Хвостосховища №2.

10) Прогнозування зони можливого утворення карстових провалів земної

поверхні по вул. Глібова, Ю.Ганущак, м. Калуш (Північно каїнітове поле) за даними геофізичних вимірювань;

11) Оцінку засолення підземних вод на території Калуського гірничопромислового району в межах профіля Хвостосховище №1-Домбровський кар'єр – р. Лімниця;

12) Визначення динаміки осідання земної поверхні, зон напружено-деформованого стану гірських масивів відпрацьованих шахтних полів за даними 2021-2025 років в с. Кропивник. Побудовно карти з нанесенням небезпечних зон пов'язаних з осіданням земної поверхні та можливими провалами в с. Кропивник;

13) Надано прогноз щодо утворення зон просідання земної поверхні в с. Кропивник на наступні 10 років та нанесення на карту житлових будинків (з прив'язкою до адрес), які потрапляють у небезпечну зону просідання земної поверхні, мешканці яких потребують відселення.

Роботи виконано за договором №1М / 2025 від 02.06.2025 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».

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

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

Згідно п. 1.1 технічного завдання до договору 1М (г/тема 1М/2025) від 02.06.2025 р. проведені польові вимірювання для встановлення актуальних абсолютних відміток та величин осідань реперів наступних профільних ліній:

1. Рудник «Ново-Голинь» на території 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 21 – Рп I (кількість реперів 25, початок спостережень 1968 р.).

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

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

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

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

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

1.9 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 у червні-липні 2025 р. До початку вимірів виконано земляні роботи з розкопки ґрунтових реперів профільних ліній. В ході виконання рекогносциувальних робіт виявлені пошкодження окремих пунктів у результаті господарських та польових робіт (Рп 124, Рп 134, Рп 146, Рп 147, Рп 283, Рп 284 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 рудника «Ново-Голинь».

Геометричне нівелювання у 2025 р. (рис. 1.1) виконували високоточним електронним нівеліром DL-501 (серійний номер 560168) з автоматичним взяттям відліків за штрихковою рейкою. Перед виконанням польових вимірювань проведено дослідження нівеліра за програмою, визначеною в інструкції з експлуатації приладу та регламентованою вимогами чинних нормативних документів. 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 2025 р. складається з ходів нівелювання II класу точності, які утворюють мережу, що з'єднує опорні реperi на кінцях профільних ліній і вузлові реperi (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 в с. Кропивник (дата спостережень – 18.06.2025 р.)*

2. Допустима величина середньої квадратичної похибка визначення перевищень на станції в ходах мережі становила 0,3 мм. Для досягнення такої точності нівелювання виконували з використанням сучасної методики геометричного цифрового нівелювання з дотримання наступних вимог:

- висота наведення на рейку не перевищувала 1,8 м;
- 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 – Нівелювання коротким променем профільної лінії в с. Кропивник*

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

Контроль якості вимірів виконувався шляхом перевірки наступних службових допусків:

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

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

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

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 виміряних 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 під час рекогностування у 2025 р. встановлено факт знищення репера ДГМ (Рп ГУГК №537), розташованого у с. Кропивник. Тому прив'язка мережі до даного репера, як у попередні роки спостережень, не виконувалася.

## **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 результатами геодезичних спостережень методом високоточного геометричного нівелювання реперів профільних ліній рудників “Ново-Голинь”, “Голинь”, та “Калуш” (у межах територій с. Кропивник, вул. Європейська, м. Калуш – детальний опис у п. 1.1 звіту) виконано опрацювання отриманих результатів з метою встановлення фактичних та прогнозованих величин осідань земної поверхні, річних швидкостей осідань, побудови мульд досліджуваної території.

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  $H = 311,038$  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. Калуш, 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 VI.2025 р. вихідним прийнято Рп5 з відміткою 290.845 м (як було на X.2008 р.).

Результати геодезичного моніторингу реперів профільних ліній за період 1968 – 2025 р.р. занесені в електронну базу даних. Створені графіки осідань земної поверхні ілюструють динаміку осідання реперів кожної профільної лінії від моменту закладання реперів до VI.2025 р.

*Отримані величини 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 В.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 VI.2025 р.

максимальне осідання зафіксоване на Рп 180 (-402,0 мм), мінімальне – на Рп 63 (-51,5 мм). Чітко відслідковується центр мульди зсуву на ділянці Рп 211 – Рп 212 (графік осідання додатку В.1). У порівнянні з 2024 роком швидкість осідання ґрунтових реперів на ділянці Рп 209 – Рп 179 залишилась практично незмінною тоді, як на ділянці Рп 63 – Рп 183 дещо зменшилася. Зафіксовані величини осідань у порівнянні з 2024 р. коливаються в межах від -5,2 мм (Рп 63) до -31,1 мм (Рп 180). Результати прогнозування за матеріалами математико-статистичного аналізу останніх 5-ти серій спостережень станом на VI.2027 р. (стовбець 9 додатку В.1) свідчать, що процес осідання на даній профільній лінії продовжуватиметься і в подальшому. Тому спостереження слід продовжувати, зважаючи на коливання середньорічної швидкості осідань реперів між серіями спостережень VIII.2024 р. та VI.2025 р. (стовпець 8 додатку В.1) в границях  $-6,2 \div -37,3$  мм/рік.

На жаль реperi 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 реperi з 220 до 224 і продовжити лінію заклавши ще два нові реperi 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 В.2)** початок спостережень VII.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень на VI.2025 р. знаходяться в границях  $-2,0 \div -594,9$  мм тоді, як станом на VIII.2024 р. максимальна величина осідання спостерігалася на Рп 48 (-525,7 мм). Чітко відслідковується центр мульди зсуву в районі Рп 22/49. Результати прогнозування за матеріалами математико-статистичного аналізу останніх 5-ти серій спостережень (стовбець 9 таблиці додатку В.2) свідчать, що процес осідання продовжуватиметься. 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. У період 2024-2025 р.

на Рп 48 середньорічна швидкість осідання складає вже -83,0 мм, що не може не викликати занепокоєння.

Зона, охоплена мульдою зсуву на даній профільній лінії за період XII.2013 р. ÷ 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 21 – Рп I Кропивник (Додаток В.3)** початок спостережень II.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень на VI.2025 р. знаходиться в границях -113,3 мм (Рп 87) ÷ -762,3 мм (Рп 20). У серії VIII.2024 р. максимальне осідання (-706,9 мм) зафіксоване на Рп 16, тобто протягом 2024-2025 рр. спостерігається рух епіцентру мульди від Рп 16 до Рп 20.

Чітко відслідковується центр мульди зсуву в районі Рп 8 ÷ Рп 21. Результати прогнозування за матеріалами математико-статистичного аналізу як даних останніх 5-ти серій спостережень (наведені в стовпці 9 таблиці додатку В.3), так і всіх серій з початку спостережень свідчать, що процес осідання інтенсифікується на ділянці Рп 21 ÷ Рп 3 з середньорічною швидкістю у 2024-2025 р.р до -95,1 мм/рік. Слід відмітити, що ще у період 2022-2023 р.р. на цій же ділянці була зафіксована середньорічна швидкість осідань р -4,1 ÷ -51,3 мм/рік. Аналізуючи таблицю та графік додатку В.3 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.

**4 Профільна лінія Рп XV – РпXVI Кропивник (Додаток В.4)** початок спостережень 0V.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень на VI.2025 р. знаходяться в границях -46,8 ÷ -3159,6 мм. Зазначимо, що за

результатами спостережень у серії VIII.2021 р. було зафіксоване збільшення величини осідань на ділянці Рп 127 ÷ 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, у період VI.2023 р. ÷ VIII.2024 р. цей показник складає -199,3 ÷ -341,5 мм/рік, а в період VIII.2024 р. ÷ VI.2025 р. середньорічна швидкість осідань ділянки знаходиться в діапазоні -175,3 ÷ -321,8 мм/рік, 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 мулькою 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 мульки зсуву за вказаний період не є можливим.

**5. Профільна лінія Рп 274 – Рп 4 Кропивник (Додаток В.5)** початок спостережень V.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень станом на VI.2025 р. знаходяться в границях -188,0 мм ÷ -2734,4 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  $-244,3 \div -515,3$  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  $-136,2 \div -163,8$  мм/рік тоді, як у період 2024-2025 р.р. цей показник становить  $-124,6 \div -196,2$  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, у 2023-2024 р.р.  $-67,5$  мм/рік, а у 2024-2025 р.р.  $-67,8$  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 В.5 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 VI.2025 р. складає  $-188,0$  мм), заклавши додаткові реperi для того, щоб вивести кінець профільної лінії за границі мульди зсуву.

Станом на VI.2025 р. через господарську діяльність втрачені реperi ділянки Рп 151 ÷ Рп 186, які доцільно було б відновити, оскільки реperi були розташовані безпосередньо біля жилих будинків.

**6 Профільна лінія Рп X – Рп 201 Кропивник (Додаток В.6)** початок спостережень VII.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень на

VI.2025 р. знаходяться в границях  $-1,2 \text{ мм} \div -710,4 \text{ мм}$ . 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  $-630,6 \text{ мм}$ , а на VI.2025 р.  $-710,4 \text{ мм}$ . Чітко відслідковується центр мульди зсуву в районі Рп 50  $\div$  Рп 74. Результати прогнозування на VI.2027 р. за матеріалами математико-статистичного аналізу як останніх 5-ти серій спостережень (наведені у стовпці 9 таблиці додатку В.6), так і всіх серій з початку спостережень свідчать, що процес осідання на даній профільній лінії інтенсифікується в центрі мульди (Рп 53  $\div$  Рп 77, де зафіксовані середньорічні швидкості осідань за 2024-2025 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  $-3,9 \div -44,8 \text{ мм/рік}$ , у період 2023-2024 р.р. складає  $-9,2 \div -86,1 \text{ мм/рік}$ , а у період 2024-2025 р.р. складає вже  $-6,5 \div -96,2 \text{ мм/рік}$ ). Зафіксована у період 2023-2024 р.р. інтенсифікація осідань ділянки Рп 67 – Рп 58 продовжилась і у період 2024-2025 р.р. і становить порядку  $1 \div 1,5 \text{ см}$  на рік.

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

**7 Профільна лінія Рп 122 - Рп 237 Кропивник (Додаток В.7)** 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  $-1858,2 \text{ мм}$ ., станом на VIII.2024 р. зростає до  $-2184,2 \text{ мм}$ , а за результатами спостережень у серії VIII.2025 р. становить  $-2420,4 \text{ мм}$ . У відомості та на графіку додатку В.7 чітко видно, що інтенсивність осідання мульди зростає від Рп 229 (сумарне осідання  $-90,2 \text{ мм}$ ) 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 5-ти серій спостережень (стовбець 9 таблиці додатку В.7), 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, а в період 2024-2025 р.р. -283,4 мм/рік. Виходячи з вищеприведеного робимо висновок, що процес осідання реперів профільної лінії в останній рік стабілізувалася.

**8 Профільна лінія Рп 88 – Рп 260 Кропивник (Додаток В.8)** початок спостережень II.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень станом на VI.2025 р. знаходяться в границях від -17,0 мм на Рп 258 до -1432,0 мм на Рп 104. Чітко прослідковується формування мульди зсуву з центром в районі Рп 102 ÷ Рп 105. Результати прогнозування за матеріалами математико-статистичного аналізу як останніх 5-ти 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 3 роки не перевищувала -10 мм/рік, що свідчить про поступову стабілізацію процесів осідання реперів даної профільної лінії. Результати виконаного прогнозу величин осідань станом на VI.2026 р. свідчать, що і в наступному році не передбачається суттєве збільшення швидкостей осідання реперів. Попри вищевказане вважаємо, що спостереження профільної лінії слід продовжувати.

**9. Профільна лінія Рп 192 – Рп 141 Кропивник (Додаток В.9)** початок спостережень V.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень на VI.2025 р. знаходилася в границях 17,4 мм ÷ -2273,7 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 ÷ -324,9 мм/рік). У період 2023-2024 р.р. на цій ділянці швидкості осідання ґрунтових реперів знаходяться в межах -262,1 ÷ -285,4 мм/рік, а в період 2024-2025 р.р. цей показник знаходиться в діапазоні -230,2 ÷ -299,1 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 реperi 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 2024-2025 р.р. спостерігається така ж інтенсивність осідань усіх реперів профільної лінії, як і в період 2023-2024 р.р.

У майбутньому слід продовжити періодичні спостереження осідань реперів даної профільної лінії, особливо в районі новоутвореного озера (Рп 279 – Рп 125), де швидкість осідання становить понад 100 мм/рік.

***За результатами вимірів осідань ґрунтових реперів профільних ліній шахтного поля «Центральне» рудника «Калуш» робимо 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 VI.2025 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 VI.2025 р. свідчать про те, що за останні 3 роки не відбулося суттєвої зміни у висотному положення вищевказаних реперів.

На ділянці Рп4-Рп10 зафіксоване незначне осідання реперів з максимумом на VI.2025 р. -119,2 мм.

На ділянці Рп14-Рп17 станом на VIII.2024 р. зафіксовані осідання реперів від -129,7 мм на Рп17 до -246,9 мм на Рп15. Результати спостережень VI.2025 р. свідчать, що величини осідань даної ділянки збільшилися і знаходяться в границях -134,2 ÷ -258,7 мм.

Порівнюючи результати серії спостережень VIII.2024 р. з результатами станом на VI.2025 р. можна зробити висновок, що спостерігаються найбільші величини осідань за цей період на реперах 15 та 18.

Зафіксовані величини річних осідань інших реперів станом на VI.2025 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.**

*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 віддаль 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 Д.1 та додаток Д.2) можна побачити три зони просідання земної поверхні.

Розглянемо першу із них (рис. 1.3).

У 2025 році найбільше просідання знаходиться на репері №123 і становило 3,16 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 2024 р. 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 Д.2 ).

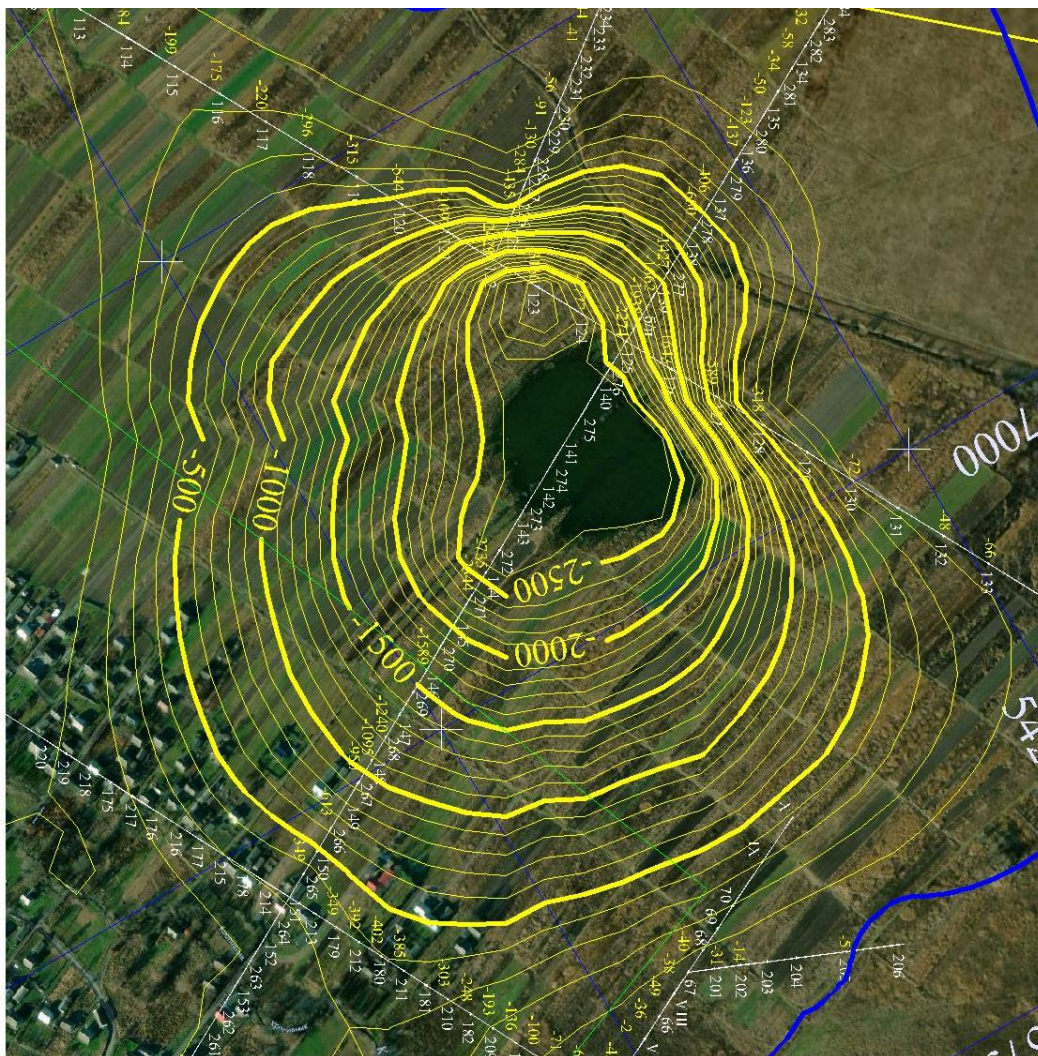
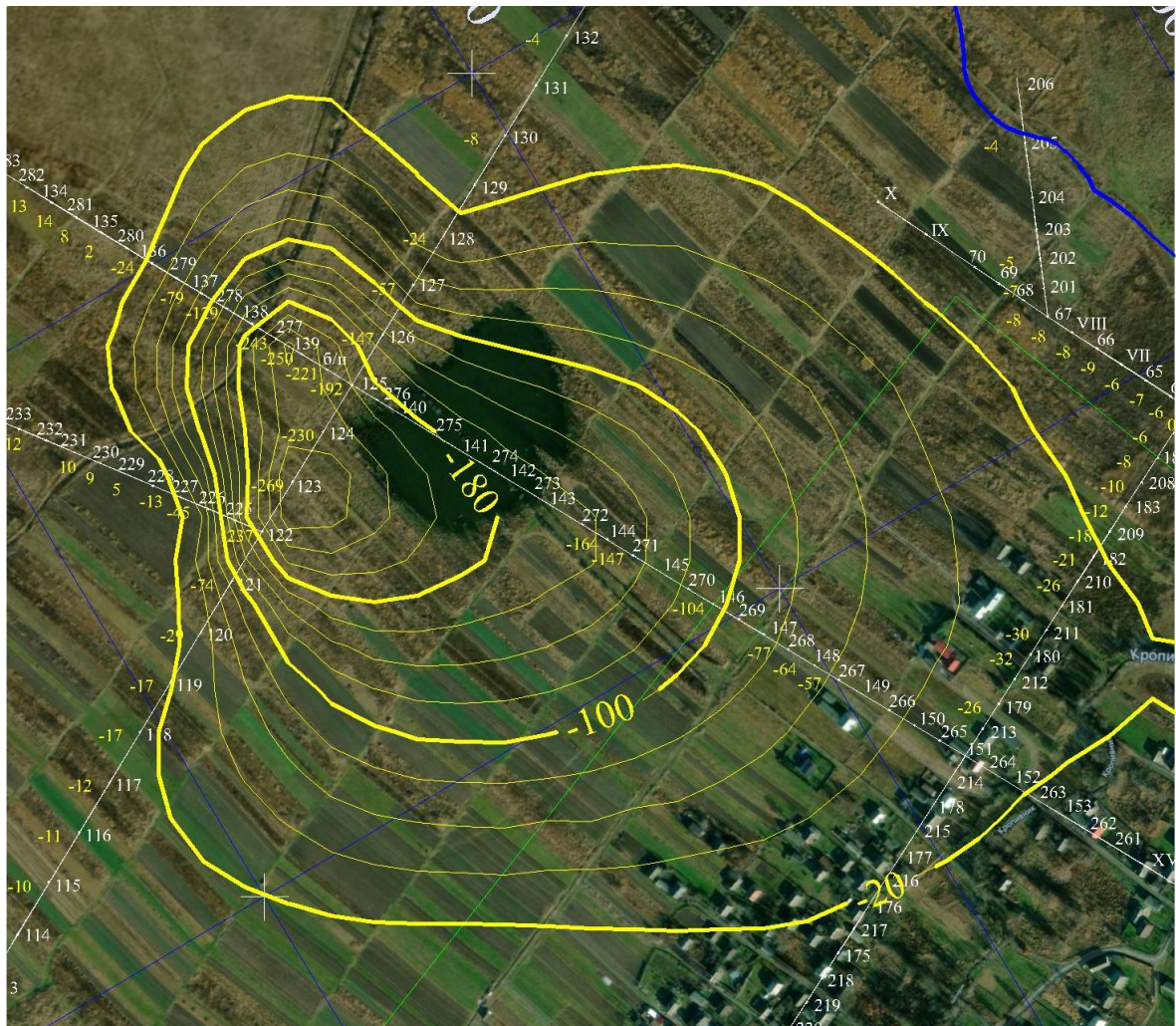


Рисунок 1.3 – Мульди осідання земної поверхні (фрагмент 1)

Розглянемо позначення які зображені на даному фрагменті.

- мульди осідань з висотою перерізу 100 мм;
- 800 значення осідань в мм.
- 144 номери реперів профільних ліній;
- 19 загальне осідання станом на 2025р.

За рік дана зона мала максимальне просідання на 269 мм на репері №123, так як це зображено на рис. 1.4.



*Рисунок 1.4 – Мульди осідання земної поверхні від 2023 року*

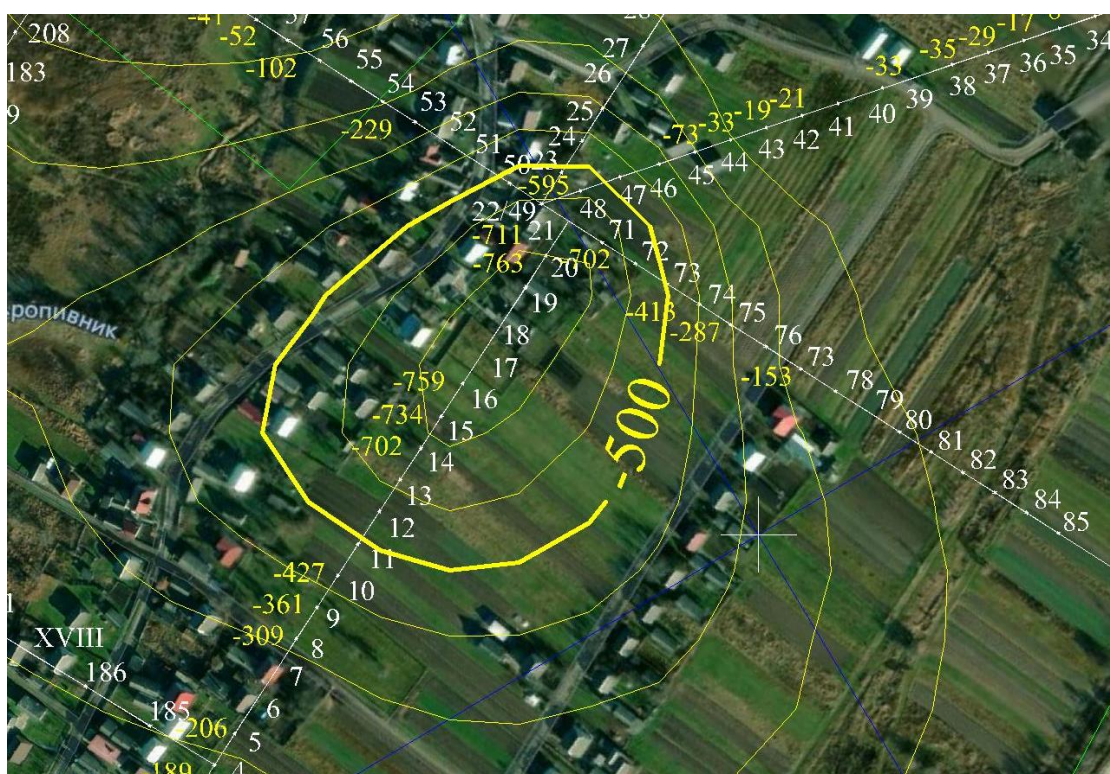
Зазначимо, що з наближенням до господарських дворів величини осідань зменшуються і в районі розташування крайніх хат зафіксована величина осідання за останній рік становить 57 мм на репері №267. Осідання за весь період осідання становить 950 мм на репері №267.

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 рис. 1.5 деякі житлові будівлі просіли 200 мм, 400 мм чи 600 мм. Але ця інформація не є дійсною, а розрахованою програмною. Для більш точної побудови мульд слід закладати поперечні профільні лінії, або репери на кожну будівлю.



*Рисунок 1.5 – Недостовірність побудови мульт осідання земної поверхні*

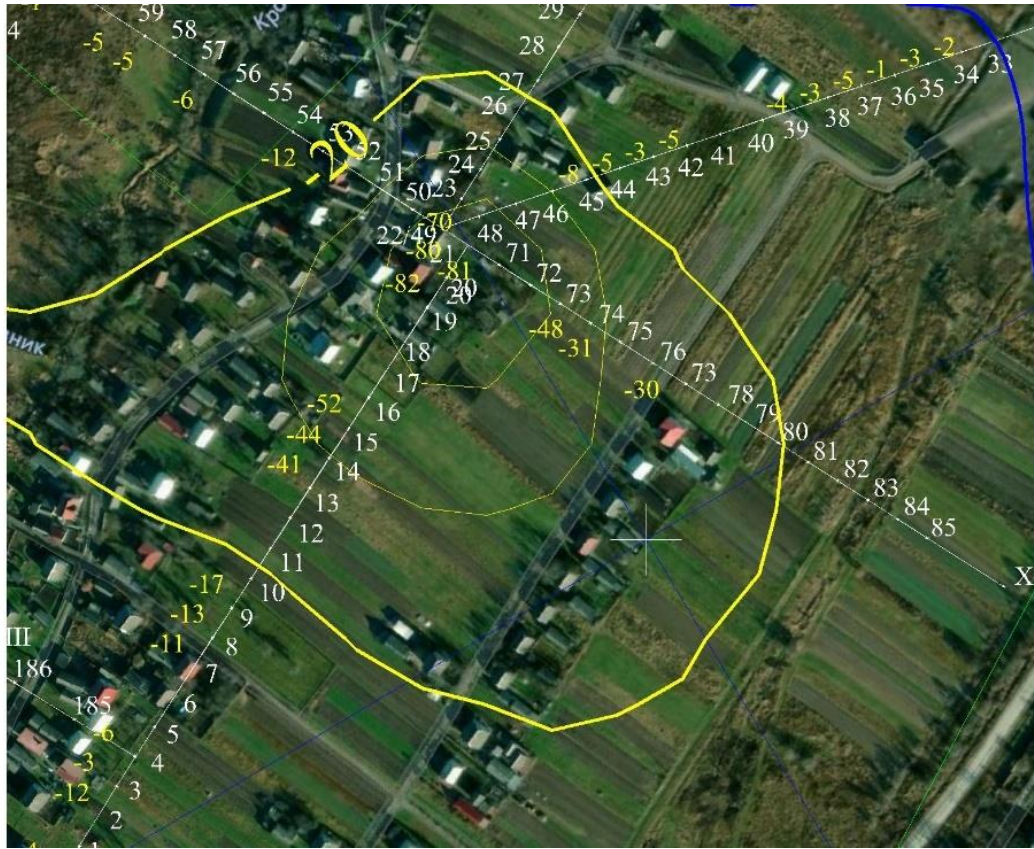
Друга зона осідання зображена на рис. 1.6.



*Рисунок 1.6 – Мульт осідання земної поверхні (фрагмент 2)*

Найбільше просідання знаходиться на репері №20 і становить 763 мм. Порівнюючи отримані результати з даними 2024 року можна зробити висновок,

що річні величини осідань в центрі мульди (Рп №72) складають -82 мм. як це зображено на рис. 1.7.



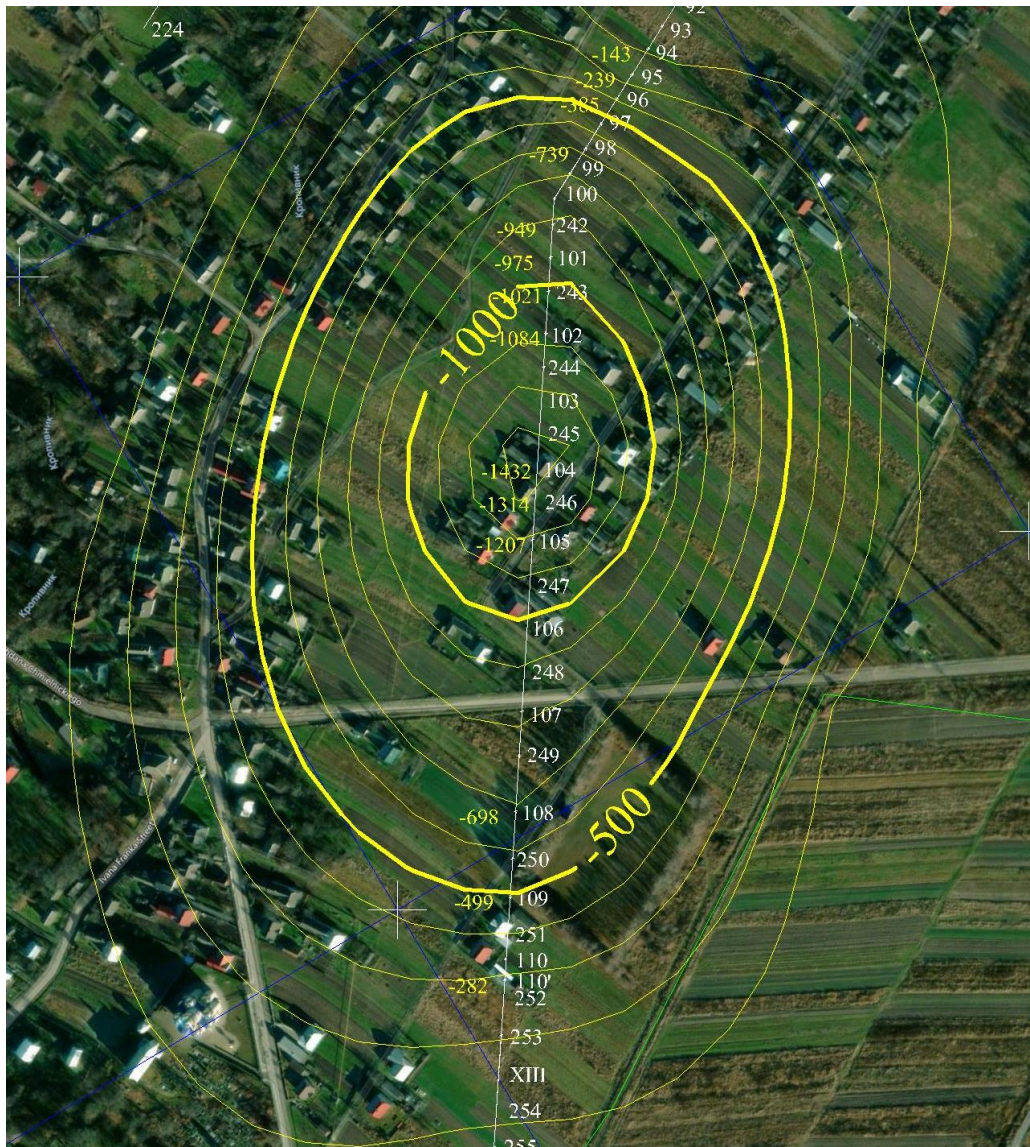
*Рисунок 1.7 – Мульда осідання земної поверхні від 2023 року*

Третя зона осідання зображена на рис. 1.8. Найбільше просідання знаходиться на репері №104 і становить -1.432 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).

Отже можна 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) .

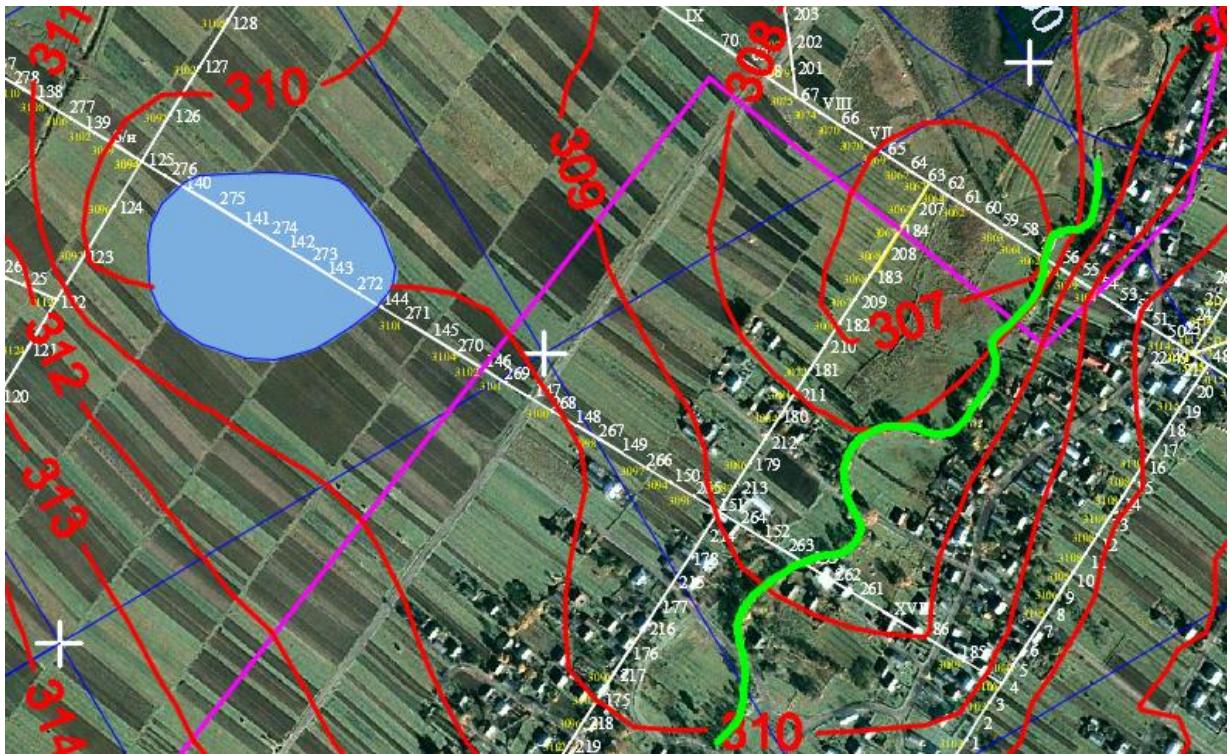


*Рисунок 1.8 – Мульди осідання земної поверхні (фрагмент 3)*

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 створено карту абсолютних висот реперів (рис. 1.9) 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 1.9 – Карта висот реперів шахтного поля*

Отже у першій зоні зафіксована швидкість осідання реперів на березі новоутвореного озера становить максимально -369 мм/рік. У другій зоні зафіксована швидкість осідання реперів у центрі мульди становить бмаксимально -82 мм/рік. У третій зоні зафіксована швидкість осідання реперів у центрі мульди становить близько -3 мм/рік., що свідчить про затухання.

**1.4 Надання прогнозу щодо утворення зон просідання земної поверхні в с. Кропивник на наступні 10 років та нанесення на карту житлових будинків (з прив'язкою до адрес), які потрапляють у небезпечну зону просідання земної поверхні, мешканці яких потребують відселення**

Для прогнозування осідань використано математичні моделі апроксимації, які описують розподіл зміщень в залежності від часового інтервалу геодезичних спостережень. Часовий ряд спостережень становить 5

років (2021-2025 рр.) і сформований із одноразових щорічних результатів аналізів.

Спостереження за осіданнями ґрунтових реперів профільних ліній у межах рудника «Ново-Голинь» безперервно велися протягом останніх п'яти років (2021-2025 рр.). За результатами зафіксованих фактичних вертикальних переміщень земної поверхні шляхом апроксимаційних обчислень визначено прогнозовані величини осідань ґрунтових реперів профільних ліній станом на VI.2027 р. (стовбець 9 таблиць додатку В).

Така довжина часового ряду є мінімально достатньою для простої трендової екстраполяції на 2 роки. Для більш надійного прогнозу бажано мати 10+ років даних.

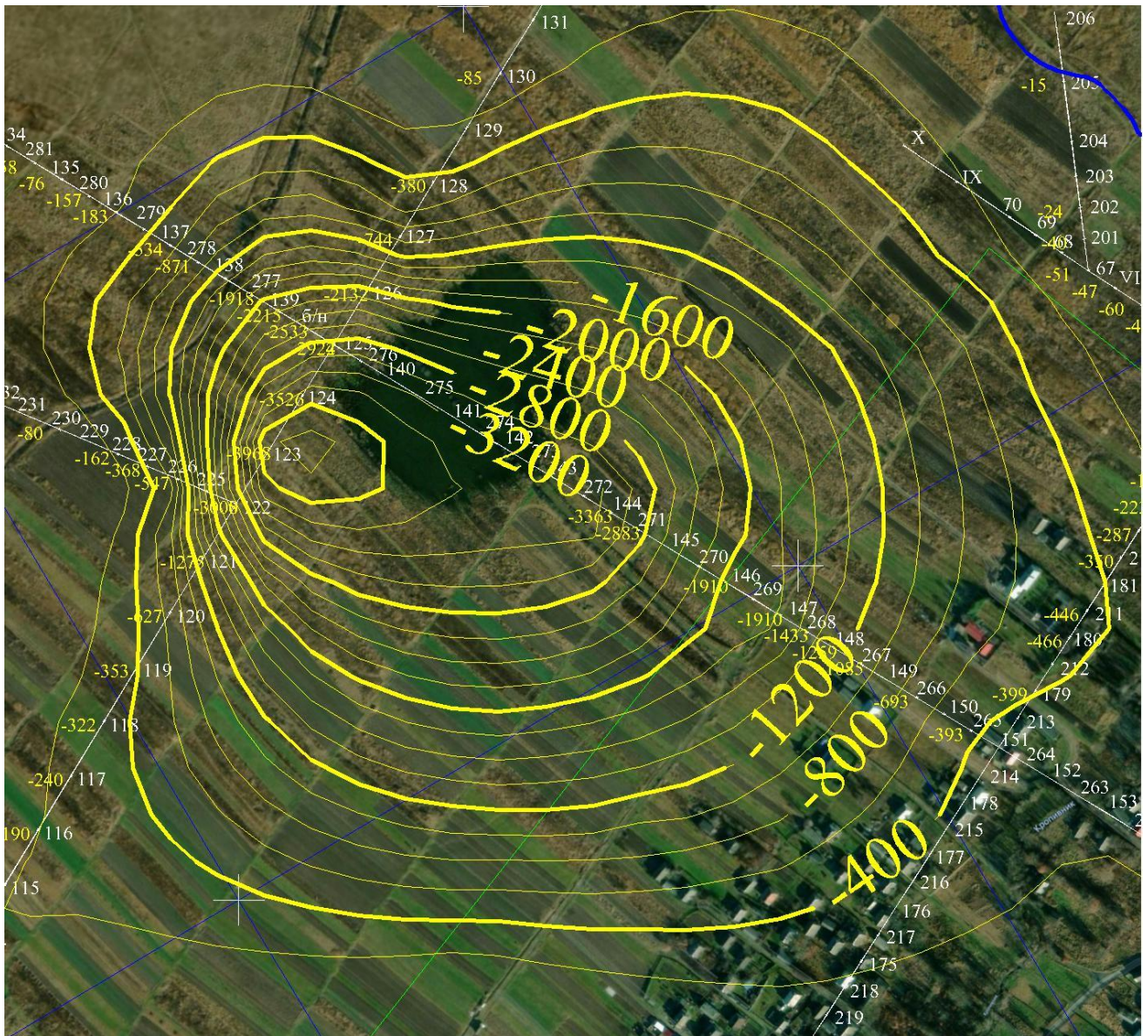
В результаті побудови прогнозної карти мульд осідання земної поверхні виділені наступні зони, в межах яких прогнозуються найбільші величини осідань земної поверхні на наступні два роки 2025-2027рр.

Перша ділянка знаходиться в північно-східній частині с. Кропивник, в епіцентрі якої знаходиться новоутворене озеро. Як бачимо з рис. 1.10, а також з аналізу таблиць і графіків додатків В.4, В.5, В.7 та В.9 прогнозується розширення мульди осідання у напрямку с. Кропивник. Так прогнозована сумарна величина осідання земної поверхні станом на VIII.2027 р. на краю озера становить понад 3.9 м.

На рис. 1.10 бачимо, що в районі найближчих до озера господарських дворів величина прогнозованого осідання земної поверхні від початку спостережень складає 500÷1000 мм (дивитися додаток Д.3).

Друга ділянка знаходиться в районі перетину чотирьох профільних ліній у північно-східній частині с. Кропивник (рис. 1.11). Аналізуючи дані додатків В.2, В.3, В.6 та рис. 1.11 слід зауважити, що максимальна величина осідання прогнозується в районі Рп 20 і становитиме близько 959 мм на 2027 р.

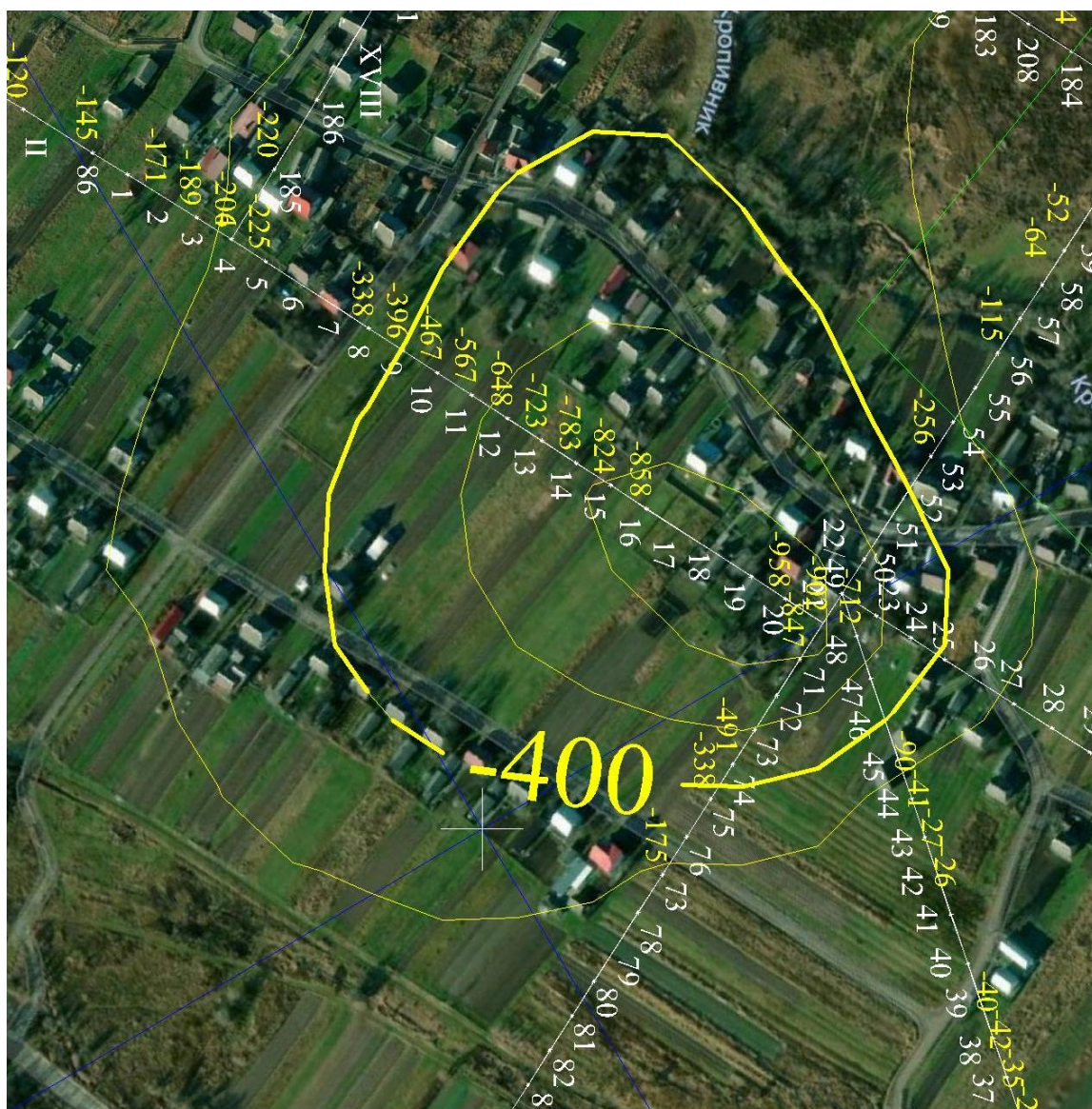
Прогнозується розширення вказаної мульди переважно у південно-західному напрямку. Зазначимо, що прогнозовані напрямки розвитку мульд з рис. 1.11 та рис. 1.12 можуть свідчити про їх злиття у майбутньому в одну велику мульду.



*Рисунок 1.10 – Прогнозна карта мульд осідання земної поверхні (фрагмент 1)*

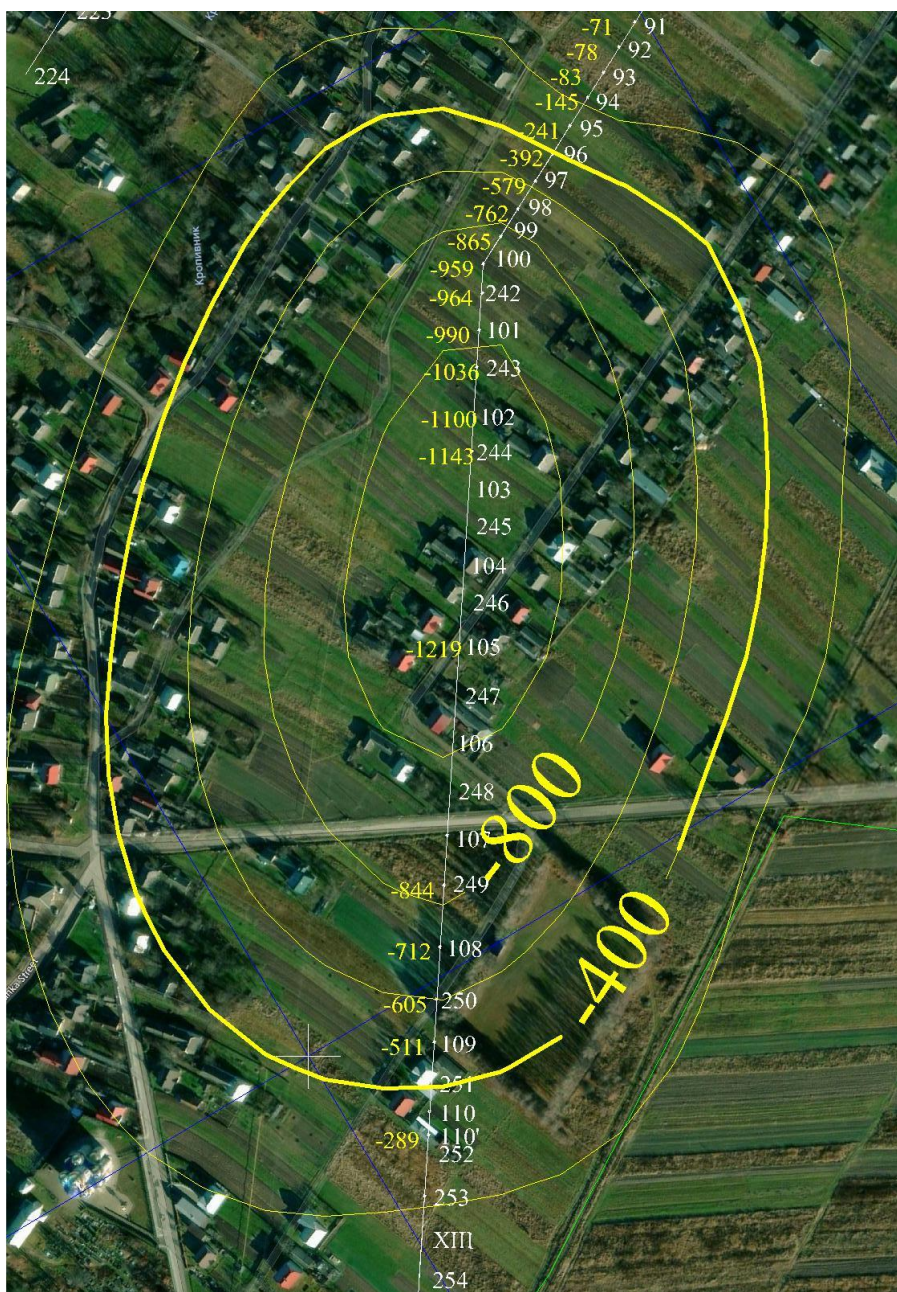
Третя ділянка розташована в центральній частині с. Кропивник у межах Рп 95 ÷ Рп 110 профільної лінії Рп 88 – Рп 260 (рис. 1.12 та додаток В.8).

Зазначимо, що хоч величини прогнозованих сумарних осідань ґрунтових реперів даної ділянки станом на 2027 р. сягають величини 1219 мм, проте результати вимірів 2021-2025 рр. свідчать про те, що процес осідання в районі новоутвореного озера починає сповільнюватись і складає 300 мм/рік.



*Рисунок 1.11 – Прогнозна карта мульд осідання земної поверхні (фрагмент 2)*

Аналізуючи вище наведені дані геодезичних спостережень, можна припустити, що в найближчі 10 років слід очікувати сповільнення швидкості осідання в районі новоутвореного озера та формування нового осідання землі в районі Рп 20 (рис.1.11). Таке припущення підтверджується і геофізичними спостереженнями. З часом ці дві локальні мульди осідання сформують одну єдину зону.



*Рисунок 1.12 – Прогнозна карта мульд осідання земної поверхні (фрагмент 3)*

**Висновки до розділу 1.** Результатом геодезичних спостережень у VI.2025 р. стало виконання серії геометричного нівелювання II класу між реперами профільних ліній рудників «Ново-Голинь» (в межах с. Кропивник) та «Калуш» (по вул. Європейська).

Результати геодезичних спостережень у серії VI.2025 р., виконаних по профільних лініях в межах шахтного поля «Ново-Голинь» та по лінії реперів вздовж вул. Європейська (м. Калуш), свідчать, що у період 2024-2025 р.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, площа водної поверхні якого за останній рік збільшилася.

Швидкість осідання реперів на березі новоутвореного озера у період 2024-2025 р.р. становить близько -300 мм/рік тоді, як у період 2023-2024 р.р. вона становила -350 мм/рік, а в 2022-2023 р.р. -500 мм/рік. Це свідчить, на нашу думку, про стабілізацію швидкості процесу осідання в цьому районі. Проте швидкість осідання все ще залишається значною.

Як і в період 2023-2024 р.р., протягом останнього року спостерігається інтенсивне осідання земної поверхні з швидкістю до -100 мм/рік в район 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.

Отримані результати геодезичного моніторингу реперів по вул. Європейська в м. Калуш свідчать про збереження величин осідань на тому ж рівні, що і в попередній рік (окрім Рп 15 та Рп 18, які протягом останнього року осіли на 1 см, величини осідань усіх реперів у межах 5 мм).

На даний час житлові будівлі, які знаходяться в зоні осідань, не мають наявних пошкоджень та відповідних деформацій. При збереженні наявних тенденцій просідань на наступні 10 років, немає підстав щодо утворення значних зон просідання земної поверхні та відповідно відселення мешканців. Проте контроль за осіданнями земної поверхні потрібно продовжувати, щоб у разі збільшення швидкості осідання попередити надзвичайну ситуацію техногенного походження та прийняти відповідні рішення щодо відселення мешканців, які проживають у небезпечній зоні.

## 2. ГЕОФІЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ СПОРУД (ДАМБ)

2.1 Геофізичні дослідження північно-східного та південно-східного берегів дамби хвостосховища №2 методом природного імпульсного електромагнітного поля Землі

Оцінка стану дамб є важливою складовою забезпечення безпеки навколишнього середовища та соціальної стабільності. Дамби виконують критичну роль у запобіганні затопленням, забезпеченні збереження водних ресурсів і захисту від ерозії.

Для виявлення можливих зон порушення дамби хвостосховища №2 виконано з північно-східного та південно-східного берегів дослідження методом природного імпульсного електромагнітного поля Землі загальною довжиною 1300 метрів (рис. 3). Загальна кількість спостережень склала 130 точок

Серія спостережень:

1. Частота спостережень 2 – 50 кГц – широкий діапазон частот.





*Рисунок 2.1 – Виконання польових спостережень методом ПЕМПЗ на північно-східному та південно-східному берегах Хвостосховища №2.*

2.2 Інтерпретація геофізичних досліджень методом ПЕМПЗ на північно-східному та південно-східному берегах дамби хвостосховища №2.

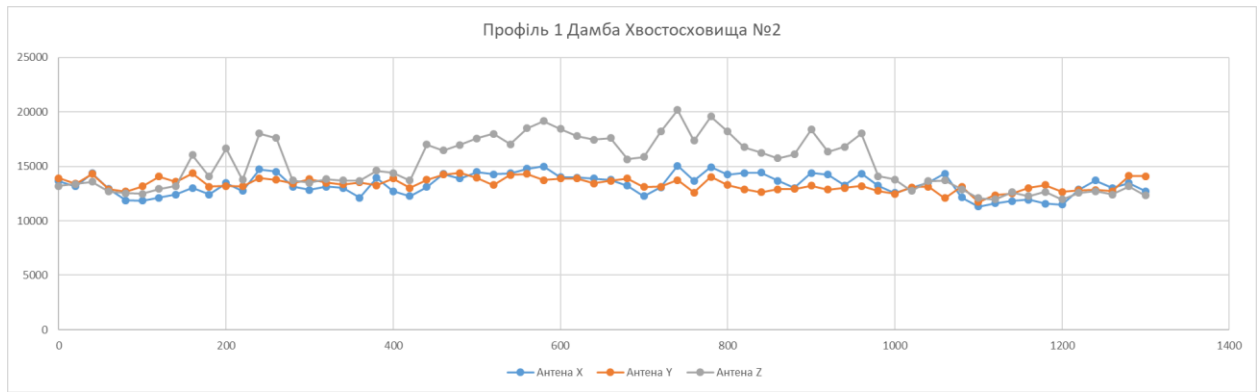
**Профільні** спостереження виконано методом ПЕМПЗ на ділянці дамби Хвостосховища №2 (рис.2.2). Частота спостережень 2 – 50 кГц – широкий діапазон частот.

Частота спостережень 2 – 50 кГц – широкий діапазон частот (рис. 2.3) Ділянка досліджень виконується вперше тому доречним є використання широкого діапазону частот. Цей діапазон дозволяє виявити аномальні зони від перших метрів до десятків метрів. Проведемо аналіз результатів інтерпретації даних ПЕМПЗ. Інтенсивність поля (антена Х) коливається від 13800 до 14300 імп/с при фоновому (варіаційному полі) 14000 – 14400 імп/с. Аномальних зон за антеною Х не виявлено. Інтенсивність поля за (антеною Y) складає 14100 до 14500 імп/с при фоновому 14000 - 14500 імп/с.



*Рисунок 2.2 Розташування точок спостереження на хвостосховищі №2*

Порівнявши спостережене та варіаційне поле аномальних зон за антеною Y не виділяється. Інтенсивність поля за (антеною Z) складає 11380 до 20000 імп/с при фоновому 14000 - 14500 імп/с. За компонентою Z виділяється дві аномальні зони: перша в районі ПК140 – 280, яка має протяжність 140 метрів та друга в районі ПК 420 – 980, протяжністю 560 метрів. Друга зона включає в себе ряд більш контрастних локальних аномалій ПК 700 - 820 та ПК 880 – 980, які пов'язані із можливими деформаціями дамби хвостосховища №2



*Рисунок 2.3. Результати інтерпретації даних ПЕМПЗ по профілю хвостосховища №2.*

За результатами геофізичних досліджень, методу природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ), встановлено зони напружено-деформованого стану тіла дамби хвостосховища №2. Виявлено наявність механічно-деформаційних процесів на різних глибинах та визначено небезпечні зони можливого прориву тіла дамби хвостосховища рис 2.4.



*Рис. 2. Результати досліджень на дамбі Хвостосховища №2 за даними ПЕМПЗ.*

**Висновки до розділу 2.** Оцінка стану геологічного середовища на територіях відпрацьованих соляних родовищ є важливою складовою моніторингових досліджень через значний вплив техногенних об'єктів. Необхідними методами моніторингових досліджень небезпечних гідротехнічних споруд на відпрацьованих родовищах калійної солі в постмайнінговий період є прямі методи (гідрогеохімічні) та допоміжні (топогеодезичні та геофізичні). Отримані результати досліджень дозволять оцінити ступінь розвитку деформаційних процесів та зон розущільнення гірських порід та планувати заходи, які спрямовані на забезпечення необхідних міцнісних характеристик дамби в ослаблених місцях з метою запобігання подальших деформацій та аварійних витоків розсолів із хвостосховища №2.

За результатами інтерпретації геофізичних досліджень 2025 року виділяються ділянки, які слід розглядати, як ослаблені та такі що потребують укріплення.

### **3. ГЕОФІЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НА ТЕРИТОРІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ШАХТНИХ ПОЛІВ КАЛУСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ**

**3.1 Геофізичні спостереження по вул. Європейська (Центральне каїнітове поле) та вул. Глібова, вул. Ю. Ганущак (Північно каїнітове поле) м. Калуш та с. Кропивник (рудник «Ново-Голинь»)**

*Центральне каїнітове поле, вул. Європейська*

Профільні спостереження виконано методом ПЕМПЗ на ділянці проходження автомагістралі по вул. Європейській, 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 (рис. 3.1).

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:

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

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



*Рисунок 3.1 – Виконання польових спостережень по вул. Європейська , центральне каїнітове поле.*

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 (рис. 3.2).

Серії спостережень:

1. Частота спостережень 2 – 50 кГц – широкий діапазон частот.

Загальна кількість фізичних точок спостереження по вул. Глібова - Вітовського склала 70 вимірів.

Загальна кількість фізичних точок спостереження по ділянці Провал склала 99 вимірів.



*Рисунок 3.2 – Виконання польових спостережень по вул. Глібова - Вітовського , ділянка Провал №14 північно каїнітове поле.*

У 2025 року на північно каїнітовому полі по вул. Ю. Ганущак утворився провали земної поверхні в р. Сівка Калуська. Для визначення причин провалу був виконаний метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ) (рис. 3.3).

Серії спостережень:

1. Частота спостережень 2 – 24 кГц – низький діапазон частот.

Загальна кількість фізичних точок спостереження в районі провалу біля вул. Ю. Ганущак склала 160 вимірів.



*Рисунок 3.3 – Виконання польових спостережень по вул. Ю. Ганущак північно каїнітове поле.*

Для визначення динаміки осідання в с. Кропивник виконано режимні спостереження методом ПЕМПЗ по реперним геодезичним профілям (рис.3.4).

Серії спостережень:

1. Частота спостережень 2 – 50 кГц – широкий діапазон частот;

Загальна кількість фізичних точок спостереження в с. Кропивник склала 210 вимірів.



*Рисунок 3.4 – Виконання польових спостережень в с.Кропивник рудник «Нова-Голинь»*

## 2.2 Інтерпретація геофізичних досліджень методом ПЕМПЗ по вул. Європейська (Центральне каїнітове поле), вул. Глібова, вул. Ю.Ганущак (Північно каїнітове поле) м. Калуш та с. Кропивник (рудник «Ново-Голинь»)

*Результати обробки даних ПЕМПЗ. Рудник «Ново-Голинь» (с. Кропивник)* Розглянемо результати обробки ПЕМПЗ по руднику «Ново-Голинь» с. Кропивник. Для зручності та співставлення даних прив'яжемо до

реперної геодезичної лінії, яка закріплена на місцевості. Профілі геодезичних та геофізичних спостережень співпадають та представлені на схемі розташування точок спостережень методом ПЕМПЗ, рудник «Ново-Голинь» (рис. 3.5). Територія досліджень охоплює с. Кропивник. На території с. Кропивник та його околиці розташовано 9 опорних геодезичних ліній по яких виконано геофізичні спостереження.

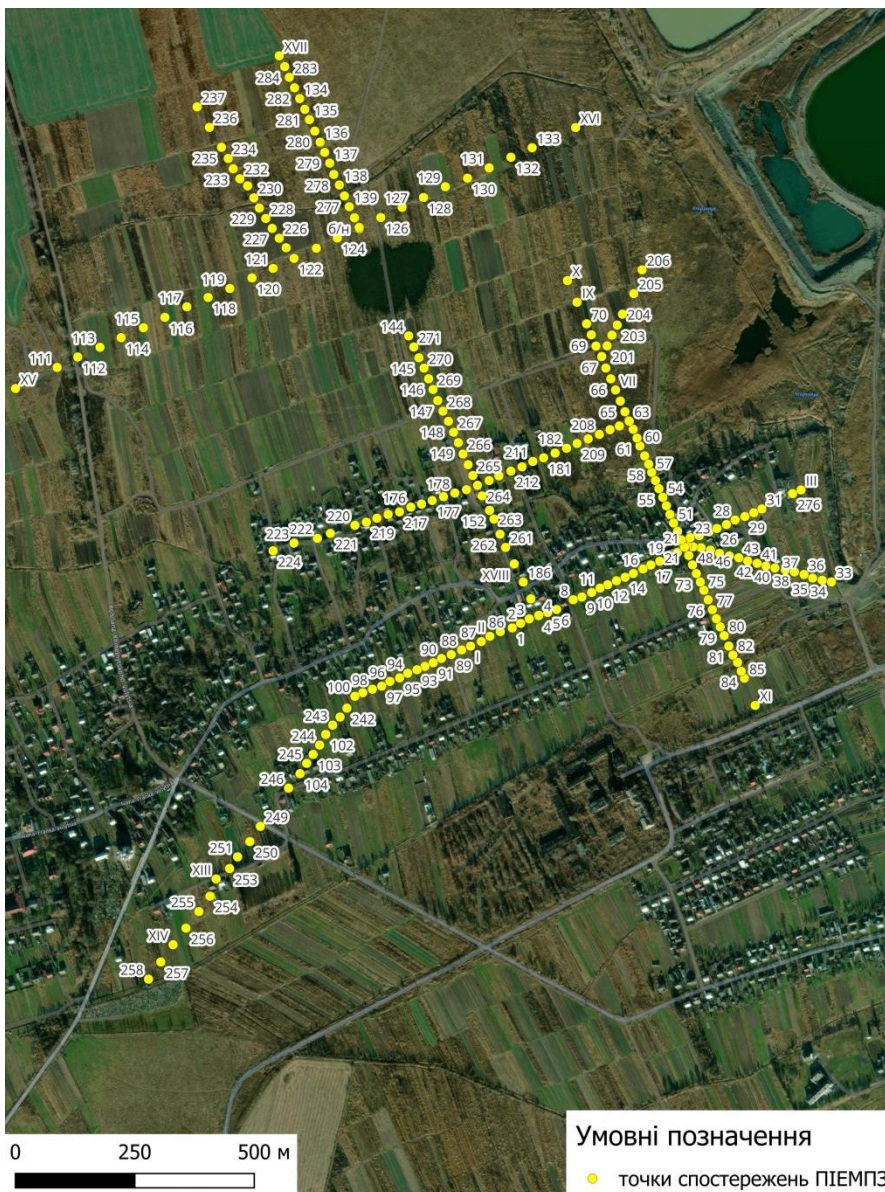


Рис. 3.5 - Схема спостережень методом ПЕМПЗ

Профільна лінія Рп 143 – Рп 4 та профільна лінія Рп 191 – Рп 276.

### Кропивник

Лінія проходить з південного сходу на північний захід та перетинає зону осідання земної поверхні на якій утворилося озеро.

Графіки інтенсивності випромінювання електромагнітного поля наведені на рис. 3.6 та 3.7 (лінія до озера та від озера). Проведемо аналіз даних по кожній антені. Інтенсивність поля (антена X) коливається від 21000 до 12000 імп/с при фоновому (варіаційному полі) 11000 – 12000 імс/с. Аномальна зона за антеною X знаходиться з Рп 265 по Рп 185, що супроводжується збільшенням інтенсивності поля. Інтенсивність поля за антеною Y значно менша та складає 16000 до 8000 імп/с при фоновому 7000 – 8000 імп/с. Аномальна зона виділяється у межах Рп 263 – Рп 4. Графік за антеною Z змінюється за інтенсивністю випромінювання електромагнітного поля, що коливається в межах 20000 – 6000 імп/с, при фонових значеннях 6000 – 7000 імп/с. Аномальна зона контрастна, має протяжність від Рп 148 до Рп 4. Продовження колись єдиної геодезичної лінії наведено на рис. 3.7. У результаті значного осідання земної поверхні частина реперів була втрачена (утворилось озеро).

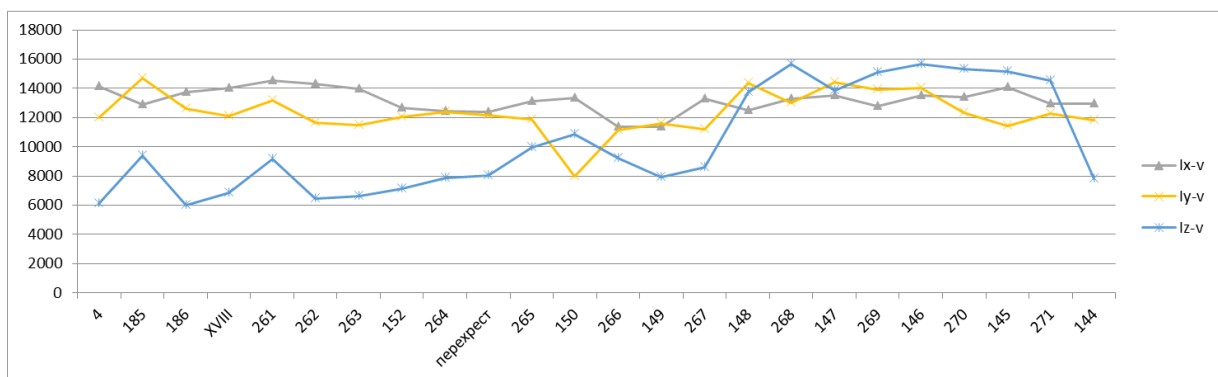
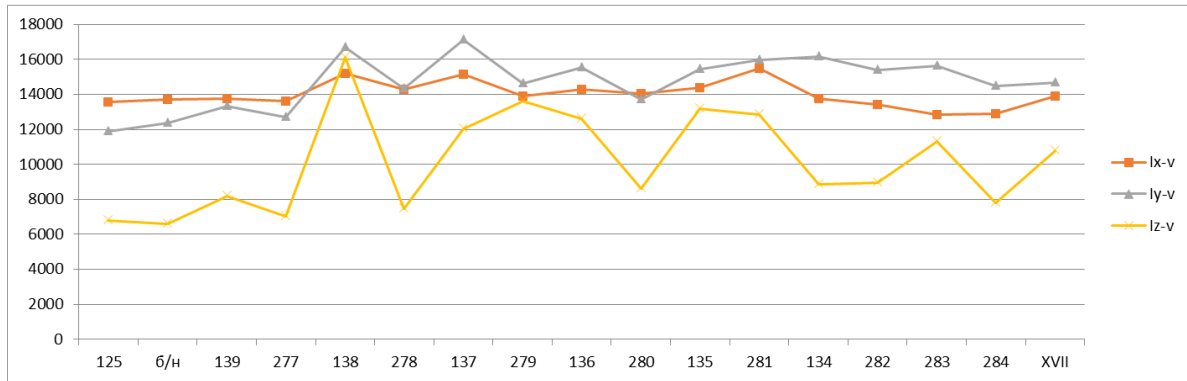


Рис. 3.6 Результат інтерпретації даних методом ПІЕМПЗ, Профільна лінія Рп 144 – Рп 4. антена X, антена Y, антена Z.

Інтенсивність поля за антеною X змінюється від 12000 до 17000 імп/с при фоновому (варіаційному полі) 11000 – 12000 імс/с. Аномальна зона за антеною X знаходиться з Рп 285 - Рп 276, що супроводжується диференціацією

інтенсивності поля. За антеною Y поле змінюється від 8000 до 16000 імп/с при фоновому 7000 – 8000 імп/с. Аномальна зона виділяється у межах Рп 285 - Рп 276. Графік за антеною Z змінюється за інтенсивністю випромінювання електромагнітного поля, що коливається в межах 8000 – 13000 імп/с, при фонових значеннях 6000 – 7000 імп/с. Аномальна зона малоінтенсивна та має протяжність від Рп 285 - Рп 276.



*Рис. 3.7 Результат інтерпретації даних методом ПІЕМПЗ, Профільна лінія Рп 191 – Рп 276. антена X, антена Y, антена Z.*

#### Профільна лінія Рп XV – Рп XVI. Кропивник

Графіки інтенсивності випромінювання електромагнітного поля представлені на рис. 3.8 (лінія проходить біля озера). Інтенсивність поля (антена X) коливається від 15000 до 19000 імп/с при фоновому (варіаційному полі) 11000 – 12000 імс/с. Аномальна зона за антеною X знаходиться з Рп 123 і простягається до Рп XV, що супроводжується збільшенням інтенсивності поля. Інтенсивність поля за антеною Y є меншою та складає 10000 до 15000 імп/с при фоновому 7000 – 8000 імп/с. Аналіз графіка по антені Y характеризує зміну поля та виділяється аномалія у межах Рп 123 по Рп XV. Зміна поля за антеною Z коливається в межах 6000 – 14000 імп/с, при фонових значеннях 6000 – 7000 імп/с. Поле є вираженим, а аномальна зона чітко виділяється у вигляді різкого пониження інтенсивності випромінювання електромагнітного поля, яка тяжіє до Рп 123 – Рп 111 та збільшенням поля Рп 133 – Рп 124.

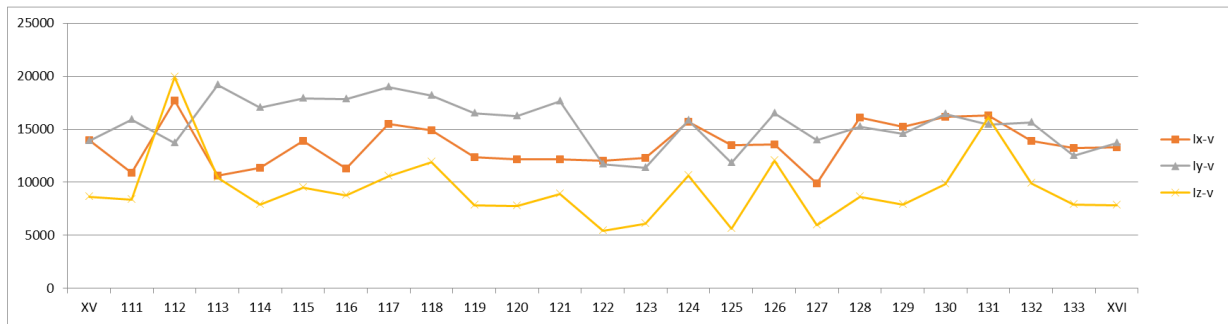


Рис. 3.8 Результат інтерпретації даних методом ПІЕМПІЗ, Профільна лінія Pn XV – Pn XVI . антена X , антена Y , антена Z

#### Профільна лінія Рп 122 - Рп 237. Кропивник

Графіки інтенсивності випромінювання електромагнітного поля представлені на рис. 3.9. Інтенсивність поля антена X коливається від 14000 до 20000 імп/с при фоновому (варіаційному полі) 11000 – 12000 імс/с. Аномальна зона, яка супроводжується незначним мінімумом знаходиться на Рп 232 – Рп.230. Реєстрація поля за антеною Y має біль виражений характер поля та змінюється в межах 10000 до 15000 імп/с при фоновому 7000 – 8000 імп/с. На графіку виділяються дві зони, які знаходяться у межах Рп 237 – Рп 235 та Рп 231 – Рп 132 . Поле зареєстроване за антеною Z змінюється від 9000 до 15000 імп/с при фоновому 6000 – 7000 імп/с. Виділяються дві зони із підвищеними значення інтенсивності випромінювання, які розташовані в межах Рп 237 – Рп 235 та Рп 229 – Рп 132.

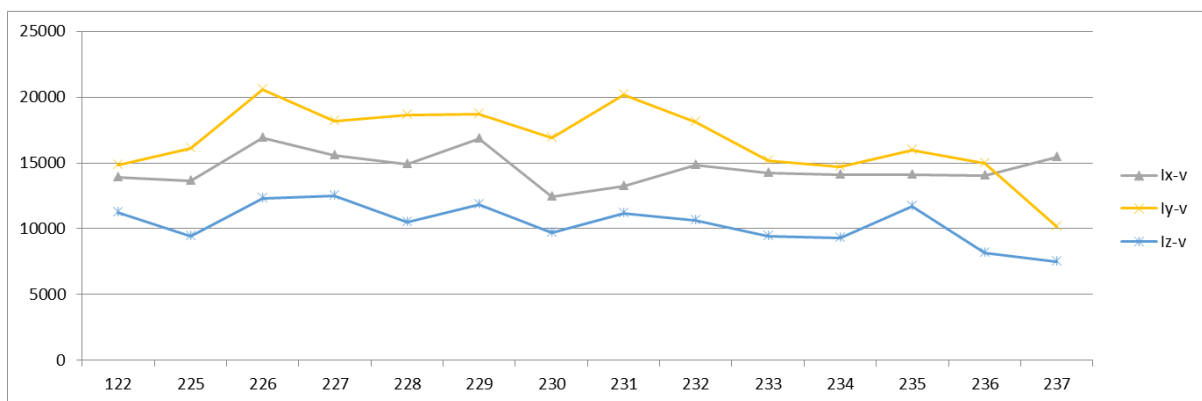


Рис. 3.9 Результат інтерпретації даних методом ПІЕМПІЗ, Профільна лінія Pn 122 - Pn 237. антена X , антена Y , антена Z

### Профільна лінія Рп 22/49 – Рп 33. Кропивник

Графіки інтенсивності випромінювання електромагнітного поля представлені на рис. 3.10. Інтенсивність поля за антеною Х змінюється від 16000 до 18000 імп/с при фоновому (варіаційному полі) 11000 – 12000 імс/с. На графіку виділяється декілька зон із зменшенням та збільшенням інтенсивності поля, так на Рп 21 – Рп 44 та Рп 41 – Рп 34 відмічається зменшення, а на Рп 45 – Рп 42, Рп 33 збільшення. Інтенсивність поля за антеною Y значно менша та складає 5000 до 15000 імп/с при фоновому 7000 – 8000 імп/с. На графіку виділяються дві аномалії Рп 21 – Рп 46 та Рп 42 – Рп 34. Графік за антеною Z змінюється в межах 5000 – 11000 імп/с, при фонових значеннях 6000 – 7000 імп/с. Аномалія розташована в межах Рп 21 – Рп 46.

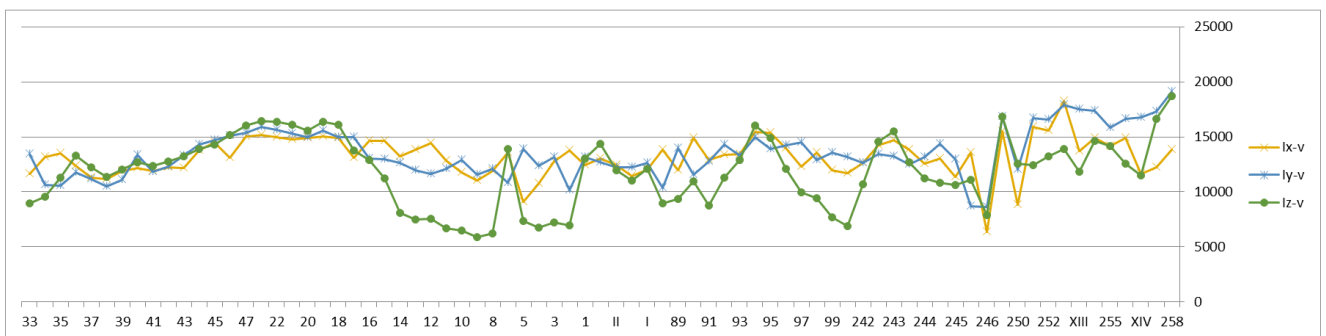


Рис. 3.10 - Результат інтерпретації даних методом ПІЕМПЗ, Профільна лінія Рп 258 - Рп 33. антена X, антена Y, антена Z

### Профільна лінія Рп 63 – Рп 224. Кропивник

Графіки інтенсивності випромінювання електромагнітного поля представлені на рис. 3.11. Інтенсивність поля (антена X) коливається від 5000 до 19000 імп/с при фоновому (варіаційному полі) 11000 – 12000 імс/с. Аномальна зона за антеною X має протяжність із Рп 178 – Рп 224, що відображається збільшенням інтенсивності поля. Інтенсивність поля за антеною Y складає 4000 до 15000 імп/с при фоновому 7000 – 8000 імп/с. На графіку виділяється дві зони Рп 63 – Рп 211 та Рп 218 – 224. Графік за антеною

Z має інтенсивність аномалій випромінювання електромагнітного поля, що коливається в межах 5000 – 15000 імп/с, при фонових значеннях 6000 – 7000 імп/с. Аномальна зона знаходиться в межах Рп 217 – Рп 224 .

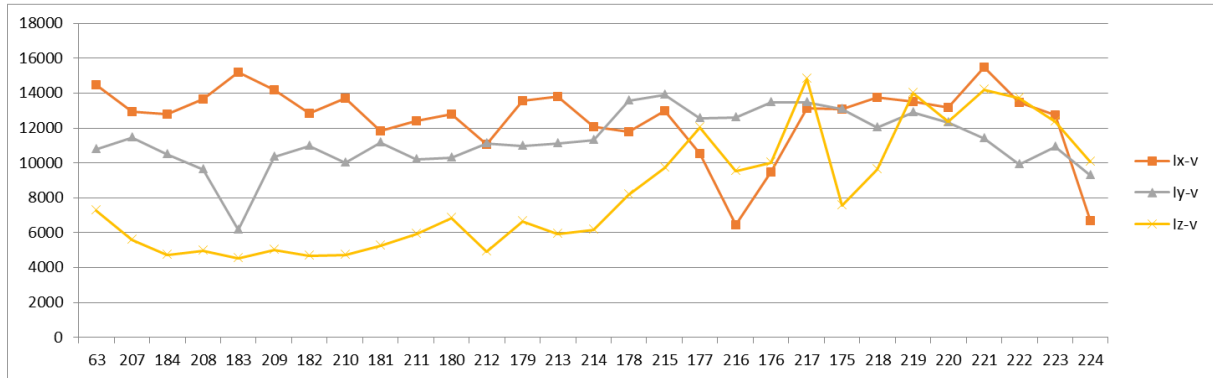


Рис. 3.11 Результат інтерпретації даних методом ПІЕМПЗ, Профільна лінія Рп 63 – Рп 224 . антена X , антена Y , антена Z

#### Профільна лінія Рп XI – Рп X Кропивник

Графіки інтенсивності випромінювання електромагнітного поля представлені на рис. 3.12. Інтенсивність поля (антена X) коливається від 10000 до 20000 імп/с при фоновому (варіаційному полі) 11000 – 12000 імс/с. За антеною X виділяється ряд аномальних зон - Рп X – Рп 60, Рп 57 – Рп 72 та Рп 75 – Рп 82. Інтенсивність поля за (антеною Y) складає 16000 до 8000 імп/с при фоновому 7000 – 8000 імп/с. На графіку виділяється дві зони Рп X – Рп 64 та Рп 60 – Рп 83. Графік за антеною Z змінюється в межах 6000 – 20000 імп/с, при фонових значеннях 6000 – 7000 імп/с. Аномальна зона має досить значну протяжність і знаходиться в межах Рп 63 – Рп 84 .

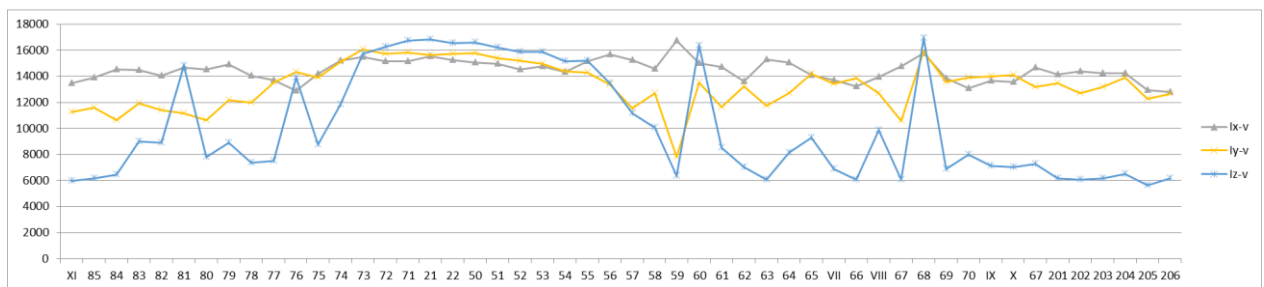


Рис. 3.12 Результат інтерпретації даних методом ПІЕМПЗ, Профільна лінія Рп X – Рп XI . антена X , антена Y , антена Z

### Профільна лінія Рп 21 – Рп III. Кропивник

Графіки інтенсивності випромінювання електромагнітного поля представлені на рис. 3.13. Інтенсивність поля (антена X) коливається від 10000 до 15000 імп/с при фоновому (варіаційному полі) 11000 – 12000 імс/с. Аномальна зона за антеною X знаходиться в межах Рп 21 – Рп III серією локальних аномалій. Інтенсивність поля за антеною Y змінюється в межах 11000 до 12000 імп/с при фоновому 7000 – 8000 імп/с. На графіку виділяється як одна зона з протяжністю Рп 21 – Рп 27. Графік за антеною Z має інтенсивність аномалій випромінювання електромагнітного поля, коливається в межах 1000 – 10000 імп/с, при фонових значеннях 5000 – 7000 імп/с. На графіку виділяється як одна зона з протяжністю Рп 21 – Рп 27.

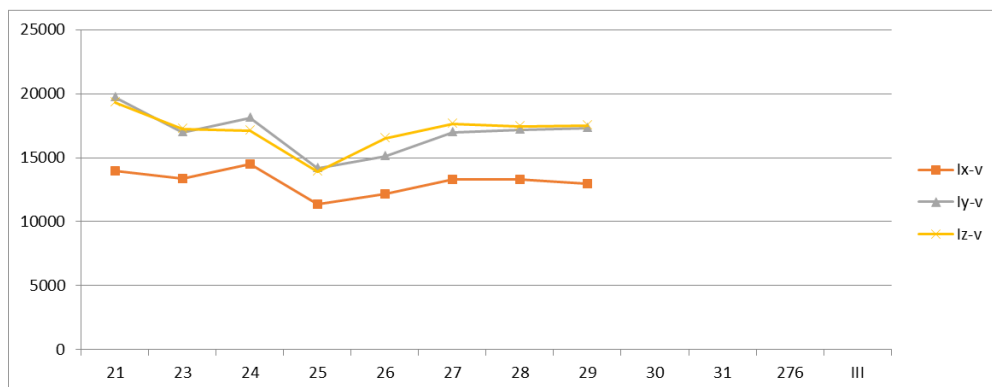


Рис. 3.13 Результат інтерпретації даних методом ПЕМПЗ, Профільна лінія Рп 21 – Рп III . антена X, антена Y, антена Z

### **Результати обробки даних ПЕМПЗ. Рудник «Калуш» (м. Калуш, вул. Європейська)**

Профільні спостереження виконано методом ПЕМПЗ 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;

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.

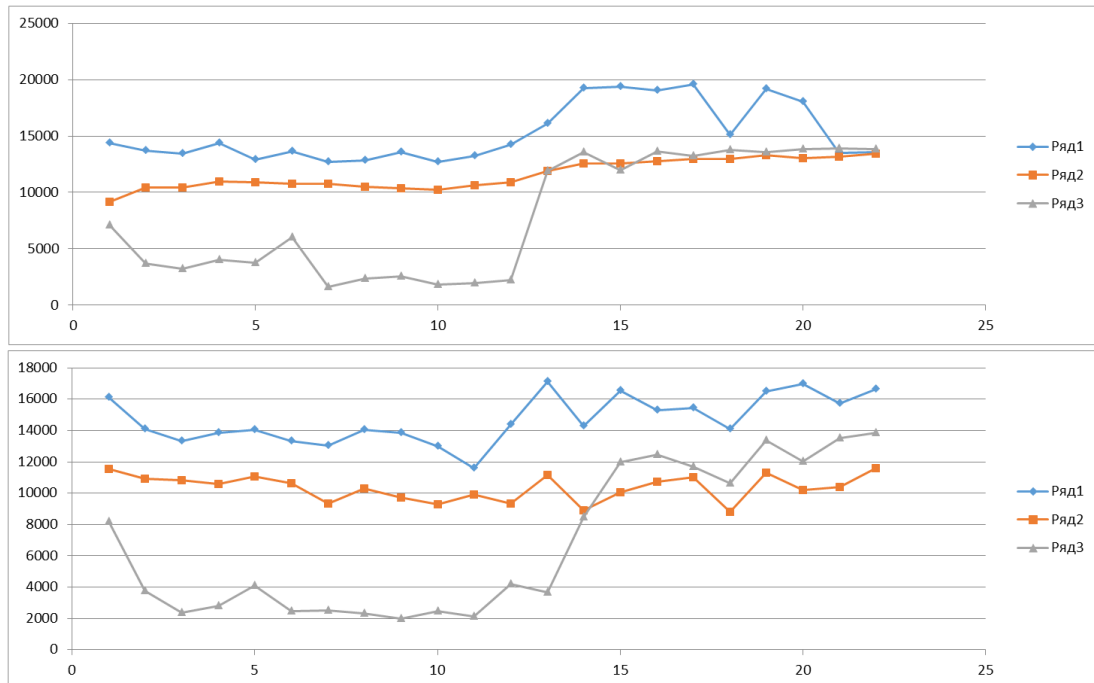


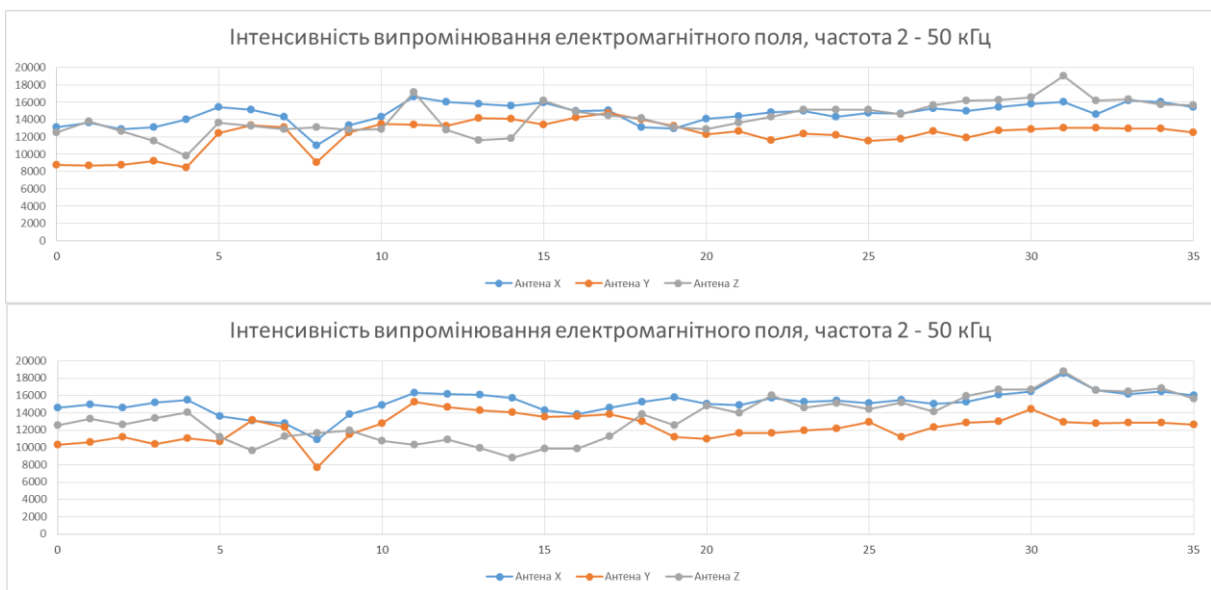
Рис. 3.14 - Інтенсивність випромінювання електромагнітного поля, частота спостережень 2 - 50 кГц.

Інтенсивність поля (антена X) коливається від 12000 до 16000 імп/с при фоновому (варіаційному полі) 8000 – 10000 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 10000 до 12000 імп/с при фоновому 8000 – 10000 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 5000 до 20000 імп/с при фонових значеннях 5000 – 8000 імп/с

***Результати обробки даних ПЕМПЗ. Рудник «Калуш» (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 з частотою спостережень 2 – 50 кГц – широкий діапазон частот (рис. 3.15). Інтенсивність поля (антена Х) коливається від 8000 до 14000 імп/с при фоновому (варіаційному полі) 6000 – 8000 імс/с. Аномальна зона за антеною Х 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. 3.15 - Інтенсивність випромінювання електромагнітного поля, частота спостережень 2 - 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. 3.16. Частота спостережень 2 – 50 кГц. Інтенсивність поля (за антенами Х, Y та Z) коливається від 5000 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 5000-8000 імп/с пов'язані із зонами розвантаження (зонами розущільнення) та зонами майбутніх провалів.

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

Дослідження виконані на ділянці 100х150 метрів, яка зображена на рис. 3.17. Частота спостережень 2 – 50 кГц. Інтенсивність поля (за антенами Х, Y та Z) коливається від 5000 до 22000 імп/с при фоновому (варіаційному полі) 10000 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 5000-8000 імп/с пов'язані із зонами розвантаження (зонами розущільнення) та зонами майбутніх провалів.

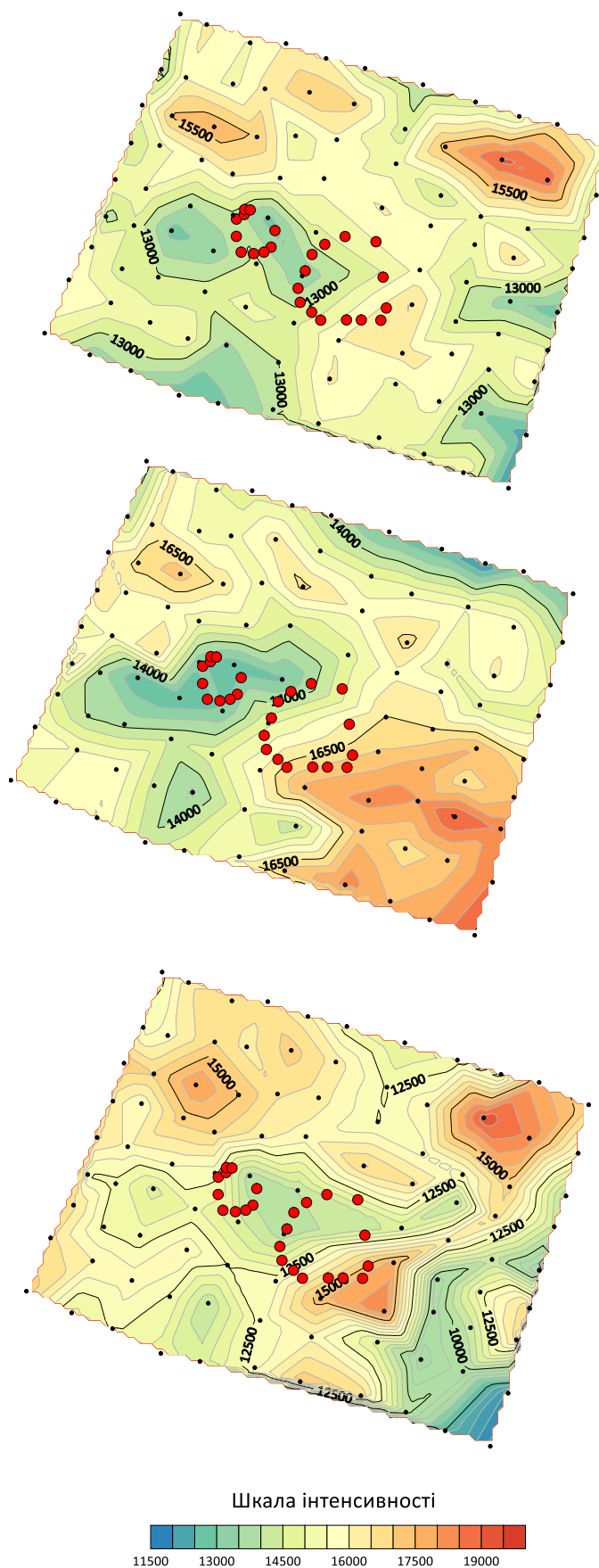


Рис. 3.16 - Інтенсивність випромінювання електромагнітного поля, частота спостережень 2 - 50 кГц. Ділянка Провал №14, м. Калуш Північно каїнітове поле. а) антена X; б) антена Y; в) антена Z.

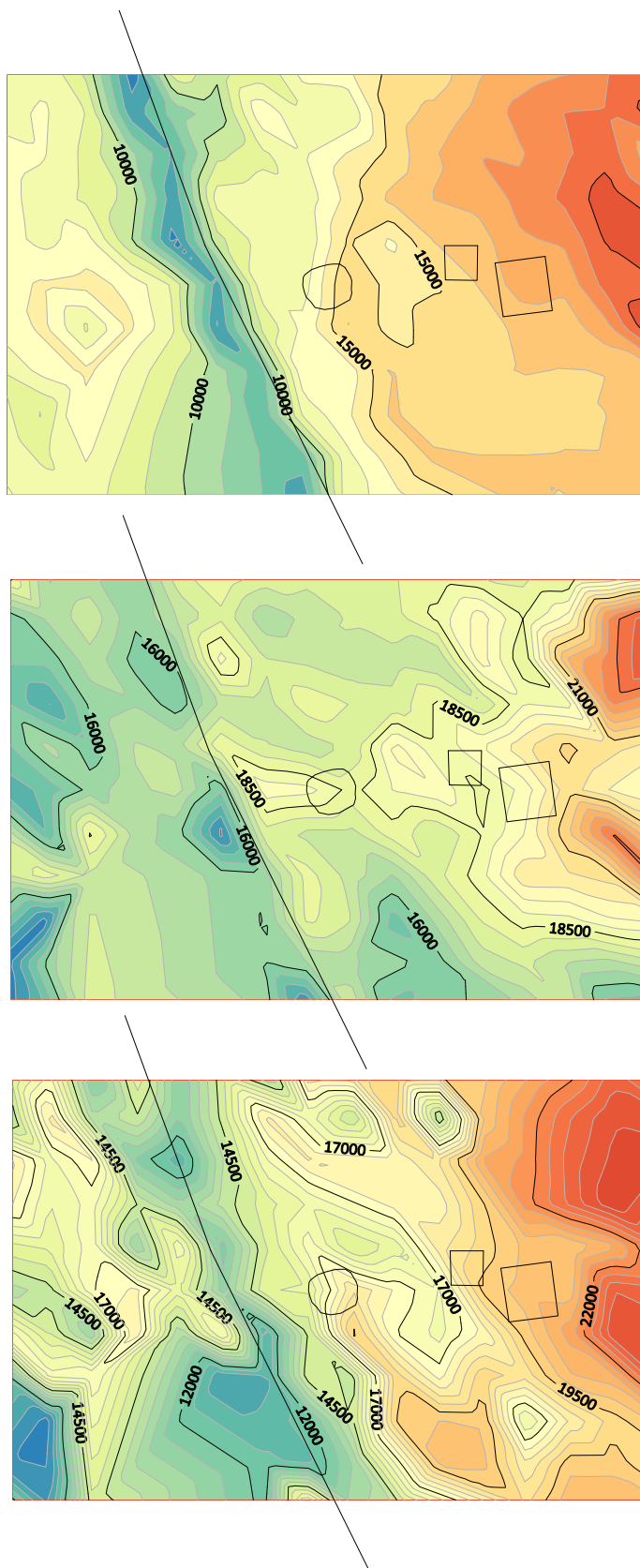


Рис. 3.17 - Інтенсивність випромінювання електромагнітного поля в районі провалу Рудник «Калуш» (вул. Ю. Ганушак (Північно каїнітове поле), частота спостережень 2 - 50 кГц.. а) антена X; б) антена Y; в) антена Z.

### **3.3 Прогнозування зони можливого утворення карстових провалів земної поверхні по вул. Глібова, Ю.Ганущак, м. Калуш (Північно каїнітове поле) за даними геофізичних вимірювань**

Комплексним параметром для прогнозування зон можливих утворень карстових провалів та осідань земної поверхні є 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:

$$T = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}, \quad (3.1)$$

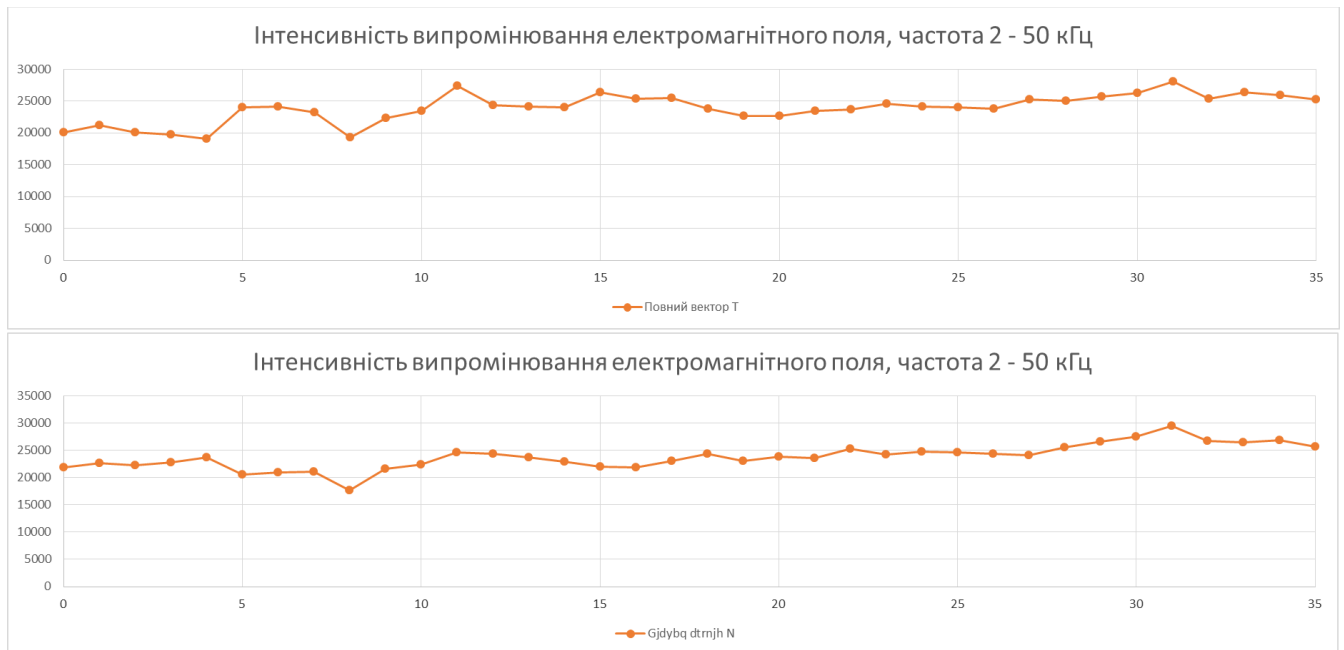
де:

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

#### ***Північно каїнітове поле (вул. Глібова)***

Прогнозування карстових провалів в районі дороги територіального значення Т14 – 19 та провалу 14 виконуються з 2023 року, які виконуються у профільному та площинному варіанті.

Профільні спостереження проводяться з двох сторін дороги та мають загальну протяжність 700 метрів. Результати інтерпретації профільних досліджень представлені у вигляді графіків повного вектора напруженості електромагнітного поля Землі (рис.3.18). Провівши аналіз графіків встановлено, що зміна поля є незначною, виділяються окремі локальні аномалії в діапазоні пікетів 5 – 15. На час досліджень закартовані зони не становлять загрози.



*Рис. 3.18 Графіки розповсюдження напружено-деформованого стану гірських порід в районі дороги територіального значення Т14 – 19.*

Площинні дослідження охоплюють відомі провали 14 (а, б, в, г, д, е та інші). За результатами інтерпретації даних природного імпульсного електромагнітного поля Землі отримано карту розповсюдження напружено-деформованого стану гірських порід, яка представлена на рис. 3.19. Проведемо аналіз цієї карти. Збільшення напруження гірничого масиву зосереджено навколо відомих карстових провалів, проте в середині спостерігається зменшення інтенсивності поля. Це свідчить про те, що розвиток цих процесів є активним та буде розвиватися в часі. На рис.3.19 та 3.20 виділено контур можливих провалів земної поверхні. Слід звернути увагу що розвиток карстових процесів буде розповсюджуватись в бік дороги територіального значення Т14 – 19.

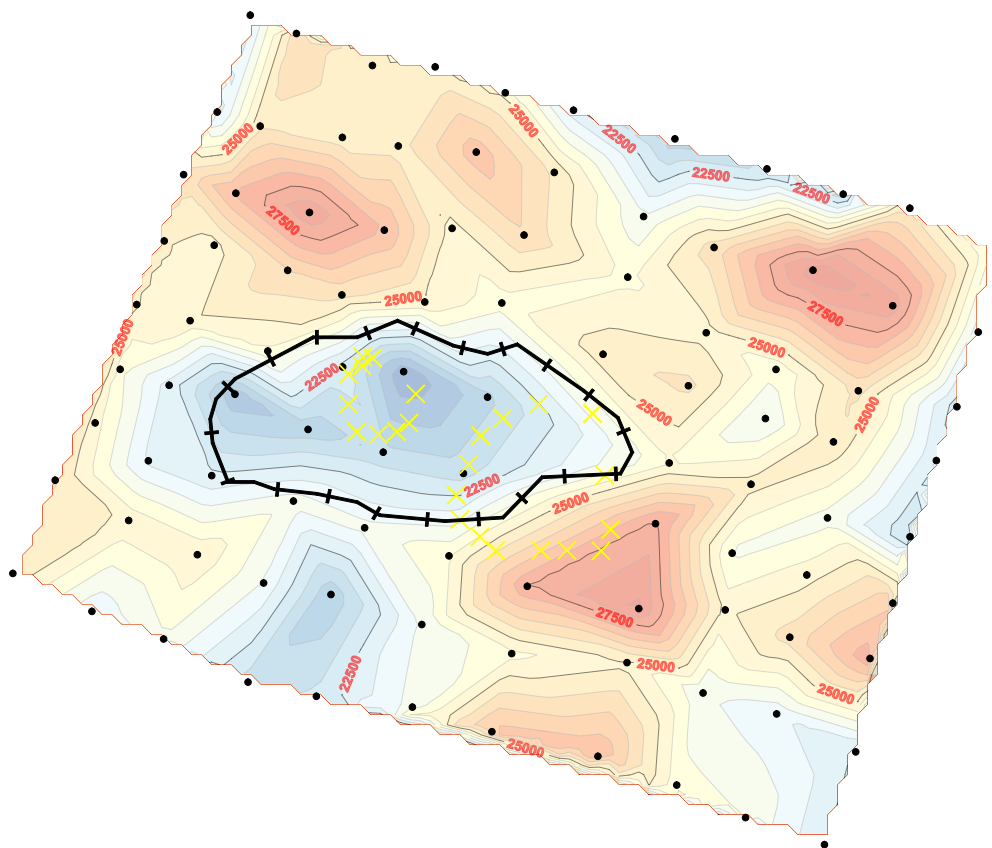
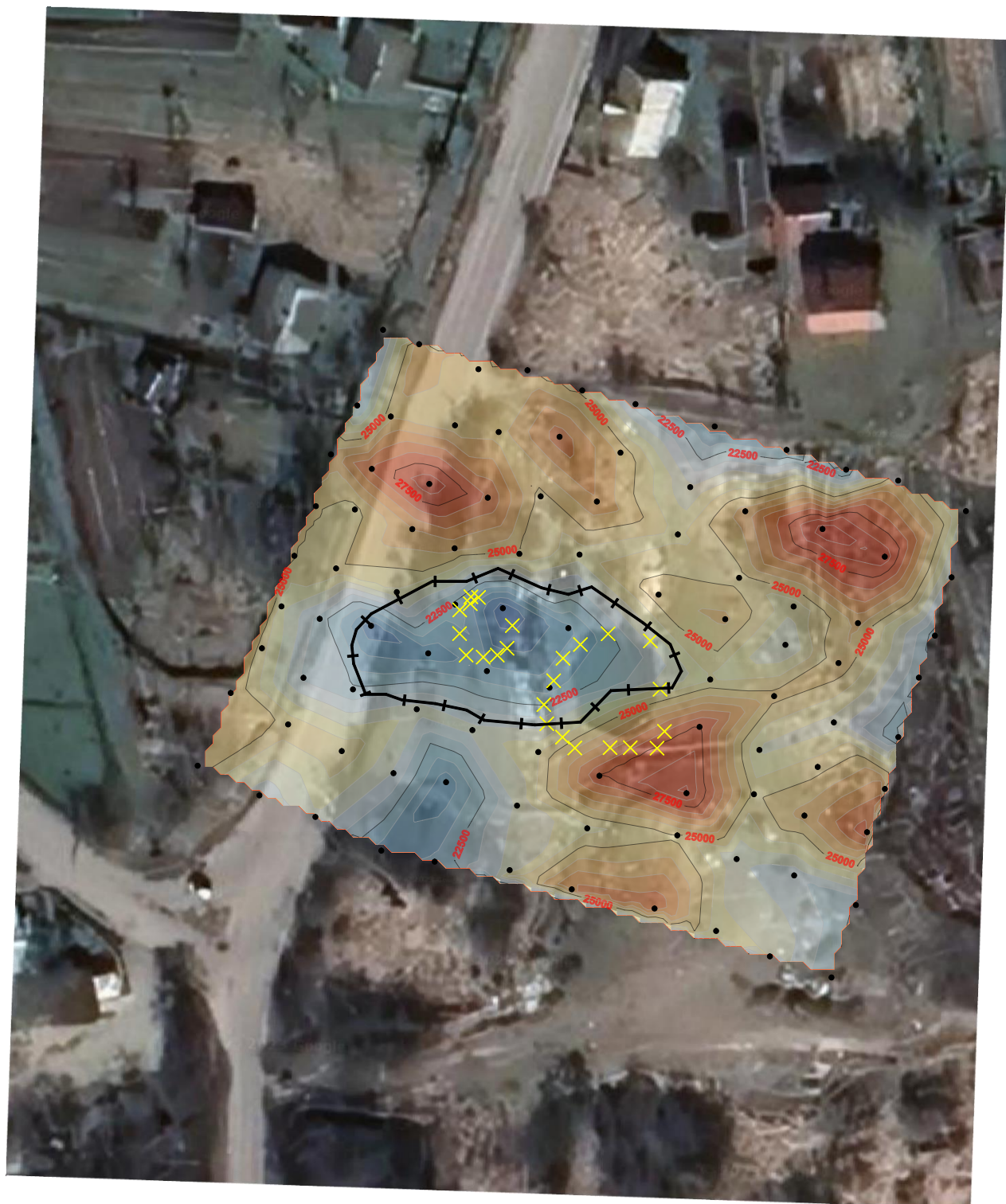


Рис. 3.19 Карта розподілу напружено-деформованого стану гірських порід в районі провалу №14.

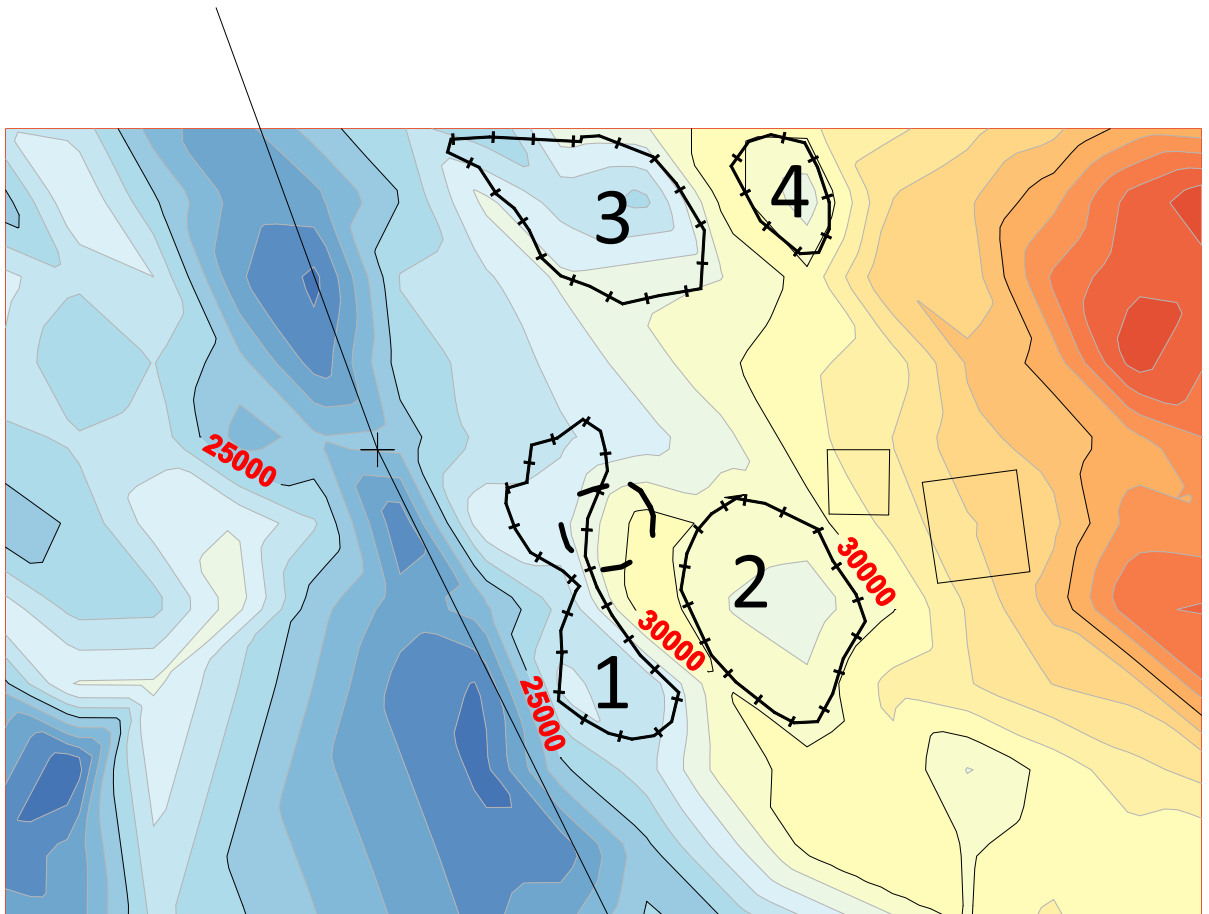


*Рис. 3.20 Карта розподілу напружено-деформованого стану гірських порід в районі провалу №14 суміщена на космознімок.*

### *Північно каїнітове поле (вул. Ю. Ганущак)*

Роботи започатковані та включені до моніторингу у зв'язку із утворенням у 2025 році карстового провалу у річці Сівка. Розташування ділянки дослідження проводилось таким чином щоб захопити основні об'єкти інфраструктури та жилий будинок в якому проживають мешканці.

Аналіз поля по ділянці дослідження є неоднозначним і змінюється від 20000 до 30000 імп/с. За результатами інтерпретації виділено ряд локальних аномалій, які можуть бути пов'язані із карстовими провалами (рис. 3.21). Аномалії 1 та 2 мають безпосередній зв'язок із карстовим провалом який утворився у річці Сівка та свідчать що ці процеси будуть розвиватись у часі. Аномалії 3 та 4 не підтверджені карстовими процесами на поверхні землі тому слід у майбутньому очікувати можливих нових провалів.



*Рис. 3.21 Карта розподілу напружено-деформованого стану гірських порід в районі річка Сівка та вул. Ганущак.*

На рисунку 3.22 проведено суміщення території дослідження та картографічних матеріалів, які дають наочне представлення куди буде розвиватися карстовий провал у часі.

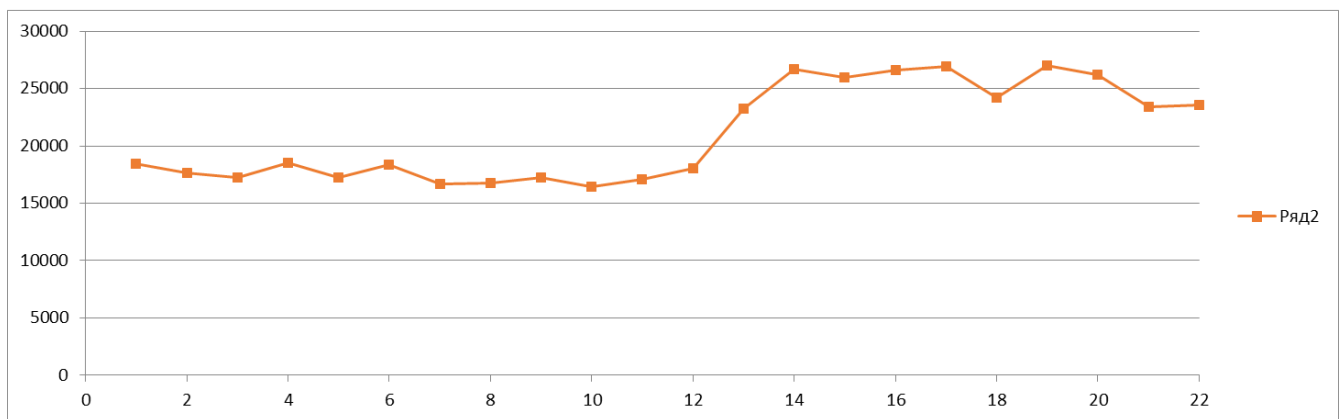


*Рис. 3.22 Карта розподілу напружено-деформованого стану гірських порід в районі провалу №14 суміщена на космознімок.*

### ***Північно каїнітове поле (вул. Європейська)***

Дослідження по вул. Європейська проводяться з 2021 року. У різні роки виконувались різночастотні реєстрації електромагнітного поля Землі. Так у 2021 році виконано загальний діапазон частот. У 2023 -2024 роках виконано

дослідження у вузьких діапазонах з розділення на окремі глибинні відрізки. Враховуючи що осідання по вулиці Європейська складають до 300 мм, у 2025 році виконано повний діапазон частот 2- 50 кГц. Проведемо аналіз цих графіків. (рис.3.33). Наведено графік підтверджує 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 які підтверджені спостереженнями на низьких частотах. За топографо-геодезичними спостереженнями швидкість осідання на поверхні землі склала -26.7 мм.



*Рисунок 3.33 – Графіки розподілу напружено-деформованого стану гірських порід в районі дороги вул. Європейська м. Калуш*

### **3.4 Визначення динаміки осідання земної поверхні, зон напружено-деформованого стану гірських масивів відпрацьованих шахтних полів за даними 2021-2025 років в с. Кропивник. Побудова карти з нанесенням небезпечних зон пов'язаних з осіданням земної поверхні та можливими провалами в с. Кропивник.**

Динаміка осідання земної поверхні полягає в основних двох формах. Перше – це збільшення напружено-деформованого шару на перших глибинах, що приводить до збільшення інтенсивності імпульсного поля. Отже маємо однозначний взаємозв'язок чим більша інтенсивність поля тим більший напружено-деформований стан гірських порід. Коли гірські породи перебувають у напружено-деформованому стані біля провалів та зон осідання земної поверхні в центрі мульд та карстових процесів формується зона розущільнення гірських порід, яка відповідає низьким значенням інтенсивності випромінювання. Тобто щоб виділити майбутній провал або осідання нам потрібно, щоб працювали цих два елементи.

Розглянемо ці елементи на практиці на прикладі моніторингових спостережень у 2021 та 2025 рр. На рис.3.34 представлено розповсюдження напружено-деформованого стану гірських порід в с. Кропивник за 2021 р. На карті спостерігається одна велика зона та ряд локальних які відповідають цим вимогам. Ці зони пов'язані із осіданням земної поверхні та формуванням озера на ній.

На рис.3.35 представлено розповсюдження напружено-деформованого стану гірських порід в с. Кропивник за 2025 р. Відбулась зміна у перерозподілі напружень та відповідно розділення однієї великої зони на дві локальні. На рисунку 3.36 представлено карту різниць розповсюдження напружено-деформованого стану гірських порід в с. Кропивник за 2025 – 2021 рр., яка дає відповідь у якому напрямку та у якому місці буде відбуватись майбутні осідання земної поверхні. Для кращого сприйняття карти були накладені на космічний знімок, які представлені на рис. 3.37 – 3.39

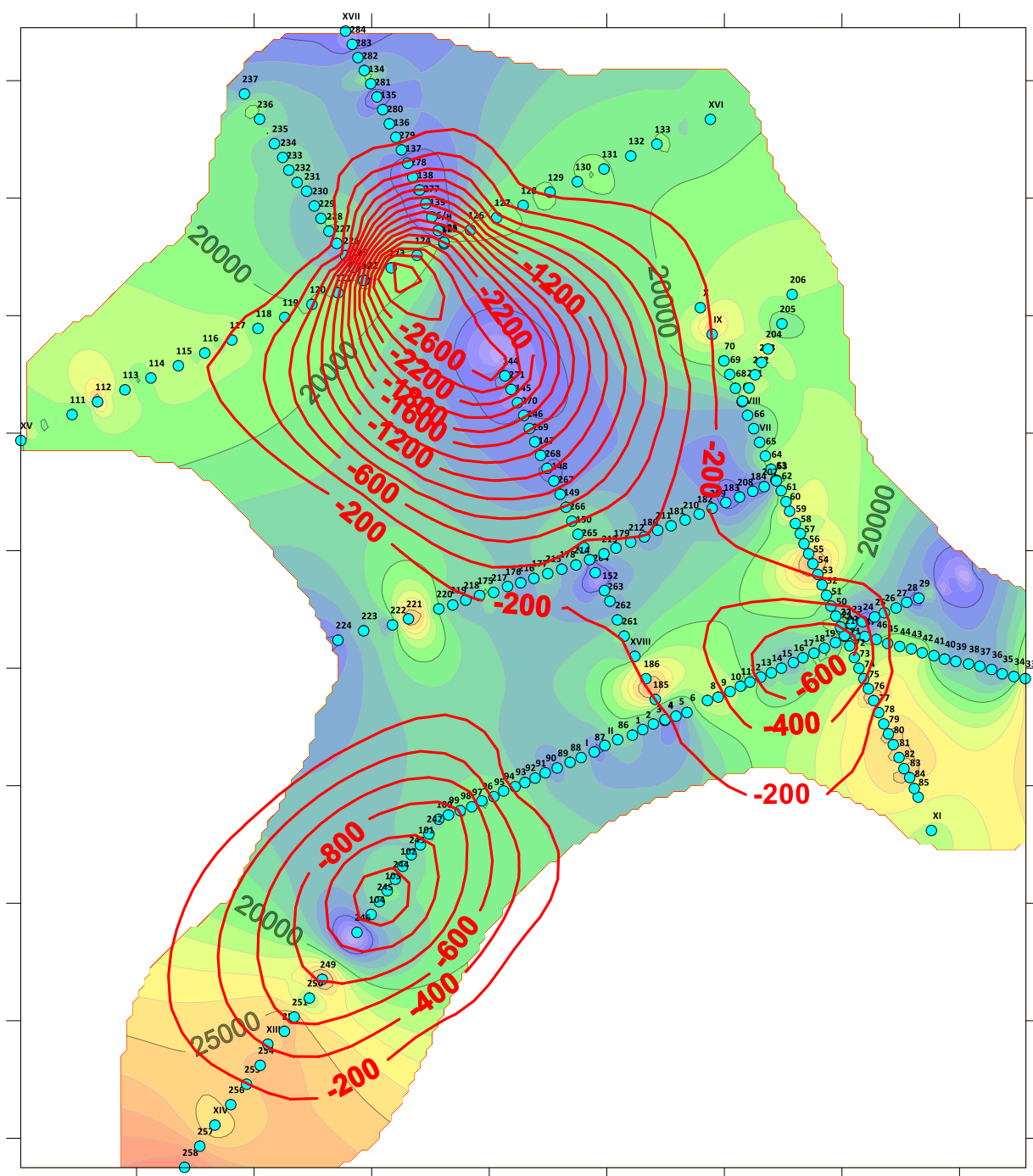


Рисунок 3.34 – Карта розподілу напружено-деформованого стану гірських порід в с. Кропивник за 2021 р

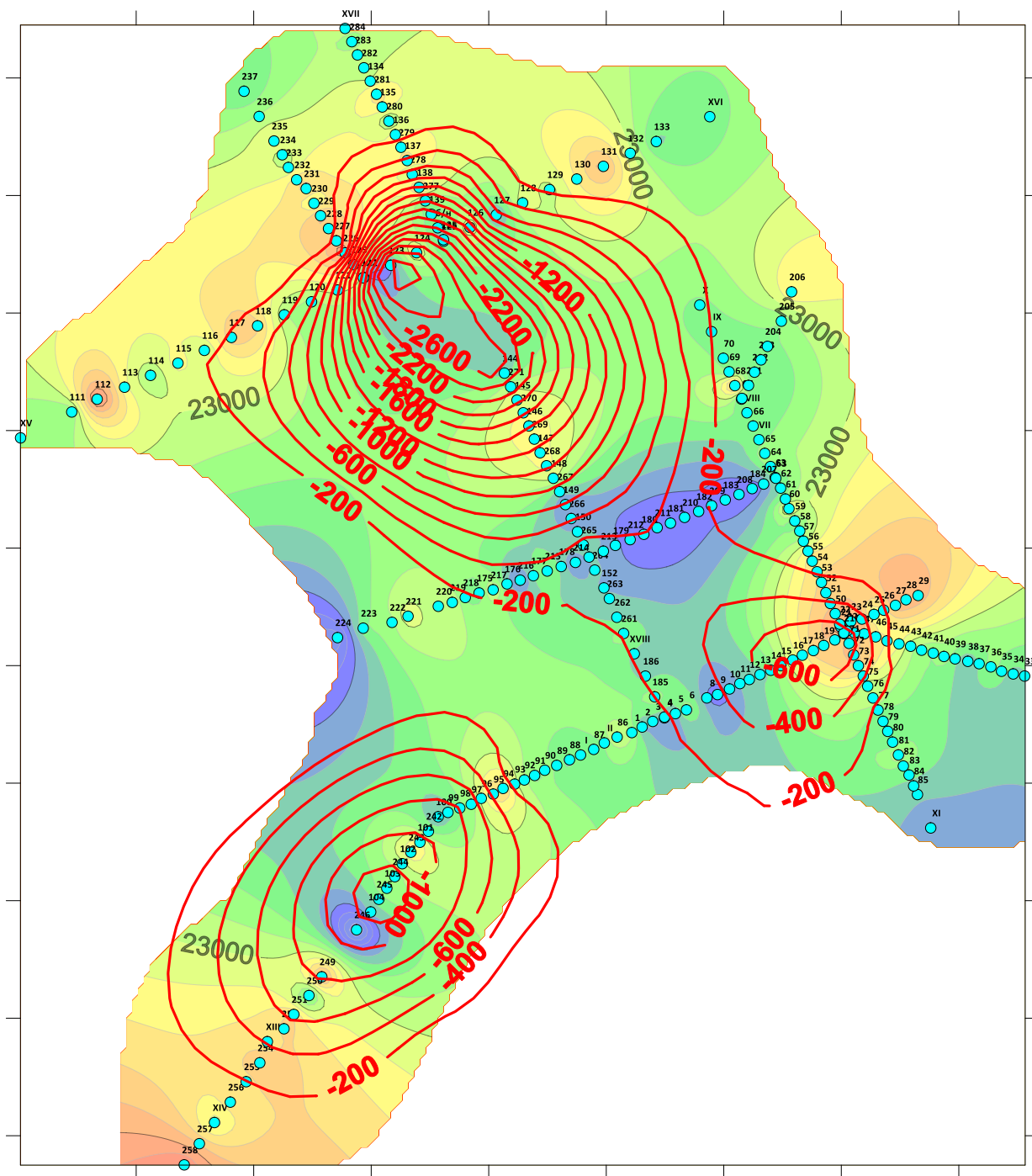


Рисунок 3.35 – Карта розподілу напружено-деформованого стану гірських порід в с. Кропивник за 2025 р

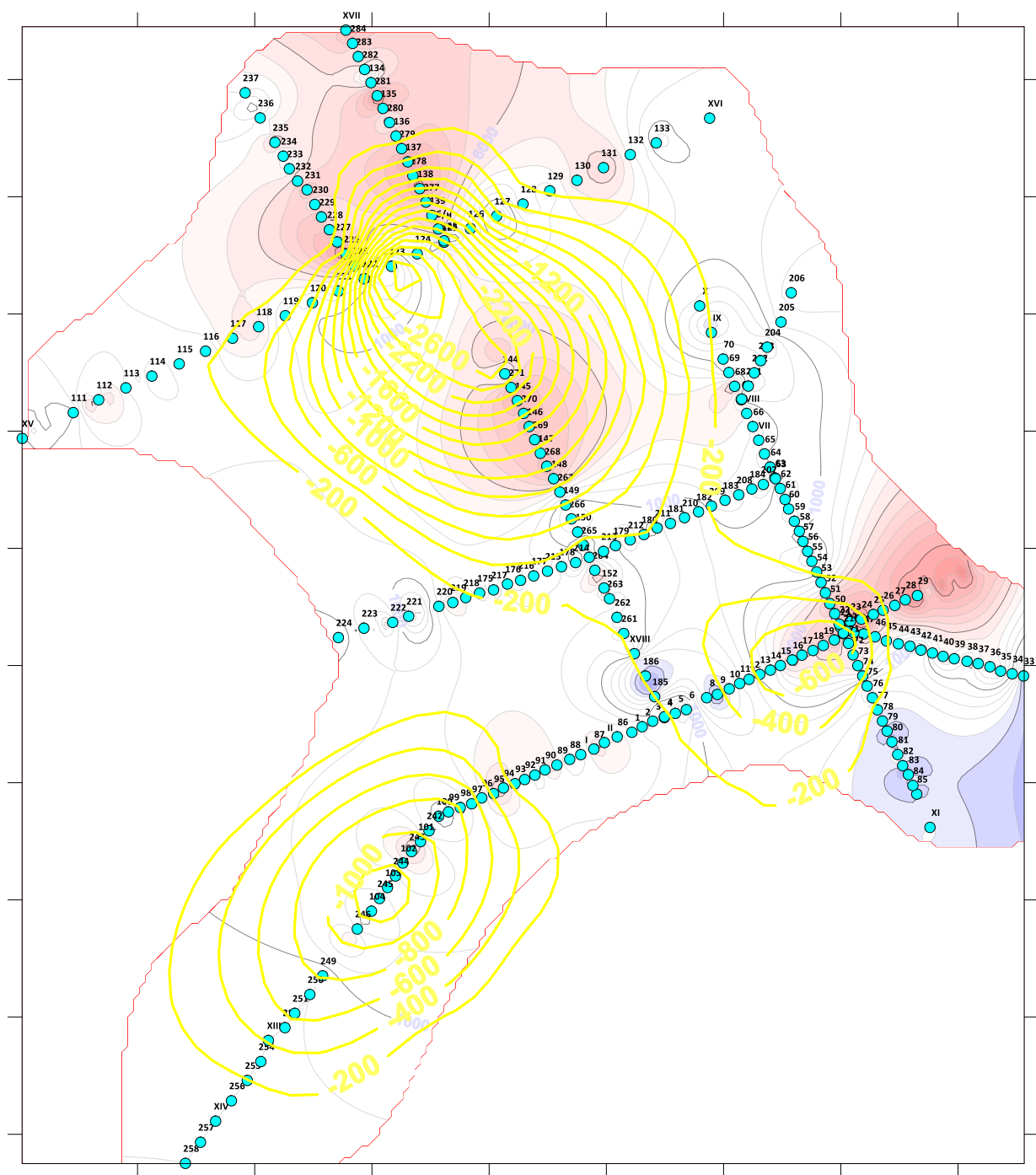


Рисунок 3.36 – Карта різниць розподілу напружено-деформованого стану гірських порід в с. Кропивник за 2025 – 2021 рр

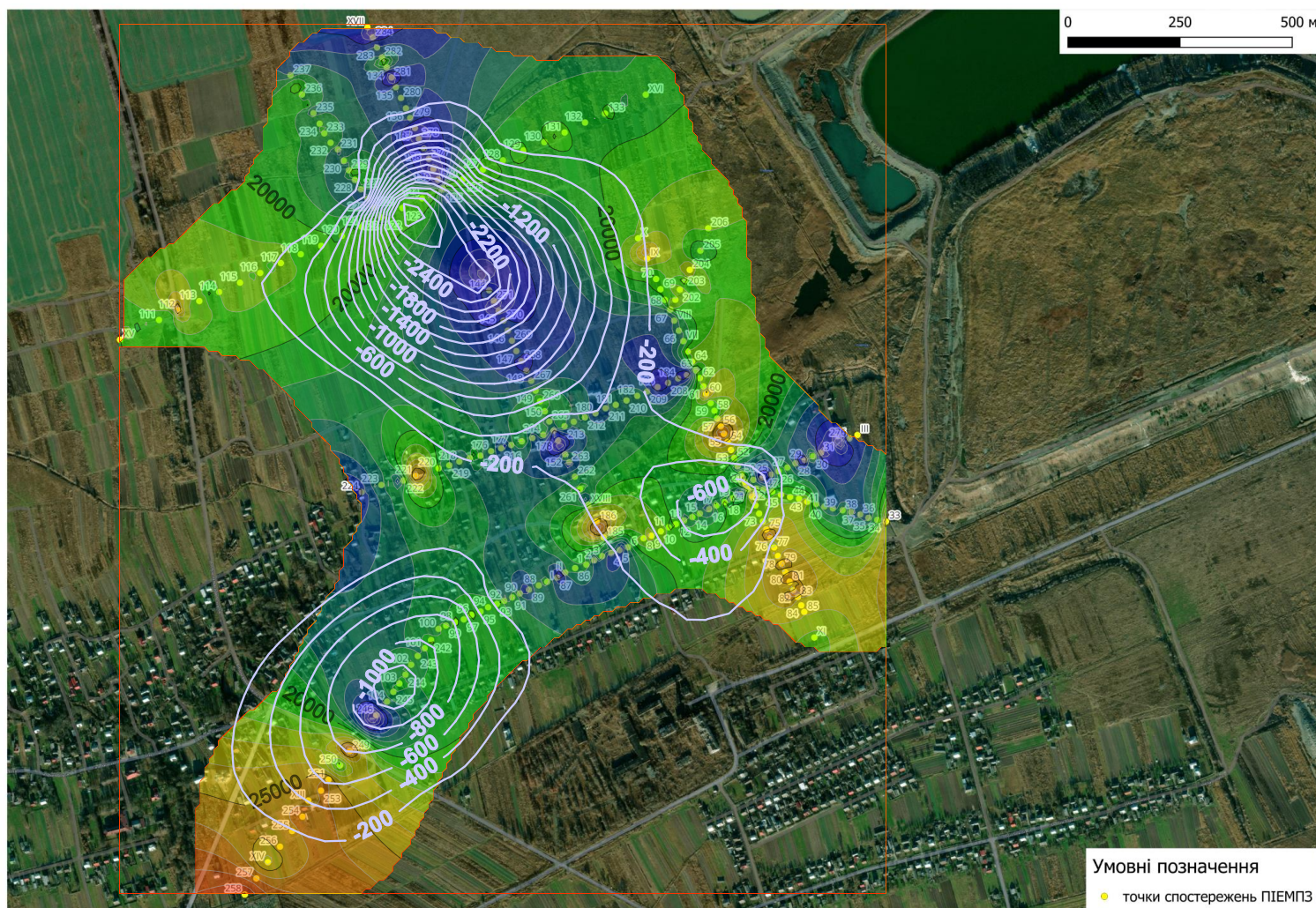


Рисунок 3.37 – Карта розподілу напружено-деформованого стану гірських порід в с. Кропивник за 2021 р суміщена на космознімок

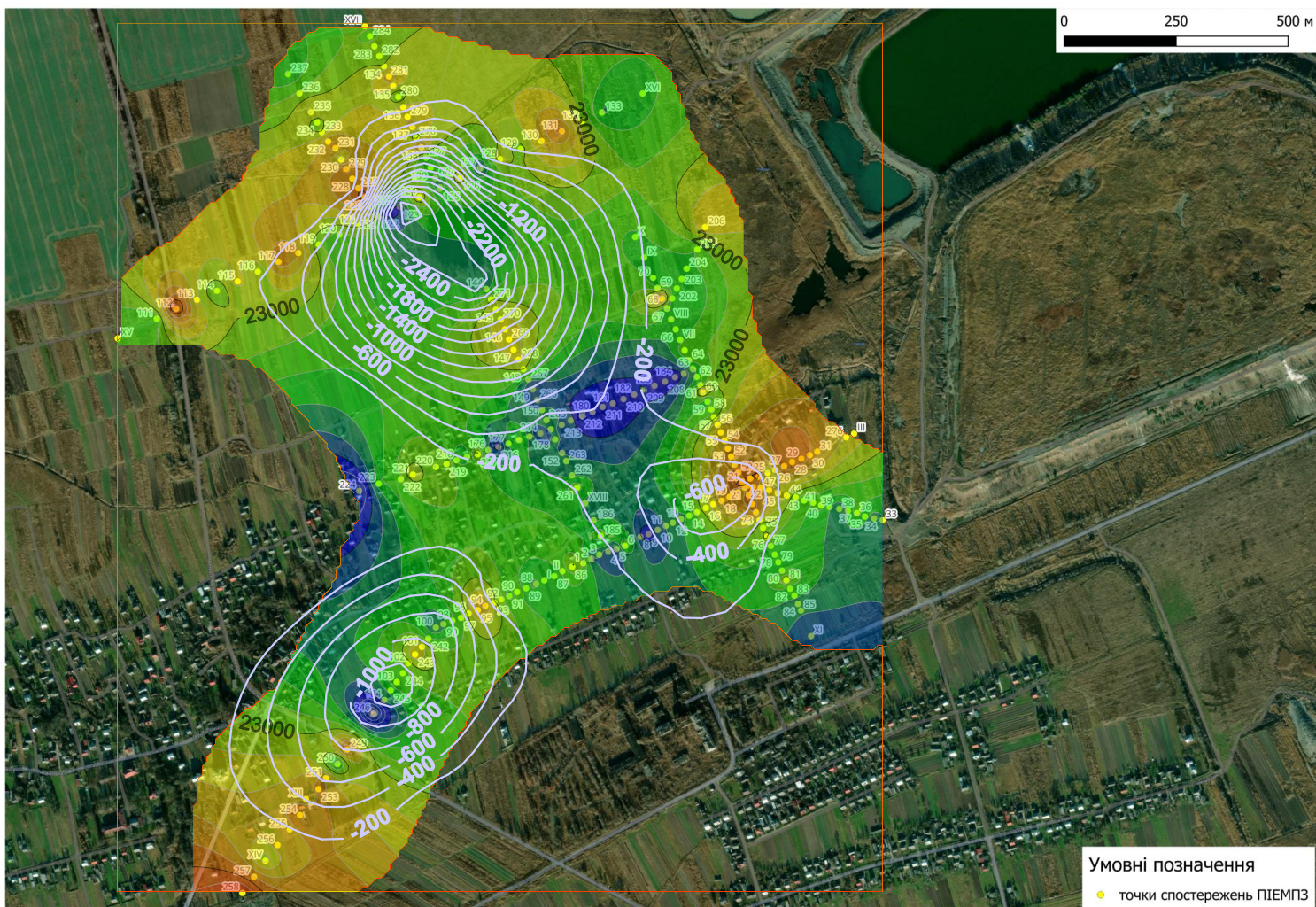


Рисунок 3.38 – Карта розподілу напружено-деформованого стану гірських порід в с. Кропивник за 2021 р суміщена на космоснімок

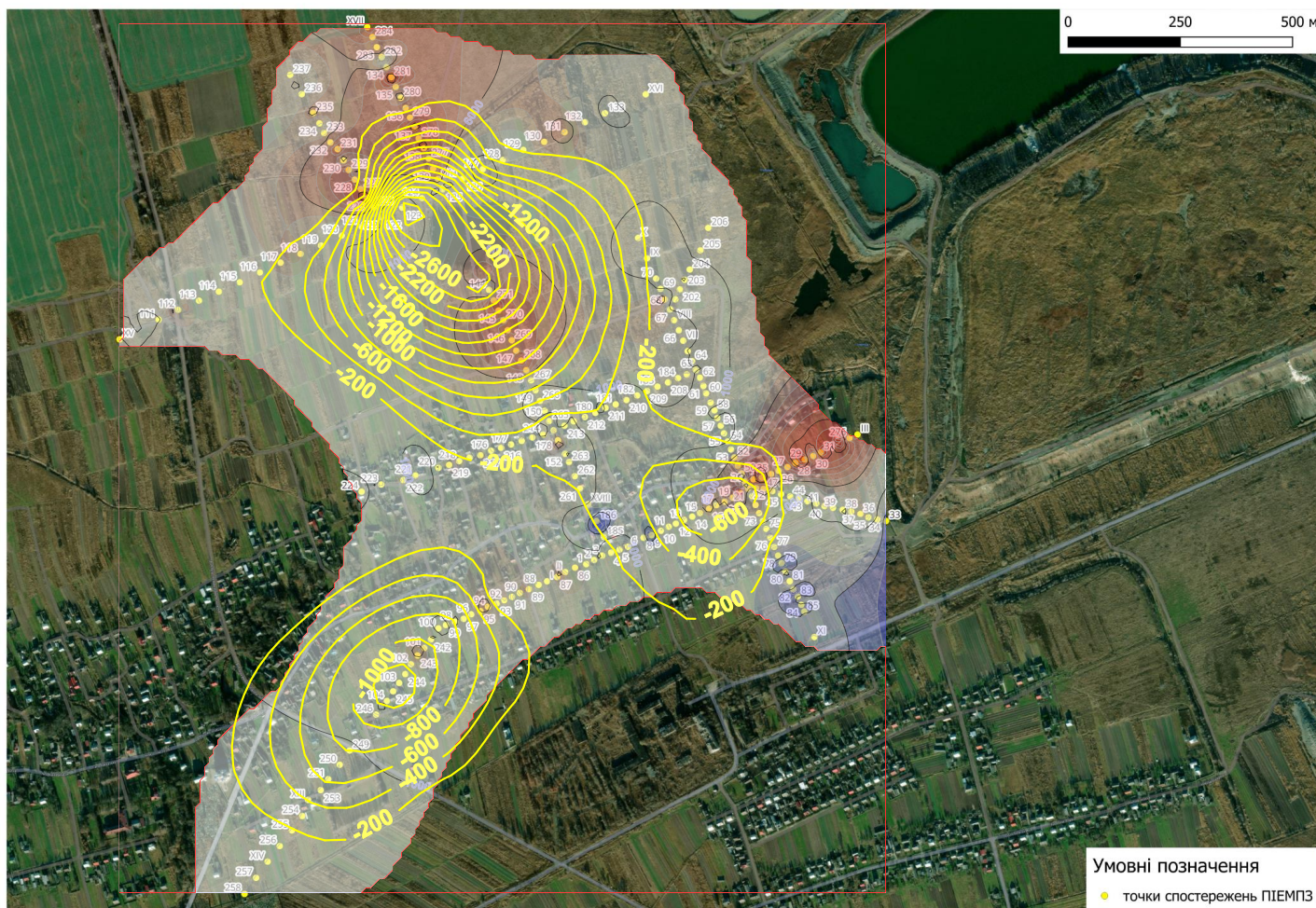


Рисунок 3.39 – Карта різниць розподілу напружено-деформованого стану гірських порід в с. Кропивник за 2025 – 2021 рр  
суміщена на космознімок

### **Висновки до розділу 3.**

Виконано геофізичні дослідження на різних частотних діапазонах по вул. Європейська (Центральне каїнітове поле) та вул. Глібова (Північно каїнітове поле), вул. Ю. Ганущак (Північно каїнітове поле) м. Калуш та с. Кропивник (рудник Наво-Голинь).

Проведено інтерпретацію даних ШЕМПЗ та побудовано графіки інтенсивності випромінювання електромагнітного поля за різними складовими (антени X, Y та Z ) по вул. Європейська (Центральне каїнітове поле), вул. Глібова, вул. Ю.Ганущак (Північно каїнітове поле) м. Калуш та с. Кропивник (рудник «Ново-Голинь»). Проаналізовано та виділено аномальні зони за різними антенами спостереження, що є основою для розрахунку повного вектора напруження електромагнітного поля Землі.

За результатами інтерпретації побудовано графіки та карти розподілу напружено-деформованого стану гірських порід по окремих ділянках дослідження.

#### **Вул. Європейська м. Калуш (Центральне каїнітове поле)**

Відбувається активна стадія осідання, яка пов'язана із деформаціями стелин камер які підтверджені аномаліями розподілу напружено-деформованого стану гірських порід. На даний час за геодезичними спостереженнями зафіксовано швидкість осідання землі за усі роки спостереження, яка склала -267,9 мм.

#### **Вул. Ю.Ганущак (Північно каїнітове поле)**

Закартовано аномальні зони, які мають безпосередній зв'язок із карстовим провалом, що утворився у річці Сівка. Провівши детальний аналіз матеріалів, можна стверджувати, що карстовий провал та супутні йому процеси будуть мати розвиток у часі. Слід звернути увагу на аномалії 3 та 4 у майбутньому є висока ймовірність формування нового карстового провалу.

### **Вул. Глібова (Північно каїнітове поле)**

Моніторингові досліджень методом ПЕМПЗ в районі провалу підтверджують активну стадію в районі карстового провалу №14. Ці процеси будуть розвиватися часі, тому слід очікувати нових провалів у напрямку дороги територіального значення Т14 – 19. Експлуатацію дороги слід продовжувати, вживаючи заходи щодо обмеження швидкості автомобільного руху.

### **С. Кропивник, Рудник «Нова-Голинь», шахтне поле «Східна Голинь»**

За результатами моделювання отримано карти розподілу напружено-деформованого стану гірських порід в с. Кропивник за 2025 р. Відбулась зміна у перерозподілі напружень та відповідно розділення однієї великої зони на дві локальні підзони. Перша зона приурочена осіданню земної поверхні результатом якої є новоутворене озеро. За геодезичними спостереженнями в районі озера відбувається зповільнення швидкості яка становить у період 2024-2025 р.р близько -300 мм/рік.

Друга зона спостерігається в район 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). За геодезичними спостереженнями швидкість осідання збільшується і становить 100 мм/рік. Аналізуючи режимні моніторингові спостереження за 2021 та 2025 рр, можна припустити, що у майбутньому буде сформована нова зона осідання. На вказаній ділянці густо розташовані господарські двори та житлові будівлі. Тому слід виконувати два рази на рік геодезичні спостереження та раз на два роки геофізичні спостереження, щоб попередити надзвичайну ситуацію техногенного походження. При збільшенні швидкості осідання земної поверхні приймати управлінські рішення щодо можливого відселення мешканців.

#### **4. СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ В С. КРОПИВНИК ТА РОЗРАХУНОК ПРОГНОЗОВАНИХ ВЕЛИЧИН ПРОСІДАНЬ.**

**4.1 Режимні спостереження житлових будинків в с. Кропивник вул. І. Франка 84, 117, 144, 196, 202 з метою встановлення існуючих величин деформацій цих будинків від початку їх моніторингу та розрахунку прогнозованих величин просідань.**

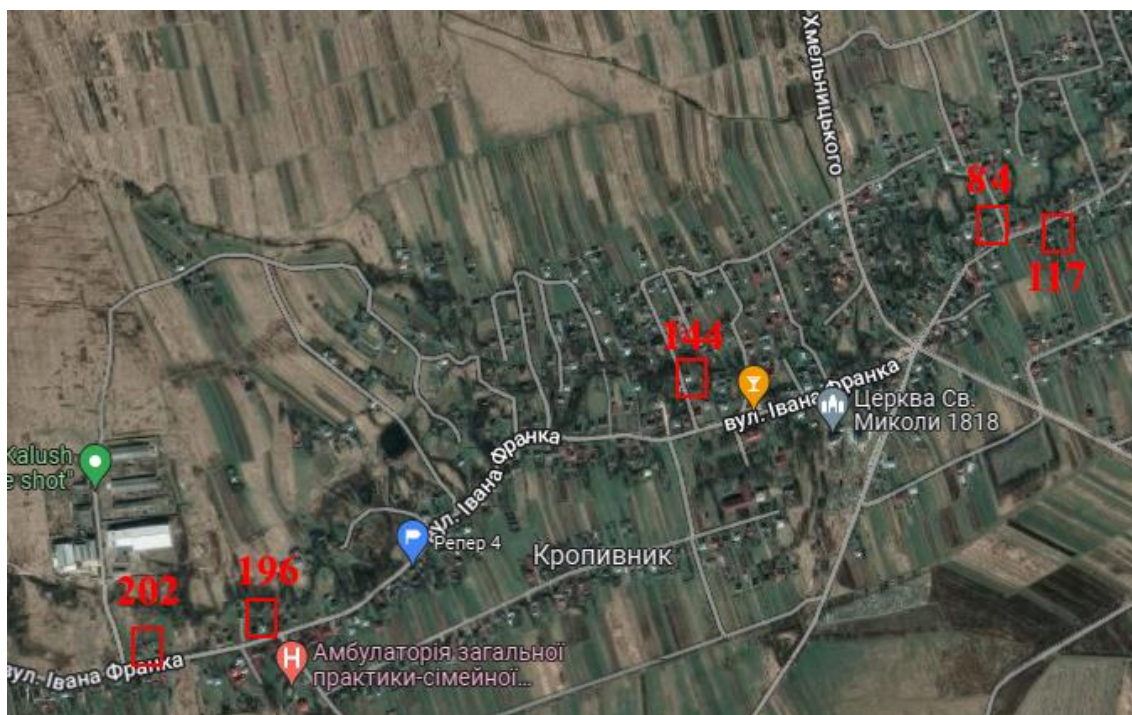
У зв'язку з осіданням земної поверхні багато будівель у с. Кропивники зазнають деформацій і руйнуються. У червні-липні 2025 р. виконані геодезичні вимірювання для визначення осідань фундаментних деформаційних марок та фіксація розкриття гіпсових маяків, встановлених на стінах та фундаментах будинків 84, 117, 144, 196 та 202 по вул. І. Франка села Кропивник (рис. 4.1).

Геодезичний моніторинг житлових будинків за адресами вул. І. Франка №144 та №202 виконуються працівниками ІФНТУНГ з 2021 р. Спостереження за деформаціями будинків по вул. І. Франка №№196, 84, 117 розпочато у 2022 р.

З метою встановлення фактичних осідань фундаментів житлових будинків виконано нівелювання в ходах, що зв'язують фундаментні деформаційні марки з найближчими ґрунтовими реперами профільних ліній з п. 1.

Для житлових будинків №144, №202 виконано четверту серію спостережень, для будинків №196, №84, №117 у 2025 р. проведена третя серія спостережень.

Періодичний моніторингу за процесом розкриття тріщин на стінах вище- вказаних будинків здійснено шляхом спостережень спеціально закладених гіпсових маяків. Кожен маяк був пронумерований для можливості подальшої однозначної його ідентифікації.



*Рисунок 4.1 – Розташування досліджуваних житлових будинків у с. Кропивник*

Визначення величин розкриття гіпсових маяків станом на липень 2025 р. виконано за результатами фотофіксації величини розкриття кожного маяка з використанням спеціального шаблону з нанесеними товщинами ліній (рис. 4).



*Рисунок 4.2 – Фотофіксація величини розкриття гіпсового маяка на стіні будівлі*

#### **4.2. Визначення осідань фундаментів та аналіз величин розкриття гіпсових маяків на житлових будинках в с. Кропивник, вул. І. Франка, 84, 117, 144, 196, 202.**

Виконання своєчасних спостережень за динамікою осідання земної поверхні має велике значення для визначення міцності і стійкості розташованих на ній споруд, для попередження їх руйнування або своєчасного сигналу про настання аварійного стану. Спостереження ведуть з початку виконання гірничих робіт засобами дуже точних, ретельних і систематичних геодезичних вимірів, різноманітних за своїм характером. Геодезичні виміри повинні бути забезпечені високоточною і закріпленою планово-висотною геодезичною мережею. Виміри величин зсувів, осідань і деформацій припиняють (або скорочують до необхідної кількості) тільки з моменту настання стабілізації процесів осідань. Тому характерна особливість геодезичних робіт це їх систематичне повторення на протязі досить великого проміжку часу в залежності від стійкості ґрунтів, на яких розміщена споруда, причому шляхом повторних вимірів і прив'язок перевіряють положення знаків і самої геодезичної мережі.

Під час експлуатації інженерних споруд також виконуються періодичні геодезичні спостереження за деформаціями споруд і технологічного обладнання, які містять вимірювання осідань підвалин і фундаментів, визначення планових зміщень споруд, визначення кренів висотних будівель, труб, башт тощо.

Результати періодичних спостережень дають можливість виявити не тільки значення деформацій, але і вжити профілактичних заходів для нормальної експлуатації інженерної споруди та технологічного обладнання. Геодезичні роботи на цьому етапі виконуються високоточними приладами за спеціально розробленою програмою.

Кропівник – село Калуського району Івано-Франківської області. Внаслідок прийнятих за часів СРСР неправильних рішень щодо

розташування й експлуатації хвостосховищ, відвалів, акумулюючих ємностей та способу ліквідації шахтних порожнин, що утворилися в результаті господарської діяльності хімічних підприємств у Калуському районі, було порушено екологічну рівновагу в товщі гірських порід Калуш - Голинського родовища калійних солей. Це спричинило численні провали земної поверхні над площею шахтних полів у Калуші, руйнування будинків і комунікацій, засолення водоносних горизонтів у місті, селах Кропивник і Сівка-Калуська.

Через значні просідання ґрунту багато будівель у с. Кропивники зазнають деформацій і руйнуються. Згідно договору № 112/25 потрібно додатково провести обстеження житлових будинків №144, №202 (проводилися у 2023р. згідно договору № 184/2021) №196, №84, №117 (проводилися у 2023 р.), які знаходяться по вулиці І. Франка в с. Кропивник.

### ***Топографо-геодезична вивченість***

На основі виконаних топогеодезичних робіт по реперних профілях рудників «Ново-Голинь» (с. Кропивник) було встановлено, що на території об'єкту дослідження існують наступні репери на профільних лініях, до яких будуть прив'язуватися об'єкти дослідження: R 112, R 219, R 258 (рис. 5).

### ***Загальна інформація***

Ґрунтові репери в області сезонного промерзання ґрунтів, як правило, закладають в пробурені свердловини діаметром 50 см. Ґрунтовий репер (рис. 4.4) складається з залізобетонного пілона у формі паралелепіпеда з поперечним перерізом 16x16 см і бетонної плити (якоря) діаметром 48 см, виготовлених заздалегідь. Дозволяється застосовувати плити квадратного перетину розміром 50x50 см.



*Рисунок 4.3 – Схема розміщення реперів на профільних лініях та житлових будівель*

У верхню межу пілона повинна бути зацементована марка. В середині бетонної плити роблять виїмку розміром 20x20x15 см, в яку встановлюють залізобетонний пілон. Пілон може бути замінений асбоцементної трубою із зовнішнім діаметром не менше 16 см заповненої бетоном з арматурою. У верхню межу труби вставляють марку.

При використанні асбоцементної труби для збільшення зв'язку її заснування з якорем на відстані 7-10 см від основи труби вставляють два взаємно перпендикулярних стрижня товщиною 1,0-1,2 см і довжиною 25 см.

При установці труби в отвір якоря кінці стрижнів розміщують в кутах виїмки. У південній зоні області сезонного промерзання ґрунту застосовують бетонні плити (якоря) заввишки 20 см, в північній - 35 см.

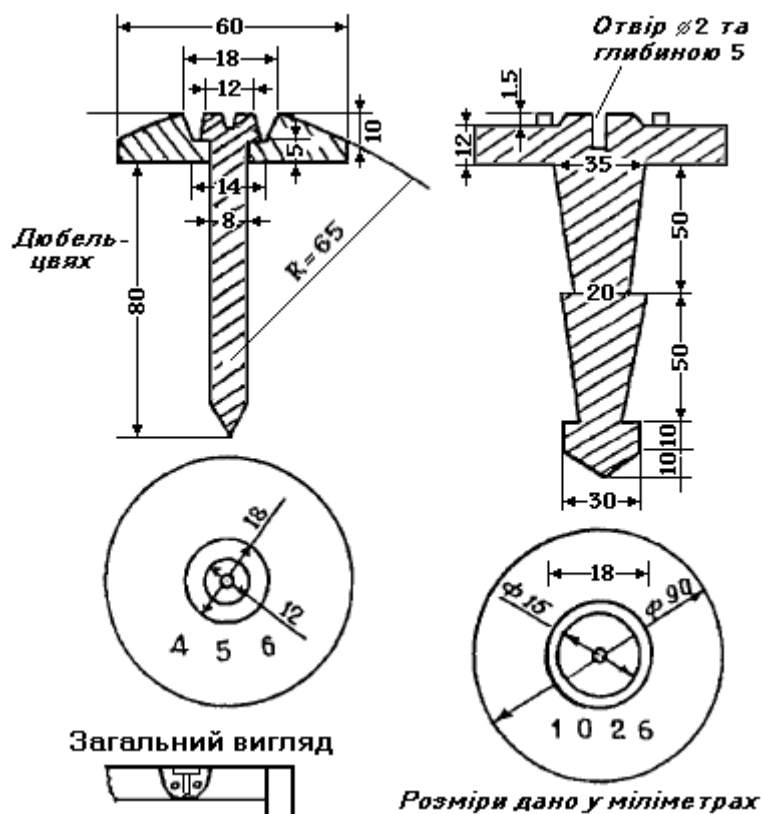


Рисунок 4.4 – Зображення ґрунтового репера

### Технологія і методика виконання робіт

Аналіз результатів зрівнювання показав, що висоти реперів профільних ліній рудників «Ново-Голинь» (с. Кропивник) R 112, R 258, R ЛЕП становлять (табл. 1).

Таблиця 4.1

### Висоти вихідних реперів

| Назва пункту | Абсолютна висота, мм |
|--------------|----------------------|
| R 112        | 315922,3             |
| R 258        | 319097,0             |
| R ЛЕП        | 316558,2             |

У випадку дії фактора, що приводить до різкої зміни звичайного ходу деформації (зміна навантаження на основу, зміна температури середовища або тіла споруди, дія тектонічних сил та ін.), виконують термінові спостереження.

Для інженерної інтерпретації результатів вимірів деформацій вивчають можливі причини їх виникнення. Основний інтерес являють геологічні, гідрогеологічні і кліматичні дані, в числі яких: потужність окремих шарів ґрунту, рівень ґрунтових вод, фізико-механічні властивості ґрунтів та ін. В ряді випадків не обмежуються вивченням матеріалів вишукувань, а паралельно з вимірюванням деформацій організовують спеціальні спостереження за термічним режимом ґрунтів і підземних вод, метеоумовами, враховують будівельне і технологічне навантаження.

Для ведення спостережень складають проект, який в загальному випадку вміщує: технічне завдання; загальні відомості про споруду, природні умови і технологічний режим роботи; принципову схему спостережень; схему розміщення опорних і деформаційних знаків; методи і засоби вимірювань; рекомендації по методиці опрацювання і інженерній інтерпретації результатів спостережень; календарний план (графік) спостережень; склад виконавців, об'єми робіт і кошторис.

Деформація споруд також залежить від форми, розмірів і жорсткості фундаменту, розподілу статистичних і динамічних навантажень всередині споруди.

Граничне допустимі значення деформації, що відповідають експлуатаційним характеристикам будівлі чи споруди, визначаються відповідними технологічними або архітектурними вимогами та правилами технічної експлуатації обладнання або споруди.

Під загальною схемою вимірів осідань на об'єкті розуміють графічно зображену сукупність ліній передач висот реперів висотної основи на деформаційні марки.

Загальна (чи мікро локальна) схема вимірів складається з окремих секцій (чи ходів), які опираються обома кінцями на вузлові чи вихідні пункти. Схема вимірів в межах окремої секції складається з окремих елементів.

*На об'єкті житлових будинків №144, №202 виконано чотири серії спостережень, а на житлових будинках №196, №84, №117 – три серії спостережень за період з 2021 р. по 2025 р.*

Виміри виконували високоточним електронним нівеліром DL-501 (серійний номер 560168) з автоматичним взяттям відліків за штрихковою рейкою. Перед початком кожної серії спостережень виконували дослідження нівеліра за програмою, вказано в інструкції з експлуатації приладу. Зокрема перед початком серії спостережень визначений кут і за допомогою автоматизованої програми меню нівеліра. Зазначимо, що програма вимірювань високоточного електронного нівеліра DL-501 передбачає введення у результати вимірів поправки за кут і на кожній станції вимірювань. Виміри проводились за методикою спостережень, яка забезпечує сер. кв. похибку визначення висоти найбільш слабкої марки мережі рівну 1 мм.

Основні положення методики спостережень наступні:

Схема вимірів у мережі 2025 р. включає замкнутий нівелірний хід, що з'єднує деформаційні марки, встановлені у фундаменті житлових будинків (с. Кропивник, вул. І.Франка, №144 , № 202, №196, №84, №117) з вихідними реперами R 112, R 219, R 258 та R ЛЕП (рис. 4.4).



*Рисунок 4.4 – Схема нівелірної мережі*

**4.3 Визначення осідань фундаментів та аналіз величин розкриття гіпсових маяків на житлових будинках в с. Кропивник, вул. І.Франка 84, 117, 144, 196, 202 та надання висновків щодо загрози для житлових будинків, які розташовані у небезпечній зоні.**

Вказані вихідні репери мають висоти, встановлені із зрівнювання параметричним методом топографо-геодезичної мережі реперних профілях. Тому можемо вважати їх висоти актуальними на дату виконання вимірювань.

Для опрацювання результатів нами використано переносні персональні комп'ютера та програму Microsoft Office Excel (контроль правильності вимірювань перевищень в ходах виконувався в день вимірювання в обов'язковому порядку). За допомогою табличних формул в цій програмі створено електронну таблицю з шаблоном польового журналу нівелювання в форматі \*.xls .

При роботі з цифровим нівеліром DL-501 дані копіювались на комп'ютер за допомогою стандартної програми Topcon Link 8.2, яка автоматично конвертує польовий журнал в формат \*.sdr.

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

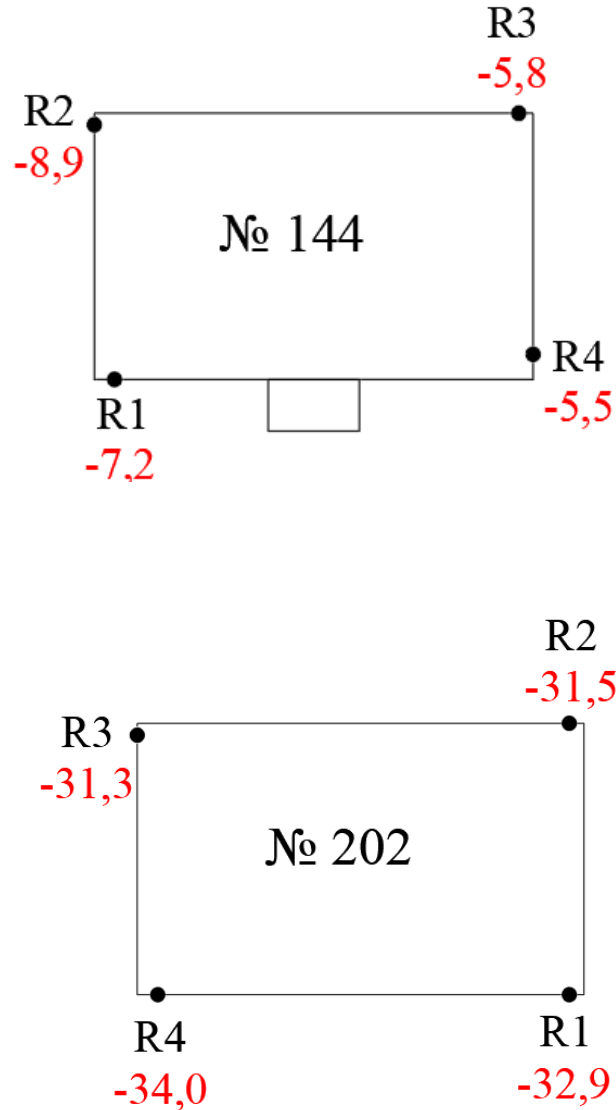
Лістинг результатів автоматизованої обробки, що містять дані про вирівняні висоти фундаментних реперів та величини їх осідань, наведений в таблицях 4.2 та 4.3.

*Таблиця 4.2*

Відомість визначення висот та осідань стінних реперів житлових будинків у с. Кропивник по вул. І. Франка 144, 202 (дата початку спостережень: VII/2025 р.)

| Назва<br>репера<br>(№<br>будинку) | Висота, мм<br>(на дату<br>VIII/2021 р.) | Висота, мм<br>(на дату<br>V/2022 р.) | Висота,<br>мм<br>(на дату<br>V/2023 р.) | Висота,<br>мм<br>(на дату<br>V/2025 р.) | Осідання<br>за<br>останній<br>рік, мм | Осідання<br>за весь<br>період,<br>мм |
|-----------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 (144)                           | 313686.6                                | 313685.7                             | 313679.7                                | 313679.4                                | -0.3                                  | -7.2                                 |
| 2 (144)                           | 313403.7                                | 313402.6                             | 313395.8                                | 313394.8                                | -1.1                                  | -8.9                                 |
| 3 (144)                           | 313544.0                                | 313543.2                             | 313536.6                                | 313538.2                                | 1.6                                   | -5.8                                 |
| 4 (144)                           | 313621.1                                | 313620.3                             | 313614.1                                | 313615.6                                | 1.5                                   | -5.5                                 |
| 1 (202)                           | 316647.5                                | 316647.2                             | 316620.9                                | 316614.6                                | -6.4                                  | -32.9                                |
| 2 (202)                           | 316699.0                                | 316700.0                             | 316674.1                                | 316667.5                                | -6.5                                  | -31.5                                |
| 3 (202)                           | 316716.1                                | 316716.8                             | 316691.5                                | 316684.8                                | -6.7                                  | -31.3                                |
| 4 (202)                           | 316636.1                                | 316636.3                             | 316610.6                                | 316602.1                                | -8.4                                  | -34.0                                |

За даними нівелювання будівлі №144 можна встановити, що стінні репери змістилися один відносно іншого на **2,6** мм, а сама будівля просіла відносно вихідних пунктів R 112, R 219, R 258 та R ЛЕП на **8,9** мм. на стінному репері № 2. (рис. 4.5, таблиця 4.2).



*Рисунок 4.5 – Схема осідання реперів будівель №144 та №202 по вул. І. Франка за весь період спостережень*

За даними нівелювання будівлі №202 можна встановити, що стінні репери змістилися один відносно іншого на **2,1** мм, а сама будівля просіла відносно вихідних пунктів R 112, R 219, R 258 та R ЛЕП на **34** мм. на стінному репері № 4. (рис. 4.5, таблиця 2).

Таблиця 4.3

Відомість визначення висот реперів житлових будинків у с.  
Кропивник по вул. І. Франка 196, 84, 117 (дата початку спостережень:  
V/2022 р.)

| Назва<br>репера (№<br>будинку) | Висота, мм<br>(на дату<br>V/2022 р.) | Висота, мм<br>(на дату<br>V/2023 р.) | Висота, мм<br>(на дату<br>V/2025 р.) | Осідання<br>за останній<br>рік, мм | Осідання за<br>весь період,<br>мм |
|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 (196)                        | 317348.8                             | 317321.4                             | 317319.2                             | -2.2                               | -29.6                             |
| 2 (196)                        | 317338.2                             | 317311.9                             | 317310.2                             | -1.8                               | -28.0                             |
| 1 (84)                         | 312534.5                             | 312532.0                             | 312533.4                             | 1.4                                | -1.1                              |
| 2 (84)                         | 312527.8                             | 312523.6                             | 312521.5                             | -2.1                               | -6.3                              |
| 1 (117)                        | 313241.3                             | 313240.2                             | 313239.7                             | -0.4                               | -1.6                              |
| 2 (117)                        | 313164.7                             | 313162.0                             | 313163.2                             | 1.1                                | -1.5                              |

За даними нівелювання будівлі **№196** можна встановити, що стінні реperi змістилися один відносно іншого на **0,4** мм, а сама будівля просіла відносно вихідних пунктів R 112, R 219, R 258 та R ЛЕП на **29,6** мм на стінному репері № 1 (рис. 4.6, таблиця 4.3).

За даними нівелювання будівлі **№84** можна встановити, що стінні реperi змістилися один відносно іншого на **3,5** мм, а сама будівля просіла відносно вихідних пунктів R 112, R 219, R 258 та R ЛЕП на **6,3** мм. на стінному репері № 2. (рис. 4.7, таблиця 4.3).

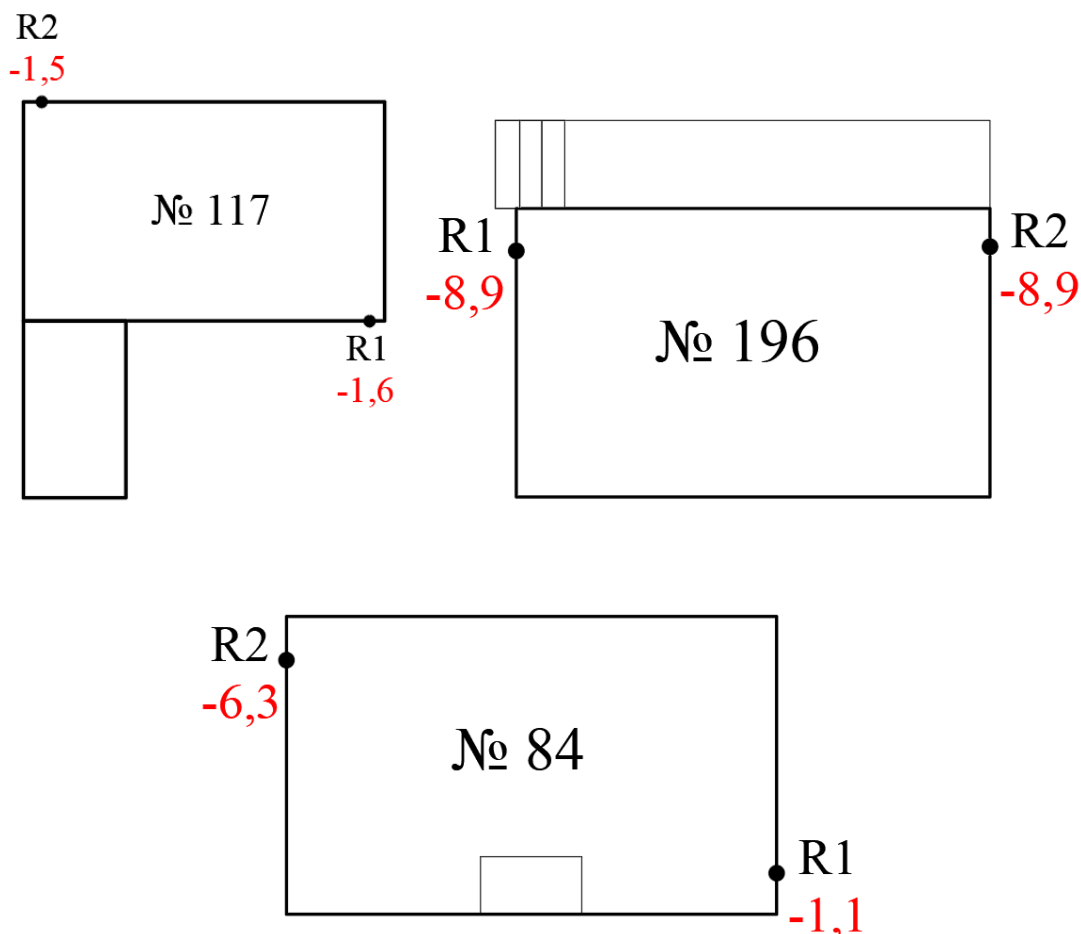


Рисунок 4.6 – Схема осідання будівель за весь період

За даними нівелювання будівлі **№117** можна встановити, що стінні репери змістилися один відносно іншого на **1.5 мм**, а сама будівля просіла відносно вихідних пунктів R 112, R 219, R 258 та R ЛЕП на **1.6 мм**. на стінному репері № 1. (рис. 4.6, таблиця 4.3).

#### ***Геодезичні спостереження за розкриттям тріщин стін об'єкту дослідження***

Будь-які тріщини на фасаді будівлі повинні ретельно контролюватися і регулярно оглядатися. Особливу небезпеку становлять тріщини які раптово з'явилися і збільшуються в розмірах. Даний вид тріщин часто вимагає негайного проведення ремонту фасаду будівлі. Великі тріщини можуть вказувати на серйозні проблеми в конструкції будівлі і вимагають обстеження в тому числі і опорних будівельних

конструкцій. Незалежно від розмірів пошкодження, деформований тріщинами фасад будівлі сприяє проникненню вологи в стіни, що при відсутності своєчасного обслуговування, незабаром призведе до значних руйнувань і значних витрат на проведення ремонту.

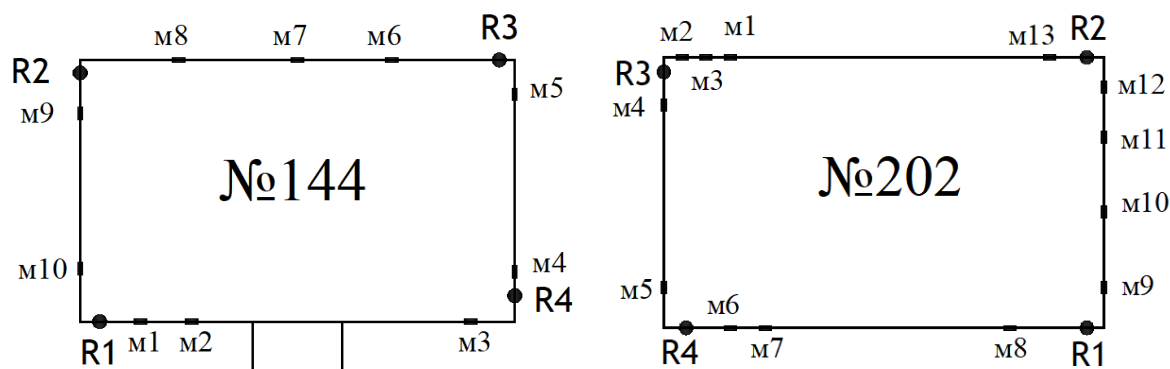
Геодезичний моніторинг включає в себе систему вимірювань, фіксації результатів та аналітичну обробку отриманих даних. Геодезичному моніторингу, як правило, підлягають основи, фундаменти, конструкції будівель (споруд) або їх частин об'єкта нового будівництва та будинки, інженерні мережі, підземні споруди та об'єкти інфраструктури, що його оточують.

Методи і вимоги до точності геодезичних вимірювань деформацій основ будівель (споруд) приймаємо згідно з ГОСТ 24846.

Методика визначення динаміки розкриття тріщин ґрунтувалася на нормативних документах, саме ДБН В.1.3-2:2010.

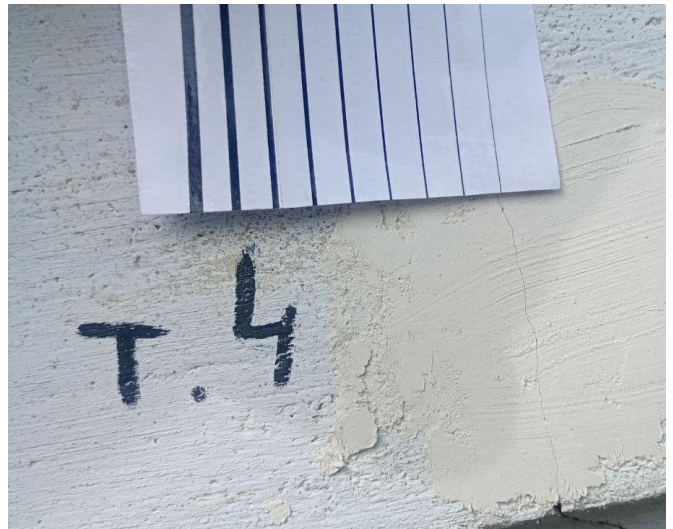
На кожній тріщині, які знаходяться на стінах житлових будівель закладені гіпсові маяки ,кожне місце закладання було пронумероване.

Для забезпечення моніторингу житлових будівель №144, №202 у фундамент даної будівлі у 2021 році були закладені стінні реperi в кількості 4 шт. у кожную будівлю, а також гіпсові маяки. У липні 2023 року було проведено огляд на розкриття гіпсових маяків у будівлях №144, №202 та №117. Місця закладання стінних реперів та гіпсових маяків наведені на рис.4.7 – 4.11.



*Рисунок 4.7 – Схема розміщення стінних реперів та гіпсових маяків на будівлях №144 та №202*

На рис. 4.8 та в табл. 4.4 бачимо результати фотофіксації розкриття гіпсових маяків на будинку №144.





*Рисунок 4.7 – Результати фотофіксації розкриття гіпсових маяків на будівлі №144 у 2025 р.*

Таблиця 4.4

## Величини зміни тріщин за 2023-2025 роки на будівлі №144

| Номер маяка<br>будинку №144 | Тріщина, мм<br>(на дату VIII/2023 р.) | Тріщина, мм<br>(на дату VII/2025 р.) | Розходження за 2<br>роки (2025-2023) |
|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1                           | відпав                                | відпав                               | ---                                  |
| 2                           | 0                                     | відпав                               | ---                                  |
| 3                           | 0,05                                  | 0,05                                 | 0                                    |
| 4                           | 0,05                                  | 0,05                                 | 0                                    |
| 5                           | 0                                     | 0                                    | 0                                    |
| 6                           | 0,13                                  | 0,13                                 | 0                                    |
| 7                           | 0,13                                  | 0,13                                 | 0                                    |
| 8                           | 0,13                                  | 0,13                                 | 0                                    |
| 9                           | відстав                               | відпав                               | ---                                  |
| 10                          | 0                                     | 0                                    | 0                                    |

Як бачимо із рис. 4.8 та таблиці тріщини на будівлі № 144 за чотири роки з'явилися не на всіх марках, найбільші тріщини становлять 0,13 мм. Тому по маяках не можна твердити про наявність деформаційних процесів.

Для визначення величин розкриття гіпсових маяків здійснювалося фотографування маяка з використанням спеціального шаблону з зазначеними товщинами ліній для фіксації величини тріщини. Результати фотофіксації тріщин будинку № 202 наведені на рис. 4.9 та в табл. 5.5.





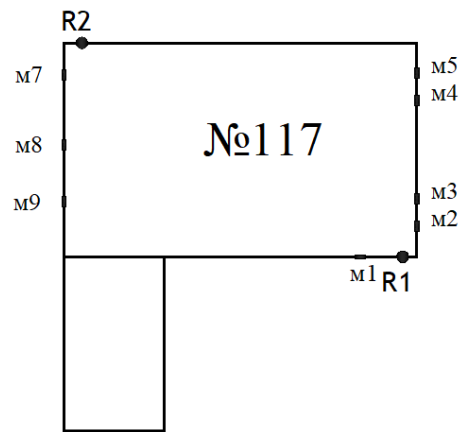
*Рисунок 4.8 – Фотофіксація розкриття гіпсових маяків на будівлі  
№202 у 2025 р.*

**Результати зміни тріщин за 2023-2025 роки на будівлі №202**

| Номер маяка<br>будинку №202 | Тріщина, мм<br>(на дату VIII/2023 р.) | Тріщина, мм<br>(на дату VII/2025 р.) | Розходження за 2<br>роки (2025-2023) |
|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1                           | 0                                     | відпав                               | ---                                  |
| 2                           | 0                                     | відпав                               | ---                                  |
| 3                           | 0,05                                  | 0,05                                 | 0                                    |
| 4                           | 0,05                                  | 0,05                                 | 0                                    |
| 5                           | 0                                     | 0                                    | 0                                    |
| 6                           | 0,05                                  | 0,05                                 | 0                                    |
| 7                           | 0                                     | 0                                    | 0                                    |
| 8                           | 0,05                                  | 0,05                                 | 0                                    |
| 9                           | 0                                     | 0,01                                 | 0,01                                 |
| 10                          | 0,05                                  | 0,05                                 | 0                                    |
| 11                          | 0,2                                   | 0,3                                  | 0,1                                  |
| 12                          | 0,13                                  | 0,2                                  | 0,7                                  |
| 13                          | 0,13                                  | 0,13                                 | 0                                    |

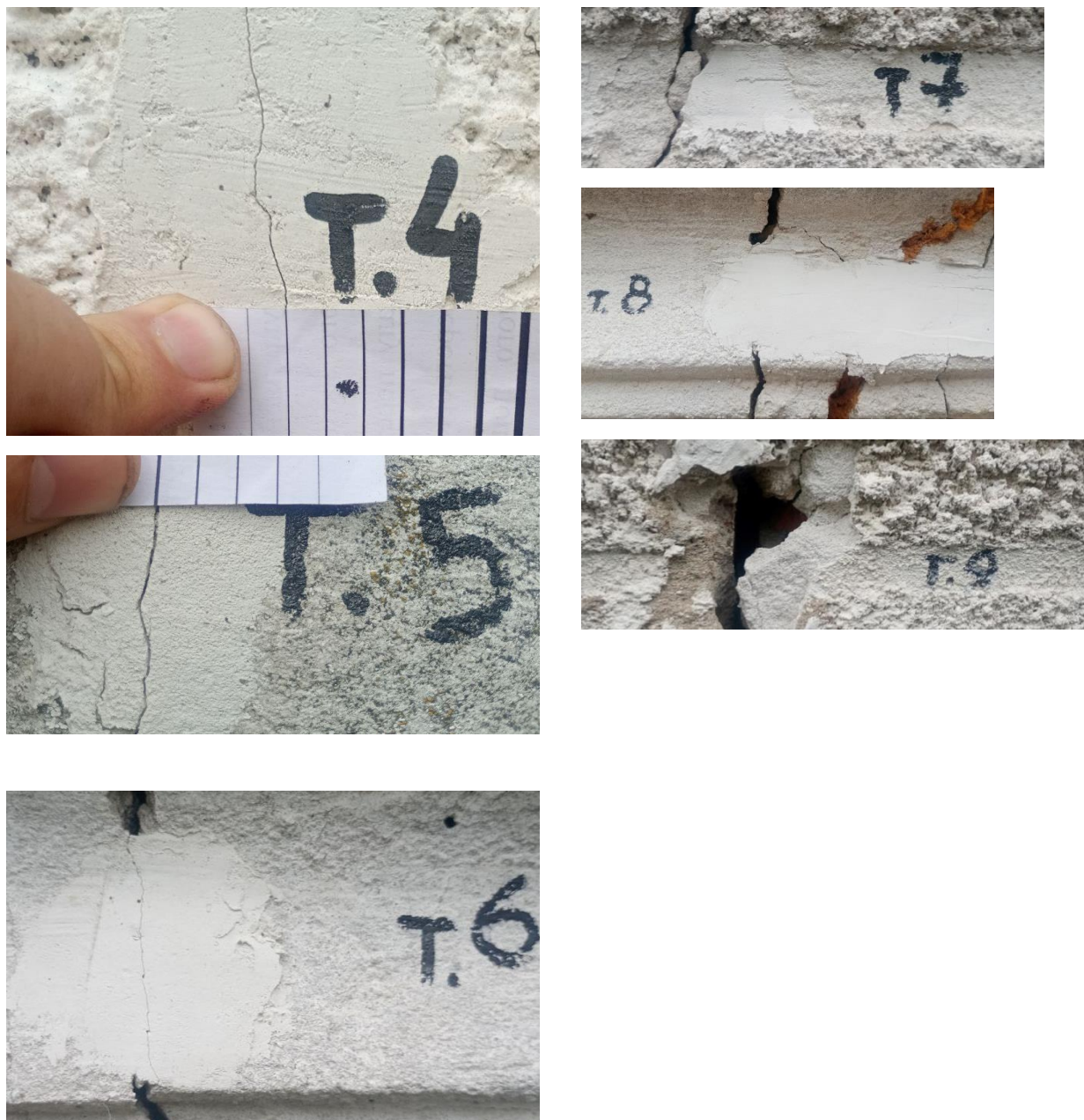
Як бачимо із рис. 4.8, тріщини на будівлі № 202 за 4 роки з'явилися не на всіх маяках (відсутні на маяці №5 та №7). Найбільша тріщина становить 0,3 мм на маяці №11. За останні два роки бачимо зміну стосовно розходження маяків №11 та №12.

Схему розміщення та результати фотофіксації розкриття гіпсових маяків на будинку за адресою вул. І Франка №117 бачимо на рис. 4.9, 4.10 та у табл. 4.6 відповідно.



*Рисунок 4.9 – Схема розміщення стінних реперів та гіпсових маяків на будівлі №117*





*Рисунок 4.9 – Результати фотофіксації розкриття гіпсових маяків  
на будівлі №117 у 2025 р.*

Таблиця 4.6

## Результати зміни тріщин за 2023-2025 роки на будівлі №117

| Номер маяка<br>будинку №202 | Тріщина, мм<br>(на дату VIII/2023 р.) | Тріщина, мм<br>(на дату VII/2025 р.) | Розходження за 2<br>роки (2025-2023) |
|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1                           | 0                                     | 0                                    | 0                                    |
| 2                           | 0,9                                   | 1,4                                  | 0,5                                  |
| 3                           | 0,7                                   | 2                                    | 1,3                                  |
| 4                           | 0,5                                   | 0,13                                 | 0,08                                 |
| 5                           | 0,2                                   | 0,5                                  | 0,3                                  |
| 6                           | 0                                     | 0,05                                 | 0,05                                 |
| 7                           | відпав                                | відпав                               | ---                                  |
| 8                           | 0                                     | 0                                    | 0                                    |
| 9                           | відпав                                | відпав                               | ---                                  |

Як бачимо із рисунків та таблиці максимальне розкриття тріщини на маяку №2 становить 2 мм. За два роки вона розширилася на 1,3 мм. За результатами спостереження маяків можемо говорити про нестійкі деформаційні процеси у даній будівлі.

Для забезпечення моніторингу житлових будівель №84, №196 у фундамент у 2022 році були закладені стінні реperi в кількості 2 шт. у кожену будівлю. Так як дані хати обшиті зовні вагонкою, а в середині були зроблені ремонтні роботи, то встановити гіпсові маяки не було можливості.

➤ фундамент будівлі №117 має деякі тріщини та знаходиться досить високо над рівнем землі, тому реperi закладалися діаметрально протилежно один відносно іншого;

➤ у будівлі №196 значна частина фундаменту знаходиться нижче рівня земної поверхні, тому реperi були закладені там, де знаходився чітко виражений бетонний фундамент. Також видно тріщину (деформаційний шов) між фундаментом будинку та прибудови.

➤ у будівлі № 84 фундамент знаходиться у вигляді кам'яних блоків, на яких розміщена дерев'яна хата. Тому реperi закладалися діаметрально протилежно у дерев'яну балку.

**Висновки до розділу 4.** Для оцінки динаміки деформацій житлових будинків у с. Кропивник (вул. І. Франка, 144 та 202; вул. І. Франка, 84, 117 і 196) було виконано такі геодезичні роботи:

- прокладено нівелірний хід між будівлями;
- виконано нівелювання стінних реперів будівель;
- досліджено гіпсові маяки на розкриття будівель №202, №117 та №144;

#### ***Будинок №202***

Під час рекогносрування будівлі у 2021 році було встановлено, що фундамент був дуже вологий, так як ґрунтові води, на час закладання марок знаходився 10-20 см нижче рівня землі. Станом на травень 2022 року рівень ґрунтових вод знаходився значно нижче, так як випадало мало опадів. На липень 2023 року рівень ґрунтових вод знову піднявся. На липень 2025 року рівень ґрунтових вод був низький, але фундамент був знову досить мокрий.

У 2025 році деякі тріщини трохи збільшилися, а деякі залишилися без змін і становлять не більше 1 мм.

За даними нівелювання будівлі №202 можна встановити, що стінні реperi змістилися один відносно іншого на 2,1 мм, а сама будівля просіла на 34 мм на стінному репері № 4.

Отже за результатами нівелювання можемо спостерігати осідання всієї ділянки, яке становить менше ніж на 34 мм., а за допомогою комбінованого способу спостережень можна встановити, що рух будівлі є незначний у просторовому положенні за два роки.

### ***Будинок №144***

Під час рекогносрування будівлі у 2021 році було встановлено, що фундамент, як і сам будинок №144 має тріщини.

У 2023 році на конструктивних елементах будівлі були зафіксовані мікротріщини шириною до 0,13 мм. За результатами спостережень у 2025 році встановлено, що ширина тріщин на маяках залишилася незмінною.

Згідно з результатами нівелювання будівлі №144, зафіксовано взаємне горизонтальне зміщення стінних реперів на 2,6 мм. Крім того, визначено осідання будівлі за 2021-2025 р.р., яке на стінному репері №2 становить 8,9 мм.

Отже, на основі результатів комбінованих методів спостережень встановлено, що реperi будівлі №144 зазнали незначних деформаційних зміщень, тоді як стінні маяки протягом останнього періоду залишаються стабільними, без ознак подальших деформацій.

### ***Будинок №117***

Під час рекогносрування будівлі у 2022 році було встановлено, що фундамент має деякі тріщини, тому реperi закладалися діаметрально протилежно один відносно іншого кількістю 2 штуки. Так як гіпсові маяки були закладені ще у 2021 році, то можна визначити динаміку розкриття тріщини.

У 2022 році, через рік після встановлення гіпсових маяків, з'явилися мікро тріщини (до 1 мм) практично у всіх місцях. Станом на 2023 р. тріщини трохи збільшилися, але не перевищують 1 мм. У 2025 році розкриття тріщин збільшилося практично на всіх маяках і становить вже 2 мм на маяку №3.

За даними нівелювання будівлі №117 можна встановити, що стінні реperi змістилися один відносно іншого на 1,5 мм, а сама будівля просіла на 1,6 мм на стінному репері № 1.

Можна встановити, що рух будівлі відбувається у різних напрямках просторового положення за один рік, але для детальнішої характеристики деформаційних процесів, слід продовжити спостереження.

***Будинок №196***

За даними нівелювання будівлі №196 можна встановити, що стінні репери змістилися один відносно іншого на 0,4 мм, а сама будівля просіла на 29,6 мм на стінному репері № 1.

***Будинок №84***

За даними нівелювання будівлі №84 можна встановити, що стінні репери змістилися один відносно іншого на 3,5 мм, а сама будівля просіла на 6,3 мм на стінному репері № 2.

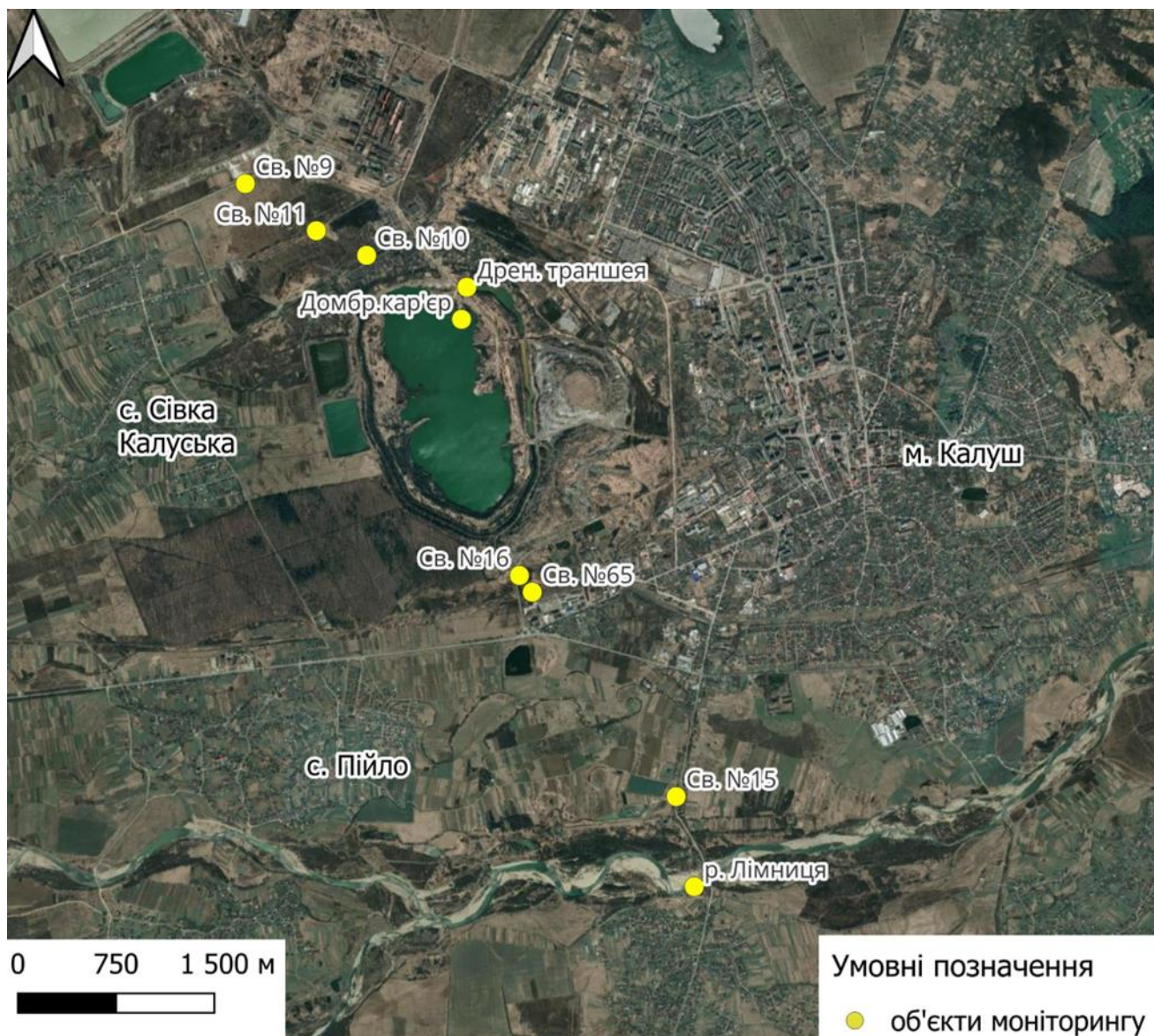
## **5. ОЦІНКА ЗАСОЛЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД НА ТЕРИТОРІЇ КАЛУСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ В МЕЖАХ ПРОФІЛЮ ХВОСТОСХОВИЩЕ №1- ДОМБРОВСЬКИЙ КАР'ЄР – Р. ЛІМНИЦЯ. СТВОРЕННЯ ПРОГНОЗНОЇ ГІДРОГЕОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ В МЕЖАХ ПРОФІЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.**

### **5.1 Характеристика мережі спостережних свердловин**

У відповідності до умов укладеного договору та згідно з календарним планом робіт 10 липня 2025 року здійснено відбір проб води з шести спостережних свердловин, що входять до моніторингової гідрогеологічної мережі Калуського гірничо-промислового району (свердловини № 9, 10, 11, 15, 16 та 65). Додатково проби відібрано з вод Домбровського кар'єру, дренажної траншеї та річки Лімниця. Загалом отримано дев'ять проб, зі спостережних об'єктів, просторове розташування яких представлено на рис. 5.1. У 2024 році відбір проб води проводився на цих же свердловинах та об'єктах моніторингу, за винятком р. Сівка, яка була включена до об'єктів моніторингу. У 2023 році проби води відібрано із 20 спостережних гідрогеологічних свердловин, а також Домбровського кар'єру, шламонакопичувача, хвостосховища № 2, дренажної траншеї, річки Лімниця.

Методика відбору проб підземних вод із спостережних гідрогеологічних свердловин здійснювалася з дотриманням вимог чинних стандартів і методичних рекомендацій, що гарантують отримання достовірних, репрезентативних результатів аналізу хімічного складу вод.

Процедура передбачала кілька послідовних етапів. Насамперед виконувалося попереднє прокачування свердловини, яке полягало у відкачуванні не менше трьох її об'ємів. Такий захід дає змогу видалити застійну воду, що може містити змінені фізико-хімічні показники внаслідок тривалого контакту з обсадною колоною. Після стабілізації параметрів води здійснювався безпосередній відбір проб.



*Рисунок 5.1 Розташування гідрогеологічних свердловин та об'єктів з яких відібрано проби у 2025 році*

Для забору використовувався спеціальний пробовідбірник із зворотним клапаном. Отримані проби поміщалися у попередньо підготовлені ємності, після чого маркувалися та транспортувалися в лабораторію з дотриманням вимог до умов зберігання і термінів доставки.

У таблиці 5.1. наведено дані щодо глибин залягання рівня вод у спостережних свердловинах та дані за 2025 рік щодо рівня води в Домбровському кар'єрі та дренажній траншеї.

Таблиця 5.1

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 |
|---------------------|---------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|
| Домбровський кар'єр |                                 |                                        | 290,93                           |
| Дренажна траншея    | ‘                               |                                        | 291,43                           |
| Св. №9              | 8,12                            | 308,4                                  | 300,3                            |
| Св. №10             | 4,26                            | 298,6                                  | 294,36                           |
| Св. №11             | 2,76                            | 301,4                                  | 298,6                            |
| Св. №15             | 1,78                            | 290                                    | 288,12                           |
| Св. №16             | 0,7                             | 292,14                                 | 291,5                            |
| Св. № 65            | 0,34                            | 291,8                                  | 291,06                           |
| р. Лімниця          |                                 |                                        | 283,72                           |

## 5.2 Проведення лабораторних гідрогеохімічних аналізів відібраних проб із спостережних свердловин по профільній лінії Хвостосховище №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. 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. Такий підхід забезпечує коректність оцінки впливу гідрогеологічних процесів на якість водних ресурсів та дозволяє визначити потенційні ризики для населення й довкілля.

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 5.2.

Таблиця 5.2

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         | 15000                             | 4400                         | 7799                        | 93                                 | 374                         | 900                        | 293                             |
| 2     | Дренажна траншея            | 2380                              | 610                          | 964                         | 16                                 | 126                         | 116                        | 128                             |
| 3     | №9                          | 8780                              | 4400                         | 4112                        | 62                                 | 405                         | 508                        | 329                             |
| 4     | №10                         | 2848                              | 683                          | 2056                        | 42                                 | 275                         | 339                        | 464                             |
| 5     | №11                         | 11500                             | 1180                         | 7799                        | 119                                | 300                         | 1261                       | 378                             |
| 6     | №15                         | 240                               | 54                           | 23                          | 3,2                                | 32                          | 19                         | 134                             |
| 7     | №16                         | 10885                             | 1700                         | 7090                        | 69                                 | 337                         | 636                        | 378                             |
| 8     | № 65                        | 16300                             | 3600                         | 10635                       | 53                                 | 410                         | 391                        | 232                             |
| 9     | р. Лімниця                  | 168                               | 35                           | 7                           | 1,5                                | 18                          | <10                        | 104                             |

Результати досліджень засвідчили високий рівень мінералізації вод у Домбровському кар'єрі. Зокрема, при нормативно встановленому гранично допустимому значенні загальної кількості солей у воді 1000 мг/дм<sup>3</sup>, фактичний показник мінералізації у водах кар'єру виявився у 15 разів вищим і становив 15000 мг/дм<sup>3</sup>. Узагальнені дані щодо мінералізації відібраних проб води за об'єктами гідрогеохімічного моніторингу подано на на рис. 5.2.

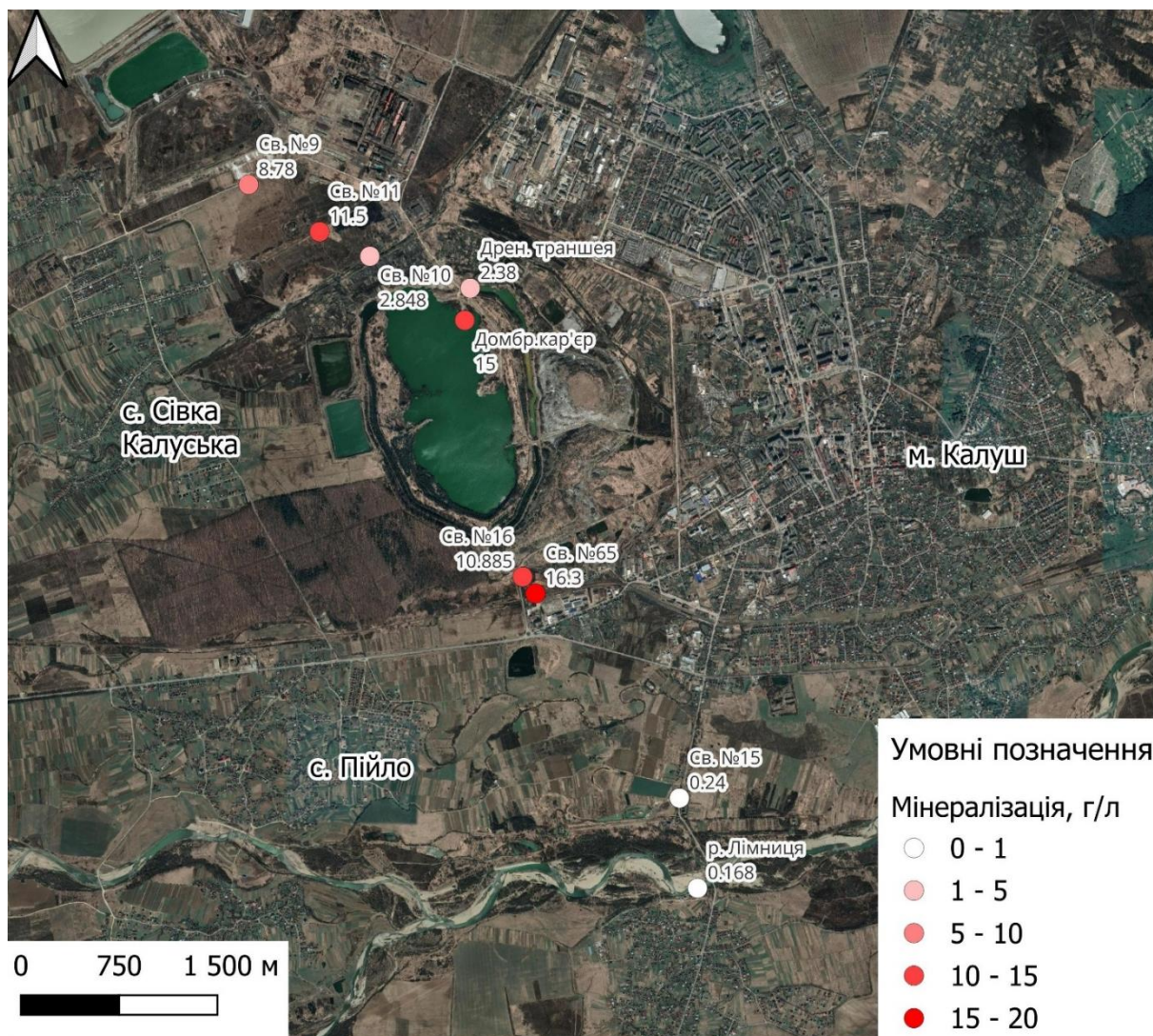


Рисунок 5.2 Визначена мінералізація для проб води за об'єктами гідрогеохімічного моніторингу

Якісний склад досліджених вод характеризується домінуванням хлоридних і сульфатних солей. При нормативних значеннях концентрації хлоридів 350 мг/дм<sup>3</sup>, а сульфатів – 500 мг/дм<sup>3</sup>, у пробах із Домбровського кар'єру та дренажної траншеї зафіксовано істотні перевищення цих показників. Так, концентрація хлоридів у водах кар'єру перевищує норму у 22,2 рази, а у водах дренажної траншеї – у 2,8 рази. Вміст сульфатів перевищує нормативні значення у 8,8 рази для кар'єру та у 1,2 рази для дренажної траншеї.

Ці результати свідчать про значний техногенний вплив на підземні та поверхневі води у межах Калуського гірничо-промислового району та

підтверджують необхідність регулярного контролю динаміки хімічного складу водних ресурсів.

У ході досліджень проб, відібраних у 2025 році зі спостережних свердловин Калуського гірничо-промислового району, встановлено значні перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) за рядом показників мінерального складу підземних вод. Найбільша засоленість проб води спостерігається у свердловині № 65, де показник загальної мінералізації становить  $16300 \text{ мг/дм}^3$  (перевищення норми у понад 16 разів). Вміст окремих компонентів у цій свердловині також є високим: сульфатів –  $3600 \text{ мг/дм}^3$ , хлоридів –  $10635 \text{ мг/дм}^3$ , кальцію –  $410 \text{ мг/дм}^3$ , магнію –  $391 \text{ мг/дм}^3$ .

Перевищення нормативів за мінералізацією зафіксовано ще у чотирьох свердловинах (№ 9, 10, 11, 16). Особливо високі показники (у понад 10 разів вище ГДК) характерні для свердловин № 11 та № 16, де також простежується суттєве перевищення вмісту хлоридів і сульфатів. Так, концентрація сульфатів у межах досліджуваної території коливалася від  $683 \text{ мг/дм}^3$  (свердловина № 10) до  $4400 \text{ мг/дм}^3$  (свердловина № 9). Максимальний рівень хлоридів після свердловини №65, зафіксовано у свердловині № 11 –  $7799 \text{ мг/дм}^3$ , що у 22,3 рази перевищує норматив. Натомість найнижчий вміст хлоридів ( $23 \text{ мг/дм}^3$ ) встановлено у свердловині № 15, де в цілому показники солевого складу відповідають встановленим нормам.

Аналіз за вмістом кальцію та магнію також свідчить про значні відхилення від ГДК у більшості проб. У свердловині № 65 перевищення склало понад дворазове за кальцієм та майже восьмиразове за магнієм. Подібна тенденція простежується у свердловинах № 9, 10, 11 та 16: наприклад, у пробі зі свердловини № 11 концентрація магнію становить  $1261 \text{ мг/дм}^3$ , що у 25,2 рази перевищує норматив, а кальцію –  $300 \text{ мг/дм}^3$  (у 1,5 рази вище норми). У пробі № 9 вміст кальцію рівний  $405 \text{ мг/дм}^3$ , що вище ГДК у 2 рази, магнію –  $508 \text{ мг/дм}^3$ , перевищення ГДК у 10,2 разів. У

пробі № 10 - вміст кальцію рівний 275 мг/дм<sup>3</sup>, що вище ГДК у 1,4 рази, магнію - 339 мг/дм<sup>3</sup>, перевищення в 6,8 рази. У пробі № 16 - вміст кальцію рівний 337 мг/дм<sup>3</sup> та перевищує ГДК у 1,7 рази, магнію - 636 мг/дм<sup>3</sup> та перевищує ГДК в 12,7 рази.

Для порівняння, результати лабораторних досліджень води з річки Лімниця показали відсутність перевищень за солевим складом. За класифікацією В.К. Хільчевського, вода у річці відноситься до помірно прісної, м'якої, гідрокарбонатно-сульфатного типу. Концентрації солей у ній залишаються низькими та стабільними протягом тривалого часу, що свідчить про відносну стійкість природних характеристик водотоку навіть за умов значного техногенного навантаження на регіон.

### **5.3 Систематизація даних лабораторних аналізів у свердловинах за даними спостережень 2021-2025 років**

За результатами відібраних у 2025 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

З метою систематизації результатів досліджень за 2021 – 2025 роки проведено систематизацію показників для свердловин та об'єктів моніторингу, за якими проведено дослідження у 2025 році.

Значення мінералізації та сольового складу та їх різницю (як показник динаміки) наведено в таблицях 5.3-5.4.

Таблиці 5.3

## Сольовий склад відібраних проб води

| № з/п              | Найменування показника        |                                                          | Мінералізація, 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                         |       |              |              |              |              |              |        |
|                    |                               |                                                          |                                   |              |              |              |              | 500                          |             |             |              |             | 350                         |       |              |              |              |              |              |        |
| Місце відбору проб |                               |                                                          | Результати випробувань            |              |              |              |              |                              |             |             |              |             |                             |       |              |              |              |              |              |        |
|                    |                               |                                                          | 2021                              | 2022         | 2023         | 2024         | 2025         | Δ                            | 2021        | 2022        | 2023         | 2024        | 2025                        | Δ     | 2021         | 2022         | 2023         | 2024         | 2025         | Δ      |
| 1                  | Домбровський кар'єр           |                                                          | <u>20320</u>                      | <u>24829</u> | <u>19600</u> | <u>15600</u> | <u>15000</u> | -600                         | <u>324</u>  | <u>5600</u> | <u>1959</u>  | <u>5707</u> | <u>4400</u>                 | -1307 | <u>11344</u> | <u>10840</u> | <u>8975</u>  | <u>9572</u>  | <u>7799</u>  | -1773  |
| 2                  | Дренажна траншея              |                                                          |                                   | <u>2604</u>  | <u>3780</u>  | <u>4120</u>  | <u>2380</u>  | -1740                        |             | <u>210</u>  | <u>655</u>   | <u>2526</u> | <u>610</u>                  | -1916 |              | <u>1080</u>  | <u>1312</u>  | <u>1418</u>  | <u>964</u>   | -454   |
| 3                  | №9                            |                                                          | <u>23746</u>                      | <u>18164</u> | <u>59900</u> | <u>19400</u> | <u>8780</u>  | -10620                       | <u>4714</u> | <u>331</u>  | <u>14900</u> | <u>3637</u> | <u>4400</u>                 | 763   | <u>10156</u> | <u>8578</u>  | <u>21766</u> | <u>14180</u> | <u>4112</u>  | -10068 |
| 4                  | №10                           |                                                          | <u>1227</u>                       | <u>3764</u>  | 692          | <u>4870</u>  | <u>2848</u>  | -2022                        | <u>540</u>  | <u>500</u>  | <u>178</u>   | <u>608</u>  | <u>683</u>                  | 75    | 174          | <u>790</u>   | 121          | <u>1276</u>  | <u>2056</u>  | 780    |
| 5                  | №11                           |                                                          | <u>1680</u>                       | <u>8474</u>  | <u>26400</u> | <u>14200</u> | <u>11500</u> | -2700                        | <u>198</u>  | <u>2000</u> | <u>4321</u>  | <u>2367</u> | <u>1180</u>                 | -1187 | <u>514</u>   | <u>2595</u>  | <u>11599</u> | <u>9217</u>  | <u>7799</u>  | -1418  |
| 6                  | №15                           |                                                          | 292                               | 264          | 297          | 272          | 240          | -32                          | 50          | 18          | 37           | 60          | 54                          | -6    | 71           | 95           | 21           | 31           | 23           | -8     |
| 7                  | №16                           |                                                          | <u>3859</u>                       | <u>8465</u>  | <u>1740</u>  | <u>5720</u>  | <u>10885</u> | 5165                         | <u>676</u>  | <u>1400</u> | <u>213</u>   | <u>726</u>  | <u>1700</u>                 | 974   | <u>1817</u>  | <u>2693</u>  | <u>743</u>   | <u>1841</u>  | <u>7090</u>  | 5249   |
| 8                  | № 65                          |                                                          |                                   |              | <u>29211</u> | <u>13800</u> | <u>16300</u> | 2500                         |             |             | <u>3200</u>  | <u>1439</u> | <u>3600</u>                 | 2161  |              |              | <u>13542</u> | <u>9926</u>  | <u>10635</u> | 709    |
| 9                  | р. Лімниця                    |                                                          |                                   | 189          | 199          | 93           | 168          | 75                           |             | 12          | 45           | 19          | 35                          | 16    |              | 76           | 15           | 7,1          | 7            | -0,1   |
| 10                 | р. Млинівка                   |                                                          |                                   |              |              | 386          |              |                              |             |             |              | 48          |                             | -     |              |              |              | 79           |              |        |
| 11                 | р. Сівка-Калуська             |                                                          |                                   |              |              | 988          |              |                              |             |             |              | <u>173</u>  |                             | -     |              |              |              | <u>496</u>   |              |        |

Δ – різниця між 2025 та 2024 роком

Таблиця 5.4

## 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.                                        | 180                         |             |             |            |            |      | 40                         |            |             |             |             |       | 1,5-7,0                            |            |            |            |            |      |
|                    |                               | питн., госп-побут. (наказ МОЗ 721 від 02.05.22) | 200                         |             |             |            |            |      | 50                         |            |             |             |             |       | -                                  |            |            |            |            |      |
| Місце відбору проб |                               |                                                 | Результати випробувань      |             |             |            |            |      |                            |            |             |             |             |       |                                    |            |            |            |            |      |
|                    |                               |                                                 | 2021                        | 2022        | 2023        | 2024       | 2025       | Δ    | 2021                       | 2022       | 2023        | 2024        | 2025        | Δ     | 2021                               | 2022       | 2023       | 2024       | 2025       | Δ    |
| 1                  | Домбровський кар'єр           |                                                 | <u>508</u>                  | <u>1668</u> | <u>445</u>  | <u>500</u> | <u>374</u> | -126 | <u>1477</u>                | <u>379</u> | <u>679</u>  | <u>901</u>  | <u>900</u>  | -1    | <u>147</u>                         | <u>115</u> | <u>78</u>  | <u>99</u>  | <u>93</u>  | -6   |
| 2                  | Дренажна траншея              |                                                 |                             | <u>392</u>  | <u>140</u>  | <u>320</u> | <u>126</u> | -194 |                            | <u>333</u> | <u>75</u>   | <u>313</u>  | <u>116</u>  | -197  |                                    | <u>46</u>  | <u>13</u>  | <u>42</u>  | <u>16</u>  | -26  |
| 3                  | №9                            |                                                 | <u>2320</u>                 | <u>1580</u> | <u>1804</u> | <u>936</u> | <u>405</u> | -531 | <u>194</u>                 | <u>395</u> | <u>1798</u> | <u>1813</u> | <u>508</u>  | -1305 | <u>132</u>                         | <u>111</u> | <u>233</u> | <u>197</u> | <u>62</u>  | -135 |
| 4                  | №10                           |                                                 | <u>118</u>                  | <u>640</u>  | 59          | <u>496</u> | <u>275</u> | -221 | 28                         | <u>112</u> | <u>10</u>   | <u>481</u>  | <u>339</u>  | -142  | <u>8,2</u>                         | <u>41</u>  | 3,8        | <u>64</u>  | <u>42</u>  | -22  |
| 5                  | №11                           |                                                 | <u>110</u>                  | <u>928</u>  | <u>1209</u> | <u>476</u> | <u>300</u> | -176 | <u>65</u>                  | <u>243</u> | <u>1067</u> | <u>1217</u> | <u>1261</u> | 44    | <u>12</u>                          | <u>66</u>  | <u>145</u> | <u>124</u> | <u>119</u> | -5   |
| 6                  | №15                           |                                                 | <u>48</u>                   | 29          | 30          | 33         | 32         | -1   | 13                         | 6,4        | 16          | 22          | 19          | -3    | 3,5                                | 2          | 2,7        | 3,5        | 3,2        | -0,3 |
| 7                  | №16                           |                                                 | <u>360</u>                  | <u>690</u>  | 74          | <u>444</u> | <u>337</u> | -107 | <u>267</u>                 | <u>165</u> | 44          | <u>299</u>  | <u>636</u>  | 337   | <u>40</u>                          | <u>48</u>  | <u>7,3</u> | <u>47</u>  | <u>69</u>  | 22   |
| 8                  | № 65                          |                                                 |                             |             | <u>1230</u> | <u>460</u> | <u>410</u> | -50  |                            |            | <u>533</u>  | <u>610</u>  | <u>391</u>  | -219  |                                    |            | <u>103</u> | <u>73</u>  | <u>53</u>  | -20  |
| 9                  | р. Лімниця                    |                                                 |                             | 22          | 28          | 19         | 18         | -1   |                            | 3,5        | 4,7         | 5           | <10         | <5    |                                    | 1,4        | 1,7        | 1,4        | 1,5        | 0,1  |
| 10                 | р. Млинівка                   |                                                 |                             |             |             | 40         |            |      |                            |            |             | 15          |             |       |                                    |            |            | 3,2        |            |      |
| 11                 | р. Сівка-Калуська             |                                                 |                             |             |             | 51         |            |      |                            |            |             | 39          |             |       |                                    |            |            | 5,7        |            |      |

Δ – різниця між 2025 та 2024 роком

Порівняння показників мінералізації та сольового складу підземних вод, наведених у таблицях 5.3 і 5.4 за 2024 та 2025 роки, свідчить про збереження загальної тенденції, характерної для попередніх періодів спостережень. Це підтверджує наявність суттєвих коливань концентрацій основних хімічних компонентів у підземних водах досліджуваної території.

Найбільші відмінності між 2024 і 2025 роками зафіксовані у свердловинах №9, 10, 11, розташованих у зоні впливу хвостосховищ, а також у свердловинах №16 і 65, що знаходяться в межах дії солевідвалу. У цих пунктах спостережень зареєстровано зміни концентрацій, які перевищують одну частку гранично допустимої концентрації (ГДК) для більшості визначених показників.

Такі відхилення пояснюються близьким розташуванням свердловин до техногенних джерел забруднення — хвостосховищ і солевідвалів, з яких відбувається фільтрація розчинених речовин у водоносний горизонт. Отримані результати підтверджують продовження негативного впливу цих об'єктів на якість підземних вод.

Крім того, аналіз динаміки змін складу води засвідчує залежність концентрацій забруднюючих речовин від сезонних коливань рівня підземних вод, що може додатково впливати на інтенсивність процесів міграції забруднень у межах досліджуваної ділянки.

Стійке значне зменшення загальної мінералізації за період 2022-2025 спостерігається у пробах відібраних з Домбровського кар'єру. Аналізуючи дані за 2024 та 2025 роки, можна відзначити суттєві зміни у загальній мінералізації вод у ряді спостережних свердловин. У свердловинах №9, 11 та 65 зафіксовано аномальне зменшення мінералізації. У свердловині № 9 зафіксоване зменшення мінералізації порівняно з 2024 роком на понад 9000 мг/дм<sup>3</sup>, у свердловині №10 на 2000 мг/дм<sup>3</sup>, у свердловині №11 на 2700 мг/дм<sup>3</sup>. Водночас у свердловинах №16 та 65 спостерігається значне збільшення загальної мінералізації: № 10 на понад 5000 мг/дм<sup>3</sup>, № 65 на 2700 мг/дм<sup>3</sup>.

Особливу увагу привертає динаміка мінералізації у свердловинах №16 та №65. Для свердловини №16, яка розташована одразу після Домбровського

кар'єру у напрямку до р. Лімниця, зафіксована мінералізація у 2025 році є найвищою за період спостережень від 2021 року. Географічне розташування цих свердловин між Домбровським кар'єром та річкою Лімниця. Збільшення мінералізації у свердловині №16 вказує на підвищений ризик подальшого забруднення підземних вод регіону унаслідок впливу Домбровського кар'єру. Це потребує посиленого моніторингу та додаткових заходів для вивчення причин змін і можливих шляхів міграції забруднень.

Щодо динаміки концентрацій за іншими показниками сольового складу (табл. 4.2-4.3), то варто відмітити такі особливості. За сульфатами зросли концентрації у свердловинах №9, 16, 65. При чому у св. № 16 концентрація сульфатів найбільша за весь період спостережень з 2021 року. Зниження концентрацій сульфатів спостерігаємо у Домбровському кар'єрі, дренажній траншеї, свердловині №11. За хлоридами зросли концентрації у свердловинах №10, 16, 65. При чому у св. № 16 концентрація хлоридів також найбільша за період спостережень з 2020 року і становить 7090 мг/дм<sup>3</sup>.. Зниження концентрацій хлоридів спостерігаємо у Домбровському кар'єрі, дренажній траншеї, свердловинах №9 та 11. За вмістом магнію та кальцію спостерігаємо тенденцію до зниження концентрацій практично за всім об'єктами моніторингу. Проте свердловина №16 має значний приріст у концентрації магнію +337 мг/дм<sup>3</sup>, свердловина №11 дає невеликий приріст +44 мг/дм<sup>3</sup>. Показник жорсткість води дає зниження концентрацій практично за всіма об'єктами моніторингу. Виняток становить свердловина №16 да спостерігається підвищення показника жорсткості - +22 мг-екв/дм<sup>3</sup>. ( майже на 3 частки ГДК).

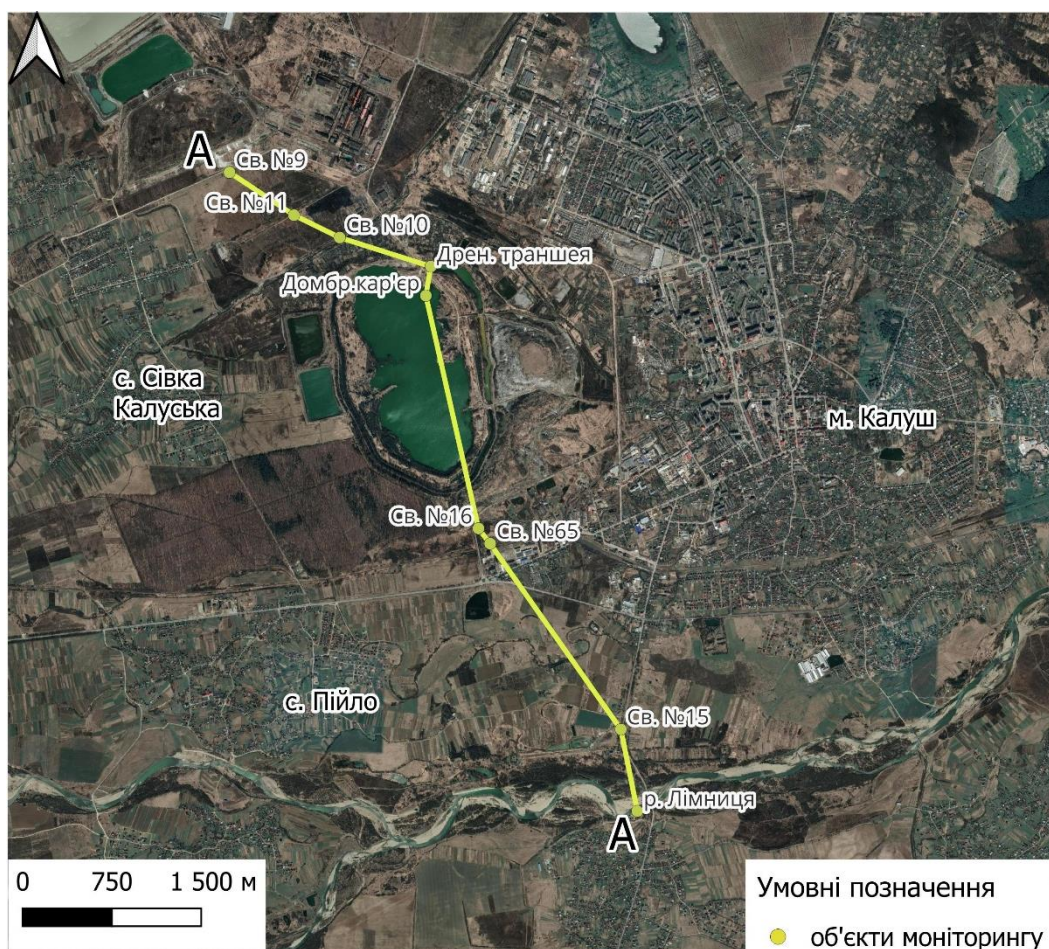
Свердловиною, де відсутні перевищення ГДК та значні коливання концентрацій є свердловина №15 у південній частині ділянки у районі р. Лімниця. Це свідчить про непорушений режим підземних вод та відсутність впливу техногенних об'єктів.

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

Особливо варто звернути увагу на приріст загальної мінералізації та основних показників мінерального складу води (концентрації хлоридів, магнію, сульфатів, показника жорсткості води) у свердловині №16, яка розташована на південь від Домбровського кар'єру у напрямі розвантаження підземних вод у сторону русла р. Лімниця. Приріст концентрацій у свердловині №16 може свідчити про прояв впливу Домбровського кар'єру на засоленість водоносного горизонту, тобто про початковий процес фільтрації розсолів кар'єру у водоносний горизонт.

#### **5.4 Побудова графіків засолення та динаміки показників соляного складу підземних 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 за профілем. На рис. 5.3 наведено картограму території досліджень із нанесеним профілем А-А, за яким побудовано графіки (рис. 5.4 - 5.9).



*Рисунок 5.3 – Розташування гідрогеологічних свердловин та об'єктів з яких відібрано проби у 2025 році з нанесеною лінією профілю*

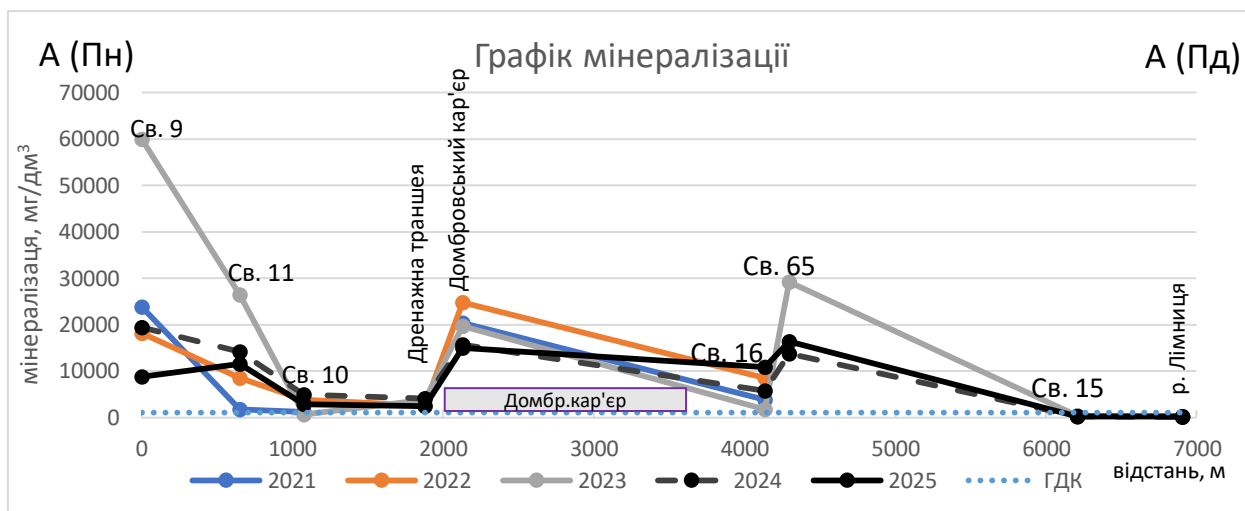


Рисунок 5.4 – Графік динаміки мінералізації за об'єктами гідрогеохімічного моніторингу за профілем А-А (рис. 5.3)

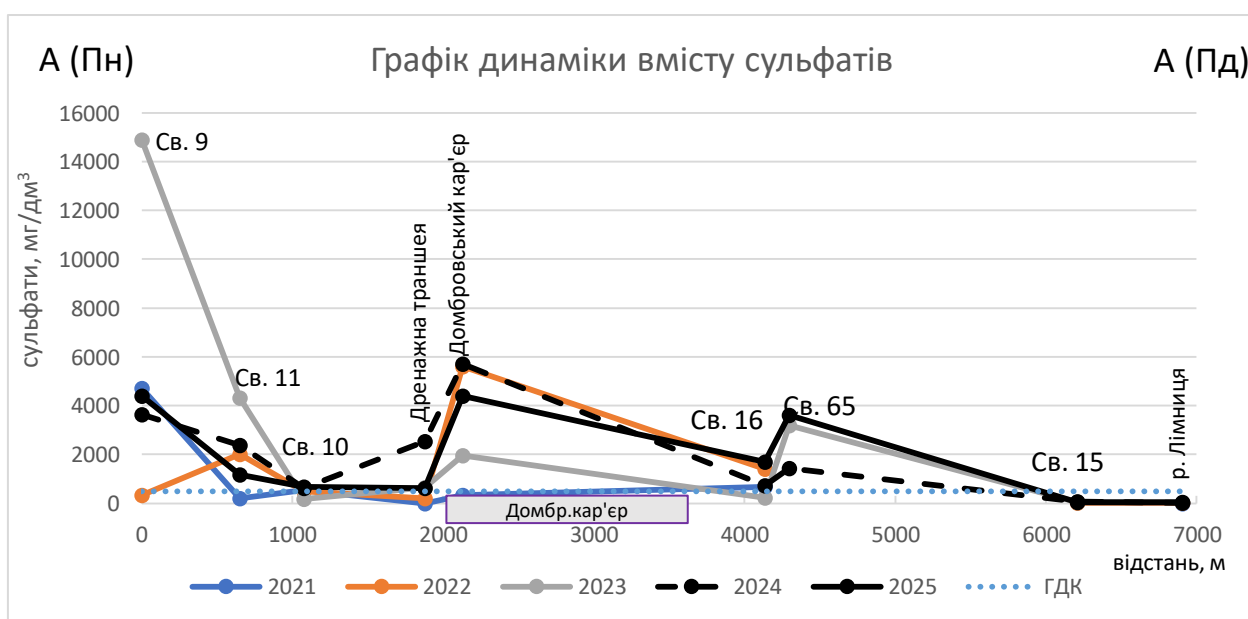


Рисунок 5.5 – Графік динаміки концентрацій сульфатів за об'єктами гідрогеохімічного моніторингу за профілем А-А (рис. 5.3)

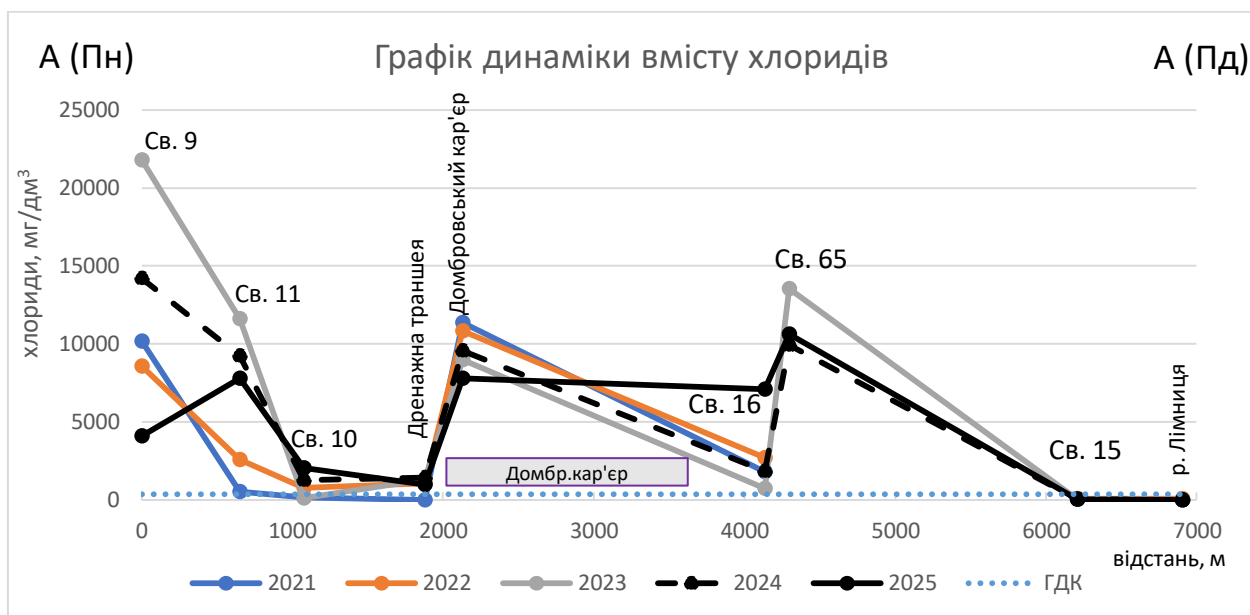


Рисунок 5.6 – Графік динаміки концентрацій хлоридів за об'єктами гідрогеохімічного моніторингу за профілем А-А (рис. 5.3)

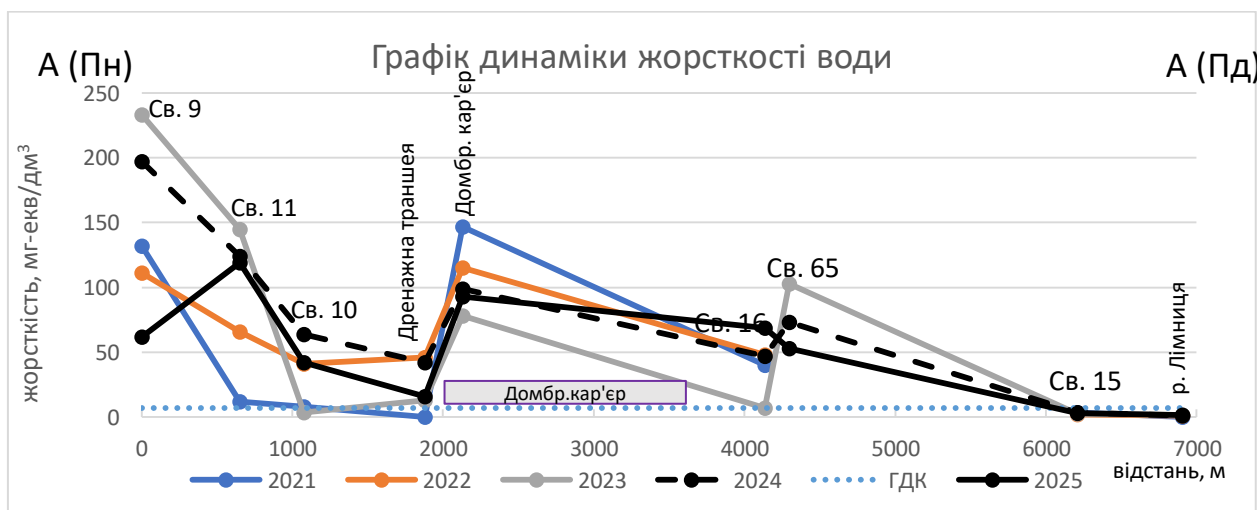


Рисунок 5.7 – Графік динаміки показника «жорсткість води» за об'єктами гідрогеохімічного моніторингу за профілем А-А (рис. 5.3)

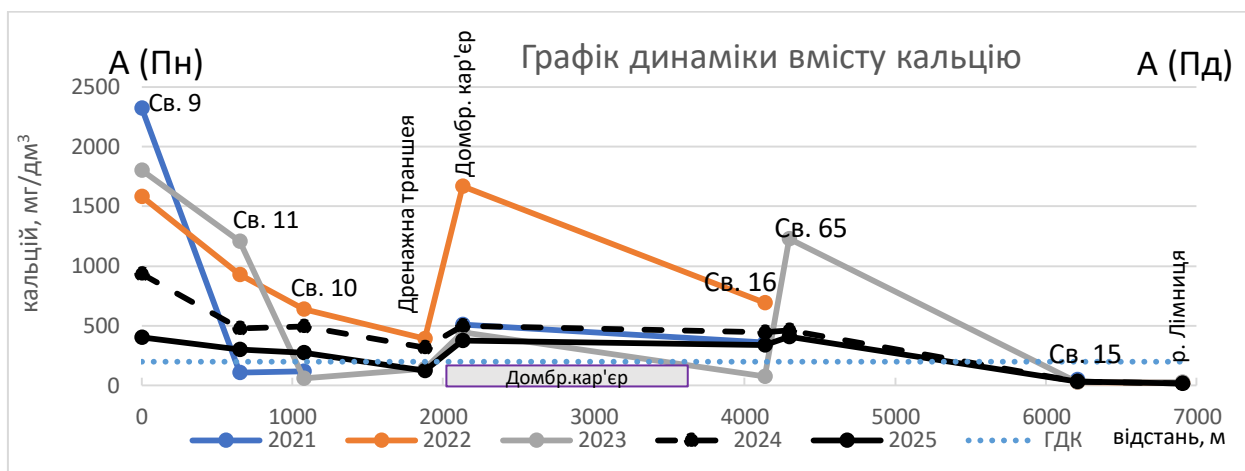


Рисунок 5.8 – Графік динаміки концентрацій кальцію за об'єктами гідрогеохімічного моніторингу за профілем А-А (рис. 5.3)

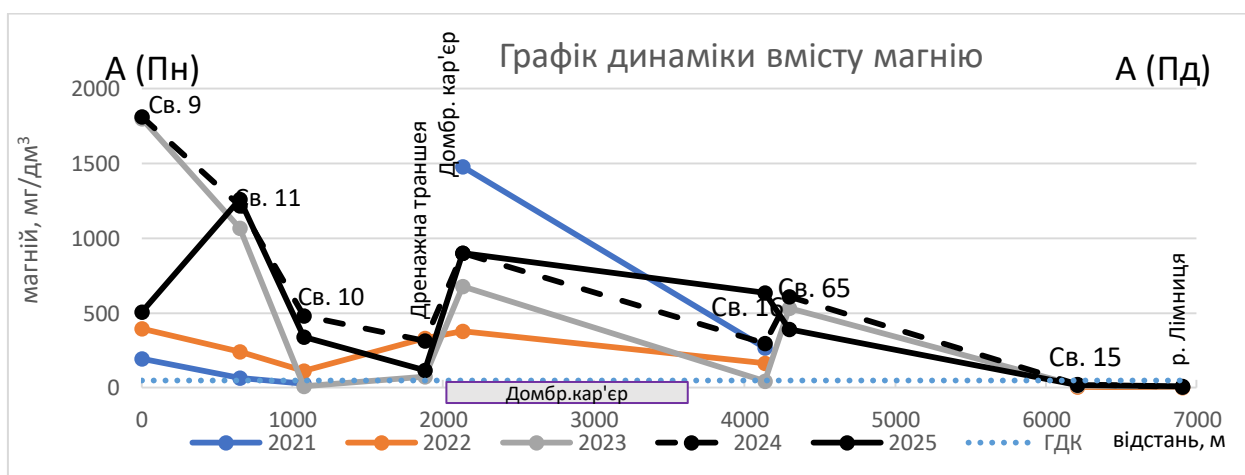


Рисунок 5.9 – Графік динаміки концентрацій магнію за об'єктами гідрогеохімічного моніторингу за профілем А-А (рис. 5.3)

На графіках (рис. 5.4-5.9) відзначено результати досліджень 2021-2025 років. По осі абсцис відкладено відстань у метрах за профілем. Початком відліку (ліва сторона графіка – північна сторона профілю А-А на рис. 5.3) 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, проте у 2025 році ця свердловина демонструє нижчі ніж зазвичай значення мінералізації. Найменша динаміка спостерігається для свердловини №15 у районі р. Лімниця.

За графіком зміни мінералізації за профілем А-А за роками можна відмітити, що у 2025 році найбільша засоленість відзначається у свердловині №65, трохи менше у пробі, відібраній з Домбровського кар'єру, далі свердловина №11 та №16. За цими об'єктами мінералізація перевищує 10000 мг/дм<sup>3</sup>. Варто відмітити що свердловина №16, яка розташована на південь від кар'єру щороку демонструє приріст мінералізації і у 2025 році значення перевищило 10 г/л, вперше починаючи з 2020 року (у 2019 було майже 60 г/л).

За графіком можна відмітити зону на півночі ділянки (свердловини №9 та №11) для якої характерне перевищення ГДК у понад 8-10 разів. Іншою такою зоною є зона на південь від кар'єру, де у свердловинах №16 та №65 зафіксоване перевищення ГДК у 10 та 16 разів відповідно.

За графіками динаміки сульфатів (рис. 5.5) спостерігаємо подібну тенденцію – перевищення ГДК за пробами з усіх об'єктів за винятком проб з свердловини №15 та р. Лімниця. Максимальні концентрації у свердловині №65, пробі відібраній з Домбровського кар'єру, свердловині №9. Максимальні значення концентрації хлоридів (рис. 5.6) спостерігаються у свердловинах на південь від кар'єру - №16 та 65, також у пробі з Домбровського кар'єру та свердловині №11 Жорсткість води (рис. 5.7) характеризується аналогічно.

За концентрацією кальцію значних аномальних значень не спостерігається, проте варто відзначити значно підвищену концентрацію показника у свердловині №16 та №65 та Домбровському кар'єрі. За вмістом

магнію за аномальні перевищення ГДК спостерігаються у свердловині №11, пробі з кар'єру, свердловинах №16 та 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. Також слід звернути увагу на підвищення концентрації практично усіх показників у свердловині №16, що може вказувати на початок зв'язку водоносного горизонту з кар'єром. Слід зазначити, що для підвищення достовірності визначення зон забруднення водоносного горизонту за різними показниками необхідно забезпечити більш щільну мережу спостережних свердловин та її рівномірне просторове розташування. Крім того, доцільно зменшити інтервали між відборами проб і проведенням хімічного аналізу — наприклад, здійснювати їх щоквартально, що дозволить отримувати більш надійні та репрезентативні дані.

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 5.10 наведено графік зміни абсолютних відміток півнів підземних вод, абсолютних відміток устя свердловин та дані щодо мінералізації результатами моніторингу к 2025 році.

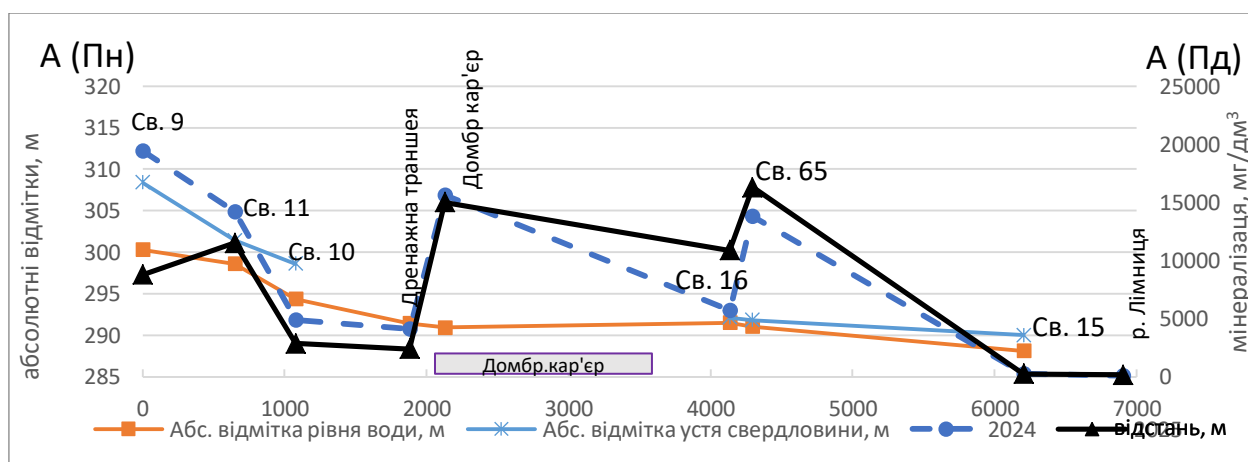


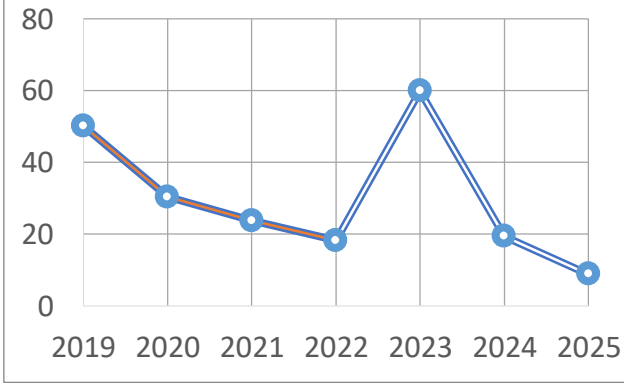
Рисунок 5.10 - Графік динаміки абсолютних відміток рівнів підземних вод, співставлений з мінералізацією за профілем А-А (рис. 5.3)

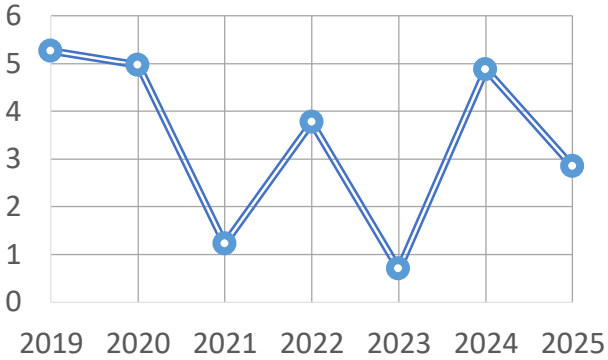
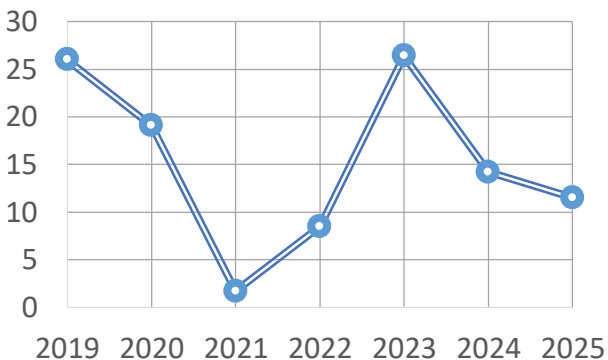
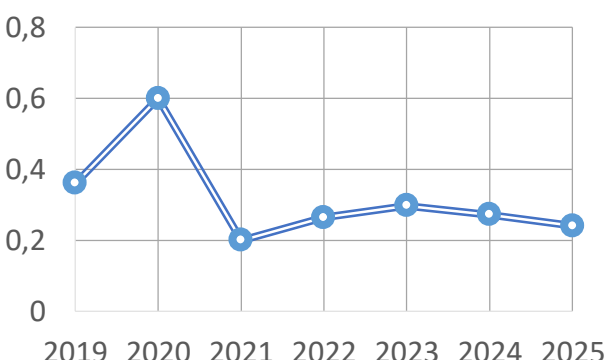
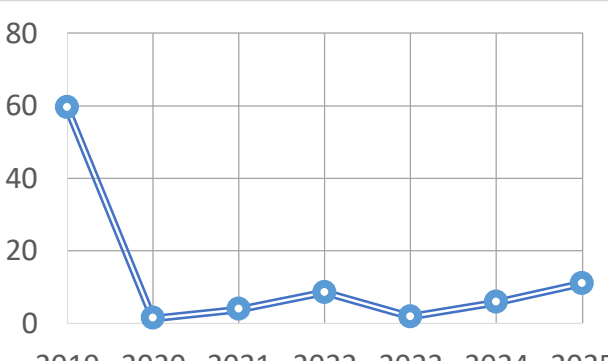
З рисунка 5.10 видно, що регіональний напрямок падіння рівня підземних вод спрямований у бік р. Лімниця. Абсолютна відмітка рівня води у кар'єрі (290,93 м) є нижчою відносно рівня води у дренажній траншеї (291 м) та нижчою відносно рівні у найближчих свердловинах - №10 (294,36 м) та № 16 (291,5 м). Цим 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.

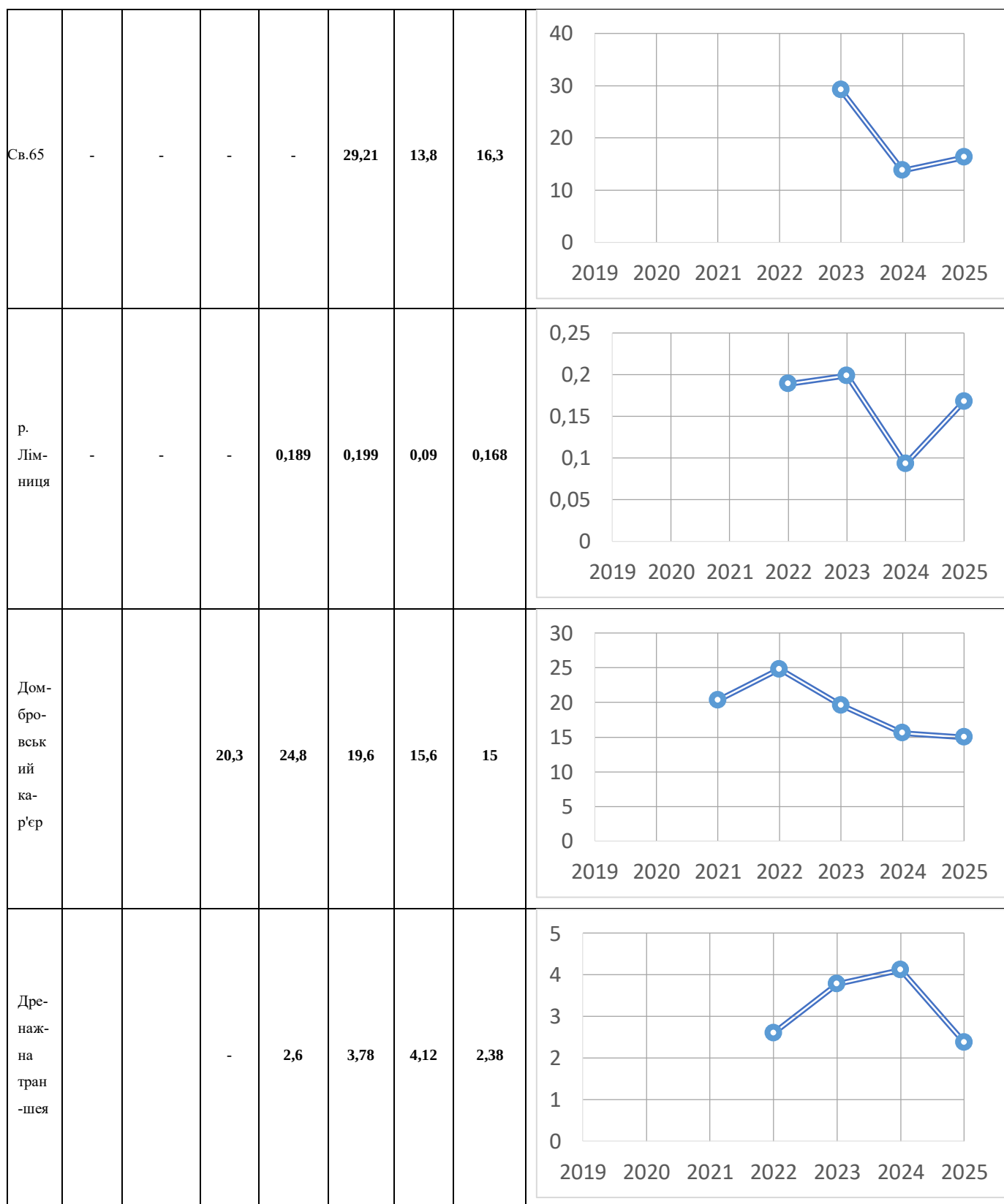
Динаміка зміни загального засолення по окремим свердловинам демонструється в табл. 5.5, де поряд з чисельним значенням мінералізації наводяться діаграми зміни їх по рокам. Ці рисунки дозволяють візуально оцінити динаміку мінералізації за об'єктами моніторингу. Вони підтверджують факт, що найменша динаміка за мінералізацією спостерігається для свердловини №15, тренд на підвищення значень спостерігаються для свердловини № 16. У всіх інших свердловинах, які залучались до моніторингу у 2025 році, спостерігається різка зміна мінералізації, що свідчить про значний вплив техногенних об'єктів.

Таблиця 5.5

Динаміка змін мінералізації по роках.

| № св. | Мінералізація, г/л |       |      |        |      |      |      | Графік зміни мінералізації по роках                                                  |
|-------|--------------------|-------|------|--------|------|------|------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|       | 2019               | 2020  | 2021 | 2022   | 2023 | 2024 | 2025 |                                                                                      |
| 1     | 2                  | 3     | 4    | 5      | 6    | 7    |      | 8                                                                                    |
| Св.9  | 50,2               | 30,36 | 23,7 | 18,164 | 59,9 | 19,4 | 8,78 |  |

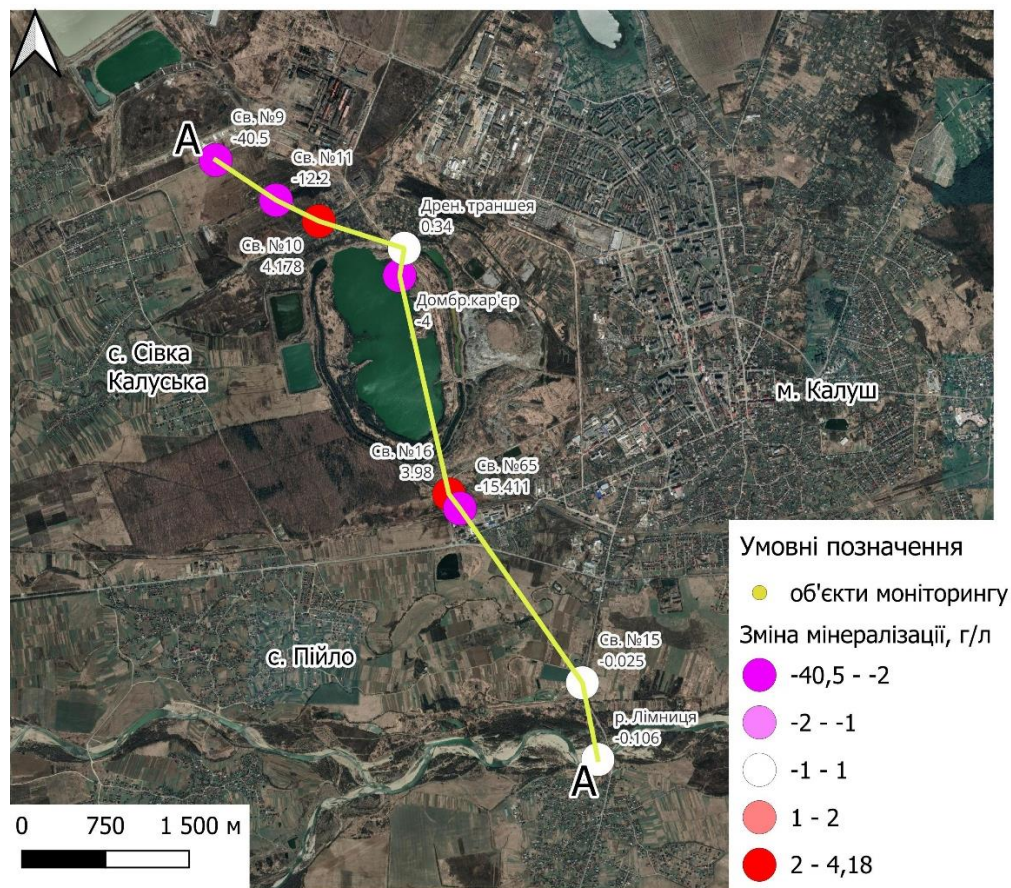
|       |       |       |      |       |       |      |       |                                                                                      |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| СБ.10 | 5,26  | 4,97  | 1,22 | 3,764 | 0,692 | 4,87 | 2,848 |    |
| СБ.11 | 26,01 | 19,08 | 1,68 | 8,474 | 26,4  | 14,2 | 11,5  |    |
| СБ.15 | 0,36  | 0,6   | 0,2  | 0,264 | 0,297 | 0,27 | 0,24  |   |
| СБ.16 | 59,4  | 1,27  | 3,8  | 8,465 | 1,74  | 5,72 | 10,89 |  |



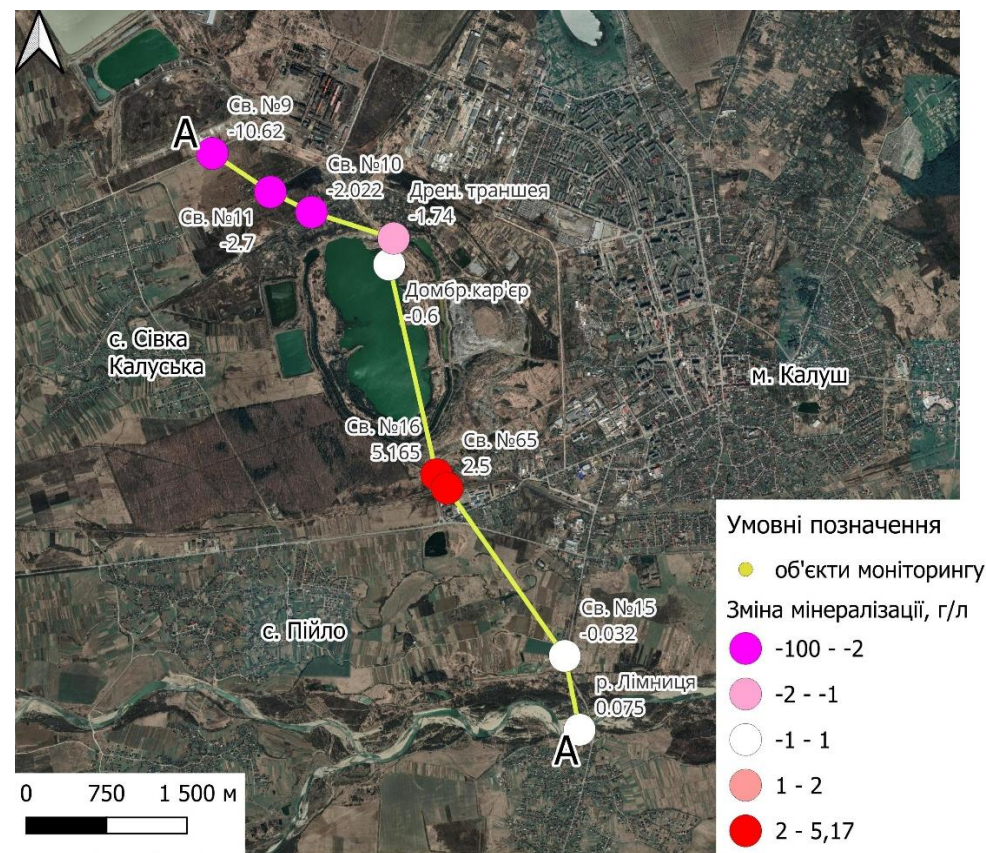
У площинному вигляді динаміки засолення у періодах 2023-2024 років та 2024-2025 років демонструється картографами (рис. 5.11) з зазначеними різницями мінералізації у вигляді тематичної карти точок з кольоровою шкалою за об'єктами моніторингу. За період 2023/2024 рр. суттєве

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.

За період 2024/2025 рр. суттєве зменшення мінералізації спостерігалось у свердловинах №9, 10, 11 - понад 2 г/л. Свердловини, розташовані на південь від кар'єру демонструють збільшення мінералізації підземних вод, а саме свердловина №65 +2,5 г/л, свердловина №16 - +5,165 г/л. Свердловина № 15, яка наближена до водозабору та р. Лімниця значних коливань засолення не мала.



а) 2023-2024 роки



б) 2024-2025 роки

Рисунок 5.11 – Динаміка засолення за об'єктами моніторингу

## 5.5 Створення прогнозної гідрогеологічної моделі в межах профіля дослідження

Дослідження гідрогеохімічного складу підземних вод за об'єктами моніторингу Калуського гірничопромислового району ведеться з 2019 року. Починаючи з 2024 року дослідження проводяться за профілем Хвостосховище №1- Домбровський кар'єр – р. Лімниця, який включає такі об'єкти моніторингу - свердловини № 9, 10, 11, 15, 16 та 65, Домбровський кар'єр, дренажну траншею та р. Лімниця. Тобто спостереження виконано по лінії профілю, який дозволяє відслідкувати зміну хімічних показників води (передусім мінералізації) у напрямку р. Лімниця та відобразити результати у вигляді графіків. Площинні картографічні моделі потребують задіявання більшої кількості свердловин, які мережею покривають у територію досліджень у межах Калуського гірничопромислового району. За роки спостережень накопичений фактичний матеріал щодо динаміки показників мінералізації вод, якого не достатньо для створення часової чи просторово-часової моделі динаміки гідрогеологічних та гідрогеохімічних показників. Часовий ряд спостережень становить 7 років (2019-2025 рр.) і сформований із одноразових щорічних результатів аналізів. Така довжина часового ряду є мінімально достатньою для простої трендової екстраполяції. Для більш надійного прогнозу бажано мати 10+ років даних. Крім того варто зауважити, що не враховано сезонність у часовому ряді. Проби відбирались тільки у літній період за різних метеоумов, які передували їх відбору. У таблиці 5.5 наведено графіки динаміки за роками мінералізації підземних вод для різних об'єктів моніторингу. Як видно з графіків кожен об'єкт моніторингу має власну динаміку зміни мінералізації за роками. Це зумовлено передусім техногенними чинниками, які викликають зміну мінералізації.

Виконаємо підбір лінії тренду для часових рядів динаміки мінералізації за кожним об'єктом гідрогеохімічного моніторингу. На рис. 5.12 наведено часові ряди динаміки мінералізації за роками та винесено лінії трендів для кожного ряду із зазначенням трендової функції.

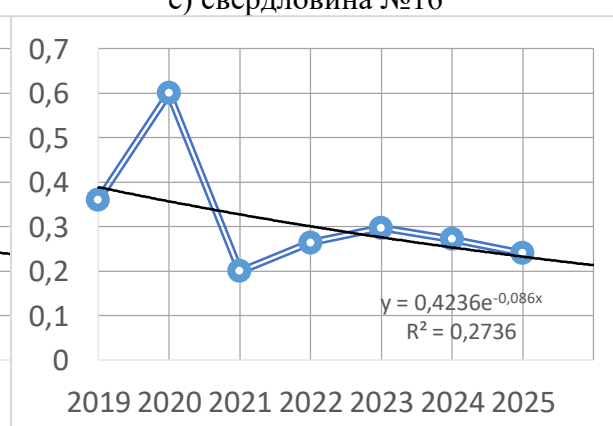
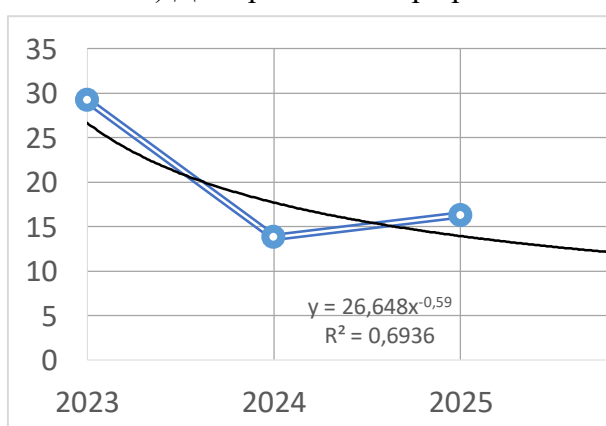
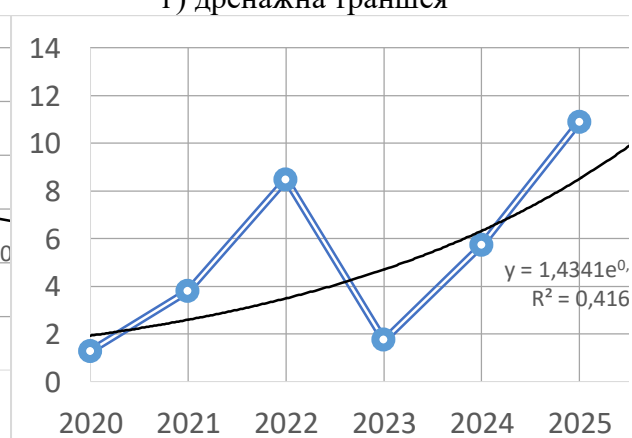
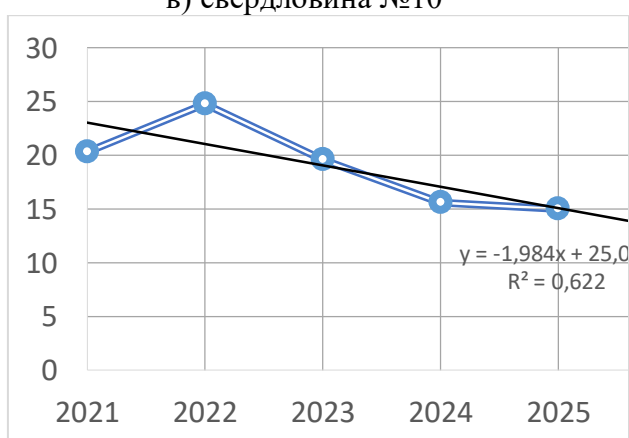
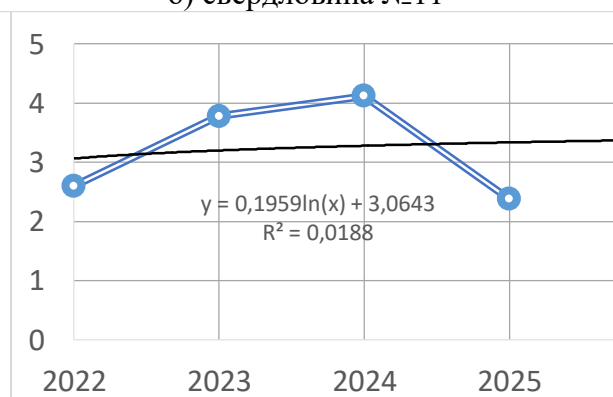
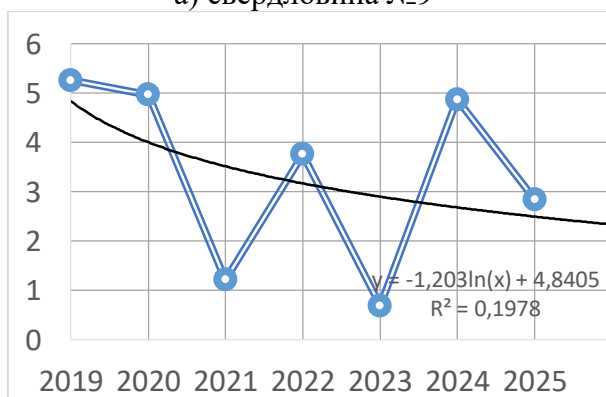
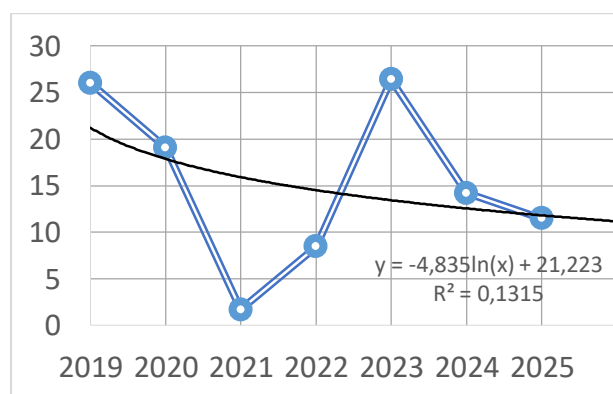
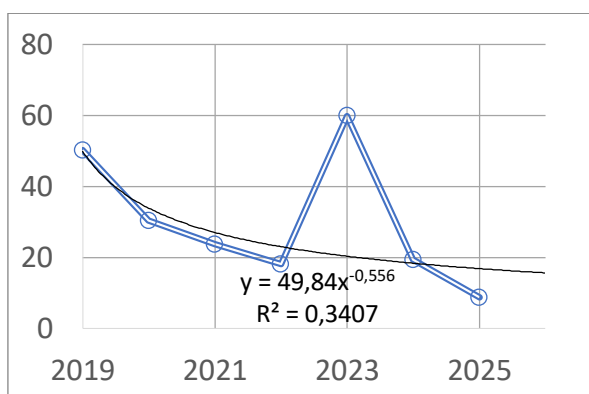


Рисунок 5.12 – Графіки часових рядів зміни мінералізації із нанесеними лініями тренду

Підібрана лінія тренду є ймовірнісною та у загальних рисах описує тенденцію зміни показника мінералізації за роками. Підібрано ту трендову модель, у якої  $R^2$  (коефіцієнт кореляції) найбільший, але також візуально визначалась модель із врахуванням тенденції у зміні даних. Підібрані трендові моделі характеризуються низькими коефіцієнтами кореляції із емпіричними даними. Використання поліноміальних трендових моделей ми уникали через надто короткий часовий ряд та дуже значну флуктуації даних. Тобто підібрані трендові моделі та одержаний на їх основі прогноз на 1 рік має оціночне судження. На рисунку 5.13 наведено графік динаміки мінералізації за об'єктами гідрогеохімічного моніторингу за профілем А- А із нанесеною прогнозним графіком на 2026 рік, обчисленим за функціями тренду. Основна тенденція, яка прослідковується на графіку це збільшення мінералізації у свердловині №16, яка розташована на південь від Домбровського кар'єру у напрямку до р. Лімниця. Прогнозний графік за профілем має ймовірнісний характер, мінералізація може коливатися у залежності від сезонності та метеоумов (інтенсивних опадів, коливань температури тощо).

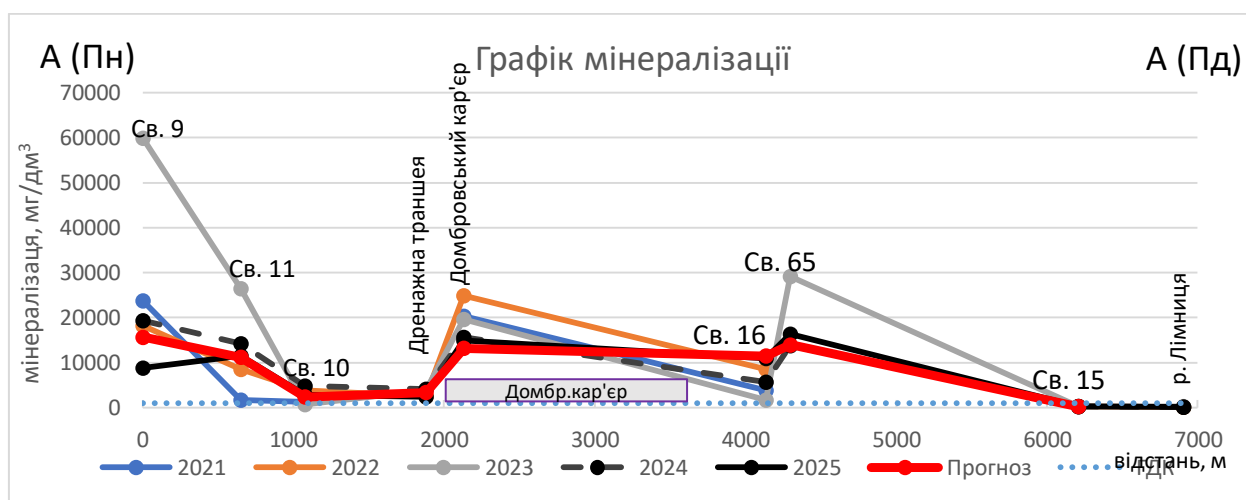


Рисунок 5.13 – Графік динаміки мінералізації за об'єктами гідрогеохімічного моніторингу за профілем А- А (рис. 5.3)

## Висновки до розділу 5

Проведено гідрогеохімічні моніторингові дослідження за мережею спостережених гідрогеологічних свердловин, а саме відібрано проби з 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. 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. Порівняно з 2024 роком суттєве підвищення мінералізації спостерігалось тільки у свердловинах № 16 та 65, які розташовані на південь від кар'єру. Можна відмітити, що у 2025 році найбільша засоленість відзначається у свердловині №65, трохи менше у пробі, відібраній з Домбровського кар'єру, далі свердловина №11 та №16. За цими об'єктами мінералізація перевищує  $10000 \text{ мг/дм}^3$ . Варто відмітити що свердловина №16, яка розташована на південь від кар'єру щороку демонструє приріст мінералізації і у 2025 році значення перевищило  $10 \text{ г/л}$ , вперше починаючи з 2020 року Свердловина №15 (район р. Лімниця) значної динаміки та перевищень ГДК за показниками не демонструє. Абсолютна відмітка рівня води у кар'єрі є нижчою відносно найближчих об'єктів моніторингу.

## 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*

Результатом геодезичних спостережень у VI.2025 р. стало виконання серії геометричного нівелювання II класу між реперами профільних ліній рудників «Ново-Голинь» (в межах с. Кропивник) та «Калуш» (по вул. Європейська).

Результати геодезичних спостережень у серії VI.2025 р., виконаних по профільних лініях в межах шахтного поля «Ново-Голинь» та по лінії реперів вздовж вул. Європейська (м. Калуш), свідчать, що у період 2024-2025 р.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, площа водної поверхні якого за останній рік збільшилася.

Швидкість осідання реперів на березі новоутвореного озера у період 2024-2025 р.р. становить близько -300 мм/рік тоді, як у період 2023-2024 р.р. вона становила -350 мм/рік, а в 2022-2023 р.р. -500 мм/рік. Це свідчить, на нашу думку, про стабілізацію швидкості процесу осідання в цьому районі. Проте швидкість осідання все ще залишається значною.

Як і в період 2023-2024 р.р., протягом останнього року спостерігається інтенсивне осідання земної поверхні з швидкістю до -100 мм/рік в район 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.

Отримані результати геодезичного моніторингу реперів по вул. Європейська в м. Калуш свідчать про збереження величин осідань на тому ж рівні, що і в попередній рік (окрім Рп 15 та Рп 18, які протягом останнього року осіли на 1 см, величини осідань усіх реперів у межах 5 мм).

На даний час житлові будівлі, які знаходяться в зоні осідань, не мають наявних пошкоджень та відповідних деформацій. При збереженні наявних тенденцій просідань на наступні 10 років, немає підстав щодо утворення значних зон просідання земної поверхні та відповідно відселення мешканців. Проте контроль за осіданнями земної поверхні потрібно продовжувати, щоб у разі збільшення швидкості осідання попередити надзвичайну ситуацію техногенного походження та прийняти відповідні рішення щодо відселення мешканців, які проживають у небезпечній зоні.

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

Виконано геофізичні дослідження на різних частотних діапазонах по вул. Європейська (Центральне каїнітове поле) та вул. Глібова (Північно каїнітове поле), вул. Ю. Ганущак (Північно каїнітове поле) м. Калуш та с. Кропивник (рудник Наво-Голинь).

Проведено інтерпретацію даних ПЕМПЗ та побудовано графіки інтенсивності випромінювання електромагнітного поля за різними складовими (антени X, Y та Z ) по вул. Європейська (Центральне каїнітове поле), вул. Глібова, вул. Ю.Ганущак (Північно каїнітове поле) м. Калуш та с. Кропивник (рудник «Ново-Голинь»). Проаналізовано та виділено аномальні зони за різними антенами спостереження, що є основою для розрахунку повного вектора напруження електромагнітного поля Землі.

За результатами інтерпретації побудовано графіки та карти розподілу напружено-деформованого стану гірських порід по окремих ділянках дослідження.

#### **Вул. Європейська м. Калуш (Центральне каїнітове поле)**

Відбувається активна стадія осідання, яка пов'язана із деформаціями стелин камер які підтверджені аномаліями розподілу напружено-деформованого стану гірських порід. На даний час за геодезичними спостереженнями зафіксовано швидкість осідання землі за усі роки спостереження, яка склала -267,9 мм.

#### **Вул. Ю.Ганущак (Північно каїнітове поле)**

Закартовано аномальні зони, які мають безпосередній зв'язок із карстовим провалом, що утворився у річці Сівка. Провівши детальний аналіз матеріалів, можна стверджувати, що карстовий провал та супутні йому процеси будуть мати розвиток у часі. Слід звернути увагу на аномалії 3 та 4 у майбутньому є висока ймовірність формування нового карстового провалу.

#### **Вул. Глібова (Північно каїнітове поле)**

Моніторингові досліджень методом ПЕМПЗ в районі провалу підтверджують активну стадію в районі карстового провалу №14. Ці процеси будуть розвиватися часі, тому слід очікувати нових провалів у напрямку дороги територіального значення Т14 – 19. Експлуатацію дороги слід продовжувати, вживаючи заходи щодо обмеження швидкості автомобільного руху.

#### **С. Кропивник, Рудник «Нова-Голинь», шахтне поле «Східна Голинь»**

За результатами моделювання отримано карти розподілу напружено-деформованого стану гірських порід в с. Кропивник за 2025 р. Відбулась зміна у перерозподілі напружень та відповідно розділення однієї великої зони на дві локальні підзони. Перша зона приурочена осіданню земної поверхні результатом якої є новоутворене озеро. За геодезичними

спостереженнями в районі озера відбувається зповільнення швидкості яка становить у період 2024-2025 р.р близько -300 мм/рік.

Друга зона спостерігається в район 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). За геодезичними спостереженнями швидкість осідання збільшується і становить 100 мм/рік. Аналізуючи режимні моніторингові спостереження за 2021 та 2025 рр, можна припустити, що у майбутньому буде сформована нова зона осідання. На вказаній ділянці густо розташовані господарські двори та житлові будівлі. Тому слід виконувати два рази на рік геодезичні спостереження та раз на два роки геофізичні спостереження, щоб попередити надзвичайну ситуацію техногенного походження. При збільшенні швидкості осідання земної поверхні приймати управлінські рішення щодо можливого відселення мешканців.

Оцінка стану геологічного середовища на територіях відпрацьованих соляних родовищ є важливою складовою моніторингових досліджень через значний вплив техногенних об'єктів. Необхідними методами моніторингових досліджень небезпечних гідротехнічних споруд на відпрацьованих родовищах калійної солі в постмайнінговий період є прямі методи (гідрогеохімічні) та допоміжні (топогеодезичні та геофізичні). Отримані результати досліджень дозволять оцінити ступінь розвитку деформаційних процесів та зон розущільнення гірських порід та планувати заходи які спрямовані на забезпечення необхідних міцнісних характеристик дамби в ослаблених місцях з метою запобігання подальших деформацій та аварійних витоків розсолів із хвостосховища №2.

***Контроль деформацій будинків у с. Кропивник (вул. І. Франка, 144 та 202; вул. І. Франка, 84, 117 і 196)***

***Будинок №202***

Під час рекогносрування будівлі у 2021 році було встановлено, що фундамент був дуже вологий, так як ґрунтові води, на час закладання марок знаходилися на 10-20 см нижче рівня землі. Станом на травень 2022 року рівень ґрунтових вод знаходився значно нижче, так як випадало мало опадів. На липень 2023 року рівень ґрунтових вод знову піднявся. На липень 2025 року рівень ґрунтових вод був низький, але фундамент був знову досить мокрий.

У 2025 році деякі тріщини трохи збільшилися, а деякі залишилися без змін і становлять не більше 1 мм.

За даними нівелювання будівлі №202 можна встановити, що стінні репери змістилися один відносно іншого на 2,1 мм, а сама будівля просіла на 34 мм на стінному репері № 4.

Отже за результатами нівелювання можемо спостерігати осідання всієї ділянки, яке становить менше ніж на 34 мм., а за допомогою комбінованого способу спостережень можна встановити, що рух будівлі є незначний у просторовому положенні за два роки.

***Будинок №144***

Під час рекогносрування будівлі у 2021 році було встановлено, що фундамент, як і сам будинок №144 має тріщини.

У 2023 році на конструктивних елементах будівлі були зафіксовані мікротріщини шириною до 0,13 мм. За результатами спостережень у 2025 році встановлено, що ширина тріщин на маяках залишилася незмінною.

Згідно з результатами нівелювання будівлі №144, зафіксовано взаємне горизонтальне зміщення стінних реперів на 2,6 мм. Крім того, визначено осідання будівлі за 2021-2025 р.р., яке на стінному репері №2 становить 8,9 мм.

Отже, на основі результатів комбінованих методів спостережень встановлено, що репери будівлі №144 зазнали незначних деформаційних зміщень, тоді як стінні маяки протягом останнього періоду залишаються стабільними, без ознак подальших деформацій.

### ***Будинок №117***

Під час рекогносрування будівлі у 2022 році було встановлено, що фундамент має деякі тріщини, тому репери закладалися діаметрально протилежно один відносно іншого кількістю 2 штуки. Так як гіпсові маяки були закладені ще у 2021 році, то можна визначити динаміку розкриття тріщини.

У 2022 році, через рік після встановлення гіпсових маяків, з'явилися мікро тріщини (до 1 мм) практично у всіх місцях. Станом на 2023 р. тріщини трохи збільшилися, але не перевищують 1 мм. У 2025 році розкриття тріщин збільшилося практично на всіх маяках і становить вже 2 мм на маяку №3.

За даними нівелювання будівлі №117 можна встановити, що стінні репери змістилися один відносно іншого на 1,5 мм, а сама будівля просіла на 1,6 мм на стінному репері № 1.

Можна встановити, що рух будівлі відбувається у різних напрямках просторового положення за один рік, але для детальнішої характеристики деформаційних процесів, слід продовжити спостереження.

### ***Будинок №196***

За даними нівелювання будівлі №196 можна встановити, що стінні репери змістилися один відносно іншого на 0,4 мм, а сама будівля просіла на 29,6 мм на стінному репері № 1.

### ***Будинок №84***

За даними нівелювання будівлі №84 можна встановити, що стінні репери змістилися один відносно іншого на 3,5 мм, а сама будівля просіла на 6,3 мм на стінному репері № 2.

### *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. Порівняно з 2024 роком суттєве підвищення мінералізації спостерігалось тільки у свердловинах № 16 та 65, які розташовані на південь від кар'єру. Можна відмітити, що у 2025 році найбільша засоленість відзначається у свердловині №65, трохи менше у пробі, відібраній з Домбровського кар'єру, далі свердловина №11 та №16. За цими об'єктами мінералізація перевищує 10000 мг/дм<sup>3</sup>. Варто відмітити що свердловина №16, яка розташована на південь від кар'єру щороку демонструє приріст мінералізації і у 2025 році значення перевищило 10 г/л, вперше починаючи з 2020 року Свердловина №15 (район р. Лімниця) значної динаміки та перевищень ГДК за показниками не демонструє. Абсолютна відмітка рівня води у кар'єрі є нижчою відносно найближчих об'єктів моніторингу.

## ПРОПОЗИЦІЇ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ

Напрацювання, які були відображені у звітах 2021-2025 років, були спрямовані на вирішення наступних задач еколого-геологічного моніторингу стану довкілля Калуш-Голинського гірничо-промислового району: 1) контроль засоленості поверхневих і підземних вод Калуського ГПР; 2) контроль розвитку зон просідань на ділянках гірничих виробок над колишніми рудниками «Калуш», «Голинь», та «Ново-Голинь»; 3) контроль напружено-деформованого стану зон просідань з можливим утворенням карсту.

Зазначені регіональні проблеми повинні вирішуватись для конкретних об'єктів із наступними показниками:

- ступінь забруднення поверхневих водойм та свердловин (основні показники – загальна мінералізація (норма до 1000 мг/дм<sup>3</sup> або мінералізація по компонентах);
- ступінь (швидкість) осідання земної поверхні (звичайно м/рік);
- ступінь провальних явищ (карстових утворень – кількість / об'єм / територія / час);
- ступінь деформації та заповнення поверхневих водойм (кількість метрів над рівнем моря);
- ступінь пошкодження будівель (мм/рік по поздовжніх та поперечних стінах).

Вказані пропозиції в ідеалі повинні виконуватись для всієї території Калуш-Голинського гірничо-промислового району – під час постмайнінгового періоду.

Проте ступінь виконання рекомендації і відповідно проєктні об'єми в 2025 (як і в попередні роки) обмежувалась можливостями реального фінансування.

Зокрема, топо-геодезичні опрацювання виконано тільки для реперних ліній рудника «Кропивник» та незначної частини рудника «Калуш» ( $\approx 30\%$  території, що затоплена або засипана); виконано окремий реперний профіль, який демонструє динаміку руху підземних та поверхневих вод та дає можливість їх прогнозування; ступінь засолення території оцінено для 6 свердловин – відібрані проби та виконані лабораторні аналізи ( $15\%$  засоленої території); надана оцінка ступеня напружено-деформованого стану гірських порід – оцінений можливий розвиток карсту ( $\approx 10\%$  території); виконано оцінку деформації територій хвостосховища ( $\approx 20\%$  деформованих ділянок по відношенню до непорушених); наведена оцінка 6 будівель, що є пошкодженими (згідно з заявами мешканців).

Таким чином, пропозиції та рекомендації повинні стосуватись:

- 1) збільшення об'ємів робіт та розповсюдження їх на всю територію Калуш-Голинського гірничо-промислового району;
- 2) доведення фінансування до необхідних об'ємів з тим, щоб забезпечити виконання задачі еколого-геологічного моніторингу довкілля, як у фізичному виконанні об'ємів, так і в часі (по місяцях і роках);
- 3) з методичної сторони комплекс досліджень є досконалим і може далі розвиватись згідно з технічними досягненнями.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1     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, (2021 р.), номер державної реєстрації роботи: 0121U112277.
- 2     Проведення 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 (2022 р.)
- 3     Проведення екологічного моніторингу стану довкілля, контролю засоленості поверхневих і підземних вод, зон просідань та гірничих розробок над колишніми рудниками «Калуш», «Голинь» та «Ново-Голинь», ІФНТУНГ (2023 р., 2024р).
- 4     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.
- 5     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
- 6     Баран П. І. Інженерна геодезія/ П. І. Баран. – Київ, ПАТ «ВІПОЛ», 2012. – 617 с.
- 7     Левчук Г. П. Прикладная геодезия. Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ / Григорій Левчук //. Книга: «Прикладная геодезія» - Недра,1981. – 438 с.

- 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. О. Про можливість виділення критичних напружено-деформованих зон ЗОРВ АЕС за результатами геодезичних вимірів // Вісник геодезії і картографії. – 1999, №1. – с. 10-13
- 11 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.
- 12 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. Дешиця, У. О. Дзьоба// Геодинаміка.-2019.-№2(27).- С.56-67. DOI: <https://doi.org/10.23939/jgd2019.02.054>.
- 13 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.
- 14 Kuzmenko E.D. Cherpurnyi I.V., Cherpurna T.B., Bagriy S.M./ Subsidence and failures within the territory of Precarpathian salt fields and the possibility of their prediction // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2020, (2): 5-10 (база Scopus) [doi.org/10.33271/nvngu/2020-2/005](https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-2/005).
- 15 Kuzmenko E., Bagriy S., Dzoba U. 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 Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology, 2020, № 2 (89), p. 79-88. (База Web of Science Core Collection).

- 16 Chepurnyi, I., Bagriy, S., Kuzmenko, E. and Chepurna, T. (2020) “Time series analysis of karst breakdown development on the potassium salt deposit areas within Precarpathian region”, *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 29(2), pp. 258-268. doi.org/10.15421/112024 (База Web of Science Core Collection).
- 17 E. Kuzmenko & S. Bagriy Assessment of the influence of technogenically triggered hydrodynamic processes on groundwater contamination in the area of Kalush mining industry by applying geophysical methods *JGD*. 2022 . Volume 1(32)2022, Number 1(32) : 119-135 doi.org/10.23939/jgd2022.02.119 (База Web of Science Core Collection).
- 18 Kuzmenko, E., Bagriy, S., Artym, V., Artym, I. Display of mechanical stresses' distribution in mining areas in the intensity dynamics of the Earth's natural pulsed electromagnetic field - *JGD*. 2022; Volume 2(33)2022, Number 2(33) : 64-74 doi.org/10.23939/jgd2022.02.065 (База Web of Science Core Collection).
- 19 Kuzmenko, E & Maksymchuk, V. & Chepurnyi, I. & Bagriy, S. & Romaniuk, O & Kuderavets, R.. (2022). Dominican church in chortkiv: geological conditions, the crypt geometrization, the building stabilization. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*. 49-58. Doi 10.17721/1728-2713.98.06 (База Web of Science Core Collection).
- 20 Y O Malkova, I O Kovalenko, V V Dolin, Y M Demikhov, M I Panasiuk, N V Sosonna, S M Bagriy, E D Kuzmenko, I P Onyshchenko, U Saravana Kumar, M G Buzynnyi Isotope composition of groundwater and surface waters in the area of the Dombrovsky quarry of Kalush-Golinsk deposit of potassium salts *Journal of Environmental Radioactivity* (2023) (квартиль Q2, База Scopus & Web of Science Core Collection). DOI:10.1016/j.jenvrad.2022.107083