

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

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р.  
І. І. Чудик  
М.П.

### **ЗВІТ**

про надання послуг  
за договором № 184/2022 від 14.04.2022 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 на території гірничо-хімічних підприємств міста Калуш та сіл Сівка-Калуська і Кропивник»)

(остаточний)

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

Б. А. Тершак

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

Е.Д. Кузьменко

Івано-Франківськ  
2022 р.

Рукопис закінчено 21 листопада 2022 р

**СПИСОК АВТОРІВ**

Науковий керівник робіт доктор геол.-мін. наук, професор	Е.Д. Кузьменко (вступ, розділи 1-3, висновки та рекомендації)
Головний науковий співробітник доктор технічних наук, професор	К.О. Бурак (вступ, розділи 1-3 висновки та рекомендації)
Провідний науковий співробітник кандидат геологічних наук, доцент	С.М. Багрій (розділи 1-3)
Старший науковий співробітник	М.Я. Гринішак (розділи 1-3)
Старший науковий співробітник кандидат геологічних наук, доцент	І.В. Чепурний (розділи 1-3)
Науковий співробітник	М.В. Штогрин (розділи 1-2)
Науковий співробітник	В.М. Ковтун (розділи 1-2)
Науковий співробітник	В.П. Михайлишин (розділи 1-3)
Інженер I категорії	О.М. Струтинська (розділи 1-3)
Нормоконтролер	Л.Є. Артим

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ВИКОНАННЯ ПОЛЬОВИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ.....	7
1.1 Топогеодезичні роботи по реперних профілях рудників «Голинь», «Ново-Голинь» та «Калуш» (с. Кропивник, с. Сівка-Калуська та вул. Європейська м. Калуш).....	7
1.2 Геофізичні роботи по вул. Європейська м. Калуш.....	10
1.3 Режимні спостереження житлових будинків в с. Кропивник вул. І.Франка, 144, 202, за встановленими реперами для прогнозування процесів просідання та можливого відселення мешканців цих будинків та закладка реперів із відповідними спостереженнями по вул. І.Франка, 84, 117, 196.....	13
1.4 Відбір проб води із існуючих спостережних гідрологічних свердловин та залучення до мережі додаткових діючих свердловин колишнього ДП «Калійний завод».....	19
1.5 Висновки до розділу 1.....	21
2 ОБРОБКА ПОЛЬОВИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ .....	23
2.1 Оцінка динаміки просідання земної поверхні за отриманими даними та попередніми спостереженнями в межах рудників «Голинь», «Ново-Голинь» та «Калуш» (с. Кропивник, с. Сівка-Калуська, м. Калуш, вул. Європейська).....	23
2.2 Оцінка стадії активності деформаційного процесу гірничого масиву за комплексом топогеодезичних та геофізичних досліджень в межах м. Калуш, вул. Європейська.....	34
2.3 Оцінка динаміки деформації житлових будинків в с. Кропивник вул. І.Франка, 144, 202 та результати спостереження по вул. І.Франка, 84, 117, 196.....	39
2.4 Проведення лабораторних гідрогеохімічних аналізів відібраних проб води існуючих спостережних гідрологічних свердловин та залучених до	

мережі додаткових діючих свердловин колишнього ДП «Калійний завод».....	47
2.5 Аналіз розрахункових коефіцієнтів запасу міцності міжкамерних ціликів відпрацьованого гірничого масиву на Північному каїнітовому полі рудника «Калуш».....	68
2.6 Висновки до розділу 2.....	72
3 ПІДГОТОВКА ЗАКЛЮЧНОГО ЗВІТУ.....	73
3.1 Побудова карт просідань земної поверхні та оцінка динаміки за останні роки в межах рудників «Голинь», «Ново-Голинь» та «Калуш» (с. Кропивник, с. Сівка-Калуська, м. Калуш, вул. Європейська).....	73
3.2 Оцінка динаміки активності деформаційних процесів за комплексом робіт по вул. Європейська м. Калуш.....	79
3.3 Надання висновку щодо ступеня деформації житлових будинків за даними наявних реперів в с. Кропивник вул. І.Франка, 144, 202 та результати замірів щодо ново закладених реперів по вул. І.Франка, 84, 117, 196.....	82
3.4 Побудова карт засолення на території Калуського гірничопромислового району та оцінка динаміки засолення водоносного горизонту.....	85
3.5 Побудова карти запасу міцності міжкамерних ціликів на Північному каїнітовому полі рудника «Калуш».....	102
3.6 Надання рекомендацій щодо вжиття заходів з попередження виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру на підставі проведених топогеодезичних досліджень на територіях небезпечних зон просідання земної поверхні.....	110
3.7 Висновки до розділу 3.....	114
ВИСНОВКИ ДО ЗВІТУ.....	115
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА.....	117
ДОДАТКИ.....	120

## РЕФЕРАТ

Звіт (остаточний) про надання послуг по темі «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» містить: 119 сторінок тексту, 18 таблиць, 47 рисунків, 21 додатків, 23 використаних джерел.

Об'єкт досліджень – територія гірничо-хімічного підприємства міста Калуш та сіл Сівка-Калуська і Кропивник.

Мета роботи – проведення екологічного моніторингу впливу гірничих виробіток на деформацію земної поверхні та засолення водоносного горизонту в межах території населених пунктів. Розробка рекомендацій щодо запобігання виникнення надзвичайної ситуації та надання висновків щодо загрози для житлових будинків, які розташовані у небезпечній зоні.

Методи досліджень – топогеодезичні дослідження, геофізичні методи, зокрема метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі, гідрогеохімічні дослідження та математичні методи моделювання .

У звіті наведено результати проведення екологічного моніторингу впливу гірничих виробіток та засолення на територію населених пунктів та водоносний горизонт, виконано моделювання запасу міцності міжкамерних ціликів для відпрацьованого Північно каїнітового шахтного поля, надано рекомендації щодо запобігання виникнення надзвичайної ситуації та надано висновки щодо загрози для житлових будинків, які розташовані у небезпечній зоні.

**ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ, НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН, ТОПОГЕОДЕЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОСІДАННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ, ЗАПАС МІЦНОСТІ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ.**

## ВСТУП

Науково-дослідні роботи виконані з метою проведення екологічного моніторингу впливу гірничих виробіток та засолення на територію населених пунктів та водоносний горизонт та розробки рекомендацій щодо запобігання виникнення надзвичайної ситуації та надання висновків щодо загрози для житлових будинків, які розташовані у небезпечній зоні.

Методи моніторингових досліджень, які використано під час виконання робіт – це топогеодезичні дослідження, геофізичні методи, зокрема метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі, гідрогеохімічні дослідження та математичне моделювання відпрацьованого гірничого масиву Північно каїнітового шахтного поля.

У результаті використання зазначеного комплексу методів, проведення обробки отриманих результатів оцінено динаміку просідання земної поверхні в межах рудників «Ново-Голинь» та «Калуш» (с. Кропивник, с. Сівка-Калуська, м. Калуш, вул. Європейська) та стадії активності деформаційного процесу гірничого масиву; побудовано карти просідань земної поверхні та їх динаміки; побудовано карти засолення Калуського гірничопромислового району та карти динаміки засолення водоносного горизонту в часі; побудовано просторову модель запасу міцності міжкамерних ціликів та надано рекомендації щодо прийняття управлінських рішень з метою попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

Роботи виконані у відповідності до договору № 184/2022 від 14.04.2022 року, заключеного між Управлінням з питань надзвичайних ситуацій Калуської міської ради (ЗАМОВНИК) та ІФНТУНГ (ВИКОНАВЕЦЬ).

## 1. ВИКОНАННЯ ПОЛЬОВИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

### 1.1 Топогеодезичні роботи по реперних профілях рудників «Голинь», «Ново-Голинь» та «Калуш» (с. Кропивник, с. Сівка-Калуська та вул. Європейська м. Калуш)

За умовами технічного завдання договору № 184/2022 від 14.05.2022 р. виконані виміри осідань та визначені деформації земної поверхні на реперах профільних ліній рудників “Ново-Голинь” та “Калуш” (у межах територій с. Кропивник, с. Сівка-Калуська та вул. Європейська м. Калуш), зокрема:

- Профільна лінія Рп 63 – Рп 224 (кількість реперів 31, початок спостережень 1979 р.).
- Профільна лінія Рп 22/49 - Рп V (кількість реперів 19, початок спостережень 1968 р.).
- Профільна лінія Рп 22/49 – Рп 241 (кількість реперів 19, початок спостережень 1968 р.).
- Профільна лінія Рп 21 – Рп I (кількість реперів 25, початок спостережень 1968 р.).
- Профільна лінія Рп XVI - Рп XV (кількість реперів 25, початок спостережень 1968 р.).
- Профільна лінія Рп 4 - Рп 274 (кількість реперів 30, початок спостережень 1968 р.).
- Профільна лінія Рп X - Рп XII (кількість реперів 50, початок спостережень 1968 р.).
- Профільна лінія Рп 284 - Рп I62 (кількість реперів 35, початок спостережень 1968 р.).
- Профільна лінія Рп 198 - Рп XX (кількість реперів 26, початок спостережень 1979 р.).
- Профільна лінія Рп XX - Рп 261 (кількість реперів 41, початок спостережень 1969 р.).

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

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

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

- Профільна лінія Рп V - Рп VIII (кількість реперів 23, початок спостережень 1968 р.).

- Профільна лінія Рп 253 - Рп 280 (кількість реперів 20, початок спостережень 1979 р.).

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

За звітний період на всіх об'єктах виконано 1 серію вимірів – VII/2022 р. Перед початком вимірів проведена розкопка реперів вищевказаних профільних ліній. Як і минулого року, частина реперів не були розкопані через спротив з боку власників відповідних земельних ділянок. Зафіксовані пошкодження частини реперів (Рп 195, Рп 189 лінії 9, Рп 257, Рп 258, Рп 259 лінії 10), що потребує додаткового аналізу даних пунктів та значно знижує достовірність результатів осідань на них. Значна кількість ґрунтових реперів втрачені, зокрема опорні Рп II, Рп V, Рп VI, Рп VII, Рп VIII, Рп XII, Рп XIII, Рп XV, Рп XVIII, Рп XIX.

Виміри у 2022 р. виконували високоточним електронним нівеліром DL-501 (серійний номер 560168) з автоматичним взяттям відліків за штрихковою рейкою (метрологічні характеристики приладу гарантуються свідоцтвом про перевірку – додаток 1.1.А). Перед початком кожної серії спостережень виконували дослідження нівеліра за програмою, визначеною в ГОСТ 10528-90. Зокрема перед початком серії спостережень визначений кут  $i$  за допомогою автоматизованої програми меню нівеліра. Зазначимо, що програма вимірювань високоточного електронного нівеліра DL-501



передбачає введення у результати вимірів поправки за кут  $i$  на кожній станції вимірювань.

Спостереження виконано за методикою спостережень, розробленою спеціально для даного об'єкту. Основні положення методики спостережень наступні:

- Схема вимірів у мережі 2022 р. включала ходи нівелювання II класу точності, які утворюють мережу, що з'єднує опорні репери на кінцях профільних ліній і вузлові репери (вузлові точки ходів), розміщені на перетині профільних ліній. Схема нівелірних ходів наведені в додатку А.1. Там же наведені результати підрахунку службових допусків (нев'язок у полігонах), за якими контролювалась точність вимірів;

- Сер. кв. похибка визначення перевищень на станції в ходах мережі не допускалась більше 0,3 мм. Для досягнення такої точності нівелювання виконували з використанням сучасної методики геометричного цифрового нівелювання за дотримання наступних вимог:

- висота наведення на рейку не перевищувала 1,8 м;
- допустима різниця пліч на станції для ходів 1,0 м;
- на зв'язуючих точках ходів рейка встановлювалась тільки на нівелірні підкладини (костилі або башмаки);
- прилад на станціях та нівелірні підкладини встановлювались тільки на твердий ґрунт або бетон;
- при контролі вимірів користувались наступними службовими допусками:

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

- Допустимі невязки в полігонах -  $fh_{\text{дон}}$  приймались рівними в залежності від кількості станцій -  $n$  за формулою:

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

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

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 .

## **1.2. Геофізичні роботи по вул. Європейська м. Калуш**

Метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ) знаходить останнім часом усе більше застосування для вирішення наступних інженерно-екологічних і геолого-екологічних задач:

- якісна оцінка загального природного поля механічних напруг і простеження його динаміки при режимних спостереженнях;
- оперативне виявлення та прогнозування небезпечних геологічних процесів і явищ (зсувів, карсту, гірничих ударів, суфозії, обвалів, викидів у шахтах);
- визначення активізації геодинамічних структур картування та характеристика зон розломів;
- обстеження житлових будівель, господарських приміщень, споруд і комунікацій для встановлення можливих деформацій фундаментів, стін і конструкцій;
- оцінка напружено-деформованого стану тіл плотин та інших гідродинамічних споруд, визначення в них місць порушень і фільтрації води.

Метод ПЕМПЗ заснований на явищі генерування мінералами імпульсного електромагнітного поля при різних змінах стану гірських порід.

Практична реалізація методу ПЕМПЗ здійснюється за спеціально розробленою методикою із застосуванням апаратури переважно у вигляді переносних малогабаритних індикаторного типу приладів.

Прилад РХІНДС – ПМ (радіохвильовий індикатор напружено-деформованого стану порід - модернізований) має такі особливості (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 Технічні характеристики приладу РХІНДС

Назва параметру	РХІНДС
1.Кількість каналів реєстрації	3(X,Y,Z)
2.Частотний діапазон	2-50кГц
3.Фільтр нижніх та верхніх частот	дискрет встановлення 2 кГц
4.Підключення виносних антен	3 з попереднім підсилювачем до 10м
5.Режими вимірювання:	автоматичний, напівавтоматичний,ручний
6.Тривалість вимірювання.	1с, 2с, 10с, 1хв
7.Шкала вимірювання кількості імпульсів.	00000-131071
Назва параметру	РХІНДС
8.Шкала вимірювання середнього значення амплітуди імпульсів.	0000-4095
9. Задання кількості вимірювань на одній точці.	1-15
10. Часова прив'язка вимірювань в напівавтоматичному і автоматичному режимі.	передбачено
11.П Інтерфейс підключення змінного модуля пам'яті до комп'ютера.	передбачено
12. Живлення індикатора РХІНДС	Акумуляторна батарея 12В- 2,2А
13.Габаритні розміри блока реєстрації	335x260x95мм
14. Маса блока реєстрації	4,2 кг

Профільні спостереження виконано методом ПЕМПЗ на ділянці проходження автомагістралі по вул. Європейській, яка знаходиться в зоні впливу гірничих виробок Центрального каїнітового поля. Дослідження

виконано із двох сторін автодорожного полотна. Профілі виконані по опорних геодезичних пунктах та деталізовані додатковими спостереженнями між ними.

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

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

Загальна кількість фізичних точок по вул. Європейська складала 220 вимірів. Схема розташування геофізичних профілів досліджень методом ПЕМПЗ представлена на рис. 1.1

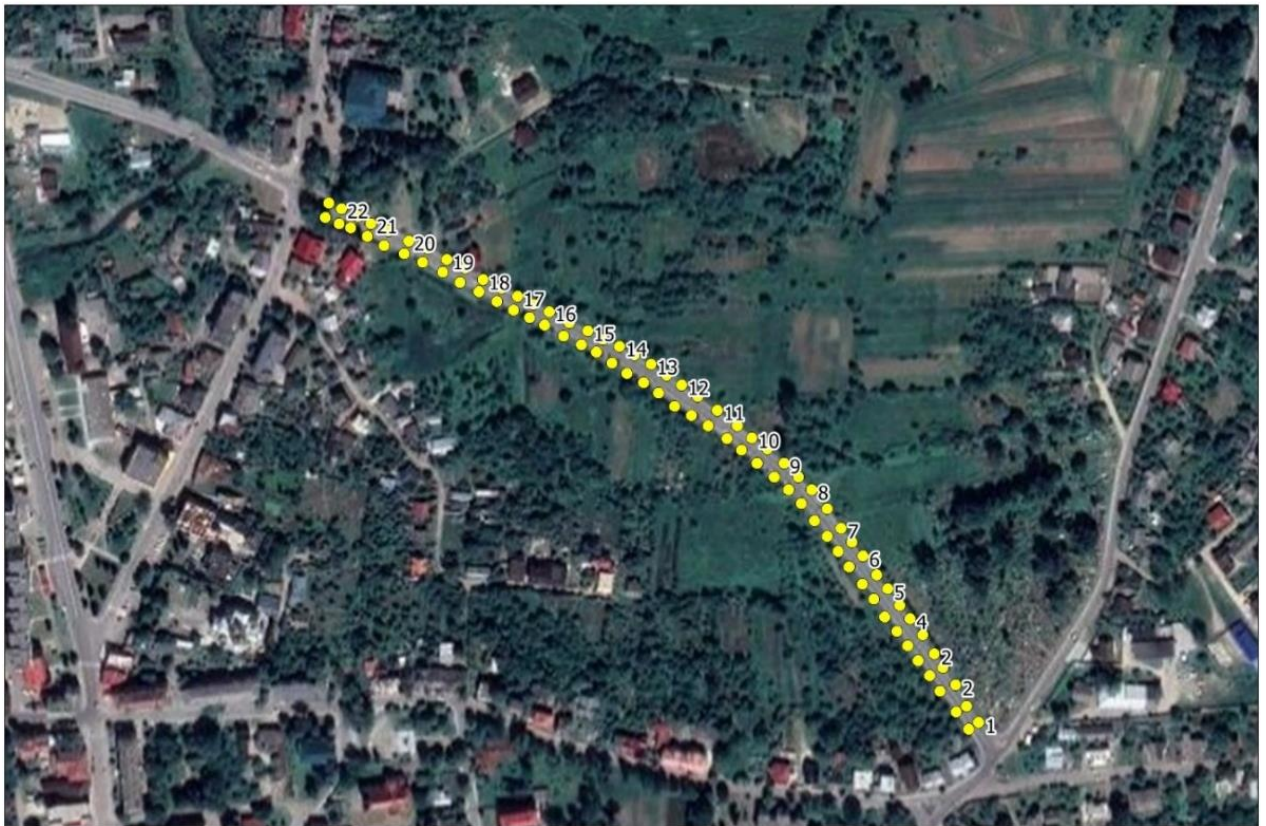


Рисунок 1.1 – Схема розташування точок ПЕМПЗ.

### **1.3 Режимні спостереження житлових будинків в с. Кропивник вул. І.Франка, 144, 202, за встановленими реперами для прогнозування процесів просідання та можливого відселення мешканців цих будинків та закладка реперів із відповідними спостереженнями по вул. І.Франка, 84, 117, 196**

Своєчасне спостереження за зсувами і деформаціями споруд має велике значення для визначення міцності і стійкості споруд, для попередження їх руйнування або своєчасного сигналу про настання аварійного стану. Спостереження ведуть з початку будівництва 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.

Схема розміщення об'єкту дослідження (рис. 1.2).

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. Кропивник зазнають деформацій і руйнуються. Згідно договору № 184/2022 від 14.04.2022 р. потрібно додатково провести обстеження житлових будинків №144, №202 (проводилися у 2021р. згідно договору № 06-36/2021) №196, №84, №117 (проводилися у 2022 р.), які знаходяться по вулиці І. Франка в с. Кропивник.

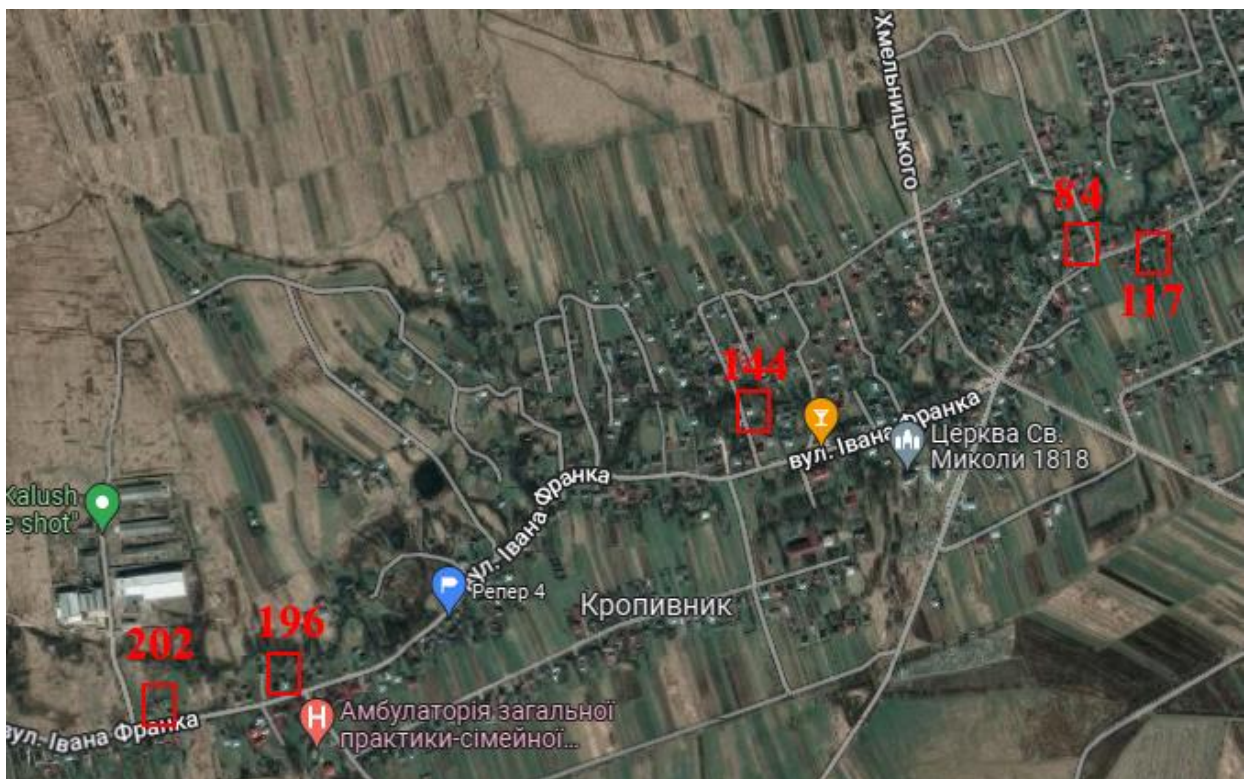


Рисунок 1.2 – Схема розміщення об'єктів дослідження (будинки 144, 202, 196, 84, 117)

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. 1.3).



Рисунок 1.3 – Схема розміщення реперів на профільних лініях та житлових будівель

Загальна інформація. Ґрунтові репери (рис. 1.4) в області сезонного промерзання ґрунтів, як правило, закладають в пробурені свердловини діаметром 50 см. Ґрунтовий репер 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.

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 асбоцементною 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.

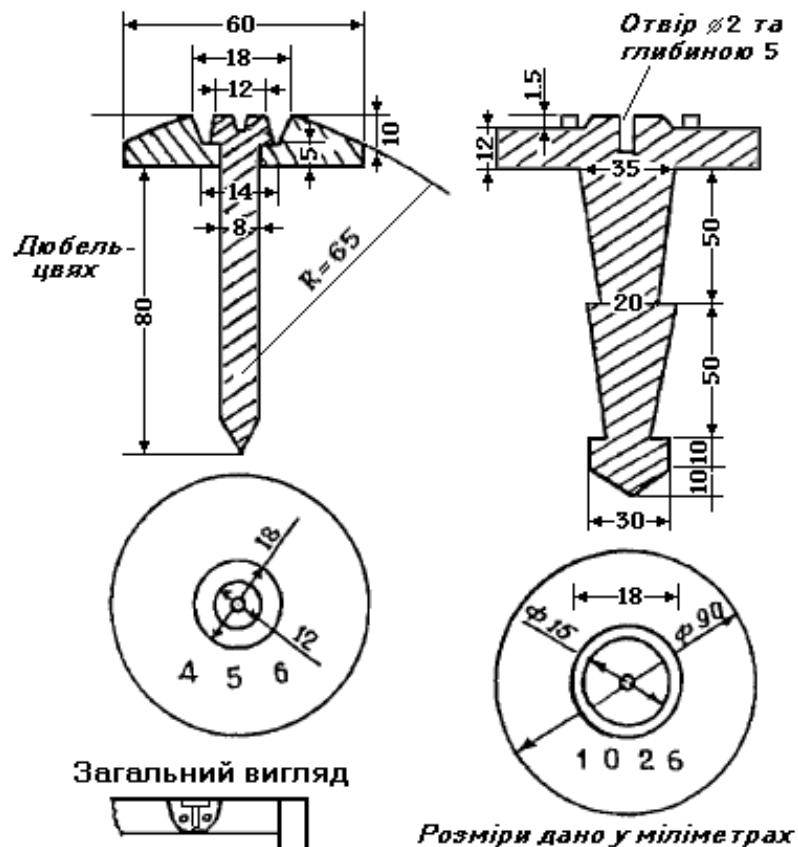


Рисунок 1.4 – Зображення ґрунтового репера

Технологія і методика виконання робіт. Аналіз результатів зрівнювання показав, що висоти реперів профільних ліній рудників «Ново-Голинь» (с. Кропивник) R 112, R 219, R 258 становлять:



Висоти вихідних реперів:

Назва пункту	Абсолютна висота, мм
R 112	315942.25
R 219	310202.37
R 258	319097.87

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. Значення схеми вимірів приведені в додатку 1.3.А.

На об'єкті житлових будинків №144, №202 виконано дві серії спостережень, а на житлових будинках №196, №84, №117 – одна серія спостережень у травні 2022 року.

Основні положення методики спостережень наступні:

Схема вимірів у мережі 2022 р. включає замкнутий нівелірний хід, що з'єднує деформаційні марки, встановлені у фундаменти житлових будинків (с. Кропивник, вул. І.Франка, №144 , № 202, №196, №84, №117) з вихідними пунктами R 112, R 219 та R 258 (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Схема нівелірної мережі

Середньоквадратична похибка визначення перевищень на станції у висотному ході не допускалась більше 0,2 мм. Для досягнення такої точності нівелювання виконували з використанням сучасної методики геометричного нівелювання коротким променем.

У якості вихідних пунктів послужили репери R 112, R 219 та R 258.

Вказані вихідні репери мають висоти, встановлені з результатів зрівнювання параметричним методом топографо-геодезичної мережі реперних профільних ліній. Можемо вважати їх висоти стабільними після виконання вимірювань.

Проте ґрунтовніші висновки про стійкість вихідних пунктів будуть зроблені нами у наступному звіті, коли матимемо результати нівелювання хоча б з двох серій спостережень.

#### **1.4 Відбір проб води із існуючих спостережних гідрологічних свердловин та залучення до мережі додаткових діючих свердловин колишнього ДП «Калійний завод».**

Для відслідковування ореолу засолення, а також для визначення ступеня мінералізації підземних вод використовуються спостережні свердловини, що обладнані фільтрами на перший (від поверхні) водоносний горизонт. Це горизонт галькових відкладів, який залягає на глибині від 0,5 до 13 метрів і має потужність від кількох до 12 метрів. Цей горизонт, по-перше, є джерелом питних вод для навколишніх селищ, а по-друге, є горизонтом транзиту засолених вод.

Для визначення ступеня забруднення підземних вод використані свердловини, пробурені у 2019 році (Звіт ТзОВ «Неосфера»). Свердловини бурилися на глибину від 5 до 13 метрів. Після буріння свердловини обсаджувалися пластиковою фільтровою колоною. Зовнішній діаметр труб складає 125 мм, внутрішній – 110 мм. На території дослідження було пробурено всього 20 спостережних гідрогеологічних свердловин. Геологічні розрізи за даними буріння не будувалися.

Пошук свердловин на місцевості здійснювався за вказаними координатами. Оцінка стану спостережних свердловин наведена в таблиці 1.2.

У відповідності до таблиці 1.2 проби відібрано з 15 свердловин, 5 свердловин втрачені, що пробурені у 2019 році. Перед відбором проб спостережні гідрогеологічні свердловини прокачувались. Відбір проб здійснювався желонкою. Проби розміщались у спеціальних контейнерах, які входять до складу спеціального обладнання лабораторії.

Крім цих свердловин, проби відібрано із свердловин колишнього ДП «Калійний завод» (св. №24, 124, 212) та з приповерхневих об'єктів, а саме Домбровський кар'єр, дренажна траншея та р. Лімниця.

Схема розташування свердловин наведена на рисунку 1.6.

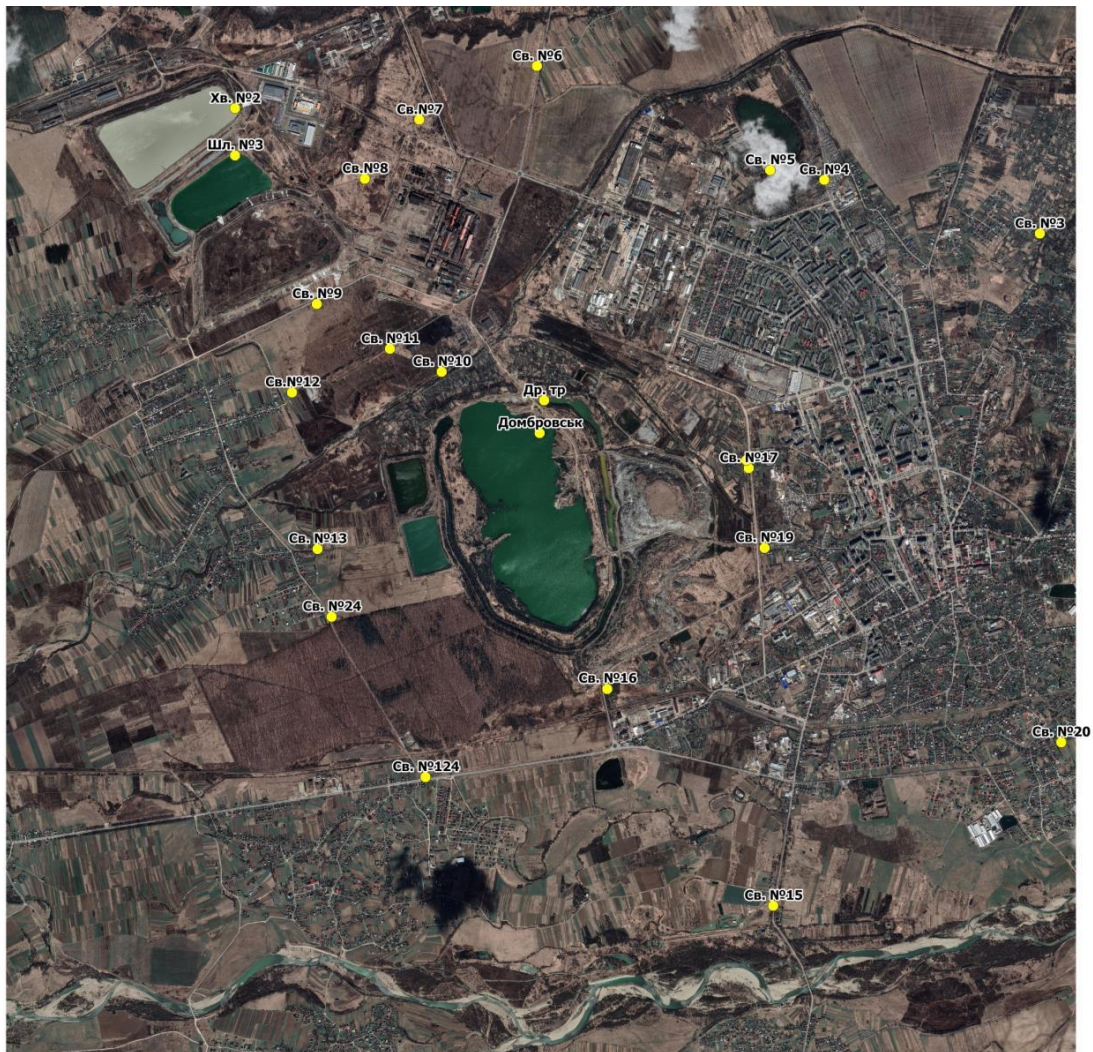


Рисунок 1.6 Картосхема розташування гідрологічних свердловин в районі Калуського промвузла

Таблиця 1.2 – Відомості про відбір проби із джерел Калуш-Голинського гірничопромислового району.

№ п/п	№ проби	Місце відбору
1	№1	Домбровський кар'єр
2	№2	Дренажна траншея
3	№3	Свердловина №3
4	№4	Свердловина №4
5	№5	Свердловина №5
6	№6	Свердловина №6
7	№7	Свердловина №7
8	№8	Свердловина №8
9	№9	Свердловина №9
10	№10	Свердловина №10
11	№11	Свердловина №11
12	№12	Свердловина №12
13	№13	Свердловина №13
14	№14	Свердловина №24
15	№15	Свердловина №15
16	№16	Свердловина №16
17	№17	Свердловина №17
18	№18	Свердловина №124
19	№19	Свердловина №19
20	№20	Річка Лімниця
21	№21	Свердловина №212

### 1.5 Висновки до розділу 1

Виконана у VII.2022 р. серія геометричного нівелювання II класу між реперами профільних ліній рудників «Ново-Голинь» та «Калуш». Проаналізовано стійкості опорних та вузлових реперів профільних ліній, в результаті чого встановлено вихідні реperi, висоти яких з першої серії прийняті вихідними при зрівнювання мереж рудника «Ново-Голинь» та «Калуш». Виконано зрівнювання висотної мережі параметричним методом, у

результаті якого встановлено висоти вузлових та опорних реперів профільних ліній.

Виконано геофізичні дослідження на різних частотних діапазонах по вул. Європейська м. Калуш із метою виявлення аномалій глибинного походження та звязку їх із фактичними осіданнями поверхні землі.

Виконано режимні спостереження житлових будинків в с. Кропивник вул. І.Франка, 144, 202, за встановленими реперами для прогнозування процесів просідання та можливого відселення мешканців цих будинків та закладка реперів із відповідними спостереженнями по вул. І.Франка, 84, 117, 196.

Проведено відбір проб води (21 проба) із існуючих спостережних гідрологічних свердловин та залучено до мережі додаткові діючі свердловин колишнього ДП «Калійний завод».

## 2. ОБРОБКА ПОЛЬОВИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

### 2.1 Оцінка динаміки просідання земної поверхні за отриманими даними та попередніми спостереженнями в межах рудників «Голинь», «Ново-Голинь» та «Калуш» (с. Кропивник, с. Сівка-Калуська, м. Калуш, вул. Європейська).

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

Лістинги результатів автоматизованої обробки, що містять дані про виміряні та вирівняні перевищення для всіх ходів, приведені в додатку 2.1.А.

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

На спостережній станції «Центральне каїнітове поле» (м. 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 VII.2022 р. вихідним прийнято Рп5 з відміткою 290.845 м (як було на X.2008 р.).

Результати геодезичного моніторингу реперів профільних ліній за період 1968 – 2022 рр. занесені в електронну базу даних. Створені графіки осідань земної поверхні ілюструють динаміку осідання реперів кожної профільної лінії від моменту закладання реперів до VII.2022 р.

При підготовці даних для розрахунку мульд зсуву, як і в 2021 р., враховано те, що дата початку спостережень на всіх профільних лініях не однакова. Для підготовки даних для побудови мульд зсуву всі виміри були приведені до дати початку спостережень 1968 р.

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

**1. Профільна лінія Рп 63 – Рп 224 Кропивник (Додаток 2.1.Б.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 VII.2022 р. максимальне осідання зафіксоване на Рп 180 ( $-310,1$  мм), мінімальне – на Рп 63 ( $-34,5$  мм). Чітко відслідковується центр мульди зсуву в районі репера 180 (графік осідання додатку 2.1.Б.1). Результати прогнозування за матеріалами математико-статистичного аналізу як останніх 4-х серій спостережень, так і всіх серій з дати початку спостережень свідчать, що процес осідання на даній профільній лінії продовжується. Тому спостереження слід продовжувати, зважаючи на коливання середньорічної швидкості осідань реперів від останньої серії нівелювання VIII.2021 р. до VII.2022 р. (стовпець 8 додатку 2.1.Б.1) в границях  $-1,4 \div -25,4$  мм/рік в центрі мульди.

На жаль репери на кінці цієї лінії втрачені і не спостерігаються ще з 1994 р. хоча осідання їх вже на той час досягло  $-24$  мм і вказувало на необхідність продовження лінії за край мульди хоча б на 100 м. Потрібно терміново відновити репери 221, 222, 223 та 224 і продовжити лінію заклавши ще два нові репери за межами існуючої мульди. Також слід звернути увагу на втрату через господарські роботи ділянки реперів профільної лінії від Рп 151 до Рп 176, які були розташовані поблизу житлових будинків і теж потребують відновлення.

**2 Профільна лінія Рп 22/49 – Рп V Кропивник (Додаток 2.1.Б.2)** початок спостережень VII.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень на VII.2022 р. знаходяться в границях  $0 \div -453,8$  мм тоді, як станом на VIII.2021



р. максимальна величина осідання спостерігалася на Рп 22 (-417,1 мм). Чітко відслідковується центр мульди зсуву в районі Рп 22/49. Результати прогнозування за матеріалами математико-статистичного аналізу як останніх 4-х серій спостережень, так і всіх серій з початку спостережень свідчать, що процес осідання на даній профільній лінії продовжується (середньорічна швидкість осідання від 2021 р. на ділянці лінії Рп 46 – Рп 22 становить  $-17,1 \div -40,0$  мм/рік). Тому спостереження профільної лінії слід продовжувати. Зона, охоплена мульдою зсуву на даній профільній лінії за період XII.2013 р.  $\div$  VII.2022 р. розширилася від Рп 43 до Рп 36. Не зважаючи на це зміна висоти репера 33 на кінці лінії в порівнянні з 1968 р. рівна 0 мм., тому репер 33 був прийнятий як початковий при підрахунку висот реперів всієї спостережної станції. З огляду на розширення мульди в останні роки рекомендуємо продовжити лінію закладанням двох нових реперів (у серії спостережень 1968 р. такими реперами були Рп VI та Рп V, проте від 1973 р. дані про їх висоти відсутні).

**3 Профільна лінія Рп 22/49 – Рп 241 Кропивник (Додаток 2.1.Б.3)**  
 початок спостережень VII.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень на VII.2022 р. знаходяться в границях  $+6,9 \div -453,7$  мм. Зазначимо що станом на VIII.2021 р. максимальне осідання було зафіксоване на Рп 22 (-417,1 мм). Як і для попередньої профільної лінії, чітко відслідковується центр мульди зсуву в районі репера 22/49 (графік додатку 2.1.Б.3). Результати прогнозування за матеріалами математико-статистичного аналізу як останніх 4-х серій спостережень, так і всіх серій з початку спостережень свідчать, що процес осідання продовжується на ділянці Рп 25 – Рп 22 (середньорічні швидкості осідання  $-8,1 \div -40,0$  мм/рік). Розширення зони, охопленої мульдою зсуву на даній профільній лінії за період VIII.2021 р.  $\div$  VII.2022 р. не зафіксовано. Впевнено відслідковується край мульди в районі між Рп 27 і Рп 28, тому відновлення втрачених на кінці лінії реперів 238, 239, 240 і 241, які не спостерігаються вже останні 27 років, поки що не доцільне.

**4 Профільна лінія Рп 21 – Рп I Кропивник (Додаток 2.1.Б.4)** початок спостережень II.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень на VII.2022 р. знаходяться в границях  $-106,8$  (Рп 87) ÷  $-611,1$  мм (Рп 16). Така ж тенденція спостерігалась і у серії VIII.2021 р.: максимальне осідання ( $-575,4$  мм) зафіксоване на Рп 16, а мінімальне ( $-101,3$  мм) – на Рп 87.

Чітко відслідковується центр мульди зсуву в районі Рп 14 ÷ Рп 19. Результати прогнозування за матеріалами математико-статистичного аналізу як останніх 4-х серій спостережень, так і всіх серій з початку спостережень свідчать, що процес осідання продовжується на ділянці Рп 21 ÷ Рп 8 з середньорічною швидкістю  $-12,7$  ÷  $-47,8$  мм/рік. Аналізуючи таблицю та графік додатку 2.1.Б.4 бачимо, що уся профільна лінія охоплена мульдою зсуву. Зважаючи на вищеописане вважаємо необхідним продовжити періодичні (щорічні) спостереження за динамікою зміни висот реперів профільної лінії та відновити хоча б Рп 20, Рп 18 та Рп 17, розташовані в зоні півметрових осідань земної поверхні.

**5 Профільна лінія Рп XV – РпXVI Кропивник (Додаток 2.1.Б.5)** початок спостережень 0V.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень на VII.2022 р. знаходяться в границях  $-27,0$  ÷  $-2085,7$  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 становило  $-1651,2$  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. Зважаючи на значну інтенсифікацію процесу осідання спостереження реперів профільної лінії слід виконувати з періодичністю хоч раз в квартал для уточнення швидкості осідання земної поверхні.

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

**6. Профільна лінія Рп 274 – Рп 4 Кропивник (Додаток 2.1.Б.6)** початок спостережень V.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень станом на VII.2022 р. знаходяться в границях  $-168,8 \text{ мм} \div -2432,5 \text{ мм}$ . 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  $-261,4 \text{ мм}$  до Рп 272 – осідання становило  $-1960,1 \text{ мм}$ ). Ділянка лінії Рп 143  $\div$  Рп 274 затоплена новоутвореним озером, що не дозволяє визначити величини осідань реперів ділянки. Відсутність результатів спостережень у період XII.2013 р.  $\div$  VIII.2021 р. не дозволяє встановити, коли саме інтенсифікувався процес осідання в районі новоутвореного озера. Однак результати виконаних спостережень у період VIII.2021 р.  $\div$  VII.2022 р. дозволили встановити, що швидкість осідання ділянки Рп 270  $\div$  Рп 272 становить  $-244,3 \div -515,3 \text{ мм/рік}$ . Зазначимо, що в районі Рп 267 (швидкість осідання даного репера  $-71,8 \text{ мм/рік}$ ) 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 2.1.Б.6 можна стверджувати, що епіцентр мульди зсуву знаходиться на ділянці Рп 274  $\div$  Рп 143, 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 VII.2022 р. складає -168,8 мм), заклавши додаткові реperi для того, щоб вивести кінець профільної лінії за границі мульди зсуву.

Станом на VII.2022 р. через господарську діяльність втрачені реperi ділянки Рп 151 ÷ Рп XVIII, які доцільно було б відновити, оскільки реperi були розташовані безпосередньо біля жилих будинків.

**7 Профільна лінія Рп X – Рп 201 Кропивник (Додаток 2.1.Б.7)** початок спостережень VII.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень на VII.2022 р. знаходяться в границях +15,5 мм ÷ -497 мм. Станом на VII.2022 р. максимальну величину осідання зафіксовано на Рп 21 (-497,0 мм). Чітко відслідковується центр мульди зсуву в районі Рп 50 ÷ Рп 73. Результати прогнозування за матеріалами математико-статистичного аналізу як останніх 4-х серій спостережень, так і всіх серій з початку спостережень свідчать, що процес осідання на даній профільній лінії поки що не стабілізувався тільки в центрі мульди (Рп 50 ÷ Рп 76, де зафіксовані середньорічні швидкості осідань більше -10 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.

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

**8 Профільна лінія Рп 284 – Рп 162 Сівка-Калуська (Додаток 2.1.Б.8)** початок спостережень VII/1968 р. Величини осідань за весь період спостережень станом на VII.2022 р. знаходилися в границях +15,6 ÷ -57,7 мм (Рп 18). Результати сумарних осідань за результатами спостережень серії VIII.2021 р. знаходилися в межах від +14,3 мм до -54,2 мм. Результати прогнозування за матеріалами математико-статистичного аналізу як останніх 4-х серій спостережень, так і всіх серій з початку спостережень свідчать, що на ділянці від Рп 13 до Рп 162 спостерігаються незначні осідання земної поверхні, швидкість яких не перевищує -4,3 мм/рік і не викликає

занепокоєння. Ділянка від Рп284 до Рп Рп13/35 стабільна. Формування мульди зсуву на профільній лінії можливо в найближчий час тільки в околицях Рп 18, де і зафіксовано максимальне осідання. Розширення зони, охопленої мульдою зсуву, на даній профільній лінії за останні роки не спостерігається.

**9 Профільна лінія Рп 198 – Рп XX Сівка-Калуська (Додаток 2.1.Б.9)**  
початок спостережень 1X.1979 р. Величини осідань за весь період спостережень на VII.2022 р. знаходяться в границях  $+4,1 \text{ мм} \div -210,8 \text{ мм}$  (на Рп 178). На VIII.2021 р. максимальне осідання теж було зафіксоване на Рп 178 ( $-208,9 \text{ мм}$ ). Чітко прослідковується формування мульди зсуву з центром в районі репера 178. Результати прогнозування за матеріалами математико-статистичного аналізу як останніх 4-х серій спостережень, так і всіх серій з початку спостережень свідчать, що особливої уваги в майбутньому потребує ділянка Рп 178  $\div$  Рп XX, реperi якої сіли на понад 10 см.

Оскільки розширення зони, охопленої мульдою зсуву на даній профільній лінії за останні роки не спостерігається, то перезакладання втрачених з 1979 р. Рп198 і з 2003 р. Рп 197 поки що недоцільне. В той же час потрібне відновлення хоча б частини реперів на ділянці Рп 195  $\div$  Рп 189, оскільки до сьогодні збереглися тільки Рп 195 та Рп 189, стан яких теж незадовільний (залізний штир, вершина якого служить репером, зігнутий у горизонтальне положення, що не дозволяє встановлювати п'ятку рейки весь час в одну точку).

**10 Профільна лінія Рп XX – Рп 261 Сівка-Калуська (Додаток 2.1.Б.10)**  
початок спостережень VII.1969 р. Величини осідань за весь період спостережень на VII.2022 р. знаходяться в границях від  $+4,0$  (Рп 167) до  $-261,7$  мм (Рп 259). Аналіз процесів розвитку осідань земної поверхні на цій лінії утруднюється тим, що Рп 260 і 261, заложені в 1969 р., ніколи до 2013 р. не спостерігались, а ділянка від Рп 159 до кінця лінії не спостерігалась, починаючи з 1985 р. І це в той час, коли осідання розміщеного поруч з Рп 253 в 1988 р. складало  $-36 \text{ мм}$  і до 2008 року плавно збільшувалось до  $-70 \text{ мм}$ .

Аналізуючи величини осідань реперів за період XII.2013 р.  $\div$  VII.2022 р. можна стверджувати, що відсутній процес небезпечної інтенсифікації

осідання реперів цієї профільної лінії. Адже швидкість осідання реперів вказаної профільної лінії протягом останнього року не перевищує -10 мм/рік (максимальна величина зафіксована на Рп ХХ становить -8,9 мм/рік).

**11. Профільна лінія Рп 122 - Рп 237 Кропивник (Додаток 2.1.Б.11)**  
початок спостережень V.1979 р. Величини осідань за весь період спостережень на XII.2013 р. знаходилася в границях -9,0 мм ÷ -250 мм. Однак за результатами спостережень VIII.2021 р. максимальне осідання зафіксоване на найближчому до новоутвореного озера Рп 122 і складає -1298,2 мм. За результатами спостережень у серії VII.2022 р. осідання Рп 122 становило вже -1564,1 мм. У відомості і на графіку додатку 2.1.Б.11 чітко видно, що епіцентр мульди зростає від Рп 228 (сумарне осідання -91,5 мм) до вищезгаданого Рп 122.

Ще за результатами вимірів XII.2013 р. чітко відслідковувався центр мульди зсуву в районі репера 122. Результати прогнозування за матеріалами математико-статистичного аналізу як останніх 4-х серій спостережень, так і всіх серій з початку спостережень свідчать, що процес осідання на даній профільній лінії інтенсифікувався, особливо на ділянці Рп 227 ÷ Рп 122. Так швидкість осідання Рп 122 в останній рік склала -290 мм/рік. Тому спостереження реперів профільної лінії слід обов'язково періодично проводити і в майбутньому.

**12 Профільна лінія Рп 88 – Рп 260 Кропивник (Додаток 2.1.Б.12)**  
початок спостережень II.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень станом на VII.2022 р. знаходяться в границях від -16,1 мм на Рп 258 до -1197,9 мм на Рп 105. Станом на VIII.2021 р. максимальне осідання було зафіксоване на Рп 105 (-1185,9 мм). Чітко прослідковується формування мульди зсуву з центром в районі репера 105. Результати прогнозування за матеріалами математико-статистичного аналізу як останніх 4-х серій спостережень, так і всіх серій з початку спостережень свідчать, що осідання на даній профільній лінії одні з найбільших, зафіксованих на шахтному полі. Проте зафіксована швидкість осідання в останній рік не перевищує -15,2

мм/рік (Рп 100), що свідчить про затухання процесів осідання реперів даної профільної лінії. Попри вищевказане вважаємо, що спостереження профільної лінії слід продовжувати.

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

**13. Профільна лінія Рп 192 – Рп 141 Кропивник (Додаток 2.1.Б.13)**  
початок спостережень V.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень на XII.2013 р. знаходилася в границях  $-5,0 \text{ мм} \div -363 \text{ мм}$ . Станом на VIII.2021 р. зафіксоване максимальне сумарне осідання на Рп 276 ( $-1553,1 \text{ мм}$ ). За результатами спостережень серії VII.2022 р. осідання Рп 276 вже становить  $-2010,9 \text{ мм}$ . 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  $2 \div 6$  разів у порівнянні зі станом на XII.2013 р.

Зафіксована аномально висока швидкість осідання частини профільної лінії від Рп 277а до Рп 276 ( $-255,3 \text{ мм/рік} \div -449,5 \text{ мм/рік}$ ), що вимагає постійного геодезичного моніторингу даної ділянки.

Ще станом на XII.2013 р. осідання за період від серії спостережень XI.2001р. перебували в границях  $+7,0 \div -200 \text{ мм}$ . Окрім того вже тоді передбачалась можлива небезпечна тенденція розширення зони, охопленої мульдою зсуву на даній профільній лінії з центром Рп 268 до репера XVII. На той час відзначено, що аномально високе значення осідання Рп 276 (в два і три рази більше від сусідніх) спостерігається ще з 1986 р. На жаль репери 274, 273, 143 втрачені і це не дає можливості зробити прогнозування процесів на цій ділянці, тому їх треба обов'язково відновити.

Зважаючи на вищеописане рекомендуємо в майбутньому особливу увагу приділити спостереженню за осіданнями реперів цієї профільної лінії – особливо в районі новоутвореного озера (Рп 137 – Рп 276). Вказану небезпечну ділянку доцільно моніторити щоквартально.

**14 Профільна лінія Рп V – Рп VIII Сівка-Калуська (Додаток 2.1.Б.14)**  
початок спостережень V.1968 р. Величини осідань за весь період спостережень станом на VII.2022 р. знаходяться в границях від +20,6 мм на Рп 30 до -17,3 мм на Рп 13/35. Станом на VIII.2021 р. було зафіксоване максимальне сумарне осідання на Рп 43 (-19,3 мм) Осідання репера 43 на кінці лінії (-54,8 мм) можна не приймати до уваги, оскільки він невдало закладений на краю узбіччя русла річки і причиною його осідання можуть бути і ерозійні процеси. Ніякі ознаки формування мульди зсуву на даній профільній лінії поки що не проявлялись. Результати прогнозування за матеріалами математико-статистичного аналізу як останніх 4-х серій спостережень, так і всіх серій з початку спостережень також свідчать про відсутність процесу осідання.

**15 Профільна лінія Рп 253 - Рп 280 Сівка-Калуська (Додаток 2.1.Б.15)**  
початок спостережень IX.1979 р. Величини осідань за весь період спостережень станом на VII.2022 р. знаходяться в границях від -9,1 мм (Рп 280) до -156,3 мм (Рп 274). Станом на VIII.2021 р. найбільше осідання теж було зафіксоване на Рп 274 (-157,2 мм). Результати спостережень 2013 р. дозволили стверджувати про формування мульди зсуву на ділянці Рп 253 ÷ Рп 275. Цей висновок підтверджується і результатами спостережень на профільній лінії ХХ-253 (Додаток 2.1.Б.10).

Середньорічна швидкість осідання реперів профільної лінії не перевищує -5 мм/рік за результатами серій спостережень 2021-2022 рр., що свідчить про стабілізацію процесів осідання.

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



На профільній лінії VI визначено висоти Рп5, Рп6 та Рп17 – початок спостереження VII.1968 р. У період X.2008-XI.2018 рр. спостереження вказаних реперів не велися. Станом на XI.2018 рр. зафіксована середньорічна швидкість осідання Рп6 та Рп17 становила -1 мм/рік. Проте за результатами спостережень VIII.2021 р. встановлено, що Рп 17 не зберіг свою стабільність (величина осідання складає -18,4 мм). У результаті спостережень у серії V.2022 р. бачимо, що відмітки Рп 5, Рп 6 та Рп 17 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 2.1.В). У період XI.2009-XI.2018 рр. спостереження не велися. Протягом вказаного періоду зафіксована поява горба випирання зсуву на ділянці Рп1-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). На ділянці Рп14-Рп17 зафіксовані осідання реперів від -123,8 мм на Рп14 до -240,6 мм на Рп15.

## **2.2 Оцінка стадії активності деформаційного процесу гірничого масиву за комплексом топогеодезичних та геофізичних досліджень в межах м. Калуш, вул. Європейська**

Профільні спостереження виконано методом ПЕМПЗ на ділянці проходження автомагістралі по вул. Європейській, яка знаходиться в зоні впливу гірничих виробок Центрального 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:

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

#### 4. Частота спостережень 36 – 50 кГц – високий діапазон частот;

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

#### **Частота спостережень 2 – 16 кГц – низький діапазон частот** (рис. 2.1).

Низький діапазон частот дозволяє реєструвати сигнал який надходить із глибин, тобто від стелин гірничих виробок. Інтенсивність поля (антена X) коливається від 8 до 75 імп/с при фоновому (варіаційному полі) 8 – 12 імс/с. Аномальна зона за антеною X знаходиться з в межах Рп 8 – Рп 16, що відображається збільшенням інтенсивності поля. Інтенсивність поля за (антеною Y) складає 10 до 80 імп/с при фоновому 8 – 10 імп/с. Аналіз графіків по антені Y характеризує зміну поля, яка відображена аномальною зоною в межах з Рп 8 – Рп 18. Антена Z реєструє вертикальні напруження в масиві гірських порід, інтенсивність поля змінюється від 5 до 80 імп/с при фонових значеннях 5 – 8 імп/с.

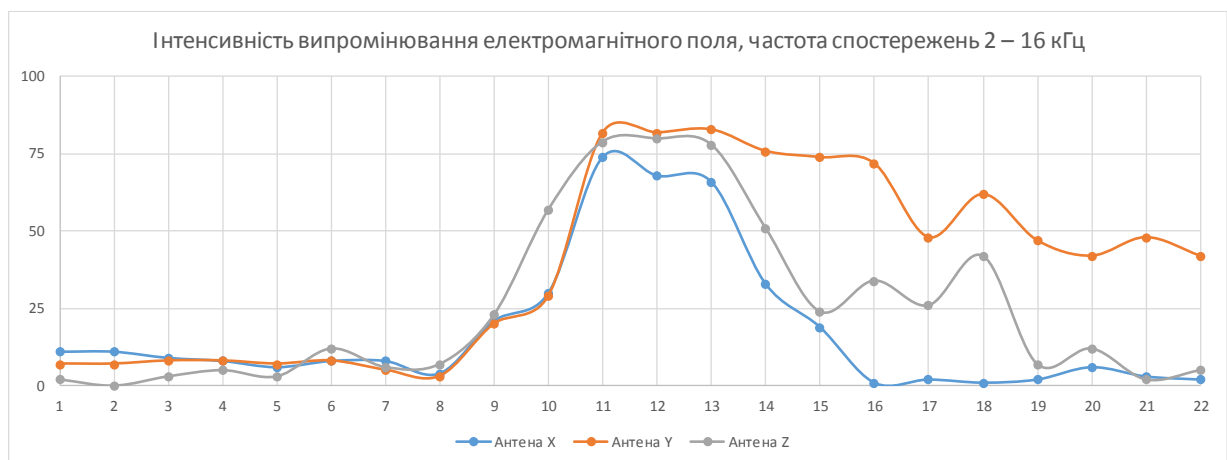


Рис. 2.1 Інтенсивність випромінювання електромагнітного поля, частота спостережень 2 – 16 кГц.

**Частота спостережень 16 – 36 кГц – середній діапазон частот** (рис. 2.2). Середній діапазон частот дозволяє реєструвати сигнал який надходить із глибин до декількох десятків метрів від поверхні землі, тобто це проміжні горизонти які знаходяться між гірничими виробками та денною поверхнею. Інтенсивність поля (антена X) є незначною і коливається від 8 до 20 імп/с при фоновому (варіаційному полі) 8 – 10 імс/с. Аномальна зона за антеною X не виділяється. Інтенсивність поля за (антеною Y) складає 5 до 85 імп/с при фоновому 5 – 8 імп/с. Аномальна зона розташована в межах Рп 9 – Рп 19. За антеною Z інтенсивність поля змінюється в межах 10 до 90 імп/с, при фонових значеннях 8 – 10 імп/с. Аномалія що виділяється є контрастною і знаходиться в межах Рп 9 – Рп 14.

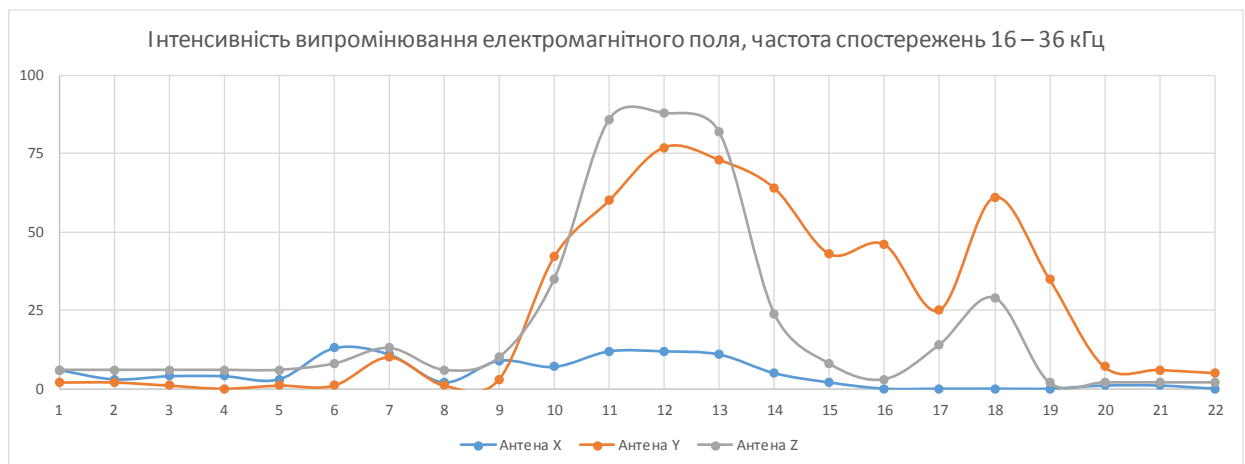


Рис. 2.2 Інтенсивність випромінювання електромагнітного поля, частота спостережень 16 – 36 кГц.

**Частота спостережень 36 – 50 кГц – високий діапазон частот** (рис. 2.3). Високий діапазон частот дозволяє реєструвати сигнал який надходить від перших метрів від поверхні землі. Інтенсивність випромінювання електромагнітного поля за антенами (X, Y та Z) знаходиться в межах фонових значень. Аномальних зон при високочастотному діапазоні не виявлено.

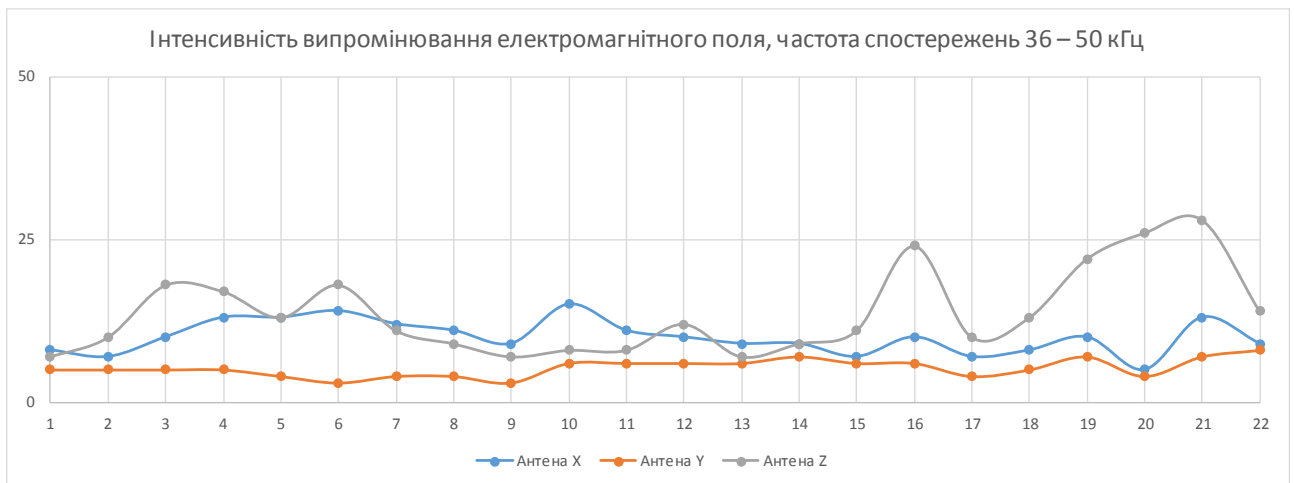


Рис. 2.3 Інтенсивність випромінювання електромагнітного поля, частота спостережень 36 - 50 кГц.

Для порівняльного аналізу геофізичних та топо-геодезичних спостережень використаємо повний вектор електромагнітного поля Землі за різними частотними діапазонами та сумістимо із геодезичними спостереженнями за осіданням земної поверхні (рис. 2.4).

Геофізичні аномалії розташовані в межах Рп 8 – Рп 19 при фактичних осідання виявлених на поверхні (Рп 7 – Рп 9 та Рп 13 – Рп 19). Отже, враховуючи що аномалія має глибинне походження і розвивається від стелин камер до поверхні землі слід очікувати в майбутньому осідання земної поверхні в межах Рп 8 – Рп 19.

Для оцінки динаміки використаємо геофізичні (2021 – 2022 рр.) та геодезичні (2008 – 2022 рр.) спостереження. За геофізичними спостереженнями (частотний діапазон 2 – 50 кГц ) відмічається збільшення поля інтенсивності випромінювання, тобто розвиток аномалії в межах Рп 11 – Рп 14. Геодезичні спостереження за період VIII.2021 р. ÷ VII.2022 р. не перевищують 2 мм/рік протягом останнього року, а за весь період склали на Рп 8 - 100 мм/рік та на Рп 15 - 240 мм/рік.

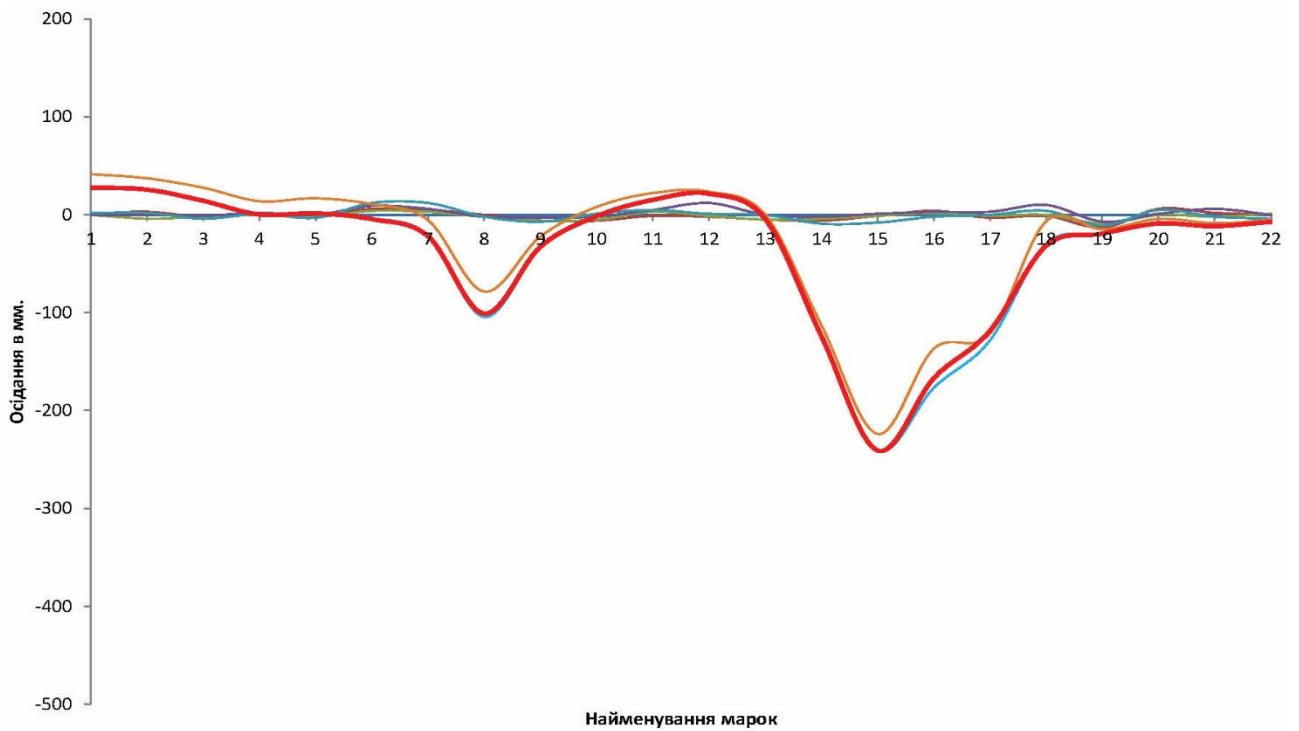
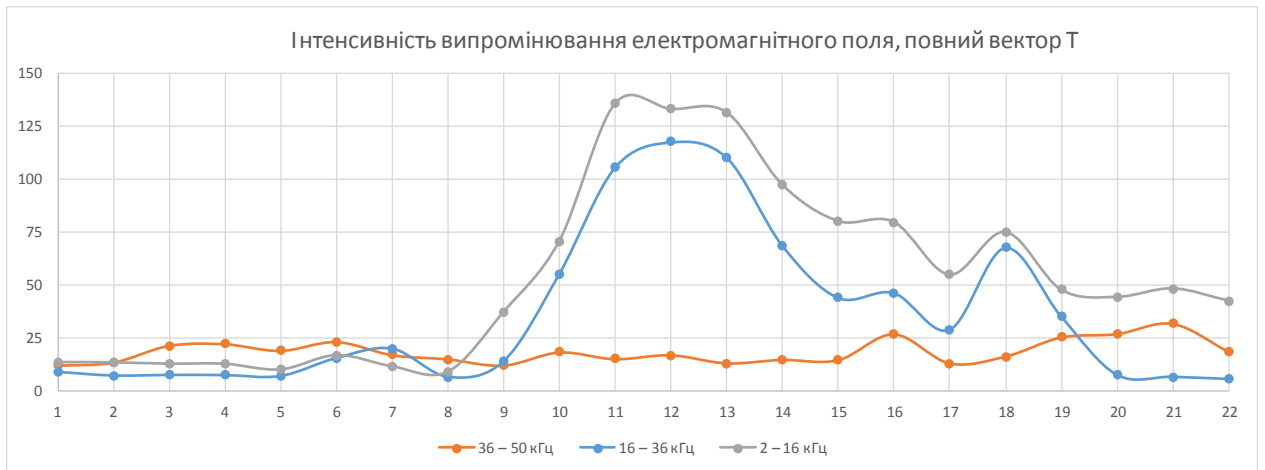


Рис. 2.4 Геофізичні спостереження на частотах (2 – 16 кГц , 16 – 36 кГц , 36 – 50 кГц ) та геодезичні спостереження, м. Калуш, вул. Європейська.

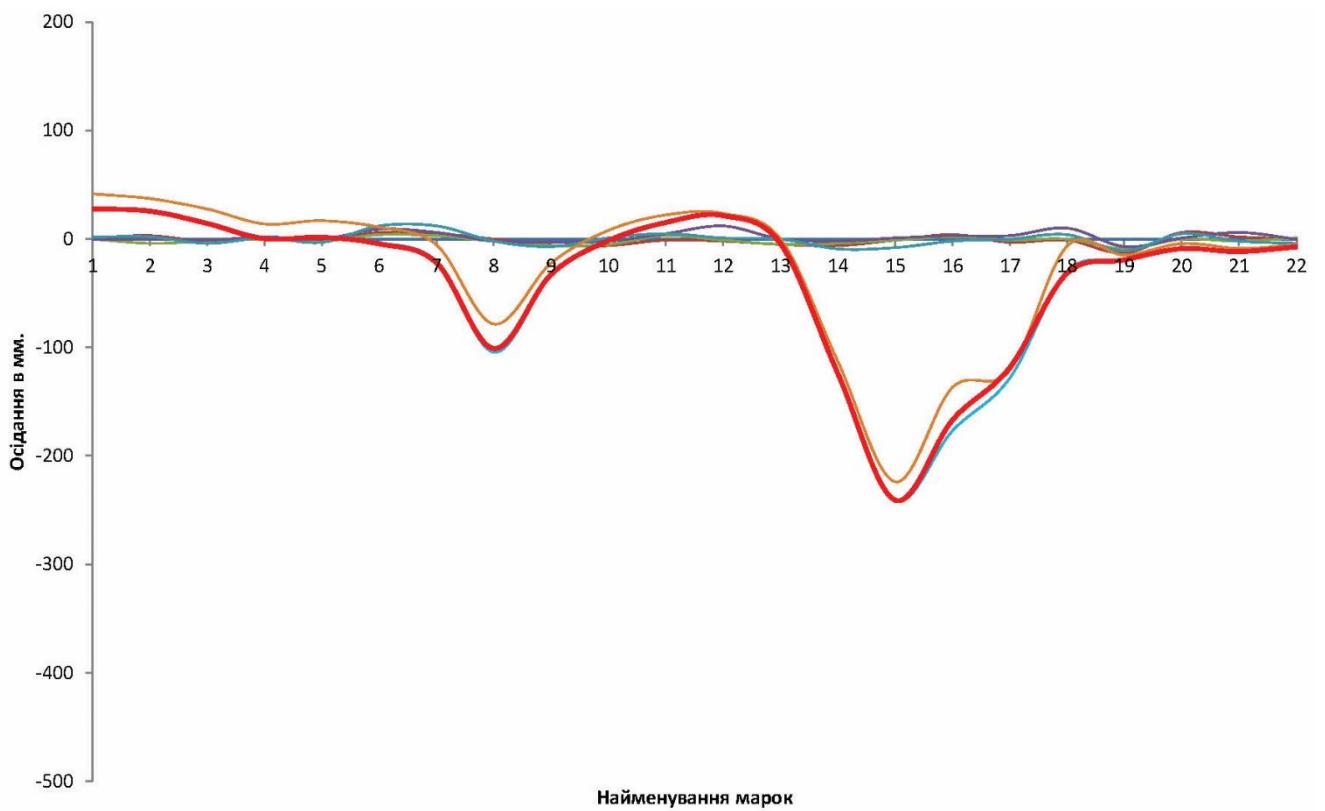
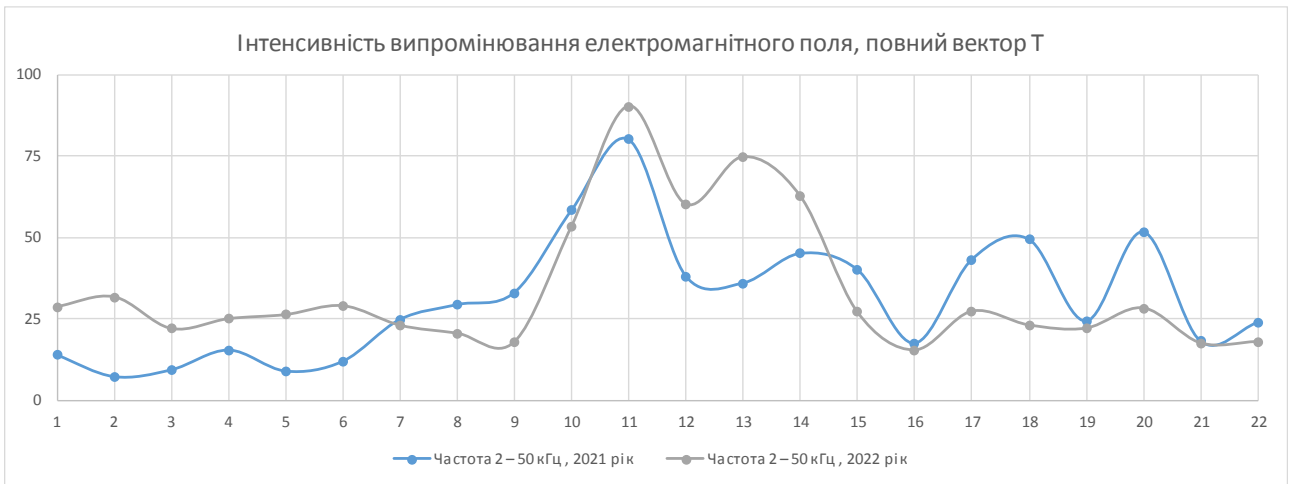


Рис. 2.5 Динаміка геофізичних (серія спостережень 2021 – 2022 рр) та геодезичних (серія спостережень 2008 – 2022 рр) м. Калуш, вул. Європейська.

### 2.3 Оцінка динаміки деформації житлових будинків в с. Кропивник вул. І.Франка, 144, 202 та результати спостереження по вул. І.Франка, 84, 117, 196

Опрацювання результатів геодезичних спостережень реперів, закладених у фундаментах будинків, виконане в загальному за методикою, описаною у розділі 1.3 цього звіту.

Лістинг результатів автоматизованого опрацювання, що містять дані про вирівняні висоти деформаційних марок та величини їх осідань, наведений в таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 Відомість визначення висот та осідань стінних реперів житлових будинків у с. Кропивник по вул. І. Франка 144, 202 (дата початку спостережень: VIII/2021 р.)

Назва репера (№ будинку)	Висота, мм (на дату VIII/2021 р.)	Висота, мм (на дату V/2022 р.)	Різниця висот, мм
1 (144)	313686.6	313685.7	0.9
2 (144)	313403.7	313402.6	1.1
3 (144)	313544.0	313543.2	0.8
4 (144)	313621.1	313620.3	0.8
1 (202)	316647.5	316647.2	0.3
2 (202)	316699.0	316700.0	-1.0
3 (202)	316716.1	316716.8	-0.7
4 (202)	316636.1	316636.3	-0.2

Таблиця 2.2 Відомість визначення висот реперів житлових будинків у с. Кропивник по вул. І. Франка 196, 84, 117 (дата початку спостережень: V/2022 р.)

Назва репера (№ будинку)	Висота, мм (на дату VIII/2021 р.)
1 (196)	317348.8
2 (196)	317338.2
1 (84)	312534.5
2 (84)	312527.8
1 (117)	313241.3
2 (117)	313164.7

***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 репери в кількості 4 шт. у кожную будівлю, а також гіпсові маяки. У травні 2022 року було проведено огляд на розкриття гіпсових маяків у будівлях №144, №202 та №117. Місця закладання стінних реперів та гіпсових маяків наведені на рис. 2.5 – 2.10.

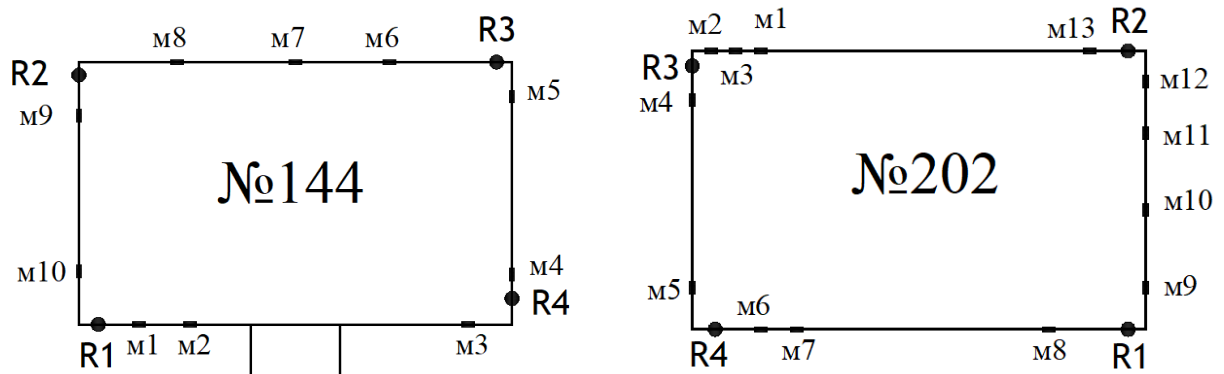


Рисунок 2.5 – Схема розміщення стінних реперів та гіпсових маяків на будівлях №144 та №202



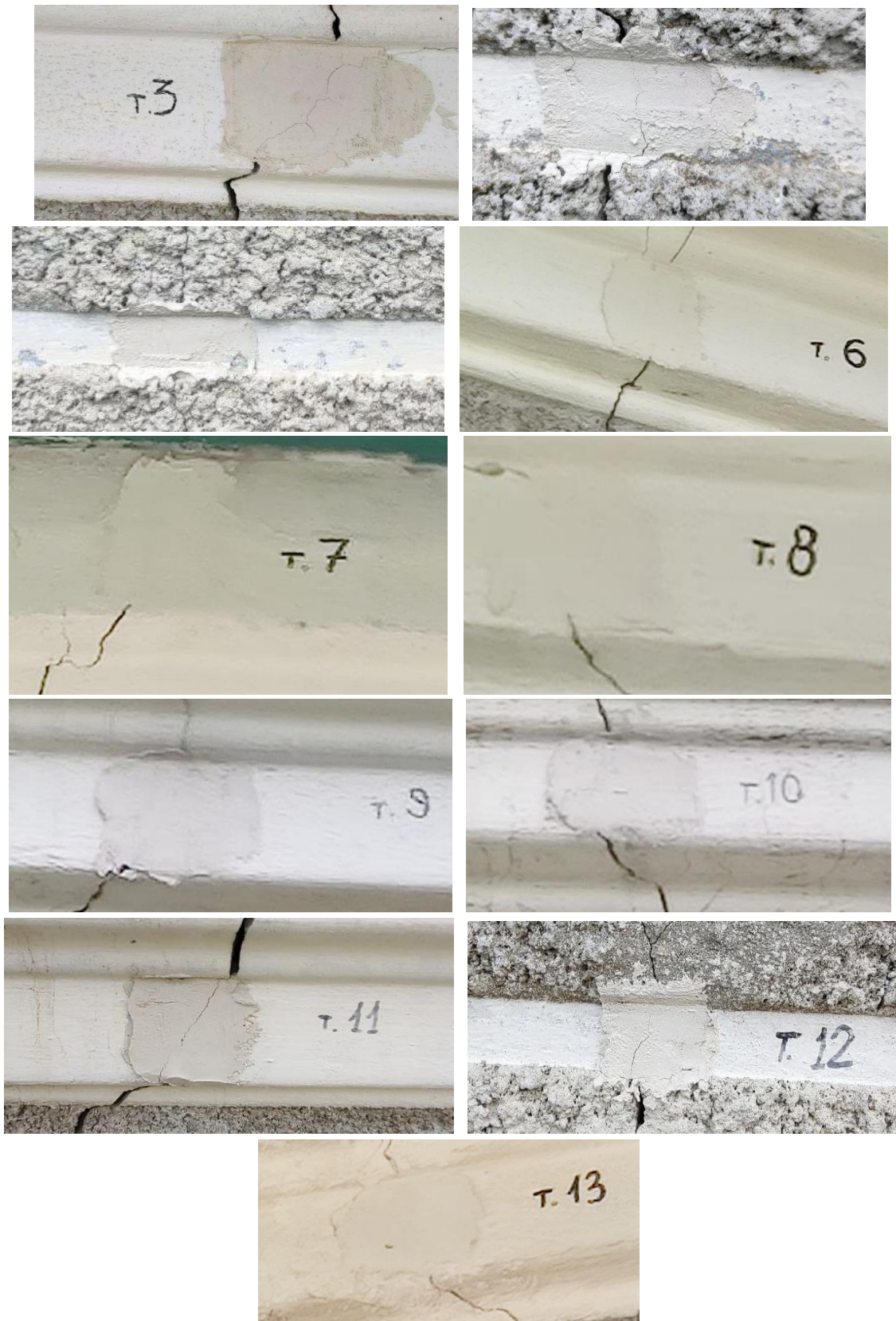


Рисунок 2.6 – Розкриття гіпсових маяків на будівлі №202 у 2022 р.

Як бачимо із рис. 2.5 мікро тріщини (до 1 мм) з'явилися на гіпсових марках 3, 4, 11 та 12 на будівлі №202.

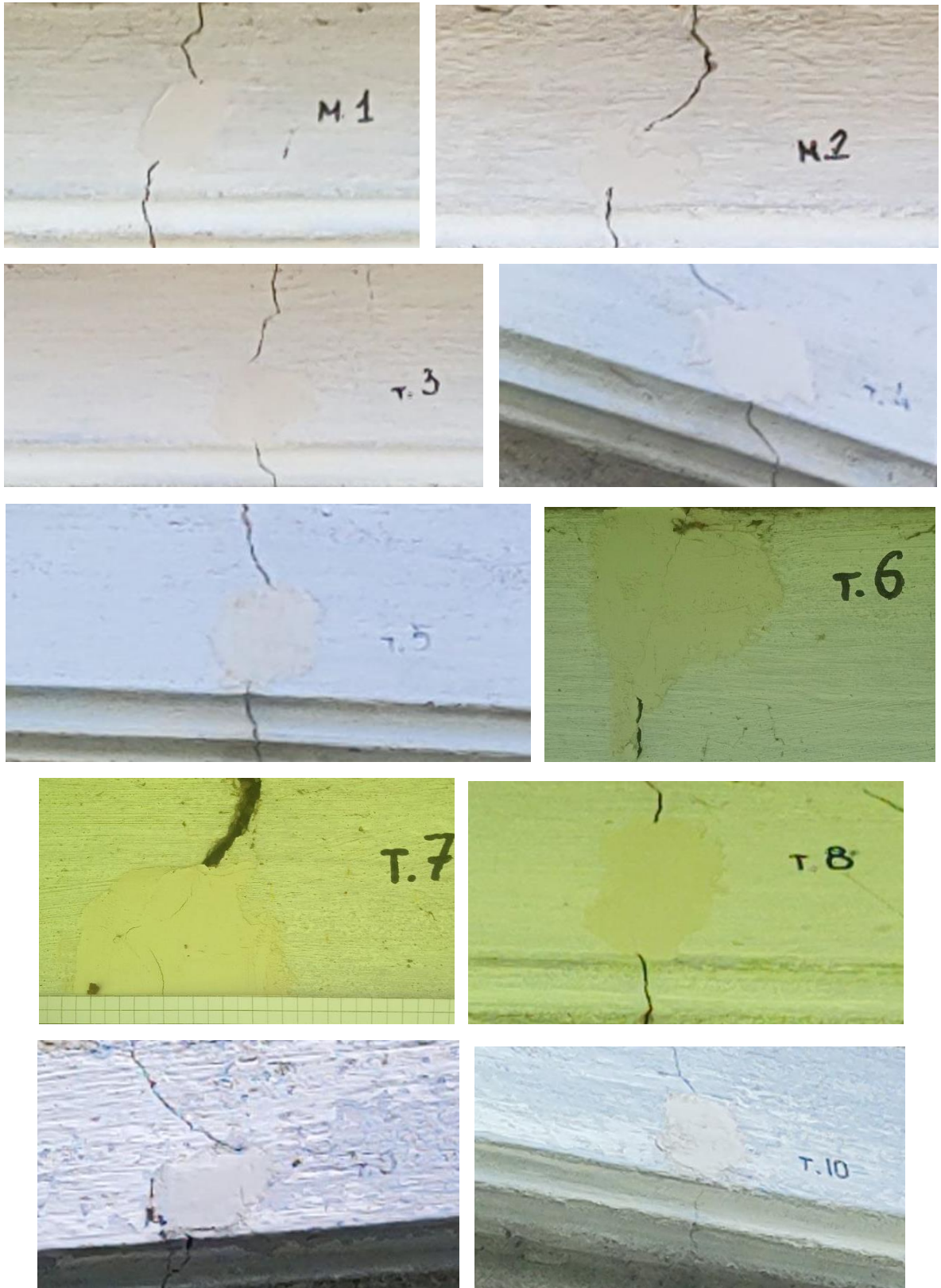


Рисунок 2.7 – Розкриття гіпсових маяків на будівлі №144 у 2022 р.

Як бачимо із рис. 2.5 мікро тріщини (до 1 мм) з'явилися на гіпсових маяках 6 та 7 на будівлі №144.

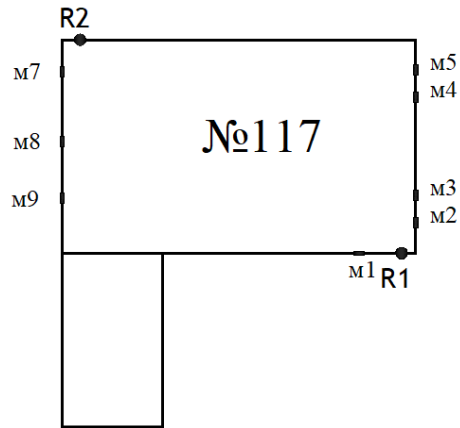


Рисунок 2.8 – Схема розміщення стінних реперів та гіпсових маяків на будівлі №117

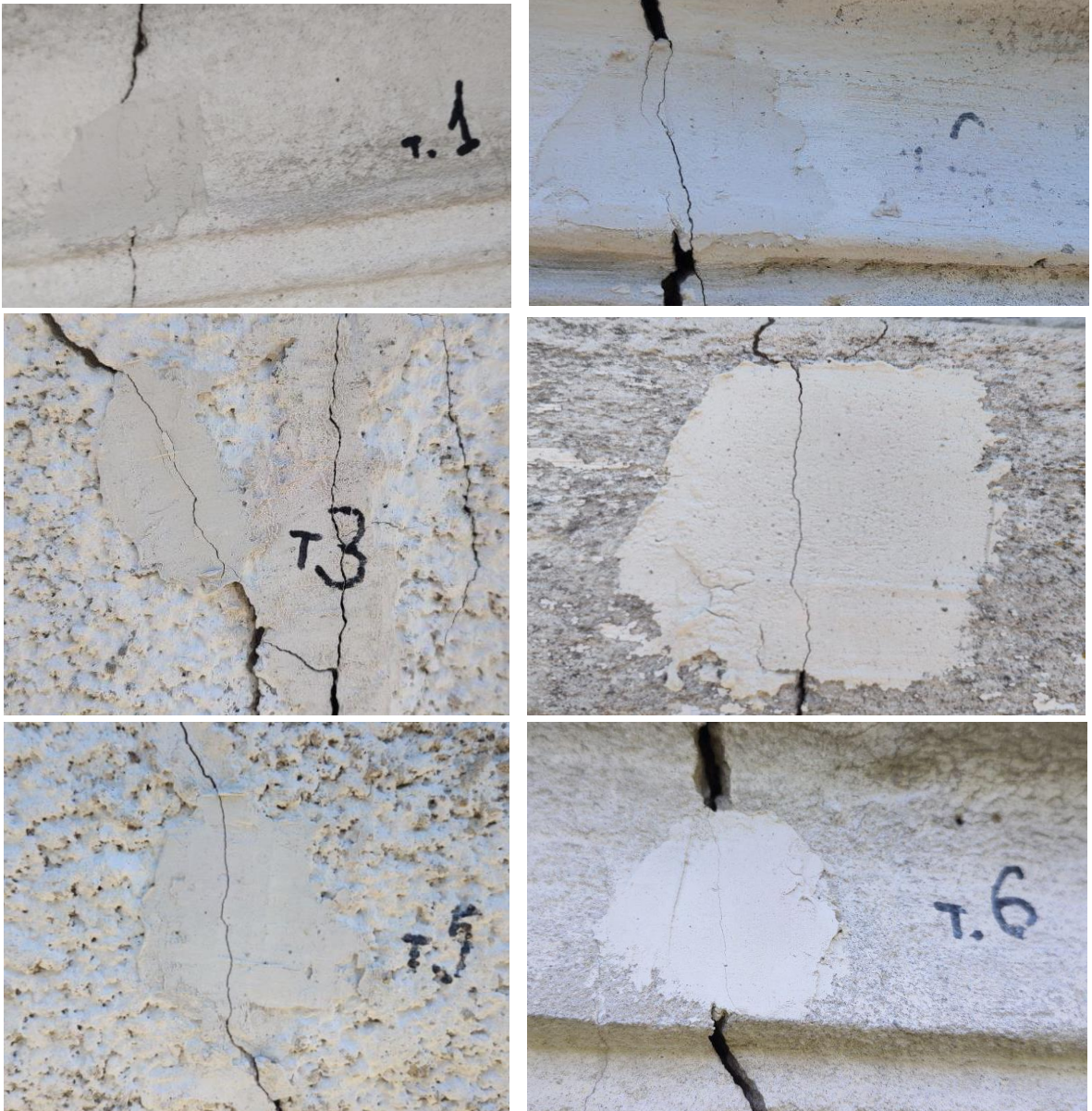




Рисунок 2.9 – Розкриття гіпсових маяків на будівлі №117 у 2022 р.

Як бачимо із рисунків мікро тріщини (до 1 мм) з'явилися практично на всіх гіпсових маяк на будівлі №117, що свідчить про нестійкі деформаційні процеси у даній будівлі.

Для забезпечення моніторингу житлових будівель №84, №196 у фундамент у 2022 році були закладені стінні репери 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.

Місця закладання стінних реперів наведені на рисунках 2.10 – 2.12.

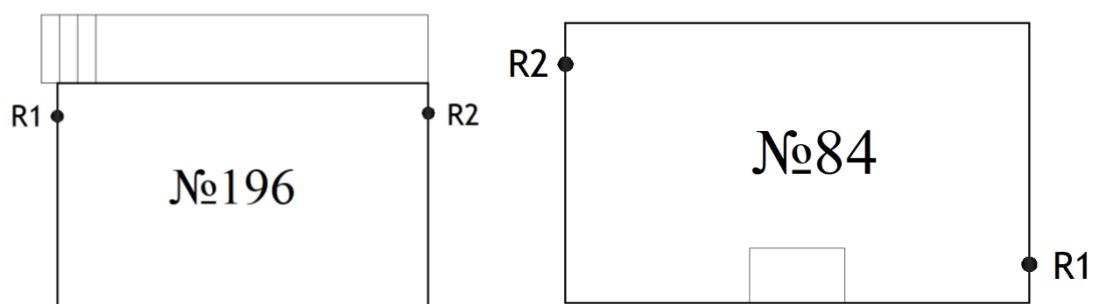


Рисунок 2.10 – Схема розміщення стінних реперів на будівлях №196 та №84



Рисунок 2.11 – Зображення реперів у будівлі №196



Рисунок 2.12 – Зображення реперів у будівлі № 84

Під час рекогностування будівель було встановлено:

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

2. 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.

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

#### **2.4 Проведення лабораторних гідрогеохімічних аналізів відібраних проб води існуючих спостережних гідрологічних свердловин та залучених до мережі додаткових діючих свердловин колишнього ДП «Калійний завод».**

Для встановлення впливу Домбровського кар'єру на стан водних об'єктів лабораторією досліджувалися проби, відібрані 09.05.2022. Проби відібрані безпосередньо із Домбровського кар'єру, дренажної траншеї та з 19 свердловин, розміщених в районі Калуського промвузла (рис. 3.13).

У пробах визначалися хімічні, фізико-хімічні показники та встановлено елементний склад води.

Аналіз вмісту солей та металів проведено відповідно до норм, встановлених для водойм рибогосподарського призначення (Узагальнений перелік гранично допустимих концентрацій (ГДК) і орієнтовно безпечних рівнів впливу (ОБРВ) шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм) та з урахуванням екологічних нормативів якості, визначених у додатку 8 Методики віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод, а також віднесення штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод, затвердженої наказом Міністерства екології та природних ресурсів від 14 січня 2019 № 5 та відповідно до Директиви 2013/39/ЄС від 12 серпня 2013 року. Також прийнято до уваги Державні санітарні норми і правила ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» та ДСТУ 4808:2007 Джерела централізованого питного водопостачання Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання.



Рисунок 2.13 Картосхема розташування гідрологічних свердловин в районі Калуського промвузла.

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

- спектрофотометр Ulab 102 HD
- спектрофотометр HACH LANGE DR 3900
- система підготовки проби та визначення загального азоту за методом К'ельдаля (установка для вимірювання масової частки нітрогену) VAP 450
- рН-метр HoriBa Ltd Laguna-PC 1100
- кондуктометр HoriBa Ltd Laguna-PC 1100

Дослідження елементного складу проведено оптико-емісійним спектрометром з індуктивно-зв'язаною плазмою Avio 500. Результати



досліджень за мінералізацією та солевим складом наведені в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 Мінералізація та солевий склад відібраних проб води

№ з/п	Найменування показника, проби	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>	Калій, мг/дм <sup>3</sup>	Натрій, мг/дм <sup>3</sup>
		<b>1000</b>	<b>100</b>	<b>300</b>	<b>1,5-7,0</b>	<b>180</b>	<b>40</b>	<b>≤50</b>	<b>≤120</b>
<i>Місце відбору проб</i>		<i>Результати випробувань</i>							
1	<b>Домбровський кар'єр</b>	<b>24829</b>	<b>5600</b>	<b>10840</b>	<b>115</b>	<b>1668</b>	<b>379</b>	<b>1121</b>	<b>5023</b>
2	Дренажна траншея Домбровського кар'єру	2604	210	1080	46	392	333	28	62
3	Свердловина №3	747	117	235	4,8	78	11	3,73	139
4	Свердловина №4	497	17	180	4,0	46	20	0,02	0,02
5	Свердловина №5	1072	100	377	8,6	97	45	33	151
6	Свердловина №6	504	88	117	5,1	80	14	0,542	29
7	Свердловина №7	345	50	62	4,6	52	22	1,42	53
8	Свердловина №8	4421	950	1012	47	856	49	112	170
9	Свердловина №9	18164	331	8578	111	1580	395	489	2954
10	Свердловина №10	3764	500	790	41	640	112	53	270
11	Свердловина №11	8474	2000	2595	66	928	243	129	923
12	Свердловина №12	649	57	422	4,3	61	15	3,94	53
13	Свердловина №13	5199	159	1920	31	592	34	2,68	1037
14	Свердловина №24	495	95	177	3,3	36	18	0,014	86
15	Свердловина №15	264	18	95	2,0	29	6,4	0,630	15,33
16	Свердловина №16	8465	1400	2693	48	690	165	114,8	145,0
17	Свердловина №17	886	142	150	7,6	87	39	1,45	112,5
18	Свердловина №124	4344	58	1420	8,6	92	46	----	1117,0
19	Свердловина №19	4183	900	1338	37	432	187	103,0	882,5
20	Свердловина №212	707	80	331	4,9	70	17	3,33	92,61
21	Свердловина №20	443	114	113	4,6	48	27	34	9,3
22	<b>р. Лімниця</b>	<b>189</b>	<b>12</b>	<b>76</b>	<b>1,4</b>	<b>22</b>	<b>3,5</b>	<b>1,57</b>	<b>4,54</b>

Результатами досліджень підтверджено дуже високий вміст солей у Домбровському кар'єрі та високий у дренажній траншеї (рис. 2.14). Так, при гранично допустимій концентрації вмісту солей у воді рівній 1000 мг/дм<sup>3</sup>, рівень мінералізації вод пробі з Домбровського кар'єру у 24 рази вищий норми і становить 24829 мг/дм<sup>3</sup>, у дренажній траншеї – практично у 2,6 рази вище норми і становить 2604 мг/дм<sup>3</sup>. Якісний склад вод та стоків характеризується присутністю хлоридних солей та сульфатних солей. При нормативному значенні вмісту хлоридів рівному 300 мг/дм<sup>3</sup> у пробах, відібраних із Домбровського кар'єру спостерігається перевищення

встановлених гранично допустимих концентрацій у 36 разів, у дренажній траншеї у 3,6 рази.

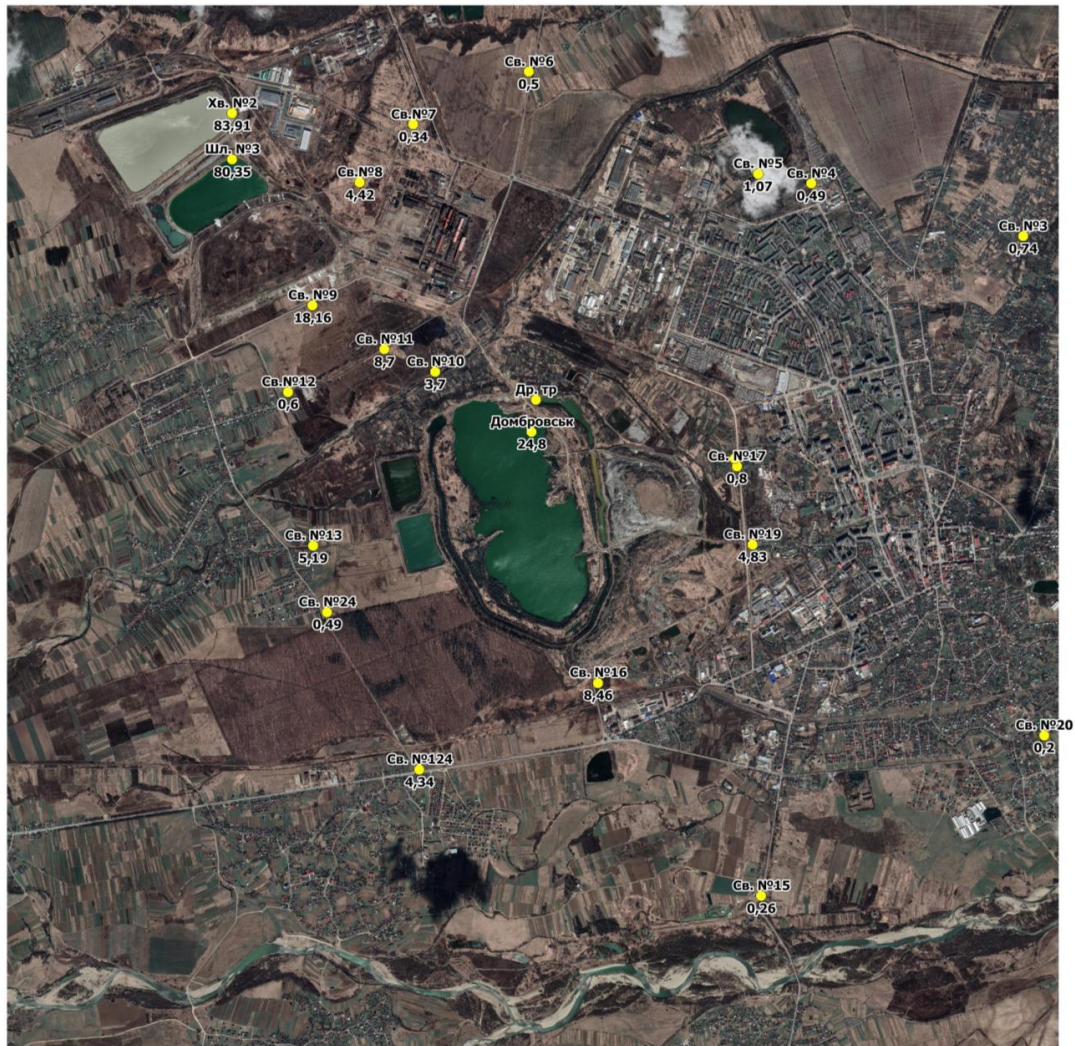


Рисунок 2.14 Мінералізація у гідрогеологічних свердловинах в районі Калуського промвузла

Вміст сульфатів в Домбровському кар'єрі при нормі в  $100 \text{ мг/дм}^3$  перевищує норму у 56 разів, у траншеї у 2,1 рази. За показниками іонного складу чітко спостерігається високий вміст солей кальцію, магнію, калію та натрію, який знаходиться вище встановлених нормативів якості. Окрім солевого складу у цих двох пробах високим є вміст амоній іонів та нітритів.

Решта проб умовно розділена на 3 групи. Перша група - проби з вмістом солей, що не перевищують норму і належать до низько- та

середньомінералізованих. Насамперед це проба № 20, відібрана з річки Лімниця, де мінералізація рівна  $186 \text{ мг/дм}^3$ , свердловини № 4, № 6, № 7, № 24, № 15, з вмістом  $497 \text{ мг/дм}^3$ ,  $504 \text{ мг/дм}^3$ ,  $345 \text{ мг/дм}^3$ ,  $495 \text{ мг/дм}^3$ ,  $264 \text{ мг/дм}^3$  відповідно.

Друга група - проби з вмістом солей, що не перевищують норму і належать до високомінералізованих - проба № 3, № 12, № 17, № 21, де мінералізація рівна  $747 \text{ мг/дм}^3$ ,  $649 \text{ мг/дм}^3$ ,  $886 \text{ мг/дм}^3$ ,  $707 \text{ мг/дм}^3$  відповідно.

Третя група - проби з вмістом солей, що перевищують ГДК. Це проба № 5, проби № 8 - № 10, № 11, № 13, № 16, № 18, № 19, де мінералізація рівна  $1072 \text{ мг/дм}^3$ ,  $4421 \text{ мг/дм}^3$ ,  $8474 \text{ мг/дм}^3$ ,  $3764 \text{ мг/дм}^3$ ,  $18164 \text{ мг/дм}^3$ ,  $5199 \text{ мг/дм}^3$ ,  $8465 \text{ мг/дм}^3$ ,  $4344 \text{ мг/дм}^3$ ,  $4183 \text{ мг/дм}^3$  відповідно. У цих пробах, окрім проби № 5, високим є вміст амоній-іонів.

Дослідженнями проб, відібраних із свердловин на території Калуського району, визначено, що максимальне значення вмісту солей, рівне  $18164 \text{ мг/дм}^3$  зафіксоване у свердловині № 11. У цій свердловині вміст сульфатів рівний  $331 \text{ мг/дм}^3$ , хлоридів  $8578 \text{ мг/дм}^3$ , кальцій  $1580 \text{ мг/дм}^3$ , калій  $489 \text{ мг/дм}^3$  та натрій  $2954 \text{ мг/дм}^3$ .

У 9 пробах вміст сульфатів знаходиться у межах від  $117 \text{ мг/дм}^3$  (свердловина № 3) до  $2000 \text{ мг/дм}^3$  (свердловина № 9), що перевищує граничнодопустимі концентрації у 1,17 – 20 разів. Перевищення ГДК за вмістом хлоридів зафіксовано у 10 пробах: найнижчий вміст зафіксовано у свердловині № 212 –  $331 \text{ мг/дм}^3$ , найвищий у свердловині № 11 –  $8578 \text{ мг/дм}^3$ , що перевищує граничнодопустимі концентрації у 1,1– 28,6 рази відповідно.

Вміст кальцію у семи свердловинах та магнію в шести свердловинах є вищим нормативного значення рівного  $180 \text{ мг/дм}^3$  і  $40 \text{ мг/дм}^3$  відповідно. Зафіксовані значення вмісту кальцію знаходяться у межах від  $432 \text{ мг/дм}^3$

(свердловина № 19) до 1580 мг/дм<sup>3</sup> (свердловина № 11), магнію – від 49 мг/дм<sup>3</sup> (свердловина № 8) до 395 мг/дм<sup>3</sup> (свердловина № 11).

Нормативне значення калію рівне 50 мг/дм<sup>3</sup> і за вмістом цього елемента у шести пробах зафіксовано перевищення в 1,06 - 9,8 рази, вміст калію змінювався в межах від 53 мг/дм<sup>3</sup> (свердловина № 10) до 489 мг/дм<sup>3</sup> (свердловина № 11).

Нормативне значення натрію рівне 120 мг/дм<sup>3</sup> і за вмістом цього елемента у 10 пробах зафіксовано перевищення в 1,16 - 24,6 рази, вміст натрію змінювався в межах від 139 мг/дм<sup>3</sup> (свердловина № 3) до 2954 мг/дм<sup>3</sup> (свердловина № 11).

У всіх свердловинах зафіксовано вміст марганцю і заліза. Концентрації марганцю при ГДК 0,01 мг/дм<sup>3</sup> знаходяться в межах від 0,022 мг/дм<sup>3</sup> (свердловина №7) до 6,0 мг/дм<sup>3</sup>, що перевищує норму в 600 разів (свердловина № 16). Концентрації заліза при ГДК 0,1 мг/дм<sup>3</sup> знаходяться в межах від 0,030 мг/дм<sup>3</sup> (свердловина № 4) до 35 мг/дм<sup>3</sup> (свердловина № 14), що перевищує норму в 350 разів.

З переліку хімічних і фізико-хімічних показників, які визначалися у свердловинах, також важливими є біохімічне та хімічне споживання кисню, нормативні значення яких затверджені наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України 30.07.2012 № 471 і рівні 3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> та 50 мгО/дм<sup>3</sup> відповідно. Показники біохімічного споживання кисню знаходяться в межах від 2,3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (свердловина № 7) до 152 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, що перевищує норму у 50,7 разів (свердловина № 9). Показники хімічного споживання кисню знаходяться в межах від 15 мгО/дм<sup>3</sup> (свердловина № 7) до 500 мгО/дм<sup>3</sup>, що перевищує норму у 10 разів (свердловина № 9).

Для аналізу вміст кадмію, ртуті, свинцю та нікелю прирівнювався до екологічних нормативів якості, а вміст десяти металів, зокрема міді, хрому,

цинку, миш'яку, бору, барію, кобальту, літію, молібдену, селену та ванадію порівнюється до норм, встановлених для води рибогосподарських водойм. Для восьми із досліджуваних металів, а саме срібла, алюмінію, барію, галію, індію, берилію, стихію та титану не встановлено нормативів.

У пробі води № 1, відібраній з Домбровського кар'єру виявлено присутність 14 елементів, вміст 11 з них перевищує екологічні нормативи якості та гранично допустимі концентрації. Зафіксовано незначне перевищення за вмістом кадмію, значне перевищення ГДК і ОБРВ за вмістом ванадію – у 1320 разів, молібдену – 60 разів та цинку – у 36 разів. Вміст 3 металів – барію, галію, індію - не підлягає нормуванню через відсутність нормативних значень.

У пробі № 2, відібраній з дренажної траншеї, встановлено перевищення за вмістом цинку – у 4,2 рази, кобальту – в 1,8 рази, ванадію – у 3,1 рази. Окрім цього, було виявлено барій, індій.

При аналізі води зі свердловин міст кадмію зафіксовано у 14 пробах і у 10 з них перевищення екологічних нормативів якості. Найвище значення вмісту кадмію виявлено у свердловині № 9 рівне  $25,7 \text{ мкг/дм}^3$ , що перевищує норму в 17 разів та у свердловині № 10 рівне  $18 \text{ мкг/дм}^3$  і перевищує норму у 12 разів.

Нікель виявлено в 11 пробах, його вміст знаходиться в межах від  $3,0 \text{ мкг/дм}^3$  (свердловина № 24) до  $72,5 \text{ мкг/дм}^3$  (свердловина № 9), що перевищує ГДК у 2 рази.

Вміст цинку виявлено у всіх свердловинах, його вміст знаходиться в межах від  $0,022 \text{ мг/дм}^3$  (свердловина №3) до  $0,714 \text{ мг/дм}^3$  (свердловина № 9), що у 71,4 рази вище ГДК.

Хром виявлено у 2 свердловинах, його вміст рівний  $0,039 \text{ мг/дм}^3$  (свердловина № 11) та  $0,078 \text{ мг/дм}^3$  (свердловина № 124), що у 39 та 78 разів відповідно вище ГДК.

Ртуть, свинець, миш'як, мідь не зафіксовано у жодній пробі води.

Молібден виявлено у 13 пробах у концентраціях, що перевищують

граничнодопустимі.

Ванадію виявлено у всіх свердловинах у концентраціях, що перевищують граничнодопустимі.

Селен виявлено у двох пробах в концентрації рівній 0,052 мг/дм<sup>3</sup> (свердловина № 17), що в 32,5 рази вище ГДК та концентрації 0,105 мг/дм<sup>3</sup> (свердловина № 10), що в 65,6 рази вище ГДК.

Також в 11 пробах виявлено вміст срібла, у 8 - вміст алюмінію, у всіх пробах - вміст барію, у 5 - індій, у двох - вміст стибію та у чотирьох - титану.

Дослідженнями проби води із річки Лімниця не встановлено перевищень граничнодопустимих концентрацій.

За результатами виконання робіт у 2021 року за сіткою спостережних свердловин виконано лабораторні хімічні аналізи з визначення хімічних, фізико-хімічних показників та встановлення елементного складу води. У 2022 році виконано лабораторні хімічні аналізи за тією ж самою структурою. Тому є доцільним виконати систематизацію та порівняння одержаних показників за 2021 та 2022 роки.

Порівняння показників мінералізації та солевого складу, наведених у таблицях 2.4 – 2.5 за 2022 та 2021 роки вказує на значні коливання концентрацій практично за усіма показниками для груп свердловин 9, 10, 11, 8 (зона впливу хвостосховищ), 16, 19 (зона впливу солевідвалу), 13 (зона впливу акумулюючих ємностей) – тут спостерігається зміна концентрацій більша-рівна 1 ГДК. Це явище логічно пояснюється близькістю зазначених свердловин до відповідних джерел забруднення водоносного горизонту. Додатня зміна концентрації за роками, наприклад, для свердловини 11 за загальною мінералізацією та в той же час від'ємна для свердловини 9, на нашу думку пояснюється різною відстанню до джерела забруднення (хвостосховища) у напрямку фільтрації підземних вод (з північного заходу на південний схід) та ймовірним впливом метеокліматичних факторів (випадання опадів). Щодо змін за показниками, то найбільша зміна в концентрації спостерігається для показника - масова концентрація сульфату.

Таблиці 2.4 – Солевий 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>			Жорсткість, мг-екв/дм <sup>3</sup>		
	ГДК і ОБРВ мг/дм <sup>3</sup>	рибгосп.	1000			100			300			1,5-7,0		
		питт., госп-побут. (наказ МОЗ 721 від 02.05.22)				500			350			-		
Місце відбору проб		Результати випробувань												
		2021	2022	Δ	2021	2022	Δ	2021	2022	Δ	2021	2022	Δ	
1	с. Копанки	494			18			118			4,5			
2	Хвостосховище №2	83916			613			42186			733			
3	Шламонакопичувач	80356			162			50268			479			
4	Дренажна траншея		2604			210			1080			46		
5	р. Лімниця		189			12			76			1,4		
6	Домбровський кар'єр	20320	24829	<u>4509</u>	324	5600	<u>5274</u>	11344	10840	<u>-504</u>	147	115	<u>-32</u>	
7	№3	783	747	<u>-36</u>	15	117	<u>102</u>	156	235	79	4,9	4,8	<u>-0,1</u>	
8	№4	335	497	<u>162</u>	18	17	<u>-1</u>	54	180	<u>126</u>	4,5	4	<u>-0,5</u>	
9	№5	1347	1072	<u>-275</u>	388	100	<u>-288</u>	317	377	60	7,8	8,6	<u>0,8</u>	
10	№6	1197	504	<u>-693</u>	625	88	<u>-537</u>	26	117	91	7,5	5,1	<u>-2,4</u>	
11	№7	422	345	<u>-77</u>	165	50	<u>-115</u>	15	62	47	3,4	4,6	<u>1,2</u>	
12	№8	3810	4421	<u>611</u>	1373	950	<u>-423</u>	998	1012	14	49	47	<u>-2</u>	
13	№9	23746	18164	<u>-5582</u>	4714	331	<u>-4383</u>	10156	8578	<u>-1578</u>	132	111	<u>-21</u>	
14	№10	1227	3764	<u>2537</u>	540	500	<u>-40</u>	174	790	<u>616</u>	8,2	41	<u>32,8</u>	
15	№11	1680	8474	<u>6794</u>	198	2000	<u>1802</u>	514	2595	<u>2081</u>	12	66	<u>54</u>	
16	№12	630	649	<u>19</u>	126	57	<u>-69</u>	177	422	245	7	4,3	<u>-2,7</u>	
17	№13	2908	5199	<u>2291</u>	350	159	<u>-191</u>	1453	1920	<u>467</u>	26	31	<u>5</u>	
18	№15	292	264	<u>-28</u>	50	18	<u>-32</u>	71	95	24	3,5	2	<u>-1,5</u>	
19	№16	3859	8465	<u>4606</u>	676	1400	<u>724</u>	1817	2693	<u>876</u>	40	48	<u>8</u>	
20	№17	998	886	<u>-112</u>	199	142	<u>-57</u>	301	150	<u>-151</u>	7	7,6	<u>0,6</u>	
21	№19	2626	4183	<u>1557</u>	697	900	<u>203</u>	1274	1338	64	15	37	<u>22</u>	
22	№20	443			114			113			4,6			
23	№24		495			95			177			3,3		
24	№124		4344			58			1420			8,6		
25	№212		707			80			331			4,9		

Δ – різниця між 2022 та 2021 роком

Таблиці 2.5 – Солевий склад відібраних проб води.

№ з/п	Найменування показника		Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>			Магній, мг/дм <sup>3</sup>			Калій, мг/дм <sup>3</sup>			Натрій, мг/дм <sup>3</sup>		
	ГДК і ОБРВ мг/дм <sup>3</sup>	рибгосп. питн., госп-побут. (наказ МОЗ 721 від 02.05.22)	180	200		40	50		≤50	----		≤120	200	
Місце відбору проб		Результати випробувань												
		2021	2022	Δ	2021	2022	Δ	2021	2022	Δ	2021	2022	Δ	
1	с. Копанки	73			≤10,0			13			7,9			
2	Хвостосховище №2	560			8566			30260			2681			
3	Шламонакопичувач	477			5528			---			---			
4	Дренажна траншея		392			333			28			62		
5	р. Лімниця		22			3,5			1,57			4,54		
6	Домбровський кар'єр	508	1668	<b>1160</b>	1477	379	<b>-1098</b>	5421	1121	<b>-4300</b>	723	5023	<b>4300</b>	
7	№3	87	78	<b>-9</b>	5	11	6	17	3,73	<b>-13,27</b>	19	139	<b>120</b>	
8	№4	65	46	<b>-19</b>	14	20	6	15	0,45	<b>-14,55</b>	4,6	38,55	<b>33,95</b>	
9	№5	106	97	<b>-9</b>	30	45	15	112	33	<b>-79</b>	23	151	<b>128</b>	
10	№6	105	80	<b>-25</b>	24	14	<b>-10</b>	62	0,542	<b>-61,458</b>	24	29	5	
11	№7	42	52	10	16	22	6	0,77	1,42	0,65	0,25	53	52,75	
12	№8	636	856	<b>220</b>	207	49	<b>-158</b>	612	112	<b>-500</b>	23	170	<b>147</b>	
13	№9	2320	1580	<b>-740</b>	194	395	<b>201</b>	2367	489	<b>-1878</b>	616	2954	<b>2338</b>	
14	№10	118	640	<b>522</b>	28	112	<b>84</b>	193	53	<b>-140</b>	14	270	<b>256</b>	
15	№11	110	928	<b>818</b>	65	243	<b>178</b>	42	129	<b>87</b>	19	923	<b>904</b>	
16	№12	86	61	<b>-25</b>	33	15	<b>-18</b>	57	3,94	<b>-53,06</b>	9,2	53	43,8	
17	№13	300	592	<b>292</b>	122	34	<b>-88</b>	29	2,68	<b>-26,32</b>	110	1037	<b>927</b>	
18	№15	48	29	<b>-19</b>	13	6,4	<b>-6,6</b>	29	0,63	<b>-28,37</b>	110	15,33	<b>-94,67</b>	
19	№16	360	690	<b>330</b>	267	165	<b>-102</b>	437	114,8	<b>-322,2</b>	151	145	-6	
20	№17	108	87	<b>-21</b>	19	39	<b>20</b>	23	1,45	<b>-21,55</b>	20	112,5	92,5	
21	№19	120	432	<b>312</b>	73	187	<b>114</b>	227	103	<b>-124</b>	39	882,5	<b>843,5</b>	
22	№20	48			27			34			9,3			
23	№24		36			18						86		
24	№124		92			46						1117		
25	№212		70			17			3,33			92,61		

Δ – різниця між 2022 та 2021 роком



З переліку хімічних і фізико-хімічних показників важливими є біохімічне та хімічне споживання кисню, нормативні значення яких затверджені наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України 30.07.2012 № 471 і рівні 3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> та 50 мгО/дм<sup>3</sup> відповідно. Значення цих показників для 2021 - 2022 років та їх різниця наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Вміст органічних речовин у відібраних пробах води

№ з/п	Найменування показника	БСК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>			ХСК, мгО/дм <sup>3</sup>		
	Норми екологічної безпеки	3,0			50,0		
Місце відбору проб		Результати випробувань					
		2021	2022	Δ	2021	2022	Δ
1	с.Копанки	4,5			20		
2	Хвостосховище №2	---			---		
3	Шламонакопичувач	---			---		
4	Дренажна траншея		4,2			46	
5	р. Лімниця		1,4			6,1	
6	Домбровський кар'єр	---	0		---	970	
7	№3	8,9	3,1	<b>-5,8</b>	40	23	-17
8	№4	2,4	2,5	0,1	11	16	5
9	№5	19,8	2,8	-17	89	18	<b>-71</b>
10	№6	4,8	2,6	-2,2	22	16	-6
11	№7	8,9	2,3	<b>-6,6</b>	41	15	-26
12	№8	4,7	28	<b>23,3</b>	21	100	<b>79</b>
13	№9	39	119	<b>80</b>	184	320	<b>136</b>
14	№10	5,9	106	<b>100,1</b>	28	380	<b>352</b>
15	№11	16	152	<b>136</b>	75	500	<b>425</b>
16	№12	9,6	2,7	<b>-6,9</b>	41	17	-24
17	№13	8,5	22	<b>13,5</b>	36	80	44
18	№15	4,3	1,8	-2,5	17	9,8	-7,2
19	№16	16	36	<b>20</b>	61	160	<b>99</b>
20	№17	8,1	3,4	-4,7	31	26	-5
21	№19	3,3	140	<b>136,7</b>	19	420	<b>401</b>
22	№20	14			56		
23	№24		11			40	
24	№124		18			60	
25	№212		2,5			23	

Δ – різниця між 2022 та 2021 роком

Проаналізуємо динаміку зміни показників біохімічне та хімічне споживання кисню. Як і для сольового складу отримуємо той же самий перелік свердловин з аномальними змінами показника (підвищення) - групи свердловин 9, 10, 11, 8 (зона впливу хвостосховищ), 16, 19 (зона впливу солевідвалу), 13 (зона впливу акумулюючих ємностей) – тут спостерігається зміна показника, що перевищує значення нормативу.

Також у пробах спектрометричними дослідженнями визначались 22 метали. Результати досліджень наведено в таблицях 2.7 – дані за 2021 рік, 2.8 – дані за 2022 рік, 2.9 – різниця між даними 2022 та 2021 року.

Опис одержаних результатів за вимірними концентраціями металів наведено вище цього звіту (для 2022 року) та підрозділі 7.2 звіту про виконані роботи за 2021 рік.

Порівняння зміни концентрацій важких металів за рік вказує на значні коливання концентрацій практично за усіма елементами у відповідних свердловинах, де було зафіксоване перевищення ГДК.

Для аналізу вміст кадмію, ртуті, свинцю та нікелю прирівнювався до екологічних нормативів якості, а вміст десяти металів, зокрема міді, хрому, цинку, миш'яку, бору, барію, кобальту, літію, молібдену, селену та ванадію прирівнюється до норм, встановлених для води рибогосподарських водойм.

У пробах води визначено вміст біогенних елементів - амоній-іонів, нітритів, нітратів та ортофосфатів. Дані досліджень наведено в таблиці 2.10.

Проаналізувавши динаміку зміни біогенних елементів - амоній-іонів, нітритів, нітратів та ортофосфатів, можна відмітити, що значні зміни концентрацій притаманні групам свердловин 9, 10, 11, 8 (зона впливу хвостосховищ), 16, 19 (зона впливу солевідвалу), 13 (зона впливу акумулюючих ємностей).

З токсикологічних показників проведено визначення заліза, марганцю та аніонних поверхнево-активних речовин. Дані досліджень наведено в таблиці 2.11.

Таблиця 2.7 – Елементний склад відібраних проб води на метали у 2021 році

Найменування показника		Кадмій, мкг/дм <sup>3</sup>	Свинець, мкг/дм <sup>3</sup>	Ртуть, мкг/дм <sup>3</sup>	Нікель, мкг/дм <sup>3</sup>	Цинк, мкг/дм <sup>3</sup>	Хром, мкг/дм <sup>3</sup>	Мідь, мкг/дм <sup>3</sup>	Миш'як, мкг/дм <sup>3</sup>	Срібло, мкг/дм <sup>3</sup>	Алюміній, мкг/дм <sup>3</sup>	Бор, мкг/дм <sup>3</sup>	Барій, мкг/дм <sup>3</sup>	Кобальт, мкг/дм <sup>3</sup>	Галій, мкг/дм <sup>3</sup>	Індій, мкг/дм <sup>3</sup>	Калій, мкг/дм <sup>3</sup>	Літій, мкг/дм <sup>3</sup>	Натрій, мкг/дм <sup>3</sup>	Берилій, мкг/дм <sup>3</sup>	Молібден, мкг/дм <sup>3</sup>	Стійбій, мкг/дм <sup>3</sup>	Селен, мкг/дм <sup>3</sup>	Титан, мкг/дм <sup>3</sup>	Ванадій, мкг/дм <sup>3</sup>	
ЕНЯ <sub>МАХ</sub> мкг/дм <sup>3</sup>		≤0,45 (клас 1) 0,45 (клас 2) 0,6 (клас 3) 0,9 (клас 4) 1,5 (клас 5)	≤14	≤0,07	≤34																					
ГДК і ОБРВ мкг/дм <sup>3</sup>	рибгосп. питн., госп-побут. (наказ МОЗ 721 від 02.05.22)	1	30	0,5	100	1	0,05	1	0,05	0,05	0,5	0,5	0,1	0,1	----	----	≤50	≤0,15	≤120	-----	≤0,0012	----	≤0,0016	-----	≤0,001	
Місце відбору		Результати випробувань																								
с.Копанки		5,0 (клас5)									0,20	0,062	0,077			0,010	13		7,9		<b>0,008</b>	0,014		0,003	<b>0,031</b>	
Хвостосховище №2		4664 (клас 5)				<b>3,4</b>						<b>7,3</b>	0,8		6,4	10,6	<b>30260</b>	<b>0,24</b>	<b>2681</b>		<b>3,4</b>	13		0,60	<b>27</b>	
Шламонакопичувач		----	----	----	--	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	----	----	----	-----	----	----	----	---
Домбровський кар'єр		262 (клас 5)				<b>0,14</b>	<b>0,12</b>					<b>0,53</b>	0,10		0,28	0,28	<b>5421</b>	0,031	<b>723</b>		<b>0,15</b>	0,83		0,046	<b>2,0</b>	
№3		46 (клас 5)				<b>0,081</b>					0,079	<b>0,22</b>	0,20		0,029	0,075	17	0,006	19		<b>0,036</b>	0,13		0,009	<b>0,20</b>	
№4		6,0 (клас5)			4,0	<b>0,076</b>		<b>0,006</b>			0,093	0,031	0,089		0,006	0,014	15		4,6		<b>0,005</b>	0,015		0,003	<b>0,033</b>	
№5		55 (клас5)				<b>0,11</b>					0,36	<b>0,12</b>	0,15		0,05	0,075	112		23		<b>0,033</b>	0,11		0,012	<b>0,23</b>	
№6		56 (клас5)	10		<b>71</b>	<b>0,017</b>	<b>0,017</b>	<b>0,021</b>			2,6	<b>0,18</b>	1,2		0,018	0,12	<b>62</b>	0,025	24		<b>0,063</b>	0,14		0,038	<b>0,35</b>	
№7		5,0 (клас4)				<b>0,51</b>				0,075	0,019	0,007	0,013		0,006	0,012	0,77		0,25		<b>0,005</b>	0,015			<b>0,020</b>	
№8		121 (клас 5)			<b>135</b>	<b>0,27</b>	<b>0,25</b>				0,53	0,22	0,10		0,13	0,14	<b>612</b>	0,007	23		<b>0,17</b>	0,43		0,041	<b>0,66</b>	

Найменування показника		Кадмій, мкг/дм <sup>3</sup>	Свинець, мкг/дм <sup>3</sup>	Ртуть, мкг/дм <sup>3</sup>	Нікель, мкг/дм <sup>3</sup>	Цинк, мкг/дм <sup>3</sup>	Хром, мкг/дм <sup>3</sup>	Мідь, мкг/дм <sup>3</sup>	Минш'як, мкг/дм <sup>3</sup>	Срібло, мкг/дм <sup>3</sup>	Алюміній, мкг/дм <sup>3</sup>	Бор, мкг/дм <sup>3</sup>	Барій, мкг/дм <sup>3</sup>	Кобальт, мкг/дм <sup>3</sup>	Галій, мкг/дм <sup>3</sup>	Індій, мкг/дм <sup>3</sup>	Калій, мкг/дм <sup>3</sup>	Літій, мкг/дм <sup>3</sup>	Натрій, мкг/дм <sup>3</sup>	Берилій, мкг/дм <sup>3</sup>	Молібден, мкг/дм <sup>3</sup>	Стійбій, мкг/дм <sup>3</sup>	Селен, мкг/дм <sup>3</sup>	Титан, мкг/дм <sup>3</sup>	Ванадій, мкг/дм <sup>3</sup>
ЕНЯ <sub>МАХ</sub> мкг/дм <sup>3</sup>		≤0,45 (клас 1) 0,45 (клас 2) 0,6 (клас 3) 0,9 (клас 4) 1,5 (клас 5)	√14	≤0,07	√34																				
ГДК і ОБРВ мкг/дм <sup>3</sup>	рибгосп. питн., госп-побут. (наказ МОЗ 721 від 02.05.22)	1	30	0,5	100	≤0,01	≤0,001	≤0,01		---	----	≤0,1	---	0,01	----	----	≤50	≤0,15	≤120	-----	≤0,0012	----	≤0,0016	----	≤0,001
<b>Місце відбору</b>		<b>Результати випробувань</b>																							
№9	173 (клас 5)			491	0,51	0,14			0,14	0,18	0,25	0,21		0,057	0,29	2367	0,038	616		0,16	0,41		0,053	1,6	
№10	49 (клас 5)			46	0,14				0,005	0,20	0,12	0,072		0,046	0,1	193	0,004	14		0,033	0,18		0,015	0,25	
№11				52	0,034	0,011	0,047		0,015			0,069	0,056			42		19	0,011			0,25			
№12	5,0 (клас5)			8,0	0,076	0,005				0,11	0,040	0,14			0,015	57		9,2		0,006	0,009		0,004	0,046	
№13	56(клас5)				0,19				0,009		0,25	0,26		0,013	0,088	29	0,006	110		0,041	0,197		0,015	0,30	
№15	6,0 (клас 5)				0,06	0,004	0,004			0,106	0,063	0,074	246,2		0,515		0,01	14,72		9,38	0,057	3,03		0,005	
№16	50 (клас 5)				0,089	0,014			0,008		0,16	0,12	0,014	0,04	0,13	437	0,004	151		0,037	0,11		0,014	0,39	
№17	42 (клас 5)				0,06						0,082	0,17		0,045	0,11	23	0,005	20		0,038	0,17		0,011	0,23	
№19	1,0 (клас5)			7,0	0,039	0,003					0,05	0,029	0,002		0,001	227		39		0,007		0,046		0,045	
№20	5,0 (клас 5)			4,0	0,10	0,007				0,033	0,082	0,092		0,001	0,015	34		9,3		0,006	0,016		0,003	0,033	

Таблиця 2.8 – Елементний склад відібраних проб води на метали у 2022 році

Найменування показника		Кадмій, мкг/дм <sup>3</sup>	Свинець, мкг/дм <sup>3</sup>	Ртуть, мкг/дм <sup>3</sup>	Нікель, мкг/дм <sup>3</sup>	Цинк, мкг/дм <sup>3</sup>	Хром, мкг/дм <sup>3</sup>	Мідь, мкг/дм <sup>3</sup>	Міш'як, мкг/дм <sup>3</sup>	Срібло, мкг/дм <sup>3</sup>	Алюміній, мкг/дм <sup>3</sup>	Бор, мкг/дм <sup>3</sup>	Барій, мкг/дм <sup>3</sup>	Кобальт, мкг/дм <sup>3</sup>	Галій, мкг/дм <sup>3</sup>	Індій, мкг/дм <sup>3</sup>	Калій, мкг/дм <sup>3</sup>	Літій, мкг/дм <sup>3</sup>	Натрій, мкг/дм <sup>3</sup>	Берилій, мкг/дм <sup>3</sup>	Молібден, мкг/дм <sup>3</sup>	Стійбій, мкг/дм <sup>3</sup>	Селен, мкг/дм <sup>3</sup>	Титан, мкг/дм <sup>3</sup>	Ванадій, мкг/дм <sup>3</sup>
ЕНЯ <sub>МАХ</sub> мкг/дм <sup>3</sup>		≤0,45 (клас 1) 0,45 (клас 2) 0,6 (клас 3) 0,9 (клас 4) 1,5 (клас 5)	≤14	≤0,07	≤34																				
ГДК і ОБРВ мкг/дм <sup>3</sup>	рибгосп.					≤0,01	≤0,001	≤0,01		---	----	≤0,1	---	0,01	----	----	≤50	≤0,15	≤120	-----	≤0,0012	----	≤0,0016	-----	≤0,001
	питн., госп-побут. (на-каз МОЗ 721 від 02.05.22)	1	30	0,5	100	1	0,05	1	0,05	0,05	0,5	0,5	0,1	0,1	----	----	----	0,03	200	0,000 <sub>2</sub>	0,25	----	0,01	0,1	0,1
Місце відбору		Результати випробувань																							
Дренажна траншея р. Лімниця						0,042							0,015	<b>0,018</b>		0,007	28		62						<b>0,031</b>
Домбровський кар'єр		<b>1,76</b>				<b>0,358</b>	<b>0,065</b>			0,028		<b>0,967</b>	0,143	<b>0,011</b>	0,019	0,22	<b>1121</b>	<b>0,356</b>	<b>5023</b>		<b>0,072</b>				<b>1,32</b>
№3		1,05			9,5	<b>0,022</b>						0,085	0,219	0,005		0,022	3,73		<b>139</b>		<b>0,008</b>				<b>0,036</b>
№4		1				<b>0,035</b>					0,008		0,539	0,004		0,078	0,45		38,55						<b>0,023</b>
№5		0,56			21	<b>0,049</b>					0,059		0,124	0,005		0,011	33		<b>151</b>		<b>0,029</b>	0,011			<b>0,083</b>
№6		<b>3,5</b>			<b>41</b>	<b>0,192</b>				0,012	0,127		0,16	0,004			0,542		29		<b>0,021</b>			0,002	<b>0,045</b>
№7		1			5,5	<b>0,126</b>				0,026	0,12		0,186	0,006			1,42		53		<b>0,016</b>				<b>0,053</b>
№8		<b>2,5</b>				<b>0,226</b>	0,01			0,088	0,024		0,095	<b>0,083</b>			<b>112</b>		<b>170</b>		<b>0,064</b>			0,002	<b>0,321</b>

Найменування показника		Кадмій, мкг/дм <sup>3</sup>	Свинець, мкг/дм <sup>3</sup>	Ртуть, мкг/дм <sup>3</sup>	Нікель, мкг/дм <sup>3</sup>	Цинк, мкг/дм <sup>3</sup>	Хром, мкг/дм <sup>3</sup>	Мідь, мкг/дм <sup>3</sup>	Міш'як, мкг/дм <sup>3</sup>	Срібло, мкг/дм <sup>3</sup>	Алюміній, мкг/дм <sup>3</sup>	Бор, мкг/дм <sup>3</sup>	Барій, мкг/дм <sup>3</sup>	Кобальт, мкг/дм <sup>3</sup>	Галій, мкг/дм <sup>3</sup>	Індій, мкг/дм <sup>3</sup>	Калій, мкг/дм <sup>3</sup>	Літій, мкг/дм <sup>3</sup>	Натрій, мкг/дм <sup>3</sup>	Берилій, мкг/дм <sup>3</sup>	Молібден, мкг/дм <sup>3</sup>	Стибій, мкг/дм <sup>3</sup>	Селен, мкг/дм <sup>3</sup>	Титан, мкг/дм <sup>3</sup>	Ванадій, мкг/дм <sup>3</sup>
ЕНЯ <sub>МАХ</sub> мкг/дм <sup>3</sup>		≤0,45 (клас 1) 0,45 (клас 2) 0,6 (клас 3) 0,9 (клас 4) 1,5 (клас 5)	≤14	≤0,07	≤34																				
ГДК і ОБРВ мкг/дм <sup>3</sup>	рибгосп.					≤0,01	≤0,001	≤0,01		---	---	≤0,1	---	0,01	---	---	≤50	≤0,15	≤120	----	≤0,0012	----	≤0,0016	----	≤0,001
	питт., госп-побут. (наказ МОЗ 721 від 02.05.22)	1	30	0,5	100	1	0,05	1	0,05	0,05	0,5	0,5	0,1	0,1	----	----	----	0,03	200	0,000 <sub>2</sub>	0,25	----	0,01	0,1	0,1
Місце відбору		Результати випробувань																							
№9		6,01			68,5	0,032	0,039			0,022			0,175	0,037			489	0,187	2954		0,043			0,003	0,818
№10		18				0,033				0,014			0,14	0,097			53		270		0,109		0,105		0,276
№11		25,7			72,5	0,714				0,094			0,319	0,055			129		923		0,129			0,003	0,745
№12		3,5				0,043				0,009	0,038		0,087	0,013			3,94		53		0,013				0,031
№13					57	0,089				0,039			0,31	0,054			2,68		1037		0,029				0,18
№15		1				0,099				0,007	0,079		0,037	0,007		0,045	0,63		15,33		0,015	0,017			0,01
№16						0,041				0,019			0,18	0,03			114,8		145						0,518
№17					14	0,074				0,004			0,124	0,007			1,45		112,5		0,018		0,052		0,054
№19					12,5	0,024							0,095	0,015			103		882,5			0,377			0,218
№24																									
№124		1			3	0,106							0,057	0,013		0,014			86		0,019				0,025
№212		5,01			66	0,377	0,078			0,023	0,015		0,159	0,073					1117		0,023				0,035

Таблиця 2.9 – Зміна концентрацій у елементному складі відібраних проб води на метали між 2022 та 2021 р

Найменування показника		Кадмій, мкг/дм <sup>3</sup>	Свинець, мкг/дм <sup>3</sup>	Ртуть, мкг/дм <sup>3</sup>	Нікель, мкг/дм <sup>3</sup>	Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	Хром, мг/дм <sup>3</sup>	Мідь, мг/дм <sup>3</sup>	Миш'як, мг/дм <sup>3</sup>	Срібло, мг/дм <sup>3</sup>	Алюміній, мг/дм <sup>3</sup>	Бор, мг/дм <sup>3</sup>	Барій, мг/дм <sup>3</sup>	Кобальт, мг/дм <sup>3</sup>	Галій, мг/дм <sup>3</sup>	Індій, мг/дм <sup>3</sup>	Калій, мг/дм <sup>3</sup>	Літій, мг/дм <sup>3</sup>	Натрій, мг/дм <sup>3</sup>	Берилій, мг/дм <sup>3</sup>	Молібден, мг/дм <sup>3</sup>	Стибій, мг/дм <sup>3</sup>	Селен, мг/дм <sup>3</sup>	Титан, мг/дм <sup>3</sup>	Ванадій, мг/дм <sup>3</sup>
ЕНЯ <sub>МАХ</sub> мкг/дм <sup>3</sup>		≤0,45 (клас 1) 0,45 (клас 2) 0,6 (клас 3) 0,9 (клас 4) 1,5 (клас 5)	≤14	≤0,07	≤34																				
ГДК і ОБРВ мг/дм <sup>3</sup>	рибгосп.					≤0,01	≤0,001	≤0,01		---	----	≤0,1	---	0,01	----	----	≤50	≤0,15	≤120	-----	≤0,0012	----	≤0,0016	-----	≤0,001
	пгпг., госп-побут. (на-каз МОЗ 721 від 02.05.22)	1	30	0,5	100	1	0,05	1	0,05	0,05	0,5	0,5	0,1	0,1	----	----	----	0,03	200	0,0002	0,25	----	0,01	0,1	0,1
<b>Місце відбору</b>		<b>Результати випробувань</b>																							
Домбровський кар'єр		-260,24				0,218	-0,055			0,028		0,437	0,043	0,011	-0,261	-0,06	-4300	0,325	4300		-0,078	-0,83		-0,046	-0,68
№3		-44,95			9,5	-0,059				-0,079	-0,135	0,019	0,005	-0,029	-0,053	-13,27	-0,006	120		-0,028	-0,13		-0,009	-0,164	
№4		-5			-4	-0,041		-0,006		-0,085	-0,031	0,45	0,004	-0,006	0,064	-14,55		33,95		-0,005	-0,015		-0,003	-0,01	
№5		-54,44			21	-0,061				-0,301	-0,12	-0,026	0,005	-0,05	-0,064	-79		128		-0,004	-0,099		-0,012	-0,147	
№6		-52,5	-10		-30	0,175	-0,017	-0,021		0,012	-2,473	-0,18	-1,04	0,004	-0,018	-0,12	-61,458	-0,025	5		-0,042	-0,14		-0,036	-0,305
№7		-4			5,5	-0,384				-0,049	0,101	-0,007	0,173	0,006	-0,006	-0,012	0,65		52,75		0,011	-0,015			0,033
№8		-118,5			-135	-0,044	-0,24			0,088	-0,506	-0,22	-0,005	0,083	-0,13	-0,14	-500	-0,007	147		-0,106	-0,43		-0,039	-0,339
№9		-166,99			-	-0,478	-0,101			-0,118	-0,18	-0,25	-0,035	0,037	-0,057	-0,29	-1878	0,149	2338		-0,117	-0,41		-0,05	-0,782
№10		-31			-46	-0,107				0,009	-0,2	-0,12	0,068	0,097	-0,046	-0,1	-140	-0,004	256		0,076	-0,18	0,105	-0,015	0,026
№11		25,7			20,5	0,68	-0,011	-0,047		0,079			0,25	-0,001			87		904	-0,011	0,129		-0,25	0,003	0,745
№12		-1,5			-8	-0,033	-0,005			0,009	-0,072	-0,04	-0,053	0,013		-0,015	-53,06		43,8		0,007	-0,009		-0,004	-0,015
№13		-56			57	-0,101				0,03		-0,25	0,05	0,054	-0,013	-0,088	-26,32	-0,006	927		-0,012	-0,197		-0,015	-0,12
№15		-5				0,039	-0,004	-0,004		0,007	-0,027	-0,063	-0,037	-246,193		-0,47	0,63	-0,01	0,61		-9,365	-0,04	-3,03		0,005
№16		-50				-0,048	-0,014			0,011		-0,16	0,06	0,016	-0,04	-0,13	-322,2	-0,004	-6		-0,037	-0,11		-0,014	0,128
№17		-42			14	0,014				0,004		-0,082	-0,046	0,007	-0,045	-0,11	-21,55	-0,005	92,5		-0,02	-0,17	0,052	-0,011	-0,176
№19		-1			5,5	-0,015	-0,003					-0,05	0,066	0,013		-0,001	-124		843,5		-0,007	0,377	-0,046		0,173

Таблиця 2.10 – Вміст біогенних елементів у пробах води.

№з/п	Найменування показника	Масова концентрація нітрогену загального, мг/дм <sup>3</sup>			Масова концентрація амоній-іонів, мг/дм <sup>3</sup>			Масова концентрація нітриту, мг/дм <sup>3</sup>			Масова концентрація нітрат-іони, мг/дм <sup>3</sup>			Масова концентрація ортофосфату, мг/дм <sup>3</sup>		
		ГДК і ОБРВ	---			0,5			0,08			40			0,001	
Місце відбору проб		Результати випробувань														
		2021	2022	Δ	2021	2022	Δ	2021	2022	Δ	2021	2022	Δ	2021	2022	Δ
1	с.Копанки	0,43			0,50			0,015			<0,50			0,002		
2	Хвостосховище №2	0,011			---			0,037			---			0,024		
3	Шламонакопичувач	0,005			---			0,017			---			0,018		
4	Дренажна траншея		18			15			1,2			25			3,4	
5	р. Лімниця		0,69			0,49			0,016			1,3			0,036	
6	Домбровський кар'єр	0,002	17	16,998	---	11		<0,01	1,8	<b>1,799</b>	---	29		0,05	4	<b>3,95</b>
7	№3	0,29	2,9	2,61	0,18	0,81	<b>0,63</b>	0,008	0,049	0,041	0,65	10	9,35	0,006	0,11	<b>0,104</b>
8	№4	1,5	3,1	1,6	0,11	0,74	<b>0,63</b>	0,50	0,065	<b>-0,435</b>	5,02	11	5,98	0,27	0,1	<b>-0,17</b>
9	№5	1,04	3,7	2,66	1,1	0,63	-0,47	0,037	0,042	0,005	0,82	14	13,18	0,059	0,21	<b>0,151</b>
10	№6	0,41	2,2	1,79	0,26	0,6	0,34	0,20	0,021	<b>-0,179</b>	0,65	7,7	7,05	0,074	0,27	<b>0,196</b>
11	№7	0,16	1,4	1,24	0,18	0,43	0,25	0,026	0,018	-0,008	<0,5	4,5	4,499	0,16	0,36	<b>0,2</b>
12	№8	0,10	17	16,9	<0,1	11	<b>10,99</b>	0,08	5,1	<b>5,02</b>	<0,5	28	27,99	0,30	2,9	<b>2,6</b>
13	№9	11,	11	0	12,1	5,8	<b>-6,3</b>	0,19	0,55	<b>0,36</b>	6,	25	19	0,38	0,16	<b>-0,22</b>
14	№10	1,4	19	17,6	1,1	12	<b>10,9</b>	0,14	2,2	<b>2,06</b>	2,1	34	31,9	0,14	3,2	<b>3,06</b>
15	№11	1,	33	32	1,1	23	<b>21,9</b>	0,12	4,8	<b>4,68</b>	0,63	50	<b>49,37</b>	0,27	2,3	<b>2,03</b>
16	№12	5,1	1,7	-3,4	6,4	0,72	<b>-5,68</b>	0,12	0,14	0,02	0,32	4,5	4,18	0,26	0,11	<b>-0,15</b>
17	№13	0,62	16	15,38	0,54	14	<b>13,46</b>	0,065	5,5	<b>5,435</b>	0,78	8,3	7,52	0,11	1,4	<b>1,29</b>
18	№15	0,77	21	20,23	0,34	0,42	<b>0,08</b>	0,027	0,031	0,004	2,2	7,6	5,4	0,12	0,043	<b>-0,077</b>
19	№16	2,1	32	29,9	2,1	17	<b>14,9</b>	0,012	1,4	<b>1,388</b>	2,2	71	<b>68,8</b>	0,048	1,5	<b>1,452</b>
20	№17	6,8	3,4	-3,4	8,5	0,71	<b>-7,79</b>	0,023	0,12	<b>0,097</b>	0,66	12	11,34	0,58	0,014	<b>-0,566</b>
21	№19	2,	38	36	1,9	20	<b>18,1</b>	0,031	2,4	<b>2,369</b>	2,2	89	<b>86,8</b>	0,15	2,2	<b>2,05</b>
22	№20	3,5			0,74			0,022			13			0,18		
23	№24		3,3			1,9			0,057			7,7			0,2	
24	№124		32			20			1,3			68			2,5	
25	№212		4,4			1,7			0,025			13			0,018	



Таблиця 2.11 – Вміст токсикологічних показників у пробах води.

№ з/п	Найменування показника	Масова концентрація марганцю, мг/дм <sup>3</sup>			Масова концентрація заліза, мг/дм <sup>3</sup>		
		0,01 – рибогоспод. водойми 0,1 - питн., госп-побут. (наказ МОЗ 721 від 02.05.22)			0,1 – рибогоспод. водойми 0,3 - питн., госп-побут. (наказ МОЗ 721 від 02.05.22)		
Місце відбору проб		Результати випробувань					
		2021	2022	Δ	2021	2022	Δ
1	с.Копанки	<0,005		---	0,012		
2	Хвостосховище №2	---		---	----		
3	Шламонакопичувач	---		---	---		
4	Дренажна траншея		0,07	---		0,011	
5	р. Лімниця		0,016	---		0,16	
6	Домбровський кар'єр	---	0,42	---	---	0,33	
7	№3	<0,005	0,44	---	0,01	0,07	0,06
8	№4	<0,005	0,055	---	0,04	0,03	-0,01
9	№5	<0,005	2,5	---	0,20	0,12	-0,08
10	№6	<0,005	0,81	---	0,031	0,3	0,269
11	№7	<0,005	0,022	---	0,03	0,37	<b>0,34</b>
12	№8	<0,005	1,6	---	0,43	0	<b>-0,43</b>
13	№9	<0,005	3,8	---	4,9	9	<b>4,1</b>
14	№10	<0,005	2,9	---	0,18	0	-0,18
15	№11	<0,005	1,9	---	0,27	0,35	0,08
16	№12	<0,005	1,2	---	0,034	0,13	0,096
17	№13	<0,005	3,8	---	0,079	0,035	-0,044
18	№15	<0,005	0,02	---	0,067	0,16	0,093
19	№16	<0,005	6	---	0,019	0,25	0,231
20	№17	<0,005	1,8	---	0,46	2,6	<b>2,14</b>
21	№19	<0,005	2,3	---	0,058	0,55	<b>0,492</b>
22	№20	<0,005		---	0,043		
23	№24		1,8	---		35	
24	№124		1,9	---		1,1	
25	№212		0,95	---		12	

Аналіз даних з таблиці 2.11 показує, що марганець у пробах води у 2021 році знаходився в концентраціях, які є менші межі чутливості приладу. Проте у 2022 році виявлені перевищення норми більш ніж у 10 разів у свердловинах №8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 19, 24, 124. Вміст заліза найвищий спостерігався у 2021 році у свердловині № 9 і перевищував норму у 49 разів. Також високим був вміст заліза у свердловинах №8 та № 17 та перевищує норму у 4,3 та у 4,6 рази відповідно. Аналіз динаміки за рік показав, що значно вміст заліза підвищився у пробах свердловин №17 та №9, дещо менше, але більше ніж норма у свердловинах №6, 7, 8, 10, 19.

## 2.5 Аналіз розрахункових коефіцієнтів запасу міцності міжкамерних ціликів відпрацьованого гірничого масиву на Північному каїнітовому полі рудника «Калуш»

Північне каїнітове поле розроблялось розроблялось в 1940-43 і 1956-75 роках. Глибина розробки 100-260 м. Ширина камер складає 10 – 12 м, ширина ціликів 8 – 14 м, місцями від 4,8 – 7 (камера 5 - 11 ) висота камер 8 – 25 м, довжина камер від 80 – 297,9 м. Загальний об'єм відпрацьованого простору складає 1325,5 тис. м<sup>3</sup>, 1011,0 тис. м<sup>3</sup> заповнені розсолами Домбровського кар'єру, 314,5 тис. м<sup>3</sup> порожнин закладено породами.

Над відпрацьованим шатним полем відбуваються карстово-суфозійні процеси, які почали проявлятися з 1984 року у вигляді утворення провалів на земній поверхні та тривають по сьогоднішній час.

Фактичні параметри відпрацьованих камер Північно каїнітового поля взято з фондів ДП «Калійний завод». За цими параметрами для кожного міжкамерного цілика розраховано коефіцієнт запасу міцності ціликів, виходячи із умови повної відробки гірничого масиву. При повній підробці гірничого масиву на камерний цілик діє повна вага порід які знаходяться зверху. Відповідно навантаження ( $\sigma_g$ ) на цілик розраховується за формулою Л.Д.Шевякова:

$$\sigma_g = \frac{\gamma_1 \cdot H \cdot (a+b) + \gamma_2 \cdot h \cdot b}{b-1}, \text{ м/м}^2 \quad (2.2)$$

де

$\gamma_1$  - об'ємна вага покриваючих порід;

$\gamma_2$  - об'ємна вага соляних порід цілика;

$H$  - глибина розробки (відстань від поверхні до стеліни камери);

$a$  - ширина камери;

$b$  - ширина цілика;

$h$  - висота цілика.

Так як розробка камер велась з використанням буро вибухових робіт, то враховується, що цілик з кожної сторони деформований тріщинами на глибину 0,5 м. Тому при розрахунку коефіцієнта запасу міцності між камерного цілика його ширина зменшена на 1 метр. Несуча здатність цілика  $R$  визначається за формулою:

$$R = \sigma_{сж} \cdot \sqrt{\frac{b-1}{h}}, m/m^2 \quad (2.3)$$

де

$\sigma_{сж}$  - межа міцності порід цілика на основне стиснення;

$K = \sqrt{\frac{b-1}{h}}$  - коефіцієнт Церна, який враховує зміну несучої здатності

ціликів в залежності від їх форми.

Тоді запас міцності міжкамерних ціликів ( $n'$ ) визначається за формулою

$$n' = \frac{R}{\sigma_g} = \frac{\sigma_{сж} \cdot \sqrt{\frac{b-1}{h}}}{\frac{\gamma_1 \cdot H \cdot (a+b) + \gamma_2 \cdot h \cdot b}{b-1}} \quad (2.4)$$

Для розрахунку запасу міцності міжкамерних ціликів використано фондові та звітні матеріали ДП «Калійний завод». Фактичні параметри відпрацьованих камер рудника «Калуш». Північно каїнітове поле наведені в таблиці 2.12.

До основних параметрів відносяться: довжина, ширина та висота камери, ширина міжкамерного цілика, загальний об'єм камери, межа міцності порід цілика на основне стиснення, глибина розробки (відстань від поверхні до стелини камери), кут падіння пласта та об'ємна вага покриваючих та соляних порід.

Розрахункові значення запасу міцності міжкамерних ціликів наведено в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Фактичні параметри відпрацьованих камер та запас міцності міжкамерних ціликів для рудника «Калуш». Північно каїнітове поле

№ з/п	№ камери	Глибина (відстань від поверхні до покрівлі камери), м	Кут падіння, градуси	Розмір блока, м				Об'ємна вага руди, т/м <sup>3</sup>	Об'єм камери, м <sup>3</sup>			Роки відпрацювання гірничих виробок				σ <sub>ст.</sub>	Запас міцності
				ширина камери, м	ширина цілика, м	висота камери, м	Довжина камери, м		Загальний об'єм камери	Заложений об'єм камери	Незакладений об'єм камери	Початок відпрацювання	Закінчення відпрацювання	Початок закладки	Кінець закладки		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Штрек VI горизонт відмітка +65 м</b>																	
1	<b>1</b>	118/208	30	12	14	12	290,3	2,1	41800	0	41800	1962	1964	-	-	320±30	4,68
2	<b>1а</b>	118/213	25	12	10	12	297,9	2,1	42900	0	42900	1964	1966	-	-	320±30	3,15
3	<b>2</b>	108/188	25	11	10	15	205	2,1	33800	0	33800	1961	1963	-	-	320±30	2,96
4	<b>3</b>	108/168	20	10	10	15	115	2,1	17300	0	17300	1960	1962	-	-	320±30	3,65
5	<b>4</b>	103/163	20	10	9	15	160	2,1	24000	0	24000	1961	1961	-	-	320±30	3,23
6	<b>5</b>	98/203	25-30	10	5	15	225	2,1	33800	<b>0</b>	33800	1956	1961	-	-	320±30	<b>1,04</b>
7	<b>6</b>	103/168	30	12	6,5	12,5	<b>155</b>	2,1	21300	0	21300	1958	1959	-	-	320±30	<b>2,03</b>
8	<b>7</b>	103/148	25	11	4,8	12,5	<b>134</b>	2,1	18500	<b>1400</b>	17100	1958	1959	1965	1965	320±30	<b>1,28</b>
9	<b>8</b>	98/203	30	11	5	10	150	2,1	16500	1400	16100	1957	1959	1965	1965	320±30	<b>1,21</b>
10	<b>9</b>	103/208	30	11	5	20	140	2,1	30800	<b>1400</b>	29400	1956	1957	1965	1965	320±30	<b>1,00</b>
11	<b>10</b>	108/208	30	11	7,5	15	150	2,1	24800	1400	23400	1957	1958	1965	1965	320±30	<b>1,66</b>
12	<b>11</b>	123/208	30	11	7	15	<b>150</b>	2,1	23100	<b>1500</b>	21600	1956	1960	1965	1965	320±30	<b>1,59</b>
13	<b>12</b>	133/198	30	12	8	17,5	<b>135</b>	2,1	28400	<b>1500</b>	26900	1959	1960	1965	1965	320±30	<b>1,96</b>
14	<b>13</b>	113/213	25	12	14	19	<b>183</b>	2,1	41800	-	41800	1962	1964	-	-	320±30	3,64
15	<b>14</b>	113/213	32	12	12	24	<b>128</b>	2,1	36900	-	36900	1962	1964	-	-	320±30	2,70
16	<b>15</b>	108/203	31	12	14	25	<b>108</b>	2,1	32400	-	32400	1963	1965	-	-	320±30	3,28
17	<b>16</b>	113/208	24	12	14	25	<b>132</b>	2,1	39600	-	39600	1963	1966	-	-	320±30	3,17
18	<b>17</b>	118/208	25	12	14	14	<b>180</b>	2,1	25200	-	25200	1963	1965	-	-	320±30	4,30
19	<b>18</b>	138/213	28	12	14	17	<b>170</b>	2,1	34700	-	34700	1963	<b>1965</b>	-	-	320±30	3,62
20	<b>19</b>	128/213	25	12	14	14	<b>193</b>	2,1	32400	-	32400	1965	1965	-	-	320±30	4,13
21	<b>20</b>	108/213	28	12	10	12	<b>220</b>	2,1	31700	-	31700	1965	<b>1967</b>	-	-	320±30	3,26
22	<b>21</b>	103/203	30	11	8	15	240	2,1	39600	-	39600	1967	1968	-	-	320±30	2,41

23	<b>21а</b>	103/208	20-35	11	11	13	240	2,1	34300	-	34300	1965	1967	-	-	320±30	3,75
24	<b>22</b>	103/203	34	11	10	8	315	2,1	27700	-	27700	1964	1967	-	-	320±30	4,41
25	<b>23</b>	108/208	30	11	11	10	207	2,1	22800	-	22800	1965	1967	-	-	320±30	4,24
26	<b>24</b>	108/213	34	11	9	12	208	2,1	27400	-	27400	1965	1966	-	-	320±30	3,01
27	<b>25</b>	103/208	30	11	10	15	207	2,1	34200	-	34200	1965	1966	-	-	320±30	3,12
28	<b>26</b>	118/205	30	12	8	11	185	2,1	24400	-	24400	1967	1967	-	-	320±30	2,57
29	<b>27</b>	118/203	22-30	12	8	15	180	2,1	32400	-	32400	1966	1967	-	-	320±30	2,28
30	<b>28</b>	133/198	19-30	12	8	14	135	2,1	22700	-	22700	1967	1968	-	-	320±30	2,21
31	<b>29</b>	128/203	29	12	8	15	150	2,1	27000	-	27000	1968	1969	-	-	320±30	2,19
32	<b>30</b>	128/203	24	12	8	8	125	2,1	12000	-	12000	1967	1968	-	-	320±30	2,96
33	<b>31</b>	128/203	29	12	8	8	187	2,1	18000	-	18000	1974	1974	-	-	320±30	3,26
34	<b>32</b>	108/203	24	12	12	7	179	2,1	15100	-	15100	1971	1972	-	-	320±30	5,52
35	<b>33</b>	98/213	20	12	10	17	160	2,1	32600	-	32600	1967	1971	-	-	320±30	2,79
36	<b>33а</b>	103/128	20	10	10	10	172	2,1	17200	-	17200	1968	1973	-	-	320±30	5,42
37	<b>33б</b>	103/128	16	11	10	9	180	2,1	17000	-	17000	1968	1972	-	-	320±30	4,89
38	<b>33в</b>	83/108	19	12	11	8	172	2,1	15700	-	15700	1972	1972	-	-	320±30	6,40
39	<b>33г</b>	100/103	14	12	10	8	62	2,1	6000	-	6000	1971	1971	-	-	320±30	6,32
40	<b>33д</b>	88/108	14	12	10	5	60	2,1	3600	-	3600	1971	1971	-	-	320±30	8,34
41	<b>33е</b>	106/110	14	12	10	7	84	2,1	7100	-	7100	1973	1973	-	-	320±30	6,35
42	<b>33ж</b>	104/111	10	12	11	3	36	2,1	1300	-	1300	1973	1973	-	-	320±30	11,15
43	<b>34</b>	103/203	21	12	11	17	149	2,1	30400	-	30400	1967	1971	-	-	320±30	3,15
44	<b>35</b>	103/183	29	12	11	17	141	2,1	28800	-	28800	1968	1971	-	-	320±30	3,36
45	<b>36</b>	113/198	26	12	12	12	262	2,1	37600	-	37600	1968	1970	-	-	320±30	4,15
46	<b>37</b>	118/193	25	12	10	10	220	2,1	26400	-	26400	1971	1971	-	-	320±30	3,71
47	<b>38</b>	128/188	20	12	11	8	170	2,1	16300	-	16300	1972	1973	-	-	320±30	4,72
48	<b>39</b>	126/158	15	12	12	9	120	2,1	13000	-	13000	1974	1974	-	-	320±30	5,27
49	<b>41</b>	98/128	15	12	8	4	156	2,1	7500	-	7500	1973	1974	-	-	320±30	6,15
<b>Горизонт VII відмітка +26 м</b>																	
50	<b>5</b>	218/253	10-30	11	7	7	80	2,1	6200	-	6200	1975	1975	-	-	320±30	1,98
51	<b>6</b>	213/253	10-20	12	13	8,5	98	2,1	10000	-	10000	1975	1975	-	-	320±30	3,66
52	<b>7</b>	213/258	15-30	12	14	10	97	2,1	11700	-	11700	1975	1975	-	-	320±30	3,60
53	<b>8</b>	213/248	10-30	12	14	11	106	2,1	14300	-	14300	1974	1975	-	-	320±30	3,51
54	<b>9</b>	213/243	30	12	11	13	42	2,1	6600	-	6600	1973	1973	-	-	320±30	2,43
55	<b>10</b>	213/243	25	12	11	12,5	84	2,1	12600	-	12600	1972	1972	-	-	320±30	2,53
56	<b>11</b>	213/253	20	12	цілик	14	83	2,1	14000	-	14000	1972	1973	-	-	320±30	3,65

## 2.6 Висновки до розділу 2

За результатами геодезичних спостережень у серії VII.2022, виконаних по профільних лініях у межах шахтного поля «Ново-Голинь» та по лінії реперів вздовж вул. Європейська (м. Калуш) слід відмітити, що, як і за результатами спостережень у VIII.2021 р., продовжується процес інтенсивного осідання частини реперів на території с. Кропивник. Частина реперів профільних ліній опинилися на дні новоутвореного озера. Зафіксована швидкість осідання реперів на березі новоутвореного озера становить близько -500 мм/рік. Наявність житлових будинків поблизу обумовлює необхідність постійного геодезичного моніторингу (мінімум 4 серії на рік) реперів профільних ліній Рп 141 – Рп 4, Рп 141 – Рп 191, Рп XV – Рп XVI, Рп 122 – Рп 237 Рп 63 – Рп 224 та Рп 63 – Рп 206.

За результатами геофізичних спостережень на різних частотних діапазонах по вул. Європейська виявлено аномалію, яка має глибинне походження і розвивається від стелин камер до поверхні землі, тому слід очікувати в майбутньому осідання земної поверхні в межах Рп 8 – Рп 19.

Виконано оцінку динаміки деформацій житлових будинків в с. Кропивник вул. І Франка, 144, 202 та оброблено результати спостережень по вул. І. Франка 84, 117, 196.

Виконано лабораторне гідрогеохімічне опрацювання проб води із спостережних гідрологічних свердловин. Отримано вихідні дані для моделювання ореолу засолення підземних вод у межах Калуського гірничопромислового району.

Виконано аналіз розрахункових коефіцієнтів запасу міцності міжкамерних ціликів відпрацьованого гірничого масиву на Північному каїнітовому полі рудника «Калуш». Отримано вихідні дані для побудови моделі запасу міцності міжкамерних ціликів

### 3. ПІДГОТОВКА ЗАКЛЮЧНОГО ЗВІТУ

#### 3.1 Побудова карт просідань земної поверхні та оцінка динаміки за останні роки в межах рудників «Голинь», «Ново-Голинь» та «Калуш» (с. Кропивник, с. Сівка-Калуська, м. Калуш, вул. Європейська).

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 мульт 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.

- у 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.

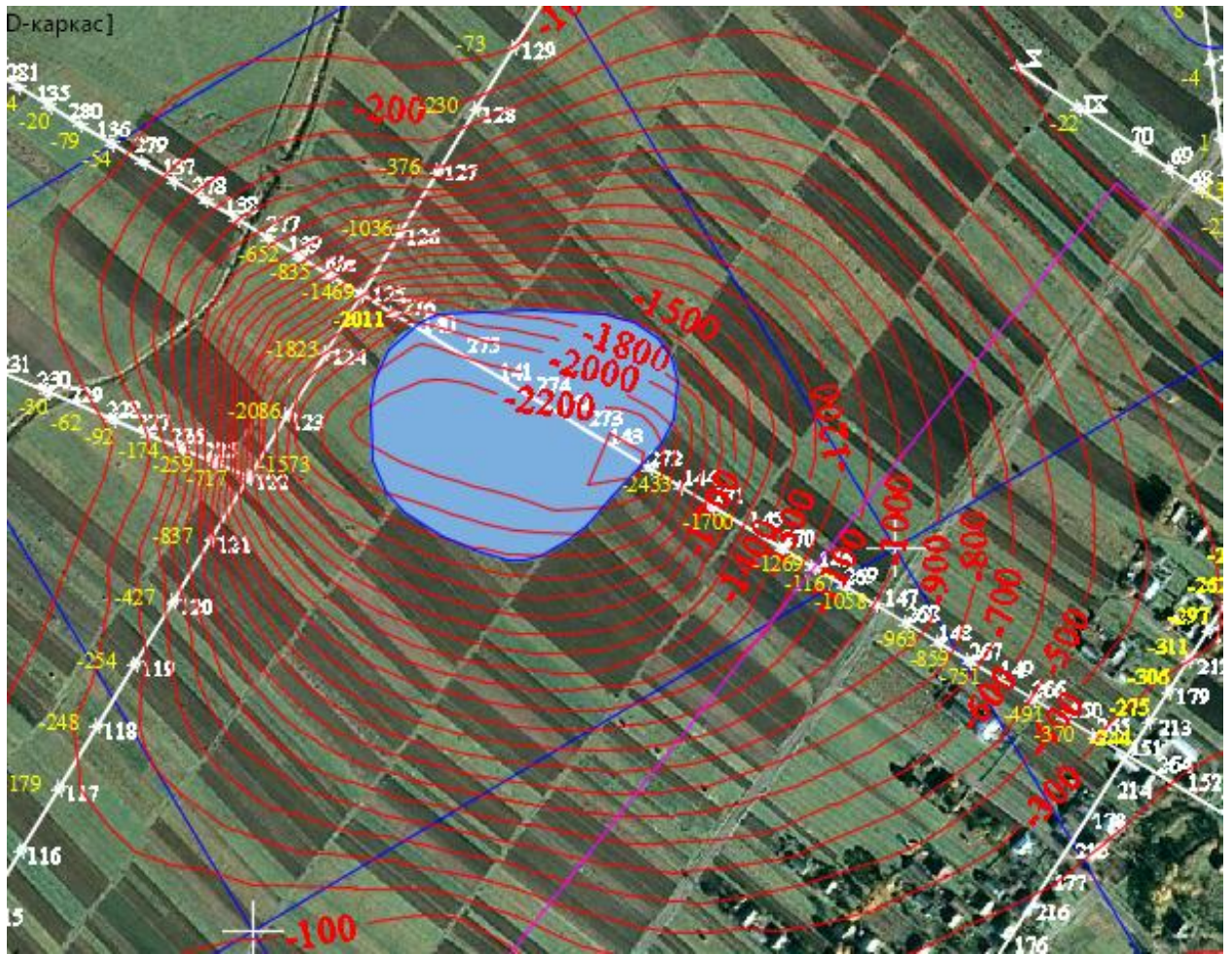
(Ск63) ( точність нанесення координатної сітки відповідає масштабу 1:10 000).

На поверхні рудника «Ново - Голинь» згідно побудованих мульд (див. **додаток 3.1.А та додаток 3.1.Б**) можна побачити чотири зони просідання. Розглянемо першу із них (рис. 3.1).

Найбільше просідання знаходиться на репері №144 і становить 2,43 м. Там де знаходяться репери №272, №143, №271, №275, №140 на даний час знаходиться озеро. Тому можна припустити, що просідання там значно більші.

Порівнюючи отримані результати з даними 2021 р., можна зробити висновок, що осідання земної поверхні на берегах новоутвореного озера становлять близько 0,5 м (це підтверджують результати, отримані на Рп 272 та Рп 276). Зазначимо, що з наближенням до господарських дворів величини осідань зменшуються і в районі розташування крайніх хатів зафіксована величина осідання за останній рік знаходиться в межах від 30 мм до 65 мм. Дана інформація, яка характеризує осідання на побудованих мульдах, не є достовірною тому, що істинні осідання визначені на реперах профільних ліній, а інші змодельовані програмно. Наприклад, на рисунку 3.2 деякі житлові будівлі просіли на 91 мм на репері №219, на 106 мм на репері №218, на 108 мм на репері №175, на 131 мм на репері №217. Це істинні значення, які були встановлені згідно топографогеодезичних робіт. Згідно побудованих мульд, деякі житлові будівлі просідають на 200 – 700 мм. Але ця інформація не є дійсною, а розрахованою програмою.





- - мульди осідань з висотою перерізу 100 мм;
- 800 - - значення осідань в мм.
- 144 - номери реперів профільних ліній;
- 19 - Загальне осідання станом на 2022р.

Рисунок 3.1 – мульди осідання земної поверхні (фрагмент 1)

Якщо під даними будівлями немає шахт, то і осідань там також немає. Для більш точної побудови мульд слід закладати поперечні профільні лінії.

Найбільше просідання знаходиться на репері №16 і становить 0,61 м. Порівнюючи отримані результати з даними 2021 року можна зробити висновок, що річні величини осідань в центрі мульди (Рп 16) складають 30-35 мм. Друга зона осідання зображена на рисунку 3.3.

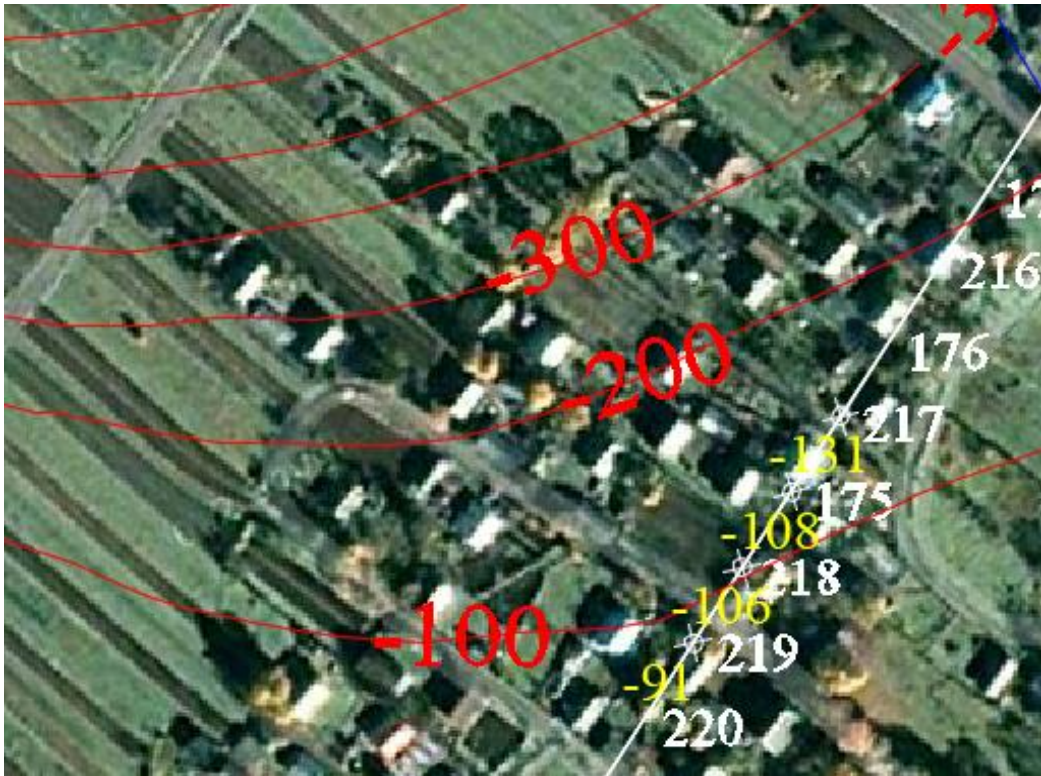


Рисунок 3.2 – Неточність побудови мульд осідання земної поверхні



Рисунок 3.3 – мульд осідання земної поверхні (фрагмент 2)

Третя зона осідання зображена на рисунку 3.4.

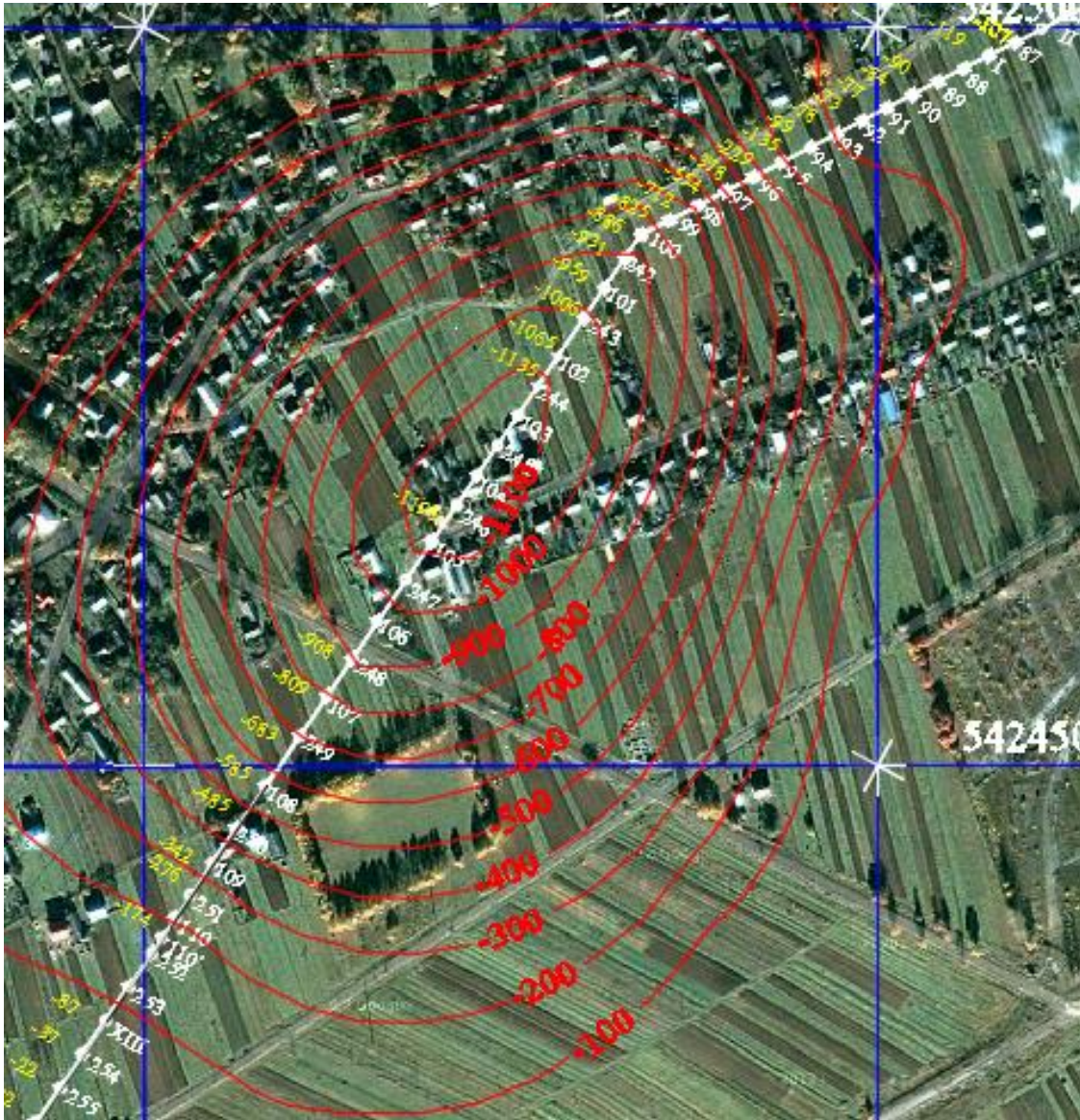


Рисунок 3.4 – Мульди осідання земної поверхні (фрагмент 3)

Найбільше просідання знаходиться на репері №105 і становить -1,198 м. За останній рік відносно попередньої серії спостережень в центрі мульди спостерігається осідання земної поверхні на величину порядку 1 см.

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 матеріалом. При неглибокому заляганні рівня ґрунтових вод у мульдї зрушення утворилося озеро (репери №272, №143, №271, №275, №140) .

Для відслідковування фактичної динаміки утворення мульд осідання над шахтними полями найдієвішими є методи геодезичних спостережень, зокрема періодичне (з частотою хоча б 1 серія/рік) виконання геометричного нівелювання існуючих реперних ліній. У результаті такого моніторингу можна зафіксувати зміни швидкості осідань точок земної поверхні та встановити місця можливого утворення провалів.

Результатом виконаних у 2022 р. геодезичних робіт є побудована мульда шахтного поля «Ново-Голинь», що є графічною інтерпретацією процесів осідань земної поверхні на території с. Кропивник та с. Сівка-Калуська.

У межах рудника «Калуш» динаміку осідання земної поверхні наведено у вигляді графіка (рис. 3.5), який відображає ситуацію вздовж вул. Європейська.

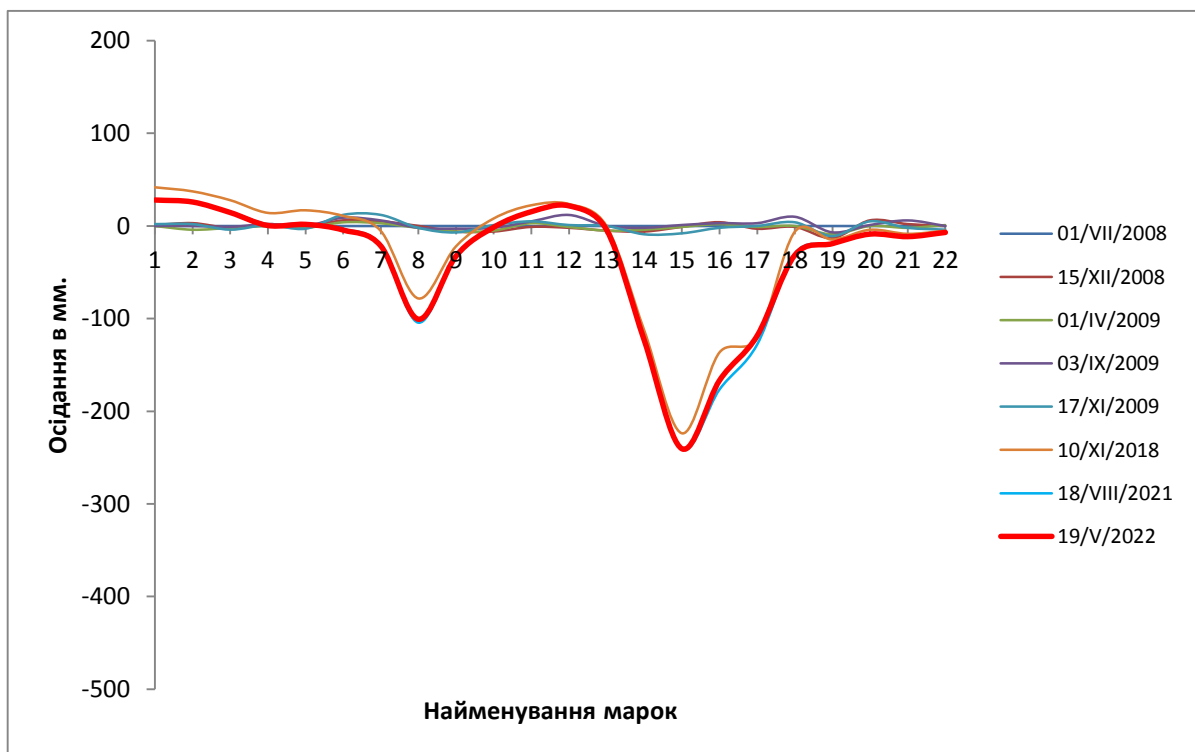


Рисунок 3.5 – Графік осідання земної поверхні по вул. Європейська в м. Калуш

Порівнюючи результати серії спостережень V.2022 р. з результатами станом на VIII.2021 р. можна зробити висновок, що ніяких аномальних осідань на вказаній ділянці за цей період не відбулося. Зафіксоване підняття на 10 мм Рп 16 та Рп 17 може пояснюватися нахилом відповідних опор і потребує додаткового підтвердження в наступних серіях спостережень.

### **3.2 Оцінка динаміки активності деформаційних процесів за комплексом робіт по вул. Європейська м. Калуш**

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

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

де:

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

Графік повного вектора напруження представлений на рис. 3.6 а. На графіку спостерігається зона підвищених значень Рп 9 – Рп 18, що зв'язана із напружено-деформованим станом гірських порід.

Для геодезичних досліджень це фактичне осідання реперів на профільній лінії VI, які встановлені на обочині вул. Європейська (болти кріплення опор ліхтарів освітлення на вулиці). На рис. 3.6 б представлено мульту осідання, яка склала в межах пікетів Рп14-Рп17 -240,6 мм та Рп8 до – 100 мм за увесь період спостережень.

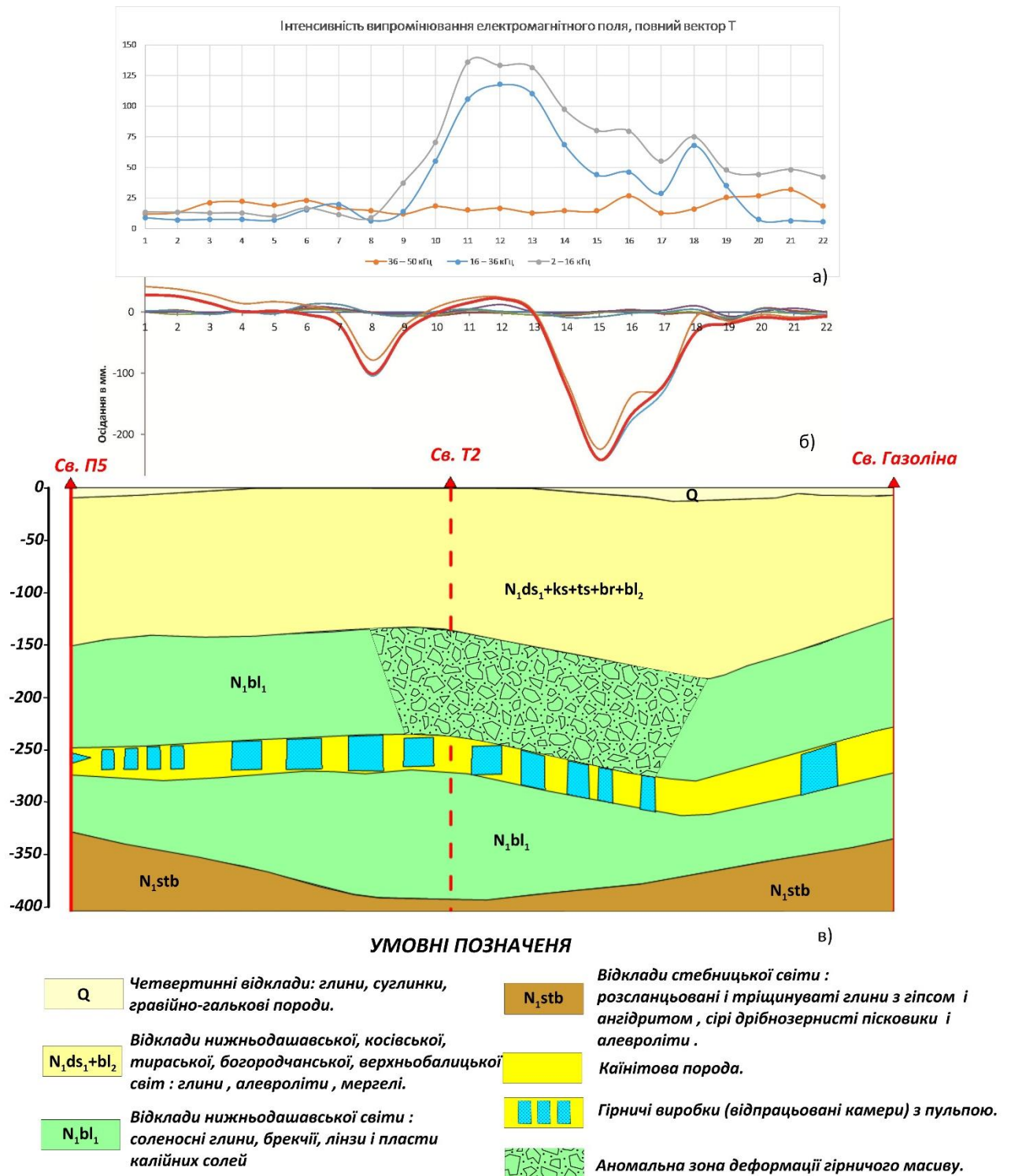


Рисунок 3.6 – Оцінка динаміки осідання земної поверхні за комплексом геодезичних та геофізичних досліджень, вул. Європейська м. Калуш

Проведемо співставлення цих матеріалів та накладемо їх на геологічний розріз, який проходить від св. Газоліна неподалік св. T2 до св. П5. Виконані

геофізичні спостереження на низьких частотах дають аномальний ефект, що відповідає стелинам камер, які знаходяться в межах реперів Рп 9 – Рп17. На високих частотах аномалій не виявлено.

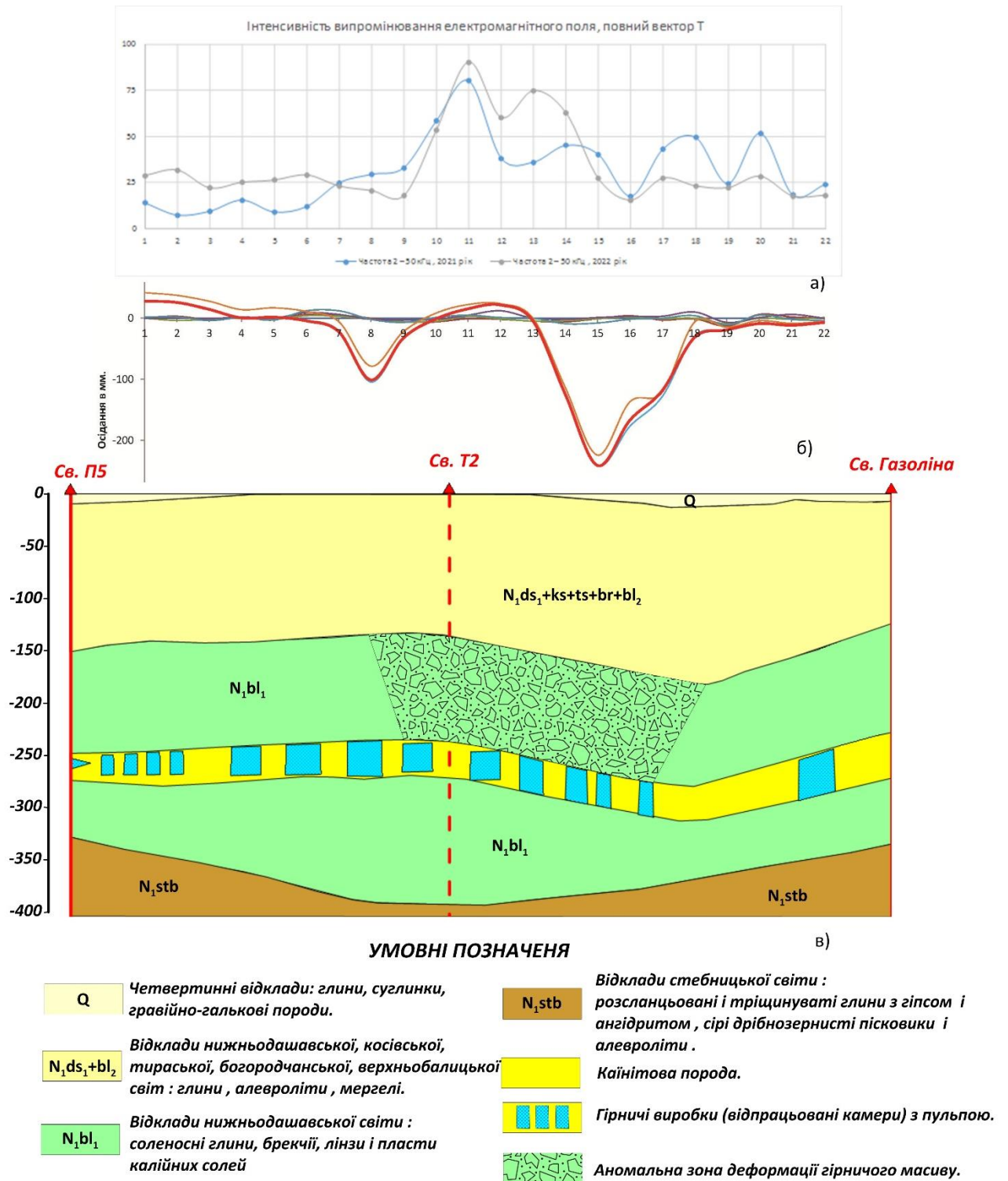


Рисунок 3.7 – Оцінка динаміки осідання земної поверхні за комплексом геодезичних та геофізичних досліджень, вул. Європейська м. Калуш

На рис. 3.7 наведено комплекс геофізичних та геодезичних досліджень в режимі моніторингу. Наведені графіки по роках підтверджують виявлені раніше аномальні зони та зони осідання та збільшення інтенсивності та відповідно осідання в часі. Аналізуючи вище наведене, приходимо до висновку що в районі вул. Європейська відбувається активна стадія осідання земної поверхні.

### **3.3 Надання висновку щодо ступеня деформації житлових будинків за даними наявних реперів в с. Кропивник вул. І.Франка, 144, 202 та результати замірів щодо ново закладених реперів по вул. І.Франка, 84, 117, 196**

Для оцінки динаміки деформацій житлових будинків в с. Кропивник вул. І Франка, 144, 202 та в результаті спостережень по вул. І. Франка 84, 117, 196 було виконано наступні геодезичні роботи:

- рекогностування об'єкту досліджень;
- закладання стінних реперів;
- виконання першого циклу нівелювання для будівель №117, №196 та №84;
- виконання другого циклу нівелювання для будівель №202 та №144;
- дослідження гіпсових маяків на розкриття на будівлях №202, №117 та №144;

**Будинок №144.** Під час рекогностування будівлі у 2021 році було встановлено, що фундамент, як і сам будинок №144 має тріщини. У 2022 році, через рік після встановлення гіпсових маяків, з'явилися мікро тріщини (до 1 мм), як зображена на рисунку 3.8 у місцях 6 та 7. За даними нівелювання можна встановити, що стінні репери змістилися один відносно іншого не більше ніж на **0,3** мм.



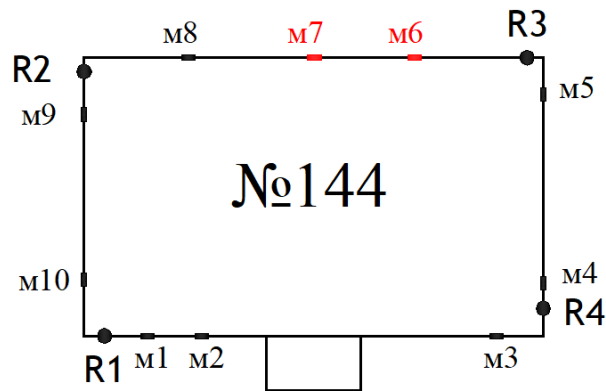


Рисунок 3.8 – Схема розміщення гіпсових маяків які мають розкриття на будівлі №144

Отже, за допомогою комбінованого способу спостережень можна встановити, що рух будівлі є незначний у просторовому положенні за один рік, але для детальнішої характеристики деформаційних процесів, слід продовжити спостереження.

**Будинок №202.** Під час рекогностування 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. У 2022 році, через рік після встановлення гіпсових маяків, з'явилися мікро тріщини ( до 1 мм), як зображена на рисунку 3.9 у місцях 3, 4, 11 та 12. За даними нівелювання можна встановити, що стінні реperi змістилися один відносно іншого не більше ніж на 1,3 мм .

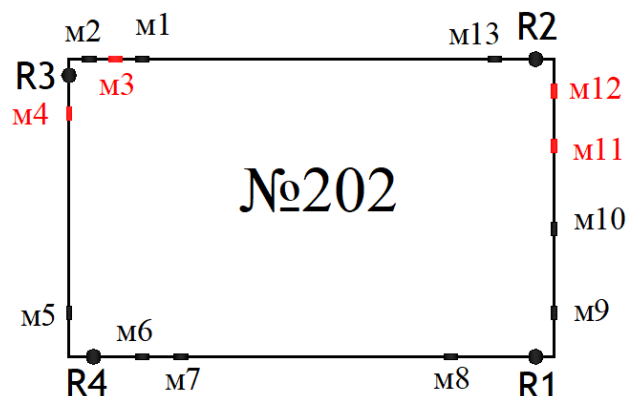


Рисунок 3.9 – Схема розміщення гіпсових маяків які мають розкриття на будівлі №202

Отже, за допомогою комбінованого способу спостережень можна встановити, що рух будівлі є незначний у просторовому положенні за один рік, але для детальнішої характеристики деформаційних процесів, слід продовжити спостереження.

**Будинок №117.** Під час рекогностування будівлі у 2022 році було встановлено, що фундамент має деякі тріщини та знаходиться досить високо над рівнем землі, 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), як зображена на рисунку 10 практично у всіх місцях.

Було проведено першу серію спостережень.

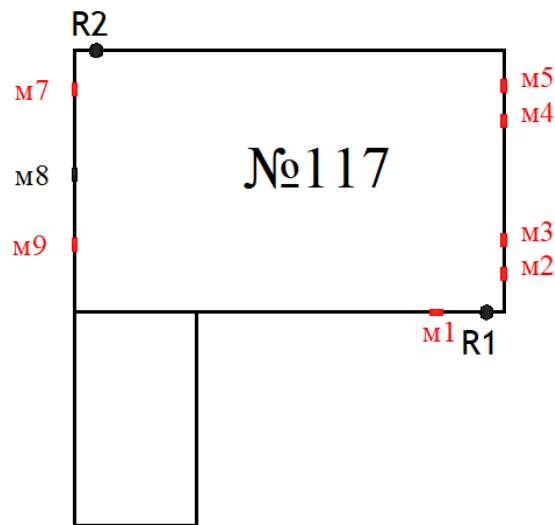


Рисунок 3.10 – Схема розміщення гіпсових маяків які мають розкриття на будівлі №117

Отже, по розкриттю гіпсових маяків можна встановити, що рух будівлі відбувається у різних напрямках просторового положення за один рік, але для детальнішої характеристики деформаційних процесів, слід продовжити спостереження.

**Будинки №196 та №84.** Під час рекогносрування будівель у 2022 році було встановлено:

- у будівлі №196 значна частина фундаменту знаходиться нижче рівня земної поверхні, тому репери 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 репери закладалися діаметрально протилежно у дерев'яну балку.

Виконане нівелювання стінних реперів за методикою спостережень, яка забезпечує середньоквадратичну похибку визначення висоти найбільш слабкої марки мережі рівну 2 мм.

### **3.4 Побудова карт засолення на території Калуського гірничопромислового району та оцінка динаміки засолення водоносного горизонту**

Для візуалізації результатів аналізу за мережею свердловин по території Калуського гірничопромислового району побудовані карти зміни мінералізації, концентрації окремих речовин та індексу забруднення (сума часток ГДК) за металами 1 та 2 класів небезпеки (рис. 3.11 - 3.18). Зазначені карти побудовано за результатами досліджень 2021 року (на рисунках позначені пунктом *а*) та 2022 року (на рисунках позначені пунктом *б*). Проаналізуємо ситуацію із забрудненням за окремими показниками на основі їх візуального просторового розподілу на території досліджень. Усі картосхеми об'єднує той факт, що основними джерелами підвищених значень показників забруднення є хвостосховища, відвали кар'єру №1 та 4 а також зони мульд просідання. Варто відмітити той факт, що для одержання більш достовірних результатів щодо визначення зон забруднення водоносного горизонту за тим чи іншим показником необхідно мати більшу мережу спостережних свердловин та більш рівномірний її розподіл у

просторі. Також варто проводити відбір проб та хімічний аналіз з меншою періодичністю, наприклад раз у квартал.

На рисунку 3.11 наведено результати аналізів на загальну мінералізацію (г/дм<sup>3</sup>). Як виливає із рисунка як у 2021 так і у 2022 р. підвищена мінералізація (більша 1 г/дм<sup>3</sup>) спостерігається у центральній та західній частині території досліджень. У 2021 році найбільші значення мінералізації (понад 20 г/дм<sup>3</sup>) спостерігались у свердловині №9, що розташована на південний-схід від хвостосховища. У 2022 році тут мінералізація дещо зменшилась, натомість підвищилась у свердловинах №10, 11, 13 що розташовані на південний схід у напрямку до кар'єру. У самому кар'єрі мінералізація підвищилась на 4.5. Також спостерігається значне підвищення мінералізації (+4.6 г/дм<sup>3</sup>) у свердловині №16, що розташована на південь від кар'єру та свердловині №19 (+1.6 г/дм<sup>3</sup>) що розташована на схід від кар'єру. Підвищення мінералізації у свердловинах №10, 11, 13 слід пов'язувати із впливом хвостосховища унаслідок вилуговування солей під дією атмосферних опадів. Підвищення мінералізації у свердловинах №16, 19 також слід пов'язувати із вилуговуванням солей під дією атмосферних опадів із солевідвалу.

Також досліджено зміну концентрацій за солевим складом проб. На рисунку 3.12 наведено картосхеми зміни концентрації хлоридів по території. Результати є подібними з зміною зальної мінералізації. Значно підвищені значення спостерігаються у свердловинах №9, 10, 11, 16, ,19. 13, 124. Східна, південно-східна та північно-східна частини території досліджень не містять підвищених значень концентрацій за хлоридами - менше 350 мг/дм<sup>3</sup>, за винятком свердловини №5 у 2022 році, підвищений вміст хлоридів у якій можна пов'язати з формуванням мульди осідання.

Зміна масових концентрацій сульфатів наведена на картосхемах рис. 3.13. У 2021 році перевищення граничної концентрації 500 мг/дм<sup>3</sup> спостерігається у свердловинах №9, 11 – зона впливу хвостосховищ, №16, 19 - зона впливу солевідвалів. У 2022 році концентрації підвищились і

перевищили показник  $500 \text{ мг/дм}^3$  для свердловин №8, 11, 10 - зона впливу хвостосховищ, №16, 19 - зона впливу солевідвалів. Варто відмітити значне зниження концентрації у свердловині №9, що можна пояснити метеокліматичним фактором – варіаціями у кількостях випадання опадів та відповідним зміщенням ореолу забруднення підземних вод у напрямку на південний схід.

Динаміка концентрацій кальцію по території досліджень наведена на рисунку 3.14. У 2021 році перевищення концентрації (ГДК у  $200 \text{ мг/дм}^3$ ) спостерігалось у східній частині території досліджень, проте у 2022 році підвищена концентрація поширилась на центральну частину ділянки (свердловини № 19, 16, 13), також підвищення концентрації відбулось у самому Домбровському кар'єрі – збільшення на понад  $1000 \text{ мг/дм}^3$ .

На рисунку 3.15 наведено розподіл концентрацій магнію за результатами аналізів, проведених у 2021 та 2022 роках. У 2021 році перевищення граничного значення у  $50 \text{ мг/дм}^3$  спостерігалось за свердловинами №8, 9, 11 – зона впливу хвостосховища, №13 - зона впливу хвостосховища та акумулюючих ємностей, №16, 19 – зона впливу солевідвалу. У 2022 році спостерігається збільшення концентрацій з перевищенням ГДК у свердловинах № 9, 10, 11 - зона впливу хвостосховища, №13 - зона впливу хвостосховища та акумулюючих ємностей, №16, 19 – зона впливу солевідвалу. Концентрація магнію у пробах кар'єру у 2022 році зменшилась з 1477 до  $379 \text{ мг/дм}^3$ .

Картосхеми зміни концентрацій натрію у водоносному горизонті за 2021 та 2022 роки наведені на рис. 3.16. У 2021 році перевищення граничної концентрації у  $200 \text{ мг/дм}^3$  спостерігалось у свердловині №9. У 2022 році такі перевищення спостережені у свердловинах №9, 11, 10, 13, 124, 16, 19. Значно підвищився уміст натрію у пробі Домбровського кар'єру – з 723 до  $5023 \text{ мг/дм}^3$ . Концентрації калію у пробах можемо відслідкувати на рис. 3.17. У більшості проб, відібраних у 2022 році, спостерігаємо зменшення концентрацій. Хімічний аналіз проб із мережі свердловин містив також

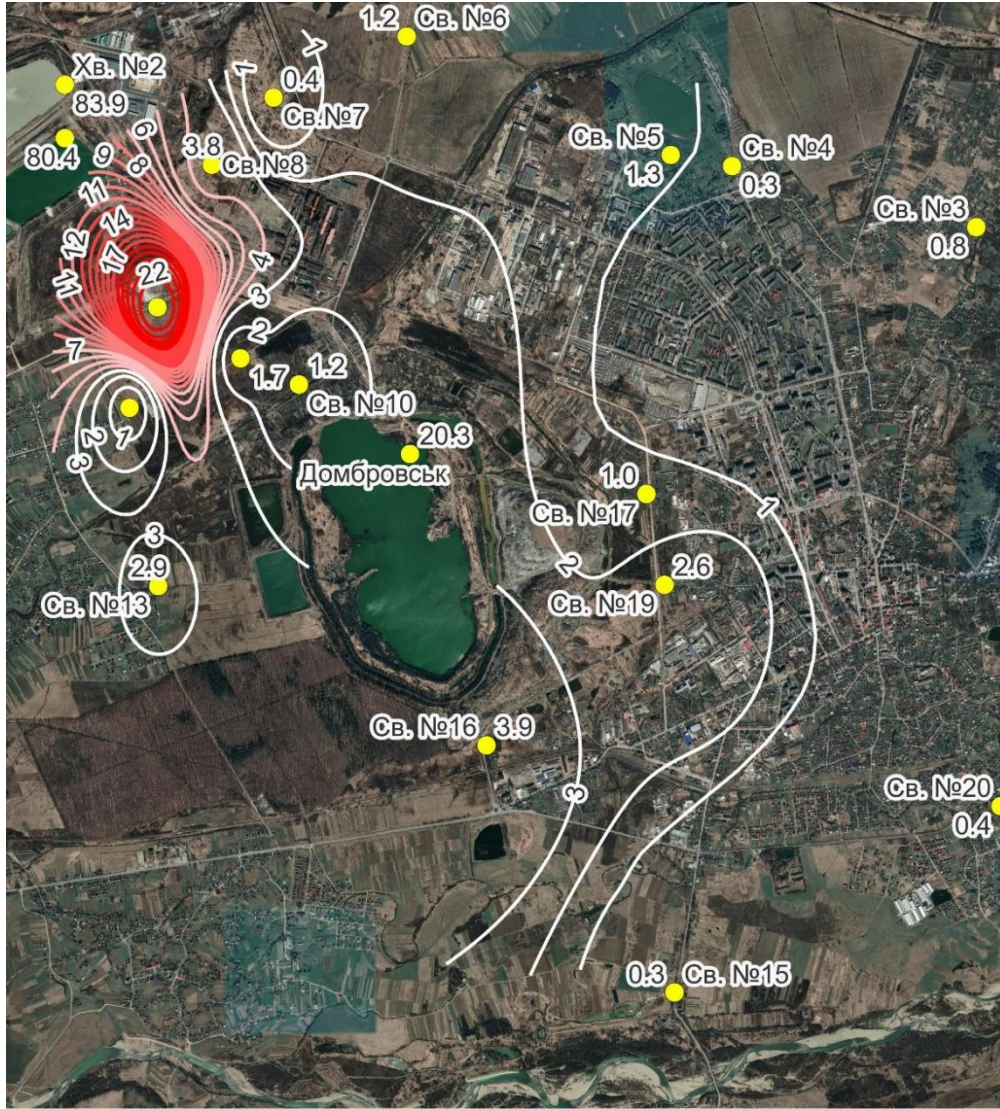
результати щодо виявлення вмісту металів 1, 2, 3 класів небезпеки (таблиці 3.1-3.3). Виконано обрахунок сумарного показника забруднення для речовин 1 та 2 класів небезпеки за методикою, наведено у «Гігієнічних нормативах якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення» (Наказ МОЗ від 02 травня 2022 року № 721), у якому зазначено, що у разі присутності у воді водного об'єкта двох або більше хімічних речовин 1 і 2 класів небезпеки, які визначаються Всесвітньою організацією охорони здоров'я, з однаковою лімітуючою ознакою шкідливості, сума відношень фактичної концентрації кожної з них до відповідного ГДК не повинна перевищувати одиницю:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1, \quad (3.2)$$

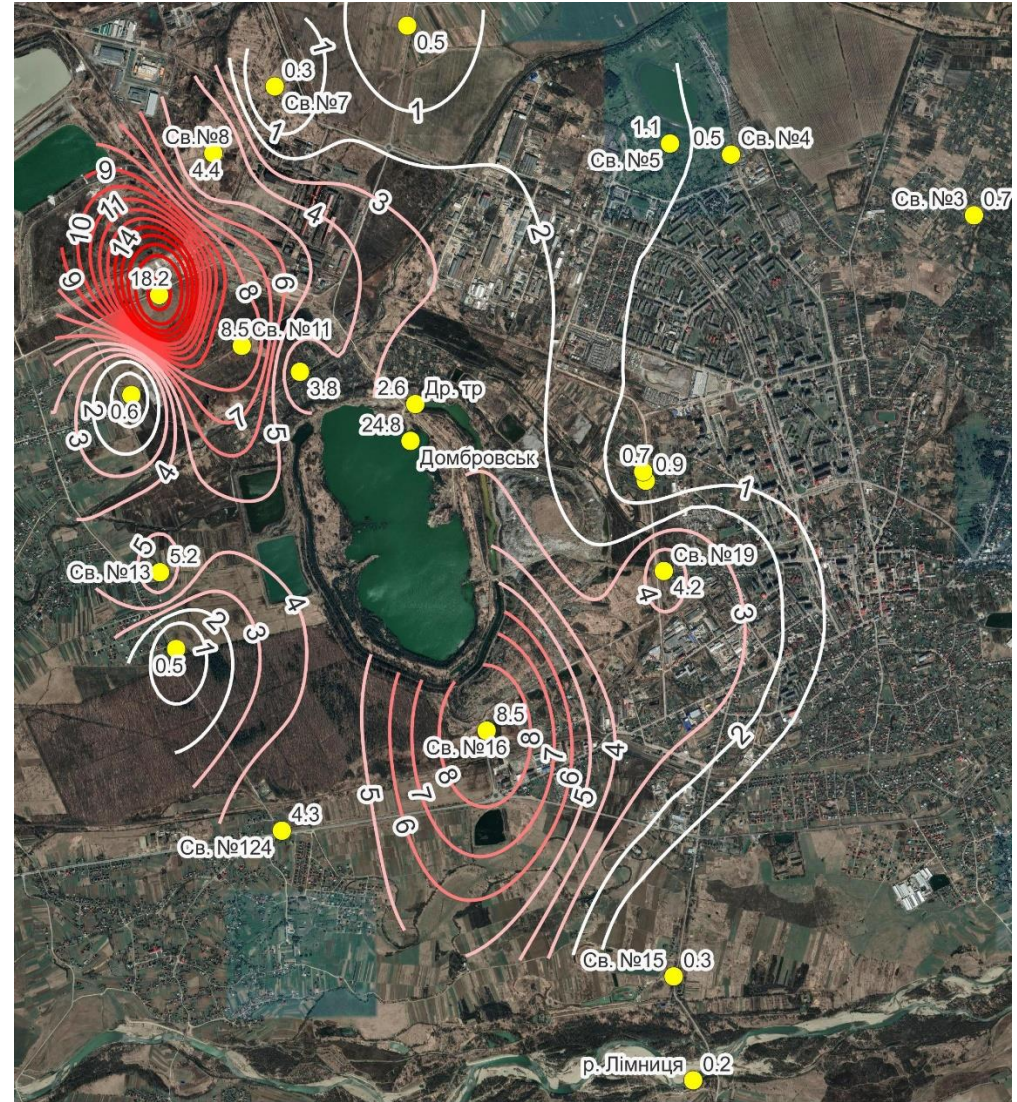
де  $C_1, \dots, C_n$  - концентрації  $n$  речовин, виявлених у воді водного об'єкта;

$ГДК_1, \dots, ГДК_n$  - ГДК тих же речовин.

Нами розраховано індекс забруднення важкими металами 1 та 2 класів небезпеки (кадмій, нікель, свинець, ртуть, миш'як, срібло, алюміній, бор, барій, кобальт, літій, селен, молібден, берилій, натрій) для проб зі свердловин за 2021 та 2022 роки. У свердловинах центральної та східної частини території досліджень спостерігаються підвищені значення цього показника, також він високий у свердловині №3 на північному сході. Варто відмітити аномальне значення індексу для свердловин № 8, 9, 11, 10 – зона впливу хвостосховища, №6 – що визначається наявністю тільки у цій пробі аномального вмісту свинцю  $10 \text{ мкг/дм}^3$ , №3 – яка розташована віддалено в основних джерел забруднення, але тут спостерігається значний вміст кадмію, №16, 17 – зона впливу солевідвалу, №13 – зона впливу акумулюючих ємностей. У 2022 році концентрації за важкими металами відзначаються менші. Індекс сумарного забруднення перевищує одиницю у свердловинах №, 9, 10, 11. Пояснити цей факт можливо міграцією ореолів забруднення за рахунок атмосферних опадів.

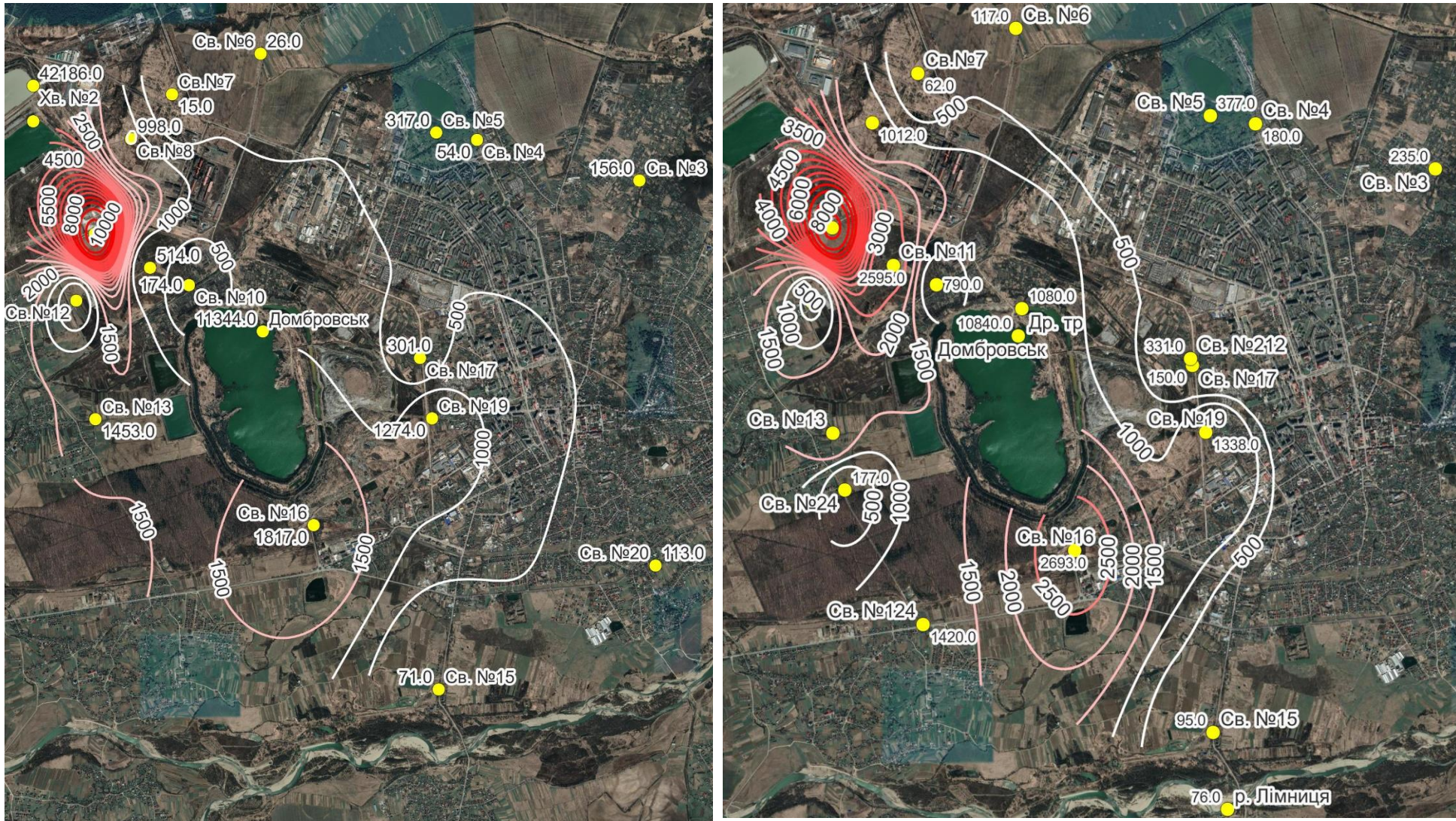


а) 2021 рік



б) 2022 рік

Рисунок 3.11 – Картосхеми мінералізації водоносного горизонту за 2021 та 2022 роки

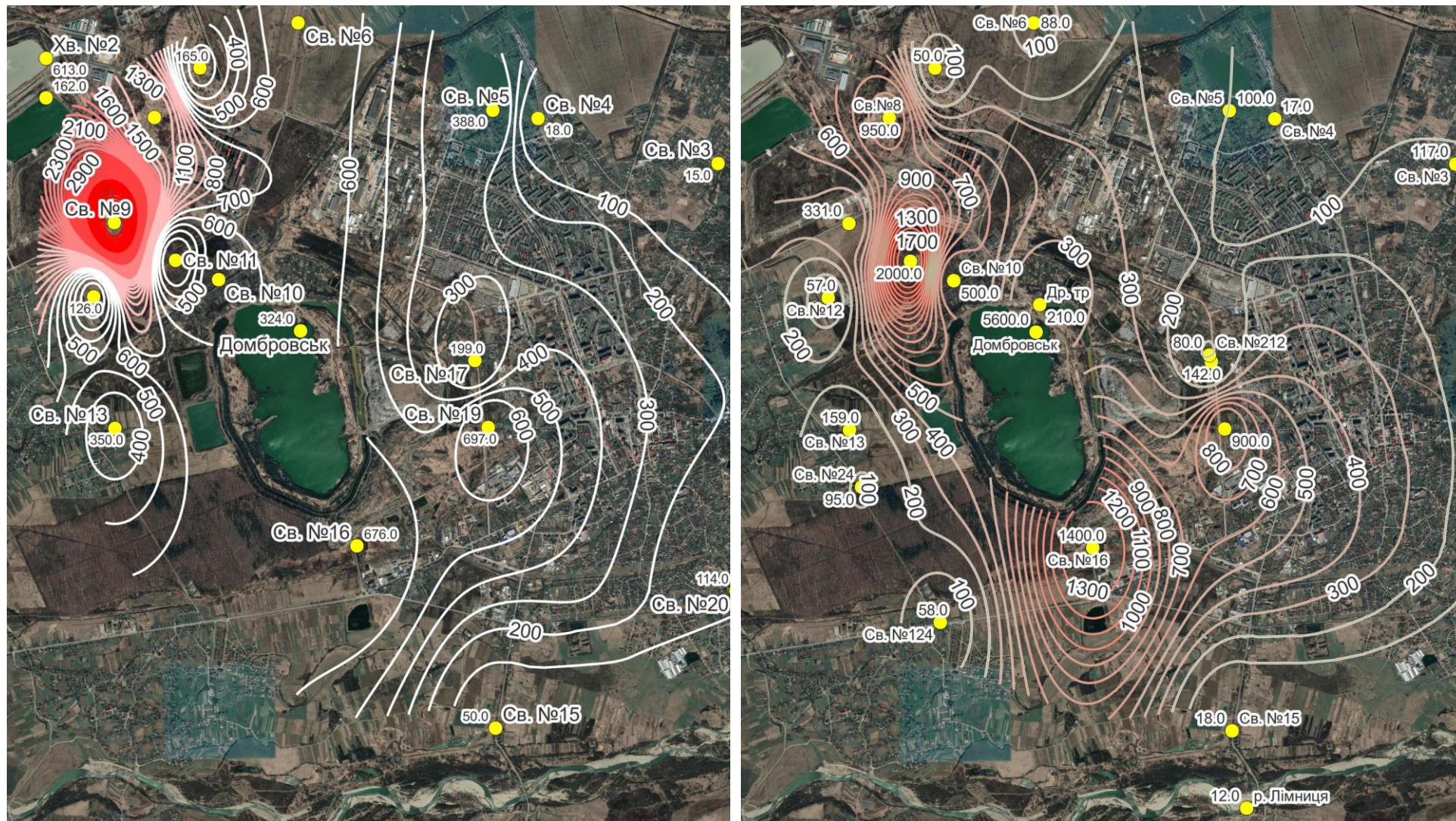


а) 2021 рік

б) 2022 рік

Рисунок 3.12 – Картографи зміни концентрацій хлоридів у водоносному горизонті за 2021 та 2022 роки

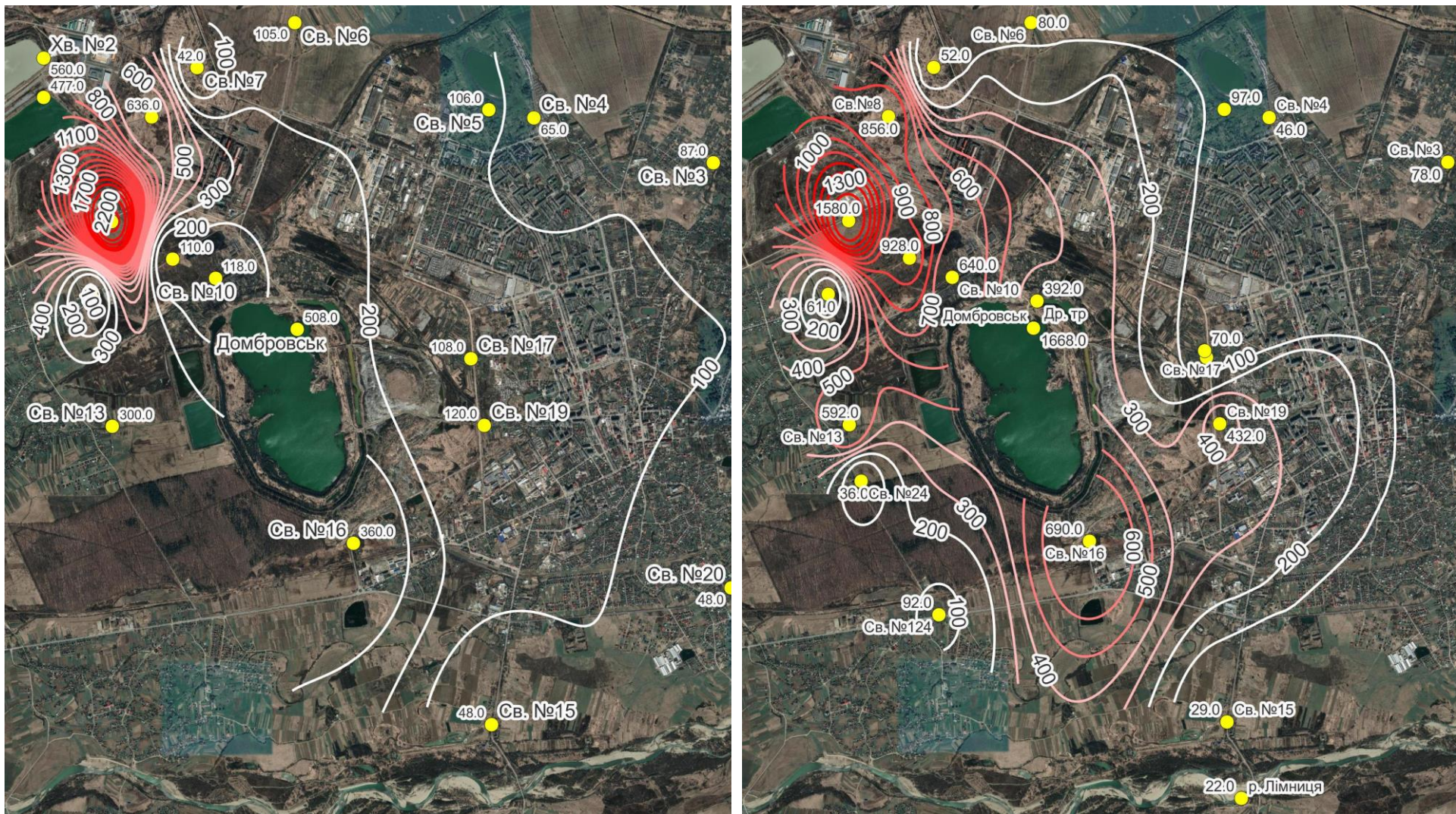




а) 2021 рік

б) 2022 рік

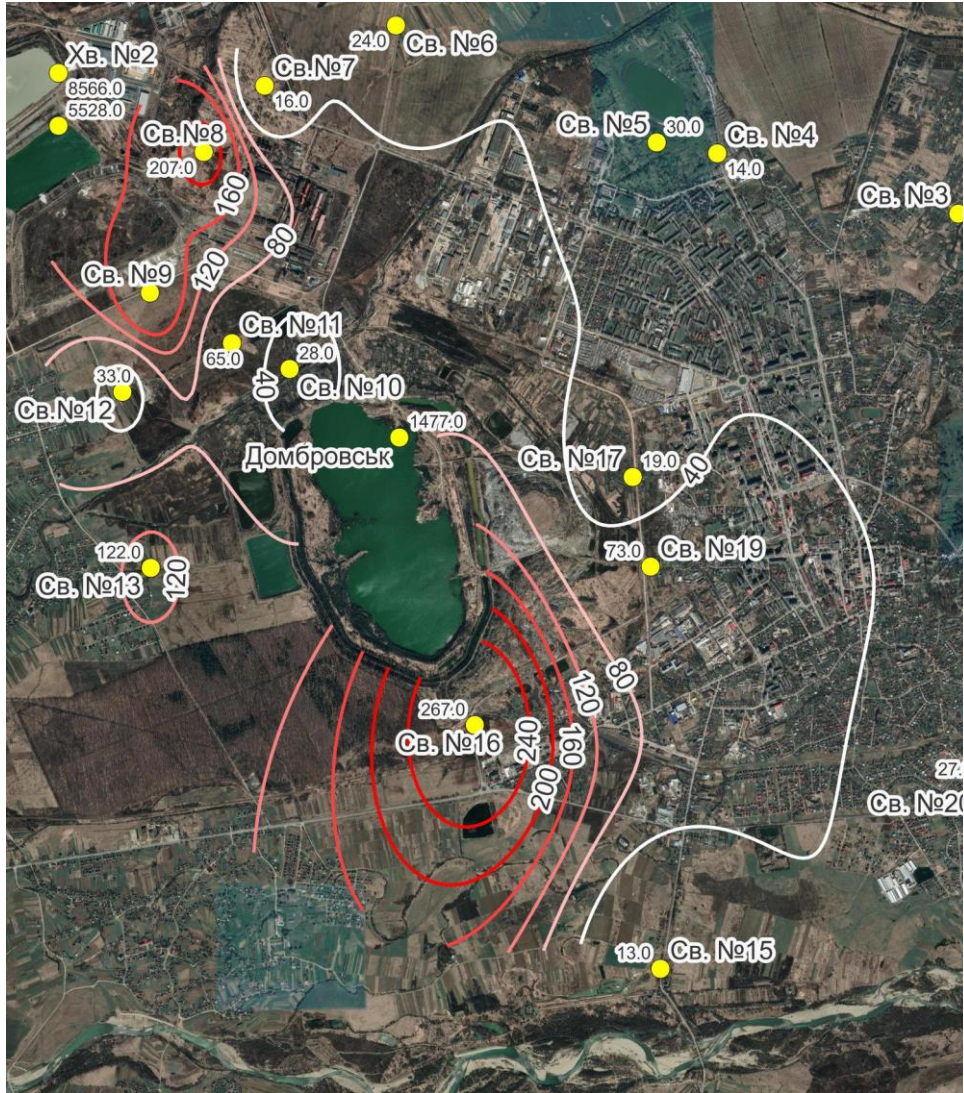
Рисунок 3.13 – Картосхеми зміни концентрацій сульфатів у водоносному горизонті за 2021 та 2022 роки



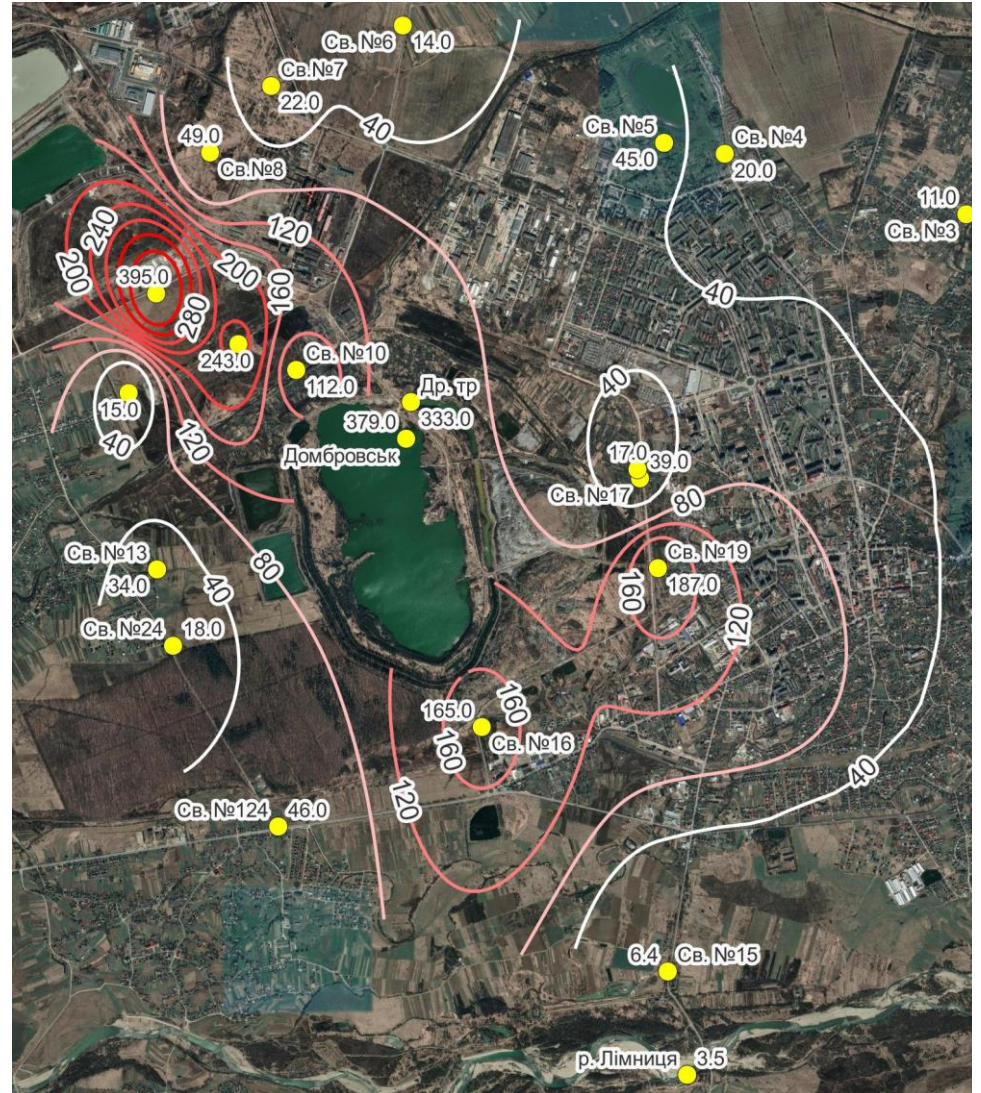
а) 2021 рік

б) 2022 рік

Рисунок 3.14 – Картохеми зміни концентрацій кальцію у водоносному горизонті за 2021 та 2022 роки

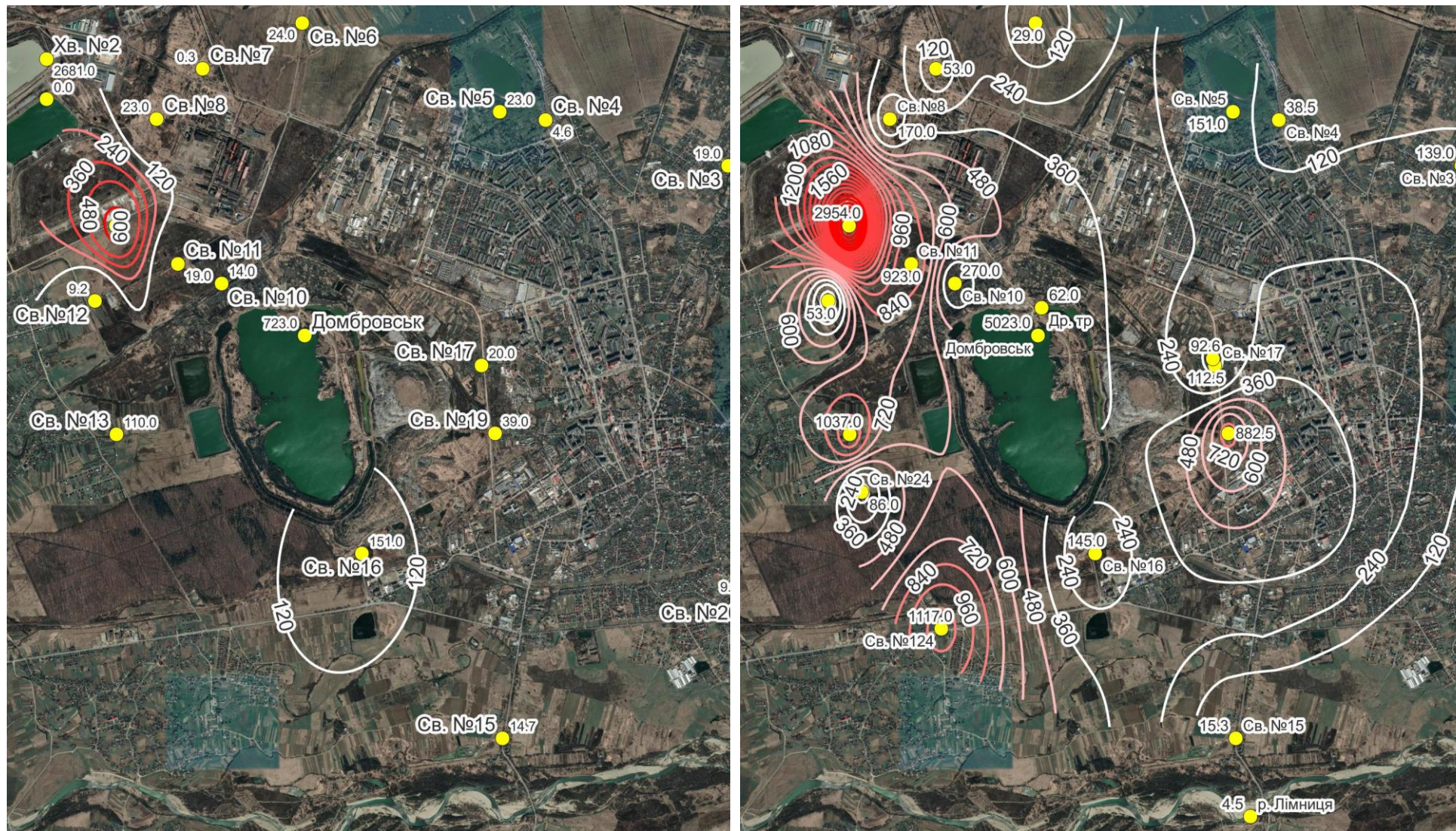


а) 2021 рік



б) 2022 рік

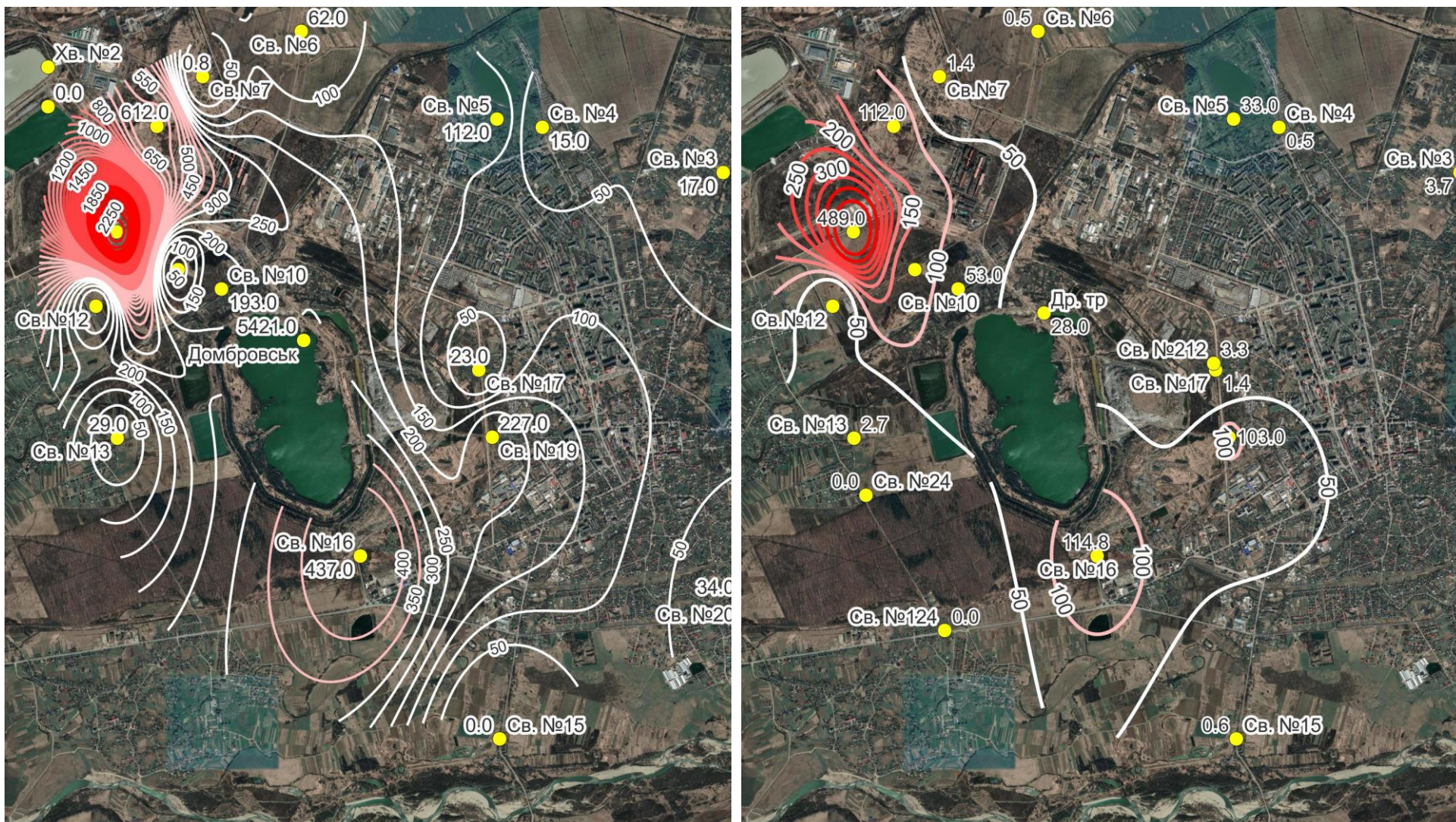
Рисунок 3.15 – Картосхеми зміни концентрацій магнію у водоносному горизонті за 2021 та 2022 роки



а) 2021 рік

б) 2022 рік

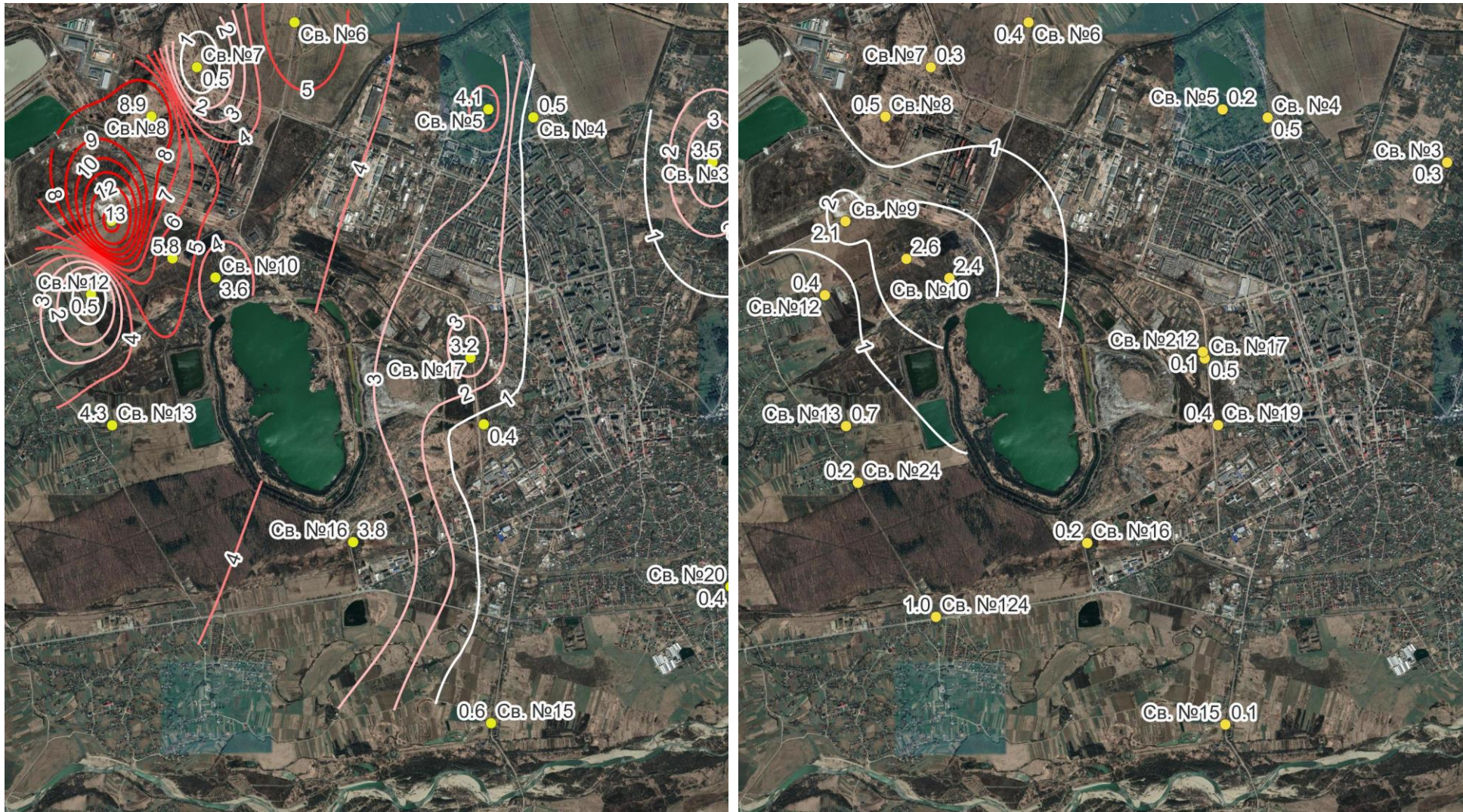
Рисунок 3.16 – Картосхеми зміни концентрацій натрію у водоносному горизонті за 2021 та 2022 роки



а) 2021 рік

б) 2022 рік

Рисунок 3.17 – Картосхеми зміни концентрацій калію у водоносному горизонті за 2021 та 2022 роки



а) 2021 рік

б) 2022 рік

Рисунок 3.18 – Картосхеми зміни індексу забруднення важкими металами водоносного горизонту за 2021 та 2022 роки

Динаміка зміни загального засолення по окремим свердловинам демонструється в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 Межі змін мінералізації по роках.

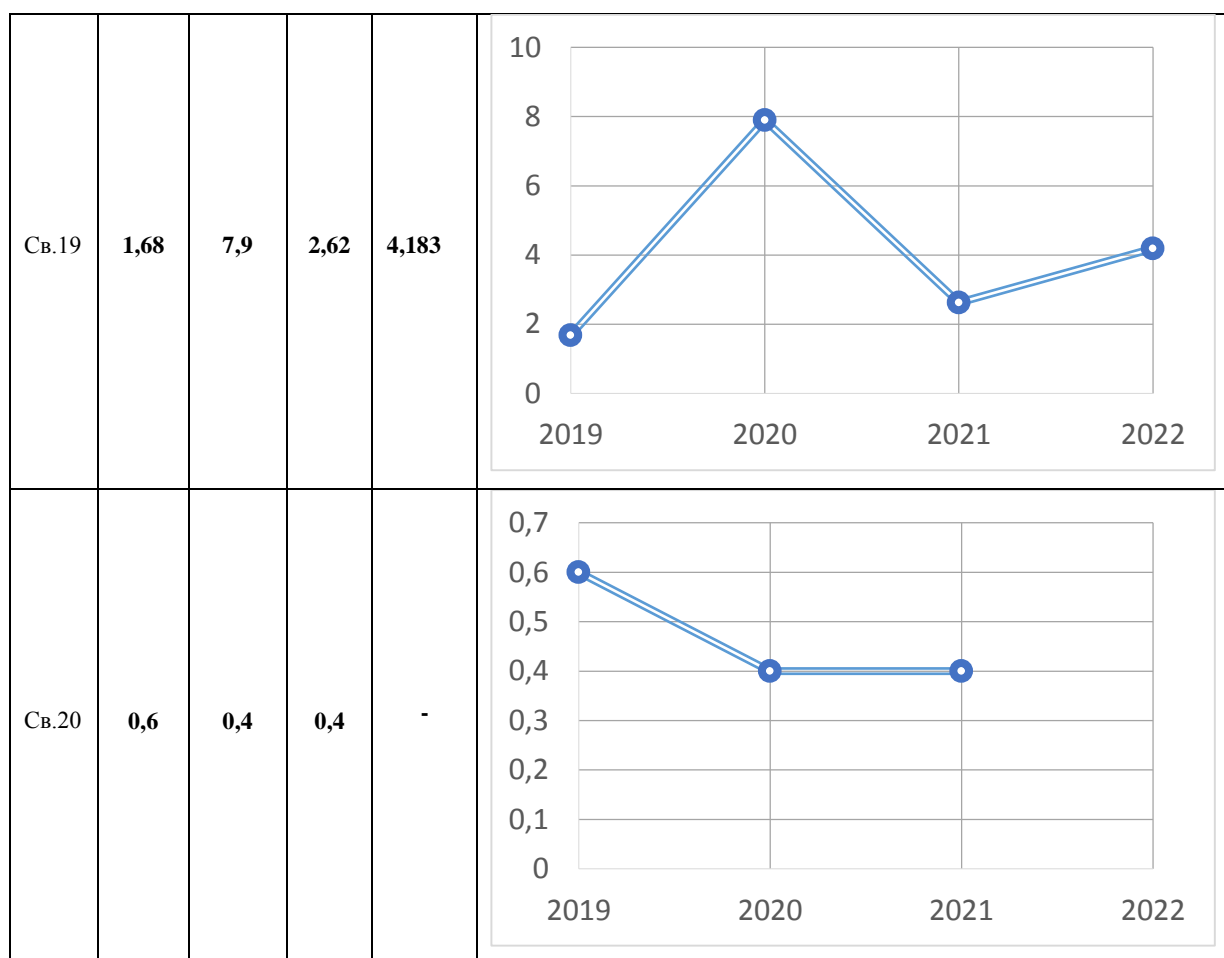
№ св.	Мінералізація				Графік зміни мінералізації по роках										
	2019	2020	2021	2022											
1	2	3	4	5	6										
Св.1	1,17	9,7	-		Свердловина ліквідована										
Св.2	100	-	-		Свердловина ліквідована										
Св.3	0,6	0,76	0,7	0,747	<table border="1"> <caption>Детальні дані для графіка Св.3</caption> <thead> <tr><th>Рік</th><th>Мінералізація</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>2019</td><td>0,6</td></tr> <tr><td>2020</td><td>0,76</td></tr> <tr><td>2021</td><td>0,7</td></tr> <tr><td>2022</td><td>0,747</td></tr> </tbody> </table>	Рік	Мінералізація	2019	0,6	2020	0,76	2021	0,7	2022	0,747
Рік	Мінералізація														
2019	0,6														
2020	0,76														
2021	0,7														
2022	0,747														
Св.4	1,06	1,16	0,33	0,497	<table border="1"> <caption>Детальні дані для графіка Св.4</caption> <thead> <tr><th>Рік</th><th>Мінералізація</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>2019</td><td>1,06</td></tr> <tr><td>2020</td><td>1,16</td></tr> <tr><td>2021</td><td>0,33</td></tr> <tr><td>2022</td><td>0,497</td></tr> </tbody> </table>	Рік	Мінералізація	2019	1,06	2020	1,16	2021	0,33	2022	0,497
Рік	Мінералізація														
2019	1,06														
2020	1,16														
2021	0,33														
2022	0,497														
Св.5	0,5	0,6	1,34	1,072	<table border="1"> <caption>Детальні дані для графіка Св.5</caption> <thead> <tr><th>Рік</th><th>Мінералізація</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>2019</td><td>0,5</td></tr> <tr><td>2020</td><td>0,6</td></tr> <tr><td>2021</td><td>1,34</td></tr> <tr><td>2022</td><td>1,072</td></tr> </tbody> </table>	Рік	Мінералізація	2019	0,5	2020	0,6	2021	1,34	2022	1,072
Рік	Мінералізація														
2019	0,5														
2020	0,6														
2021	1,34														
2022	1,072														

Св.6	1,9	10	1,19	0,504	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2019</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>2021</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2022</td> <td>0,5</td> </tr> </tbody> </table>	Year	Value	2019	2	2020	10	2021	1	2022	0,5
Year	Value														
2019	2														
2020	10														
2021	1														
2022	0,5														
Св.7	0,4	9,4	0,42	0,345	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2019</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>9,4</td> </tr> <tr> <td>2021</td> <td>0,42</td> </tr> <tr> <td>2022</td> <td>0,345</td> </tr> </tbody> </table>	Year	Value	2019	0,4	2020	9,4	2021	0,42	2022	0,345
Year	Value														
2019	0,4														
2020	9,4														
2021	0,42														
2022	0,345														
Св.8	44,39	20,2	3,8	4,421	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2019</td> <td>44,39</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>20,2</td> </tr> <tr> <td>2021</td> <td>3,8</td> </tr> <tr> <td>2022</td> <td>4,421</td> </tr> </tbody> </table>	Year	Value	2019	44,39	2020	20,2	2021	3,8	2022	4,421
Year	Value														
2019	44,39														
2020	20,2														
2021	3,8														
2022	4,421														
Св.9	50,2	30,36	23,7	18,164	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2019</td> <td>50,2</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>30,36</td> </tr> <tr> <td>2021</td> <td>23,7</td> </tr> <tr> <td>2022</td> <td>18,164</td> </tr> </tbody> </table>	Year	Value	2019	50,2	2020	30,36	2021	23,7	2022	18,164
Year	Value														
2019	50,2														
2020	30,36														
2021	23,7														
2022	18,164														



Св.10	5,26	4,97	1,22	3,764	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2019</td> <td>5,26</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>4,97</td> </tr> <tr> <td>2021</td> <td>1,22</td> </tr> <tr> <td>2022</td> <td>3,764</td> </tr> </tbody> </table>	Year	Value	2019	5,26	2020	4,97	2021	1,22	2022	3,764
Year	Value														
2019	5,26														
2020	4,97														
2021	1,22														
2022	3,764														
Св.11	26,01	19,08	1,68	8,474	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2019</td> <td>26,01</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>19,08</td> </tr> <tr> <td>2021</td> <td>1,68</td> </tr> <tr> <td>2022</td> <td>8,474</td> </tr> </tbody> </table>	Year	Value	2019	26,01	2020	19,08	2021	1,68	2022	8,474
Year	Value														
2019	26,01														
2020	19,08														
2021	1,68														
2022	8,474														
Св.12	0,5	0,4	0,6	0,649	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2019</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>2021</td> <td>0,6</td> </tr> <tr> <td>2022</td> <td>0,649</td> </tr> </tbody> </table>	Year	Value	2019	0,5	2020	0,4	2021	0,6	2022	0,649
Year	Value														
2019	0,5														
2020	0,4														
2021	0,6														
2022	0,649														
Св.13	1,2	44,12	2,9	5,199	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2019</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>44,12</td> </tr> <tr> <td>2021</td> <td>2,9</td> </tr> <tr> <td>2022</td> <td>5,199</td> </tr> </tbody> </table>	Year	Value	2019	1,2	2020	44,12	2021	2,9	2022	5,199
Year	Value														
2019	1,2														
2020	44,12														
2021	2,9														
2022	5,199														
Св.14	1	2,61	-	-	Свердловина ліквідована										

Св.15	0,36	0,6	0,2	0,264	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2019</td> <td>0,36</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>0,6</td> </tr> <tr> <td>2021</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>2022</td> <td>0,264</td> </tr> </tbody> </table>	Year	Value	2019	0,36	2020	0,6	2021	0,2	2022	0,264
Year	Value														
2019	0,36														
2020	0,6														
2021	0,2														
2022	0,264														
Св.16	59,4	1,27	3,8	8,465	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2019</td> <td>59,4</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>1,27</td> </tr> <tr> <td>2021</td> <td>3,8</td> </tr> <tr> <td>2022</td> <td>8,465</td> </tr> </tbody> </table>	Year	Value	2019	59,4	2020	1,27	2021	3,8	2022	8,465
Year	Value														
2019	59,4														
2020	1,27														
2021	3,8														
2022	8,465														
Св.17	1,08	1,51	0,99	0,886	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2019</td> <td>1,08</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>1,51</td> </tr> <tr> <td>2021</td> <td>0,99</td> </tr> <tr> <td>2022</td> <td>0,886</td> </tr> </tbody> </table>	Year	Value	2019	1,08	2020	1,51	2021	0,99	2022	0,886
Year	Value														
2019	1,08														
2020	1,51														
2021	0,99														
2022	0,886														
Св.18	8,5	8,9	-	-	Свердловина ліквідована										



У площинному вигляді динаміка засолення на протязі 2021-2022 років демонструється картою різниць мінералізації (рис. 3.11). Найбільші прирости у мінералізації спостерігаємо у свердловинах №11, 10 – зона впливу хвостосховища, №13 – зона впливу хвостосховища та акумулюючих ємностей, №16, 19 – зона впливу солевідвалів. Значне зниження мінералізації понад  $-5 \text{ г/дм}^3$  відбулось у свердловині №9. У Домбровському кар'єрі спостерігається приріст мінералізації  $4,509 \text{ г/дм}^3$ .

Аналіз таблиці 3.10 та карти рис. 3.19 дає підставу стверджувати, що за останній рік спостережень мінералізація змінилась по групі свердловин, які перебувають у зоні безпосереднього впливу техногенно-небезпечних об'єктів. Навіть зниження мінералізації у свердловині №9, що безпосередньо розташована у зоні впливу хвостосховища, дає підставу стверджувати про зміщення ореолу забруднення у напрямку на південний схід у зону розташування свердловин № 11, 10, 13.



Рисунок 3.19 – Динаміка засолення водоносного горизонту

### 3.5 Побудова карти запасу міцності міжкамерних ціликів на Північному каїнітовому полі рудника «Калуш»

Підготовка даних для формування вихідної моделі запасу міцності міжкамерних ціликів для Північного каїнітового поля складається із наступних етапів.

На першому етапі обробки проводилась векторизація растрових зображень (топографічні плани досліджуваної території масштабів 1 : 2 000 та 1 : 1 000, плани гірничих робіт Північного каїнітового поля), які

виконувалась у середовищі програмного комплексу Easy Trace. Картографічне зображення було розділене на окремі шари, а саме – відмітки висот, горизонталі рельєфу, відновлені пікети топографічної зйомки, гірничі виробки, цілики камер, свердловини, автомобільні дороги, лінії електропередач, технічні споруди та об'єкти. Для кожного картографічного шару також було розроблено структуру атрибутивних даних. Після завершення векторизації було виконано перевірку та корекцію топології векторних об'єктів і внесених атрибутивних даних (рис. 3.20 – 3.21).

Наступним етапом стало зведення отриманих картографічних зображень до єдиної карти з мінімальними втратами інформативності та забезпечення суцільного покриття території Північного каїнітового поля (рис. 3.21). Приведення карт до єдиної системи координат було ускладнене застосуванням умовних і локальних координатних систем для початкових картографічних матеріалів. Тому зведення було виконане лише за характерними точками місцевості, які чітко візуалізуються на всіх картах. Для результуючої карти точність положення різних об'єктів відповідає точності паперових копій, імовірна похибка не перевищує  $\pm 0,5$  м.

Наступним етапом є створення бази даних, яка вміщує фактичні параметри відпрацьованих камер Північно каїнітового поля. Така модель є вихідною моделлю для побудови карти запасу міцності міжкамерних ціликів. Вихідна модель включає наступні параметри:

- просторове розташування відпрацьованої гірничої виробки (висота, ширина та довжина камери);
- ширина міжкамерного цілика;
- відстань від поверхні до покрівлі камери;
- кут падіння пласта;
- загальний об'єм відпрацьованої камери;
- межа міцності порід цілика на основне стиснення;
- кут падіння пласта та об'ємна вага покриваючих та соляних порід.



Рис. 3.20 Векторизація топографічного плану досліджуваної території.



Рис. 3.21 Суміщення топографічного плану та відпрацьованих гірничих виробок

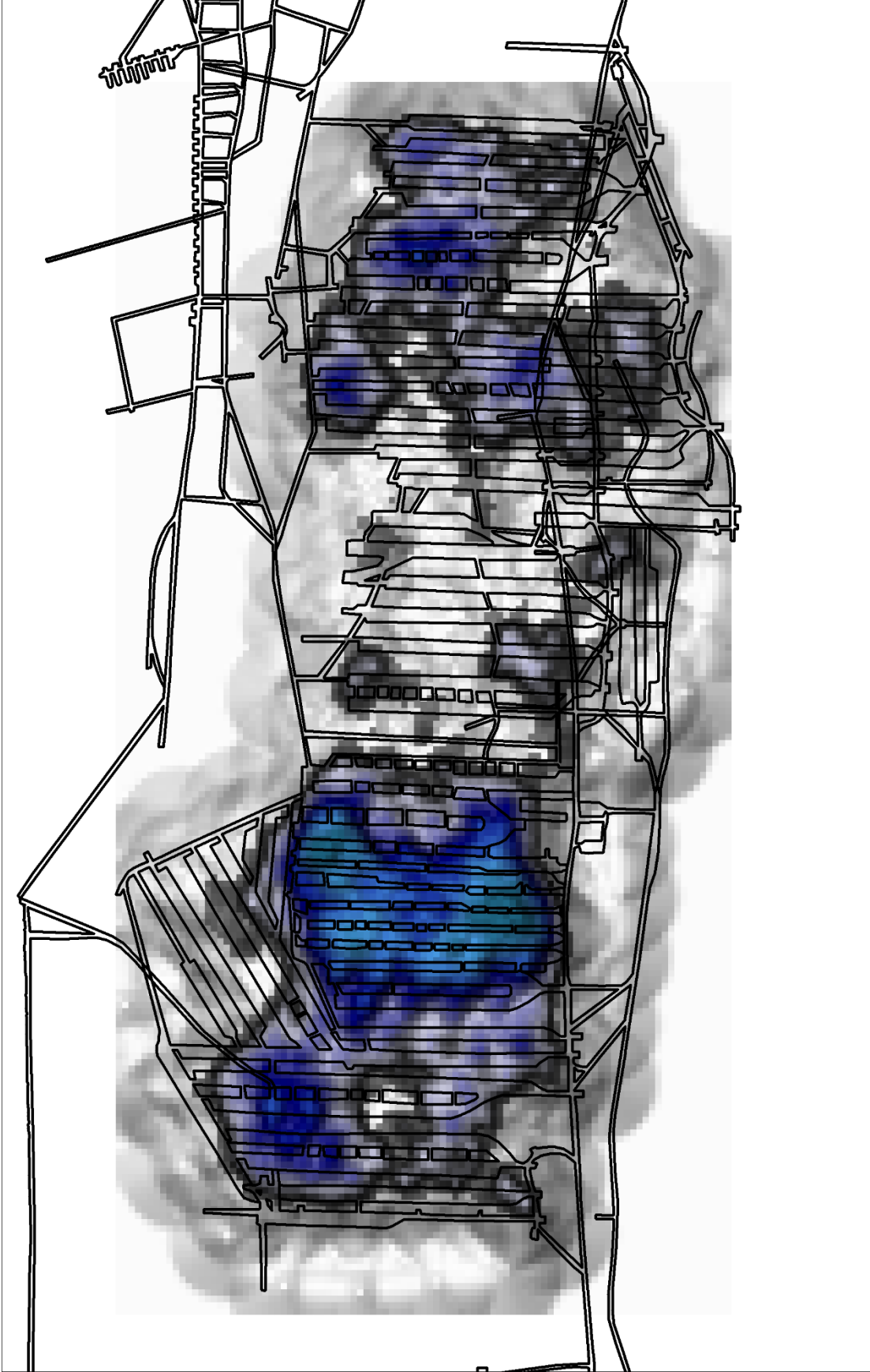


Рис. 3.22 Модель запасу міцності міжкамерних ціликів для відпрацьованого гірничого масиву Північно-каїтового шахтного поля виробок



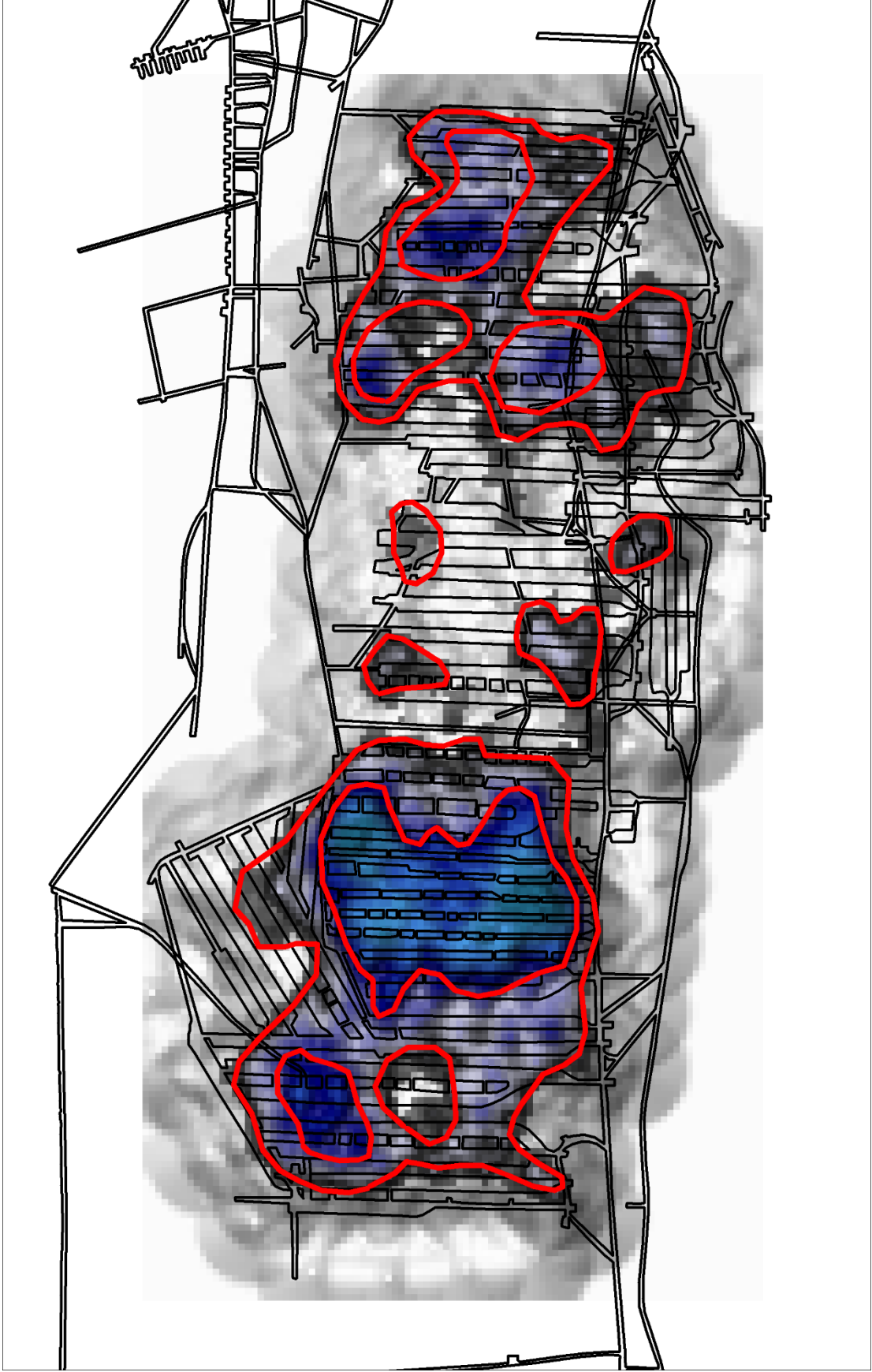


Рис. 3.23 Модель запасу міцності міжкамерних ціликів із виділеними небезпечними зонами



Рис. 3.24 Картосхема території відпрацьованого шахтного поля та моделі запасу міцності



Рис. 3.25 Прогнозна картосхема ослаблених зон запасу міцності міжкамерних ціликів

Після формування бази даних відбувається просторове моделювання із використанням засобів ГІС та отримання математичної моделі запасу міцності міжкамерних ціликів для відпрацьованого гірничого масиву Північного каїнітового шахтного поля (рис. 3.22). За результатами моделювання виявлено дві зони, які знаходяться в межах:

- камери 2 – 12 та камери 33 – 38 I – зона;
- камери 20 – 31 та камери 5 – 11 II – зона.

Для кращого розуміння та сприйняття зон виділимо їх червоною лінією (рис. 3.23) та сумістимо їх із космознімками території відпрацьованого шахтного поля (рис. 3.24). Проведемо аналіз рис. 3.25. На картосхемі зображено зони, які виділені за математичним моделюванням запасу міцності міжкамерних ціликів, які суміщені із космознімком території, що досліджувалась. Значна кількість виділених зон підтвердилась карстовими провалами, які утворились на даному шахтному полі. Отже, приходимо до висновку, що модель є коректною та може бути використана як прогнозна для попередження виникнення карстових процесів для території Північного каїнітового шахтного поля рудника Калуш.

### **3.6 Надання рекомендацій щодо вжиття заходів з попередження виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру на підставі проведених топогеодезичних досліджень на територіях небезпечних зон просідання земної поверхні**

На стадії розробки проекту рудника «Ново-Голинь» були виконані величезні за об'ємом і вартістю геологічні та геофізичні дослідження, аналіз і висновки за їх результатами висококваліфікованих спеціалістів ВНДІ Галургії, Калушської НДЛ містяться в десятку томів технічних і наукових звітів. Вони містять наукове обґрунтування границь гірничих відводів, всередині яких усі житлові будинки сіл Сівка-Калуська і Кропивник, навіть поза виявленою на даний час інструментальними спостереженнями

мульдою осідання, знаходяться в небезпечних зонах і згідно чинного Законодавства можуть бути відселені. Проект розробки рудника «Ново-Голинь» на території сіл Сівка-Калуська і Кропивник передбачає просідання земної поверхні до 27 метрів, тому в історичній перспективі всі (особливо) житлові будівлі повинні бути знесені або перенесені. Не довіряти цим висновкам, по меншій мірі, недоцільно.

Згідно Постанови КАБІНЕТУ МІНІСТРІВ УКРАЇНИ від 17 січня 1995 р. N 33 Про затвердження Положення про порядок забудови площ залягання корисних копалин загальнодержавного значення будівництво у межах гірничого відводу об'єктів, безпосередньо не пов'язаних з гірничими роботами, не допускається.

Забудова допускається тільки у виняткових випадках лише за погодженням з відповідними територіальними геологічними підприємствами та органами державного гірничого нагляду на основі спеціальних дозволів, що видаються відповідними Радами народних депутатів, на території яких знаходяться ці корисні копалини. Ці дозволи повинні містити обов'язкові заходи щодо їх безпечної експлуатації. Таких дозволів з зазначенням заходів щодо безпечної експлуатації не має.

У випадках, коли знесення або перенесення за межі зони впливу гірничих робіт є неможливим або економічно недоцільним, усі об'єкти поверхні підлягають обов'язковій охороні від шкідливого впливу гірничих робіт. Згідно “Вимог щодо забезпечення заходів охорони об'єктів поверхні в умовах шкідливого впливу гірничих робіт”, Наказ Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільськогосподарства України, 11 грудня 2020 р. за номером 2602 ( далі “Вимог”).

Згідно “Вимог” для отримання всіх необхідних даних про характер і параметри процесу зсувів гірських порід і земної поверхні та взаємозв'язку їх з деформаціями підроблюваних об'єктів, характер пошкоджень об'єктів, що перебувають у зоні впливу гірничих робіт, визначення рівня ефективності обраних заходів охорони, а також попередження

експлуатуючої організації про прояви деформацій на об'єктах, які підробляються, гірниче підприємство зобов'язане вести спостереження (як візуальні, так і інструментальні) за процесами зсування гірських порід, земної поверхні та основ споруд під впливом гірничих робіт, як за підземними об'єктами, так і об'єктами, розташованими на поверхні до повного припинення процесів осідання.

Спостереження можуть проводитися маркшейдерською службою гірничого підприємства або спеціалізованими організаціями, які залучаються для цього гірничими підприємствами, а також експлуатуючими організаціями. Обсяг і зміст спостережень повинні відповідати вимогам чинних нормативно-правових актів із спостереження за зсуванням гірських порід і земної поверхні та проекту заходів охорони об'єктів поверхні. Для даного об'єкту це “Инструкция по наблюдениям за движением земной поверхности и за подрабатываемыми зданиями и сооружениями на калийных месторождениях”, Ленинград -1984.(далі “Інструкція”)

Згідно вимог “Інструкції”, навіть при можливості прогнозування всього процесу осідання будівлі потрібно не менше трьох серій спостережень. Перше –за 6 місяців до початку підроблювання, друге –за рік до терміну досягнення допустимих деформацій, третє-після завершення активної стадії.

На жаль, на об'єктах, де відзначені видимі деформації, вул.Ів.Франка 144 і 202, проведена тільки перша серія спостережень, тому, для того щоб надати якісь рекомендації з відселення, потрібно мінімум ще дві серії. Тільки це дозволить вирахувати, і то прогнозні, значення кривизни і радіуса кривизни, нахилу фундаменту та порівнявши їх з допустимими (кривизна і радіус відповідно –  $0,8 \cdot 10^{-4}$  1/м , 12 км; нахил  $-3,0 \cdot 10^{-3}$ ) дати обґрунтовані рекомендації для комісії.

Згідно „Вимог” вибору заходів охорони об'єктів поверхні має передувати комплексне комісійне обстеження їх стану. До складу комісії входять представники проектної організації, яка буде здійснювати

розроблення заходів охорони, гірничого підприємства, організації, що експлуатує об'єкт поверхні або є його власником. Комісія призначається суб'єктом господарювання, на якого покладено вибір заходів охорони цих об'єктів. Результати обстеження оформляються актом, в якому викладається технічний стан об'єкта поверхні.

Заходи охорони міст та інших населених пунктів із багатоповерховою забудовою, промислових комплексів, складних технічних і транспортних споруд (каркасні житлові та громадські будівлі більше двох поверхів, мости і шляхопроводи, швидкісні та особливо вантажонапружені залізниці, підземні сталеві газопроводи і нафтопроводи, самопливні каналізаційні мережі) повинні визначатися тільки проектними організаціями на замовлення гірничих підприємств. Зазначені проектні організації повинні відповідати вимогам Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності».

Подібна ситуація і з прогнозом осідань шахтного поля рудника “ Нова-Голинь “, де систематичні спостереження закінчились в 2001 році. Проведення ще хоча б двох серій з інтервалом хоча б пів року дозволить спрогнозувати швидкості осідань, напрямок руху мульди і, відповідно, оцінити небезпечність процесів просідання поверхні.

Таким чином, щоб не порушувати Законодавство, можливі два варіанти.

Перший – відселити населення з будинків, розміщених в зоні впливу гірничих робіт. Першочергово, в границях виявлених і інструментально підтверджених мульд осідання. На території шахтного поля рудника “ Нова-Голинь “, тільки там, де вже виявлені осідання до 200 мм з початку підроблення території, це 70 будівель.

Другий - систематично (мінімум раз в рік ) вести спостереження за просіданням поверхні за методикою, яка регламентується “Інструкцією” до повної стабілізації процесів і приймати рішення про відселення за об'єктивними даними спостережень. Для цього потрібне постійне

фінансування цих робіт, яке, на даний час, значно менше, ніж витрати на відселення.

### **3.7 Висновки до розділу 3**

Побудовано мульди осідання земної поверхні по ділянках зйомки: рудник «Ново-Голинь» (с. Кропивник), рудник «Ново-Голинь» (с. Сівка-Калуська), рудник «Калуш» (вул. Європейська). По зазначених ділянках встановлено швидкості осідання земної поверхні.

Проведено комплексні геодезичні та геофізичні дослідження по вул. Європейській, де виявлено на низьких частотах в межах Рп5 – Рп17 глибинну аномалію, яка пов'язана із стелинами відпрацьованих гірничих виробок. Моніторингові спостереження по вул. Європейській дозволили підтвердити раніше виявлені аномальні зони та зони осідання та встановити активну стадію осідання земної поверхні.

Проведено оцінку динаміки щодо ступеня деформації житлових будинків за даними наявних реперів в с. Кропивник вул. І.Франка, 144, 202 та результати замірів щодо ново закладених реперів по вул. І.Франка, 84, 117, 196

Отримано моделі карт засолення на території Калуського гірничопромислового району та проведено оцінку динаміки засолення водоносного горизонту

Отримано математичні моделі запасу міцності міжкамерних ціликів на Північному каїнітовому полі рудника «Калуш» які можуть бути використані як прогнозні для попередження виникнення карстових процесів для досліджуваної території.



## ВИСНОВКИ ДО ЗВІТУ

На підставі виконаних комплексних топогеодезичних, геофізичних та гідрогеохімічних досліджень, моделювання запасу міцності складений заключний звіт

Побудовано мульди осідання земної поверхні по ділянках зйомки: рудник «Ново-Голинь» (с. Кропивник), рудник «Ново-Голинь» (с. Сівка-Калуська), рудник «Калуш» (вул. Європейська). По зазначених ділянках встановлено швидкості осідання земної поверхні.

Встановлено що найбільше просідання відмічається в західній околиці с. Кропивник, річне осідання склало 0,5 метра при сумарному за весь період 3.0, метра при цьому збільшилась площа утвореного озера. В районі крайніх хат с. Кропивник річне осідання склало 0,1-0,15 м., при загальному 0.7 метра. Зазначене осідання земної поверхні збільшується в сторону с. Кропивник, що відмічається топо-геодезичними та геофізичними дослідженнями виконаними в 2022 та 2021 році.

Проведено комплексні геодезичні та геофізичні дослідження по вул. Європейській, де виявлено на низьких частотах в межах середньої третини автодороги по вул. Європейська від повороту до початку цвинтара глибинну аномалію, яка пов'язана із стелинами відпрацьованих гірничих виробок. Моніторингові спостереження по вул. Європейській дозволили підтвердити раніше виявлені аномальні зони та зони осідання та встановити активну стадію осідання земної поверхні.

Проведено оцінку динаміки щодо ступеня деформації житлових будинків за даними наявних реперів в с. Кропивник вул. І.Франка, 144, 202 та результати замірів щодо ново закладених реперів по вул. І.Франка, 84, 117, 196

Встановлено наявність тріщин розміром до 1 – 2 мм в усіх будинках, проте критичних пошкоджень немає.

Отримано моделі карт засолення на території Калуського гірничопромислового району та проведено оцінку динаміки засолення

водоносного горизонту та забруднення важкими металами. Встановлено що джерелами засолення та забруднення станом на 2022 рік є хвостосховища та солевідвали. Територія до лівого борту р. Лімниця та відповідно до водозабору на даний час є чистою.

Отримано математичні моделі запасу міцності міжкамерних ціликів на Північному каїнітовому полі рудника «Калуш». Встановлено, що диференціація території за запасом міцності корелює з утвореними карстовими провалами, тому отримані моделі можуть бути використані як прогнозні для попередження виникнення карстових процесів для досліджуваної території.

#### **Пропозиції щодо майбутніх екологічних досліджень.**

Проведення моніторингових топо-геодезичних спостережень на рудниках «Калуш», «Ново-Голинь » з метою попередження надзвичайних ситуацій.

Виконання геофізичних моніторингових спостережень (вул. Європейська) на Центрально каїнітовому полі та запровадження моніторингу на Північному каїнітовому полі з метою узгодження результатів моделювання запасу міцності міжкамерних ціликів.

Виконання гідрогеологічних та гідрогеохімічних режимних спостережень території Калуського гірничопромислового району та Домбровського кареру з метою оцінки впливу джерел забруднення.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

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

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

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

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

21 Саломатин В.Н. Закономерности геологических процессов и явлений, их связь с импульсной электромагнитной эмиссией.: дис. д-ра геол.-минерал. наук : 04.00.07. - Симферополь. - 1988. – 412 с.

22 Саломатин В.Н. Методические рекомендации по изучению напряженного состояния пород методом регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) / В. Н. Саломатин, Ш. Р. Матов, Л. А. Защинский // Симферополь : КИПКС, КОСНИО, 1991. — 88 с.

23 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.