

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України

Мінекономрозвитку України

Державне підприємство «Науково-дослідний інститут галургії»

(ДП «НДІ Галургія»)

77300, м. Калуш, вул. Фабрична, 5а E-mail:
galurgia@yandex.ua, galurgia@ukr.net

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ДП «НДІ Галургія»


І. Ю. Костів
«12» 02 2016 р.

Звіт про науково-дослідну роботу:

«Аналіз гірничо-геологічної та техногенно-екологічної ситуації і проведення досліджень в зоні утворення провальних воронок в районі вулиць Вітовського, Глібова, Мостиської міста Калуша»

(договір № 39)

Керівник НДР
Заст. директора,
зав. гірничо-геологічною лабораторією



Ю. В. Садовий

Калуш 2016 р.

Результати цієї роботи розглянуто науково-технічною радою НДІ "Галургія",
протокол № 1 від 29 січня 2016 р.

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України
Мінекономрозвитку України
Державне підприємство «Науково-дослідний інститут галургії»
(ДП «НДІ Галургія»)
77300, м. Калуш, вул. Фабрична, 5а E-mail:
galurgia@yandex.ua, galurgia@ukr.net

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ДП «НДІ Галургія»
_____ І. Ю. Костів
«___» _____ 2016 р.

Звіт про науково-дослідну роботу:

**«Аналіз гірничо-геологічної та техногенно-екологічної ситуації і
проведення досліджень в зоні утворення провальних воронок в районі
вулиць Вітовського, Глібова, Мостиської міста Калуша»**

(договір № 39)

Керівник НДР
Заст. директора,
зав. гірничо-геологічною лабораторією

Ю. В. Садовий

Калуш 2016 р.

Результати цієї роботи розглянуто науково-технічною радою НДІ "Галургія",
протокол № 1 від 29 січня 2016 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. АНАЛІЗ СТАНУ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ В ЗОНІ УТВОРЕННЯ ПРОВАЛЬНИХ ВОРОНОК В РАЙОНІ ВУЛИЦЬ ВІТОВСЬКОГО, ГЛІБОВА, МОСТИСЬКОЇ МІСТА КАЛУША	4
2. ПРОВЕДЕННЯ ГЕОФІЗИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ОЦІНКА СТАНУ ГЕОСЕРЕДОВИЩА В ЗОНІ ПРОВАЛУ НА ТЕРИТОРІЇ РУДНИКА «КАЛУШ»	16
3.УЗАГАЛЬНЕННЯ ДАНИХ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ ТА ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ, ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЯВИЩ, РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ІЗ ЗАПОБІГАННЯ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОБСЯГІВ РОБІТ З ЛІКВІДАЦІЇ ПРОВАЛЬНИХ ВОРОНОК № 14 і 14а	29
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	43

ВСТУП

Науково-дослідна робота виконана відповідно до договору № 39 укладеного із Управлінням будівництва та розвитку інфраструктури Калуської міської ради. Робота виконувалася впродовж грудня 2015 - січня 2016 р. у три етапи:

1. Збір та узагальнення фондових гірничо-геологічних матеріалів по Північному каїнітовому полю рудника "Калуш" у зоні утворення провальних воронок в районі вулиць Вітовського, Глібова, Мостиської.

2. Проведення геофізичних вимірювань та електромагнітна оцінка стану геосередовища в зоні провалу на території рудника "Калуш";

3. Узагальнення даних гірничо-геологічних та геофізичних досліджень, прогнозування розвитку небезпечних явищ, розробка рекомендацій із запобігання виникнення надзвичайних ситуацій та визначення обсягів робіт з ліквідації провальних воронок.

Мета роботи полягає у загальній оцінці стану гірничого масиву в зоні провалів що утворилися в районі вулиць Вітовського, Глібова, Мостиської міста Калуша і електромагнітній характеристиці геосередовища на цій території для використання геофізичних вимірювань при прогнозуванні можливого розвитку небезпечних процесів. Крім цього передбачалося визначити обсяги робіт з ліквідації утвореної системи провальних воронок 14 і 14-А та варіанти організації виконання робіт із засипки провалів.

I. Аналіз стану земної поверхні в зоні утворення провальних воронок в районі вулиць Вітовського, Глібова, Мостиської міста Калуша.

Видобуток корисних копалин підземним способом викликає порушення природного рівноважного стану гірничого масиву, що призводить до розвитку складних процесів у геологічному середовищі. В залежності від ряду обставин активізація деформації земної поверхні та її осідання може досягати різного масштабу. Такі процеси здатні завдати суттєвого негативно впливу на нормальну експлуатацію будівель, споруд і мереж інженерних комунікацій, які розташовані у зоні потенційного впливу підземних гірничих виробок. В ряді випадків такі наслідки набувають катастрофічного характеру. Крім наочних, доступних для безпосереднього спостереження проявів негативних наслідків процесу зрушення гірничого масиву у вигляді тріщин і провалів на земній поверхні чи ознак руйнування будівель та комунікацій, поступово відбуваються, також, зміни у елементах геологічного середовища, які до певного часу не є такими очевидними. Однак згодом ці явища проявляються у погіршенні умов нормального проживання людей. Йдеться про зміну природного режиму ґрунтових вод, підтоплення та заболочення територій, забруднення водних ресурсів, що в підсумку унеможлиблює їх використання для господарсько-побутових потреб. Усі ці явища і процеси спостерігаються в межах території міста Калуша.

Над усіма відпрацьованими полями Калуш-Голинського родовища в минулому проводилися систематичні інструментальні спостереження за процесом просідання земної поверхні. Перші такі маркшейдерсько-геодезичні дослідження розпочалися в межах Центрального поля рудника "Калуш" із 1947 року, і здійснювалися з метою виявлення загрозливих тенденцій та своєчасного прийняття запобіжних заходів для захисту наземних об'єктів. Спостережні станції склалися із ґрунтових та стінних реперів, закладених по певній системі профільних ліній. Загалом, у відповідність із теоретичними уявленнями і практичним досвідом спостережень, відомо, що перебіг процесу зсуву характеризується трьома стадіями: початковою, активною, та стадією затухання. Над Північним каїнітовим полем спостереження за зсувом земної поверхні розпочаті із 1961 року і з різною періодичністю та неоднаковою детальністю проводилися до 2009 року.

При розробці покладів в межах Північного каїнітового поля воно було розділене бар'єрними ціликами шириною 40-42 м на три ділянки. Перша з них, розташована у північній частині поля та розроблялася камерами 2-12, 32-41, 33^a - 33^e. Саме процеси що відбуваються в межах ділянки розташування перерахованих камер безпосередньо впливають на стан земної поверхні в районі вулиць Вітовського, Глібова, Мостиської.

Параметри системи що складається із видобувних камер і міжкамерних ціликів на цій ділянці не була однаковою. Зокрема ширина міжкамерних ціликів (МКЦ) між камерами 2-12 складала 5-10 м, при ширині камер 11-12 м. В подальшому переважна кількість видобувних камер розроблялася шириною 11-12 м, при ширині МКЦ 10-14 м, тобто удвічі більших від мінімальних, що

значно зменшує ступінь навантаження на цілики та підвищувало стійкість системи. Через деякий час після початку розробки покладів над полем розпочалася початкова стадія процесу зсуву, з поступовим збільшенням швидкостей осідання. Це відзначалося на кожній з трьох виділених ділянок поля, до раптового осідання у 1987 році.

Максимальні значення на першій ділянці досягали - 20-25 мм/рік, на середній - 2-5 мм (камери 10-16), на південній (камери 18-31) - 15-20 мм/рік.

Після утворення в південній частині Північного каїнітового поля у 1984 році воронки № 4 ситуація ускладнилася, оскільки до механізму формування зсуву земної поверхні за рахунок деформації міжкамерних ціликів додалися карстово-суфозійні явища, які активізували зрушення гірничого масиву.

Воронка № 4 з'явилася над луговнею Х у березні 1984 року. Прийнято вважати, що це наслідок процесу карстування. Пізніше поблизу цієї воронки з'являється ще три (4а, 4б, 4в). Невдовзі було зафіксовано формування локальної мульди осідання, яка розвивалася як по площі, так і в глибину. На даний час площа мульди досягла майже 1,5 га. Центр мульди постійно підтоплений ґрунтовими водами, а під час повені чи інтенсивних опадів відбувається періодичне розширення території підтоплення. Площа утвореного озера змінюється в залежності від рівня ґрунтових вод у той чи інший період і коливається в межах від 400 до близько 800 м², максимальна глибина до 1,5 м. Утворення мульди осідання супроводжувалося припливом у гірничі виробки II горизонту розсолів з дебітом близько 50 м³/добу.

В червні 1985 року в результаті обвалу покрівлі в камері 33в, відбулося порушення суцільності товщі порід у гірничому масиві над цією ділянкою. На поверхні утворилася провальна воронка № 5. Через зону руйнування гірничого масиву у виробки першої ділянки почали поступати слабомінералізовані розчини у кількості до 100 м³/добу. Розчини поступали і накопичувалися у виробленому просторі камер першої ділянки. На поверхні в районі новоутвореної воронки були організовані спостереження за станом земної поверхні. За даними виконаних вимірювань встановлено, що безпосередньо поблизу воронки № 5, не дивлячись на те, що вона сама періодично провалювалася, активного осідання земної поверхні не відмічено. Було зроблено висновок, що МКЦ в районі камер зберігають свою стійкість та їх деформування і руйнування не відбувається.

7 червня 1987 року над камерами 2-12 відбулося раптове просідання земної поверхні з одночасним утворенням воронки № 7 (над камерами 7 - 9). Нижня частина цих камер у незначному обсязі (близько 5 %) заповнювалася так званою "микрою закладкою". Роботи із розміщення тут пульпи здійснювалися ще упродовж 1965 року. Трубопровід для подачі пульпи було прокладено із II горизонту. Закладочний матеріал запускався по підшві камер і стікаючи по похилій площині підшви накопичувався в пониженій частині камер - на західному фланзі Північного каїнітового поля. По шляху руху закладочного матеріалу відбувалося "підрізання" міжкамерних ціликів. Очевидно, саме ці операції з виконання "микрої" закладки виробленого простору мали негативний

вплив та послабили загальну стійкість гірничого масиву. Важливо зауважити, що ще у 1959 році було висловлене [1] категоричне застереження щодо негативного впливу на стан виробок від виконання "микрої" закладки вироблених шахтних порожнин. Зазначалося, також, що у випадку, якщо на даній ділянці не будуть збільшені розміри міжкамерних ціликів і не здійснюватимуть суху закладку відпрацьованих камер, то неминуче виникнення аварійної ситуації. Крім цього наголошувалося на тому, що так звана "микро закладка" по-суті не є такою. Тобто внаслідок виконання робіт із розміщення пульпи чи розсолів не відбувається підсилення стійкості системи, а навпаки вона різко послаблюється за рахунок значної втрати міцності порід у ціликах. Розміщення великих обсягів розсолів чи пульпи у підземних порожнинах це лише спосіб їх захоронення, потрібно працювати над тим, аби у процесі переробки видобутої сировини залишалося якомога менше рідких відходів, розміщення яких на поверхні також створює проблеми. Тому потрібно працювати над вдосконаленням технології переробки, у цьому корінь проблеми яка існує. Вказувалося, також, на те, що при проектуванні гірничо-видобувних робіт на інших ділянках і нових родовищах Прикарпаття (зокрема на той час Ново-Голинь) не можна передбачати гідравлічної "микрої" закладки. Як видно, всі ці застереження були проігноровані, а конкретно на ділянці про яку йшлося, через 28 років сталася масштабна аварійна ситуація.

Зона раптового осідання поверхні одночасно охопила площу 150 X 200 м, а максимальне осідання в центрі склало 8,5 м. На земній поверхні по краях мульди утворилися тріщини шириною до 1 м. У центральну частину мульди зсуву потрапило 3 житлові будинки, які були зруйновані, та ще 14 будинків зазнали різної величини деформації. Відповідно одночасно із зони провалу відселено 17 житлових будинків, які були розташовані по теперішній вулиці Вітовського. Крім цього був скасований дозвіл на спорудження кількох десятків садіб розташованих на території, що прилягала на північ і схід від місця утворення масштабної просадки.



Фото.1.1. Загальний вид на воронку № 5, 1987 рік.



Фото 1.2. Осідання земної поверхні в районі групи воронок № 4

Після раптового просідання на північній ділянці даного шахтного поля процес зсуву характеризувався великими швидкостями - від 470 до 700 мм/рік (репер № 53, 6/II), що свідчило про інтенсивне руйнування МКЦ. Через декілька місяців швидкості осідання зменшилися до 15 мм/рік.

Кероване заповнення розсолами підземних порожнин поля здійснювалося починаючи з лютого 1989 року впродовж 16 місяців. Після початку подачі розсолів у шахту знову спостерігалось зростання швидкостей осідання, зокрема на згаданому репері 6/II зафіксовано величину 793 мм/рік. Уповільнення осідання земної поверхні відбулося від серпня 1990 року [3] (рис. 1.1) . Впродовж наступних 10 років швидкість осідання в цьому районі коливалася в межах 5-10 мм/рік.



Фото 1.3. Утворення воронки № 7 (08.06.1987 р.)



Фото 1.4. Загальний вигляд на зону раптового осідання (08.06.1987 р.)



Фото 1.5. Затоплення водою мульди осідання (станом на 18.06.1987 р.)



Фото. 1. 6. Розвиток тріщин в полотні дороги по вулиці Пархоменка (тепер Вітовського) (08.06.1987 р.).



Фото. 1.7. Розвиток тріщин в полотні дороги по вулиці Пархоменка (тепер Вітовського) (18.06.1987 р.).



Фото. 1. 8. Характер руйнування одного з будинків по вул. Пархоменка (Вітовського) (1987 рік).

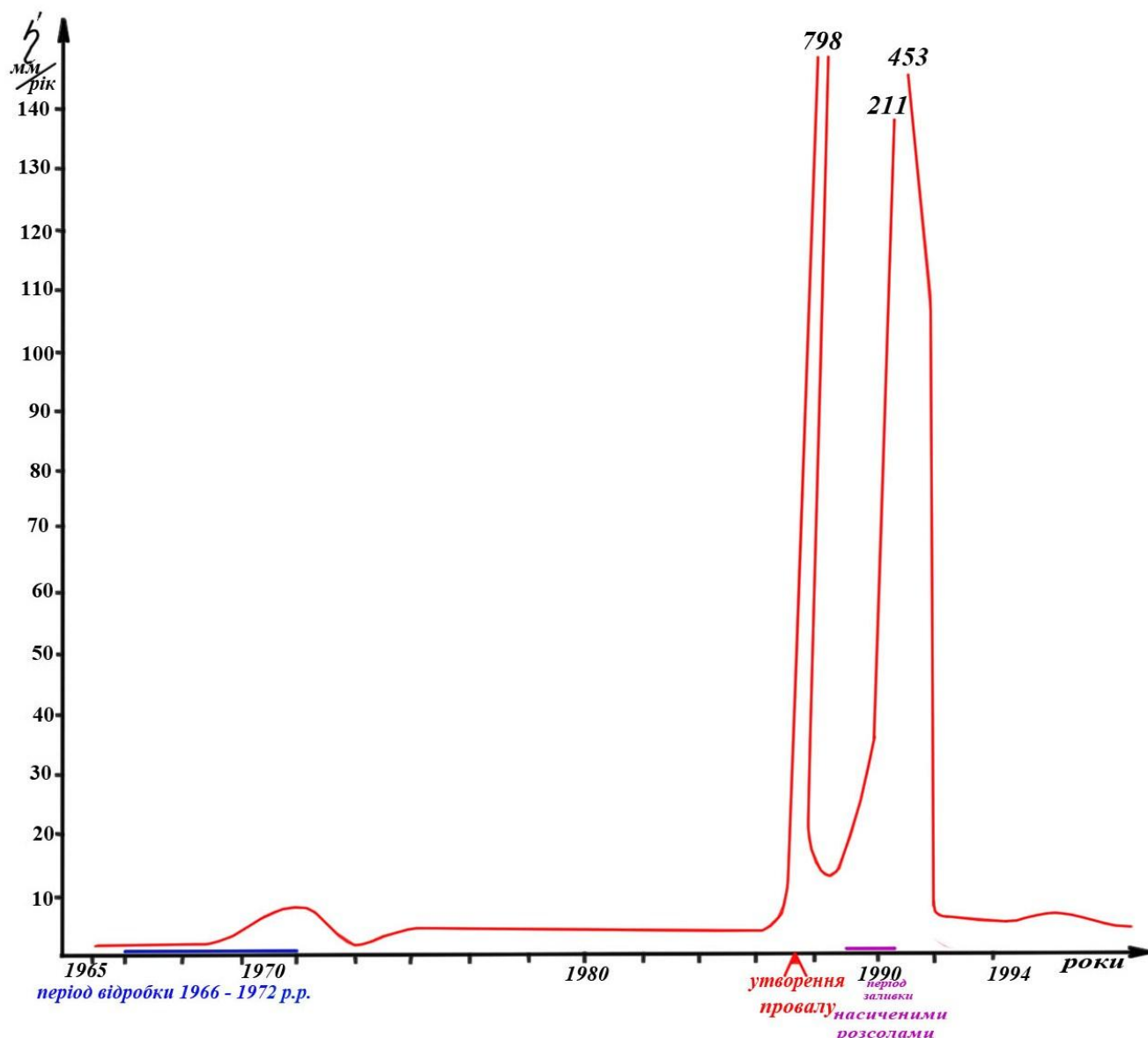


Рис. 1.1. Швидкість осідання земної поверхні на репері 6/II від повчатку розробки

Після завершення заповнення підземних порожнин рудника "Калуш" утворення провальних воронок в межах Північного каїнітового поля не припинилося, з'явилося ще 9 провалів земної поверхні (таблиця 1).

На фоні відносної загальної стійкості гірничого масиву спостерігається тенденція до зростання величини провальних воронок з часом, а також утворення серій зближених провальних воронок над одними і тими ж виробками, або над суміжними з попередніми воронками. (4 - 4а - 4б - 4в; 10 - 10а - 10б; 14 - 14а).

В науково-дослідній роботі [3] виконаній у 1987 році було зроблено прогнозування кінцевих осідань і деформацій земної поверхні над Північним каїнітовим полем. Відповідно до проведених розрахунків максимальне очікуване осідання становить 9,1 м (перша ділянка), в районі вулиць Глібова -

Мостиської прогнозувалося просідання величиною 3 - 4 м, частина території вулиці Вітовського може просісти на 5 - 6 м. Процес зсуву цієї території, відповідно до згаданих розрахунків, мав завершитися через 100 і більше років. Але процеси що відбуваються в затопленій частині колишнього рудника руйнують суцільність міжкамерних ціликів на першій ділянці, вони втрачають свою несучу здатність.

Як видно з розвитку процесів що тривають на першій ділянці, ситуація суттєво відрізняється від очікуваної. Кількісну оцінку інтенсивності перебігу загального процесу зсуву території шахтного поля зробити неможливо, оскільки дані для аналізу за останні роки відсутні, інструментальні вимірювання по спостережних станціях не здійснюються.

Для вчасного виявлення загрозливих тенденцій та прогнозування виникнення надзвичайних техногенно-екологічних ситуацій необхідно проводити інструментальні вимірювання та обробку і аналіз отриманих даних щодо деформації земної поверхні та об'єктів що перебувають в зоні впливу гірничих виробок.

Зокрема у поточному 2016 році потрібно провести інструментальні вимірювання вздовж вулиць Вітовського, Глібова, Мостиської по існуючих реперах і за отриманими даними виконати аналіз стану поверхні та будівель в зонах впливу гірничих виробок. Крім цього, необхідно дозакласти нові реperi в районі ділянок де вони з різних причин втрачені. Це необхідно для продовження інформативного моніторингу зсуву над Північним каїнітовим полем.

Потрібно звернути увагу, також, на третю (південну) ділянку поля, на якій процес зсуву за даними останніх вимірювань проходив зі швидкостями осідання 10-15 мм/рік. В центрі даної ділянки накопичене осідання складає близько 700 мм, міжкамерні цілики втратили свою несучу здатність і руйнуються. Центральна частина цієї території зазнає заболочення. Можна прогнозувати деформації будинків по вулиці Вітовського та Банянській.

Друга ділянка (середня) (камери № 10 - 16) на даний час є більш стійкою, швидкості осідання за даними попередніх вимірювань коливалися в межах 3 - 5 мм/рік, міжкамерні цілики тут поки що не втратили несучої здатності, однак процеси що більш активно тривають на двох суміжних - північній та південній ділянках можуть інтенсифікувати процес зсуву земної поверхні і в межах цієї частини шахтного поля.

Таблиця 1

**Характеристика провальних
воронок на Північному каїнітовому полі**

№ п/ п	№ ворон ки	Дата утворення	Параметри, м	Об'єм м ³	Назва виробітки, над якою утворилас я воронка	Відстан ь від денної поверхн і до <u>покрівлі</u> підшови виробки	Стан воронки
1	4	15.03.1984	5,0 X 5,0 X 0,5	62,5	Луговня 10	$\frac{63}{65}$	Засипана породами гіпсово- глинистої шапки
2	4 ^a	10.09.1985	1,5 X 1,0 X 1,0	1,5	--/--	--/--	--/--
3	4 ^b	15.09.1985	4,2 X 2,0 X 1,5	12,6	--/--	--/--	--/--
4	4 ^b	18.12.1985	2,0 X 1,5 X 1,0	3,0	--/--	--/--	--/--
5	5	27.06.1986	15,0 X 15,0 X 6,5	1462	Камера №33 ^b	$\frac{90}{95}$	--/--
6	7	07.07.1987	18,8 X 17,5 X 8,0	2632	Камера №7	$\frac{92}{122}$	--/--
7	8	29.06.1990	14,0 X 14,0 X 7,0	1372	Камера №33 ^b	$\frac{112}{125}$	--/--
8	10	19.07.1993	20,0 X 30,0 X 17,0	10250	Камери № 4, 5, 6, 7	$\frac{90}{117}$	--/--
9	10 ^a	24.07.1996	14,0 X 16,0 X 6,0	1344	--/--	--/--	--/--
10	10 ^b	12.02.1997	29,0 X 31,0 X 25	22475	--/--	--/--	--/--
11	12	15.12.2001	25,7 X 21,5 X 15,0	8289	Камера №3	$\frac{120}{140}$	--/--
	12	15.07.2003		3024	Камера №3, 2	$\frac{110}{131}$	--/--
12	14	22.07.2008	Воронка розширювалася від розміру 9м X 12м - до 11м X 19м X 28м (станом на 12. 2009 р.), Діаметр 40 м (станом на 01.01.2016)	11722	Камера №36, 35	$\frac{118}{145}$	здійснювалас я засипка, яка не завершена
13	15	01.04.2009	15 X 18 X 3	200	Камера №336	$\frac{112}{140}$	Не засипалася
14	14 ^a	16.11.2015	діаметр 26 м глибина 19 м	3361	Камери № 34, 33	$\frac{120}{143}$	--/--

2. Проведення геофізичних вимірювань та електромагнітна оцінка стану геосередовища в зоні провалу на території рудника «Калуш»

Для загальної оцінки стану геологічного середовища та моніторингу процесів що відбуваються в гірничому масиві крім аналізу існуючих даних що стосуються геологічної будови, гідрогеологічних умов, системи розробки покладів та геодезичних вимірювань застосовують також геофізичні методи досліджень. За період експлуатації, і особливо після завершення гірничих робіт в руднику "Калуш", над територією шахтних полів у різний час було проведено декілька серій геофізичних досліджень різними методами та апаратурою. При виконанні робіт по даному договору, у відповідності до технічного завдання, виконано геофізичні вимірювання на території що прилягає до системи воронок 14-14-а. Польові спостереження, обробка та інтерпретація даних виконувались Карпатським відділенням ІГФ НАН України.

В ході виконання робіт було паралельно застосовано два методи геофізичних досліджень, ефективність яких підтверджена практикою їх використання в межах території Калуш-Голинського родовища для вирішення аналогічних задач [4, 5, 6, 7, 8].

Методи досліджень – детальні високочастотні електромагнітні зондування нестационарними полями у ближній зоні джерела первинного поля (метод ЗСБ, об'єм: 44 фізичних точок (ф. т.)), що характеризується підвищеними розділовою здатністю по вертикалі та локальністю у горизонтальному напрямку, вимірювання природного імпульсного електромагнітного поля Землі (метод ПЕМПЗ, об'єм: 80 ф.т.). Основні параметри, що використовувались для оцінки стану середовища: електричний опір гірських порід, сумарна поздовжня електропровідність, інтенсивність та потужність компонент ПЕМПЗ, що тісно пов'язані кореляційними зв'язками з його фізичними характеристиками та напружено-деформованим станом.

2.1. Основні завдання ЕМ зондувань та методу ПЕМПЗ

Щодо обстеження ділянки Північного каїнітового поля рудника «Калуш»

- провести детальні спостереження методами ЗСБ та ПЕМПЗ за узгодженою сіткою профілів та пікетів;
- провести комплексний аналіз кореляційних зв'язків аномального електромагнітного поля з гео-механічним станом геологічного середовища;
- виділити і окреслити області покривної товщі (суглинки, глинисті сланці, пісковики), охоплені процесами розущільнення;
- визначити за аномаліями електропровідності та інтенсивності випромінювання природного імпульсного електромагнітного поля просторові характеристики (глибинні, латеральні) та степінь деградації геологічного середовища;
- оцінити імовірні сценарії розвитку карстових процесів на обстеженій ділянці.

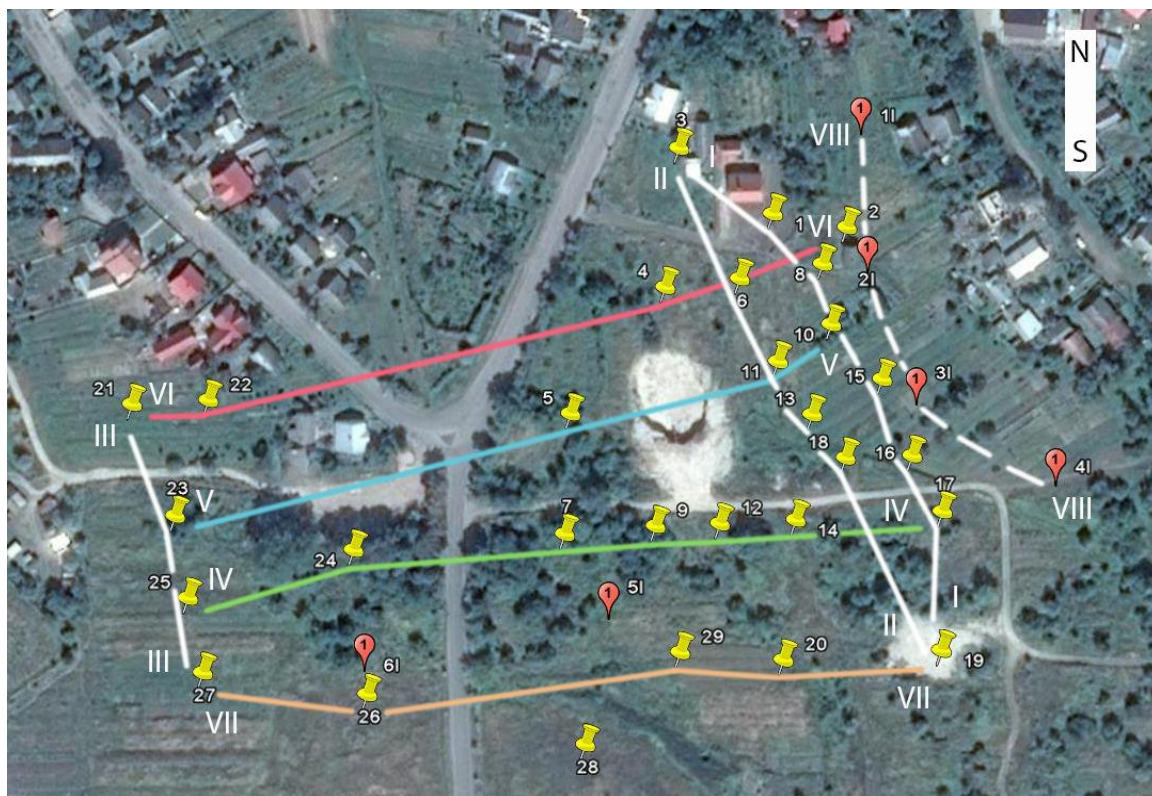
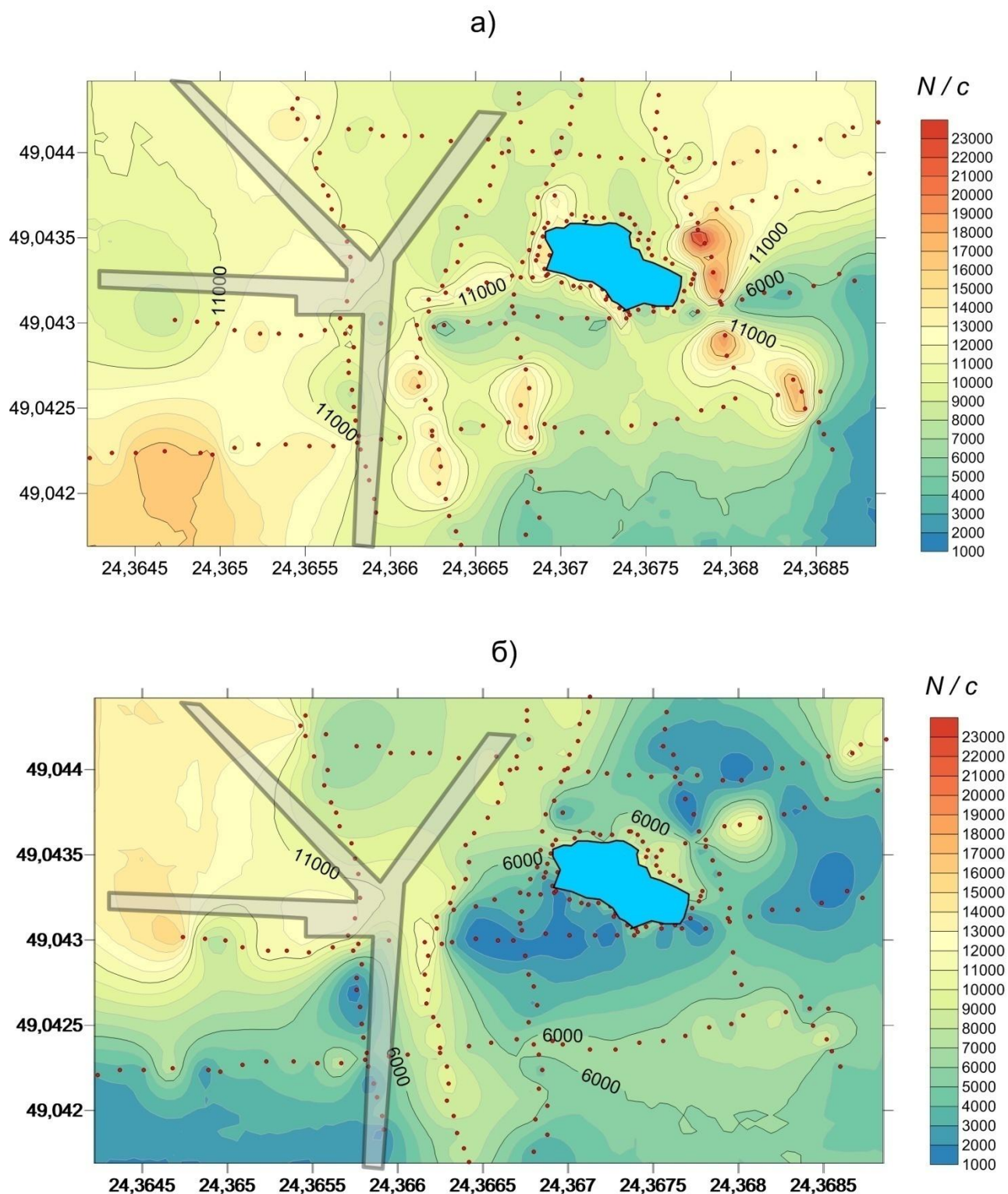


Рисунок 2.1. – Розташування профілів (I-I – VIII-VIII) та пікетів ЗСБ на ділянці карстового провалу, зондування 1-29 виконані установкою $Q=(30 \times 30) \text{ м}^2$ і $q=(20 \times 20) \text{ м}^2$, зондування 11, 21, 31, 41, 51, 61 виконані установкою $Q=(125 \times 125) \text{ м}^2$ і $q=(60 \times 60) \text{ м}^2$

2.2. Вимірювання і реєстрація 3-х компонент (N_x , N_y , N_z) сигналів ПІЕМПЗ

Результати вимірювань площинного розподілу інтенсивності горизонтальної (N_x/c) та вертикальної (N_z/c) компонент показані в плані, рис. 2.2(a, б) та у вигляді рельєфних поверхонь, рис. 2.3(a, б). Як видно з представлених рисунків, у загальному на досліджуваній ділянці рівень інтенсивності горизонтальної компоненти перевищує значення вертикальної, що імовірно зумовлено великою кількістю джерел техногенного та природного походження, що випромінюють завади тобто не природні, а техногенні перешкоди у вимірювальній частотній смузі, які поширюються над поверхнею Землі. Розташування спостережених аномалій ПІЕМПЗ частково співпадає з провалами, що відбулися раніше. Значна видовжена аномалія з боку карстового провалу відмічається горизонтальною та вертикальною компонентами вздовж дороги в районі перехрестя, також виокремлюється низка аномалій широтного простягання на південній частині ділянки, які фіксуються горизонтальним компонентом імпульсного поля. Дані аномалії можуть бути пов'язані з глибинним напружено-деформованим станом геологічного середовища. Отримані дані методу ПІЕМПЗ використані для проведення комплексного аналізу результатів площинних зондувань методом ЗСБ.



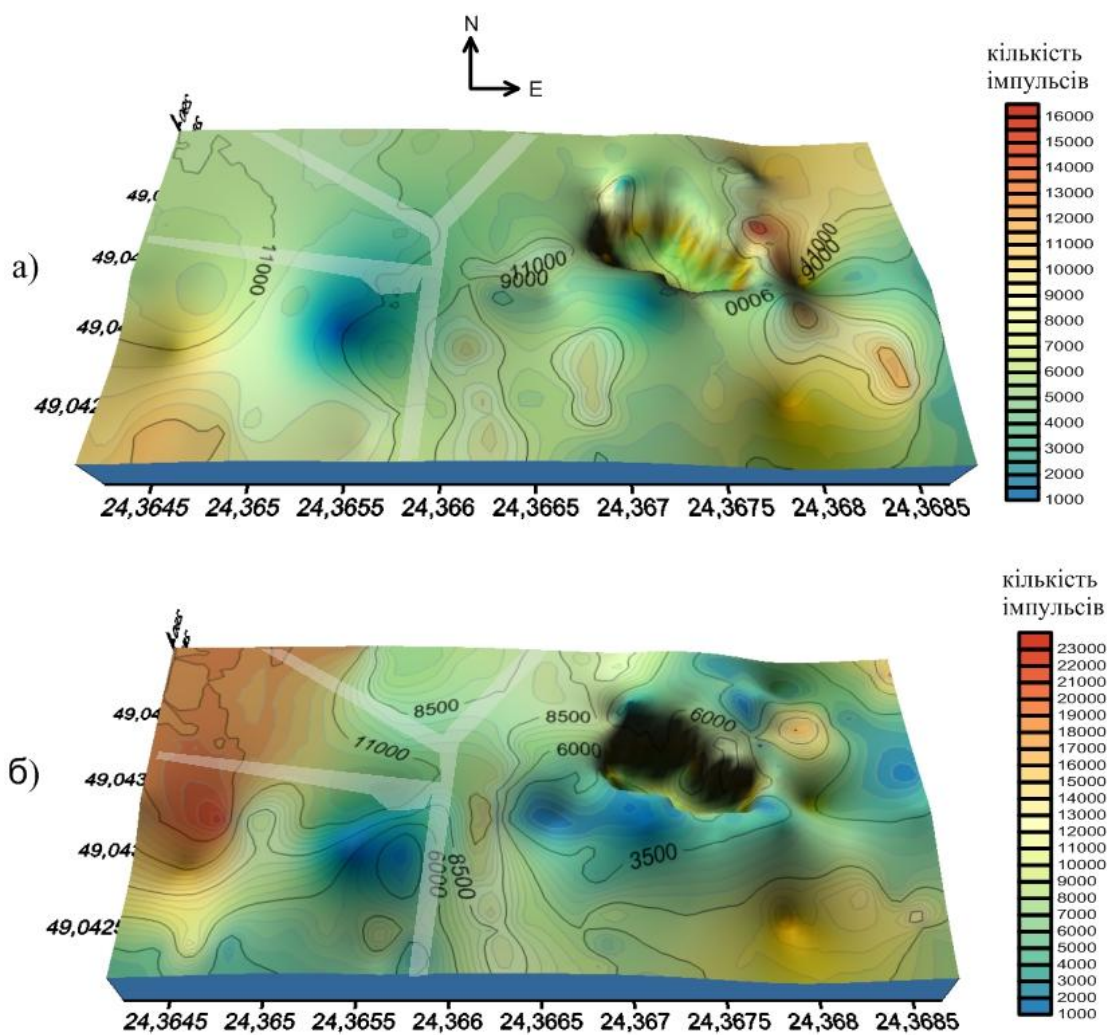


Рисунок 2.3. – Рель'єфне (3D) представлення розподілу інтенсивності N_x (а) та N_y (б) компонент ПЕМПЗ.

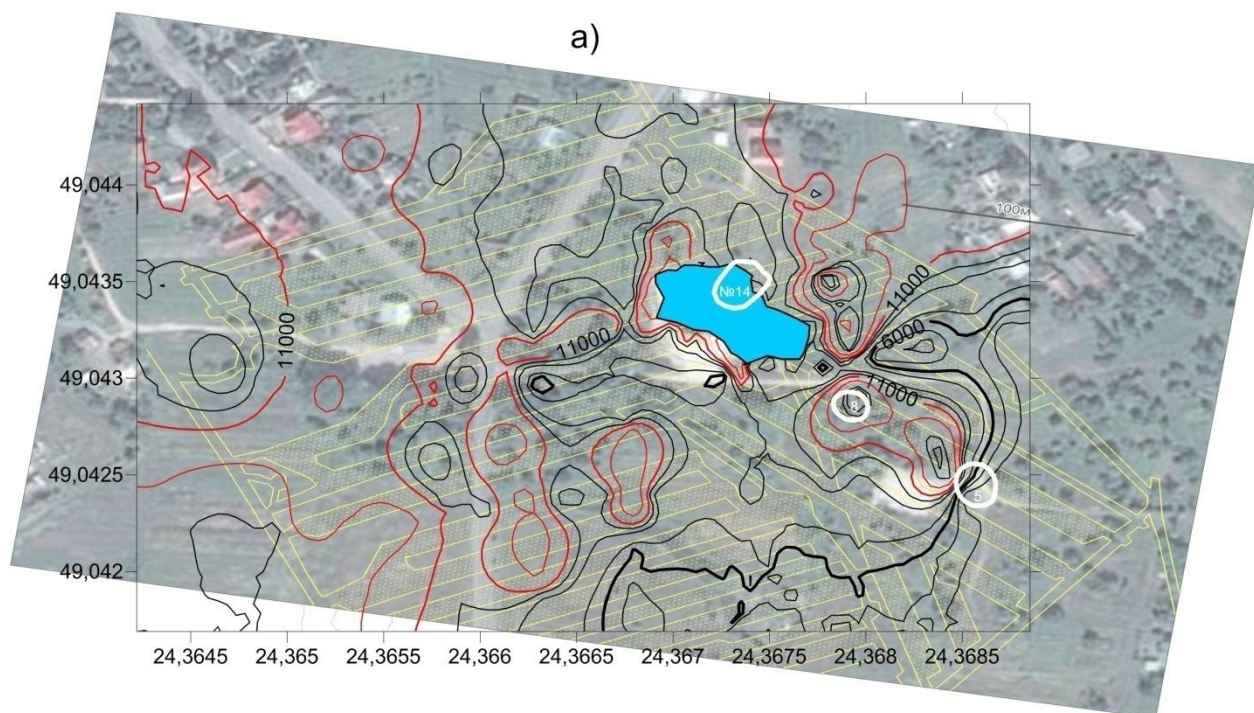


Рисунок 2.4. – Розподіл інтенсивності компоненти N_x ПЕМПЗ (червоні ізолінії відповідають значенням більшим за 10000) над відробленими камерами шахтного поля з нанесеними провальними воронками: №14, №8, №5

2.3. Результати електромагнітних зондувань

Отримані результати представлені у вигляді геоелектричних розрізів (I-I – VII-VII) рис. 2.5, вздовж визначених (рис. 2.1.) профілів, та у вигляді глибинних зрізів через кожні 10 м площинного розподілу питомого опору (починаючи з глибини 15м і закінчуючи глибиною 95 м) з накладеними на них контурами розподілу інтенсивності (N_x/c , N_z/c) сигналів ПЕМПЗ (рис.2.6.), а також у вигляді об'ємної геоелектричної моделі обстеженої ділянки (рис. 2.7.). Окремо показано, рис. 2.8., геоелектричний розріз VIII-VIII, побудований за результатами ЗСБ установкою більших розмірів: $Q=(120 \times 120)m^2$ і $q=(60 \times 60)m^2$, чим суттєво збільшено глибинність (до 160 м), зондувань, але при меншій розділовій здатності за глибиною та по латералі. На першому пікеті цього профілю фіксуються великі значення електропровідності середовища до глибини ≈ 120 м, починаючи з малих (біля 30 м) глибин, що імовірно зумовлено значним розущільненням геологічного середовища. Іншими зондуваннями цього профілю відмічається відносна однорідність верхньої частини розрізу, при тому підвищена електропровідність на більших глибинах можливо викликана впливом заповнених високо мінералізованим розчином камер. Отримані на цьому профілі дані добре збігаються з результатами детальних ЗСБ, що використовуються для побудови електричної моделі досліджуваної території.

2. 4. Геоелектричні розрізи.

Геоелектричні розрізи слугують основним інформативним матеріалом для електромагнітної оцінки стану обстеженого об'єкту. Вони побудовані за даними ЕМ зондувань, попередньої обробки і трансформації часових залежностей виміряного у кожному пікеті нестаціонарного поля в питомий опір (електропровідність) середовища на різних глибинах. Розподілом питомого опору ρ за глибиною H вздовж профілів вертикальні геоелектричні розрізи (рис. 2.5) об'єктивно відображають складну структуру та речовинний склад надсолевих відкладів.

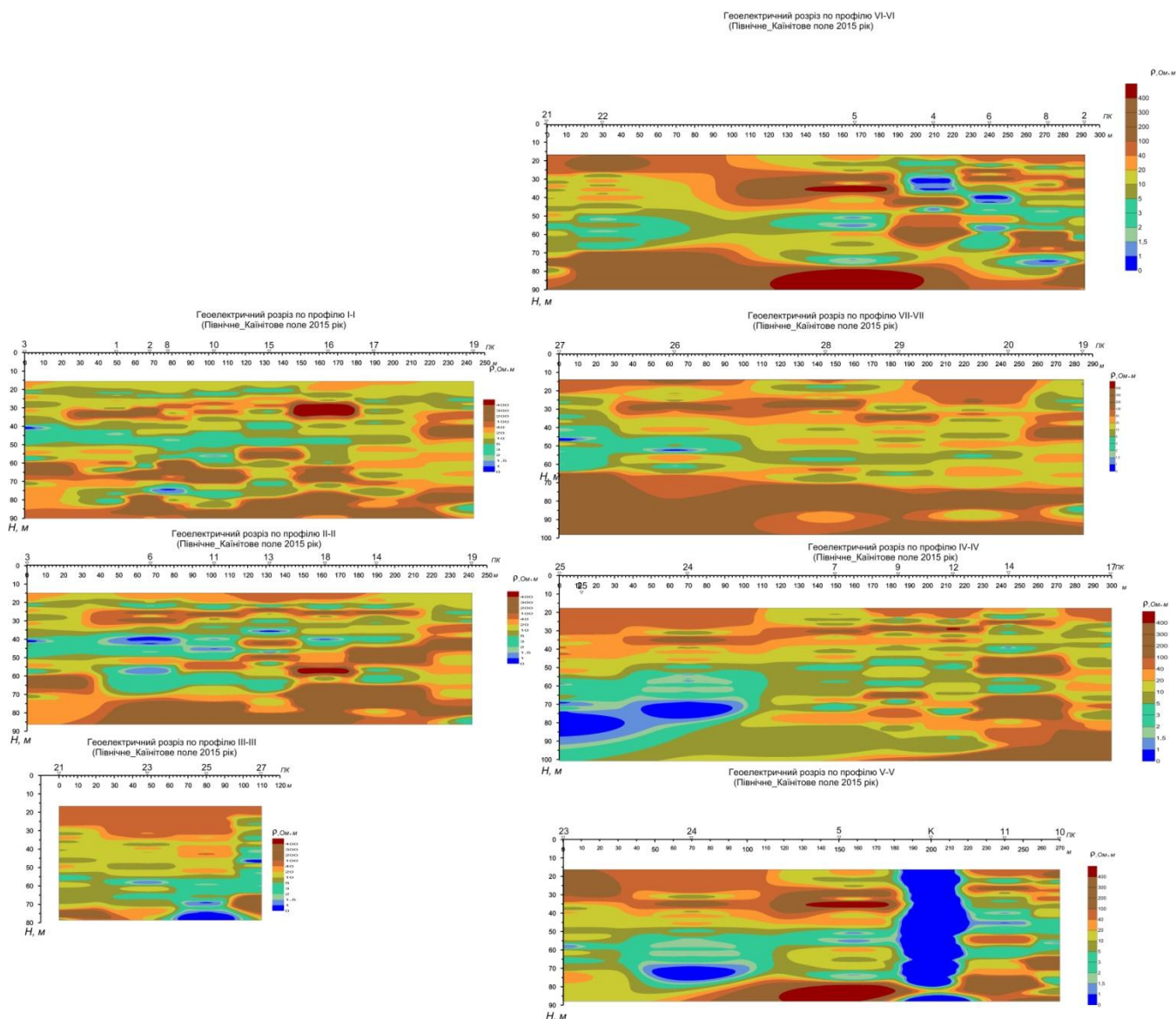


Рисунок 2.5. – Геоелектричні розрізи розподілу за глибиною H (м) питомого опору ρ (Ом·м) покривної товщі побудовані за результатами ЗСБЗ вздовж профілів.

Профіль I-I фіксує наявність аномальних за електропровідністю молодотужних областей на глибинах 40-80м, які в напрямі провалу (профіль II-II) стають більш потужними та заглибленими. На профілі III-III, який розташовується з іншого боку вулиці Вітовського, максимальна електропровідність (зменшення опору) відбувається на глибинах більших за 75м. Відзначимо також, що від профіля до профіля аномалія електропровідності поступово зміщується у південному напрямку.

Профіль VI-VI широтного напрямку пролягає з північного боку провалу. Пікетами 4 та 6, наближеними до провалу, відмічено аномально високі значення електропровідності на відносно малих, 30-40м глибинах, що узгоджується з даними глибинного зондування (профіль VIII-VIII). Профілем та

V-V (рис. 2.1., 2.5), який пересікає провал, на подібних глибинах відмічено протяжне розуцільнення в області провалу, яке не проявляється на профілі IV-IV, але розташованим південніше профілем VII-VII, як і профілем IV-IV, у південно-західній частині обстеженої ділянки виділяється потужна електропровідна область на значно більших глибинах з максимально високими значеннями електропровідності.

З метою комплексного аналізу отриманих даних методами ЗСБ та ПЕМПЗ, дані детальних ЗСБ представлено у вигляді глибинних зрізів питомого опору, на які накладено ізолінії інтенсивності горизонтальної, рис. 2.7, компоненти ПЕМПЗ. Глибинними зрізами сформовано об'ємну електричну модель геологічного середовища обстеженої території, рис. 2.7. Зрізам *a – e* площинного розподілу питомого опору відповідають глибини:

a–35м, б–45м, в–55м, г–65м, д–75м, е–85м.

З наведених на рис. 2.7 та рис. 2.8 даних видно, що латерально видовжені аномально високі значення електропровідності починають з'являтися біля провалу починаючи з глибини 35м. На більшій глибині (45м) проявляється аномалія підвищеної провідності з північно-східного боку провалу і зникає на наступних глибинах. При тому на південно-західному напрямі на глибині 55м з'являється видовжена область підвищеної електропровідності, яка поширюється на більші глибини, не досягаючи максимальних. Тобто за даними ЗСБ розуцільнена область має видовжену форму обмеженої потужності, яка охоплює на північному сході відносно малі глибини (імовірно водоносний горизонт), переходить область провалу і поширюється у південно-західному напрямі зміщуючись на нижчі гіпсометричні рівні.

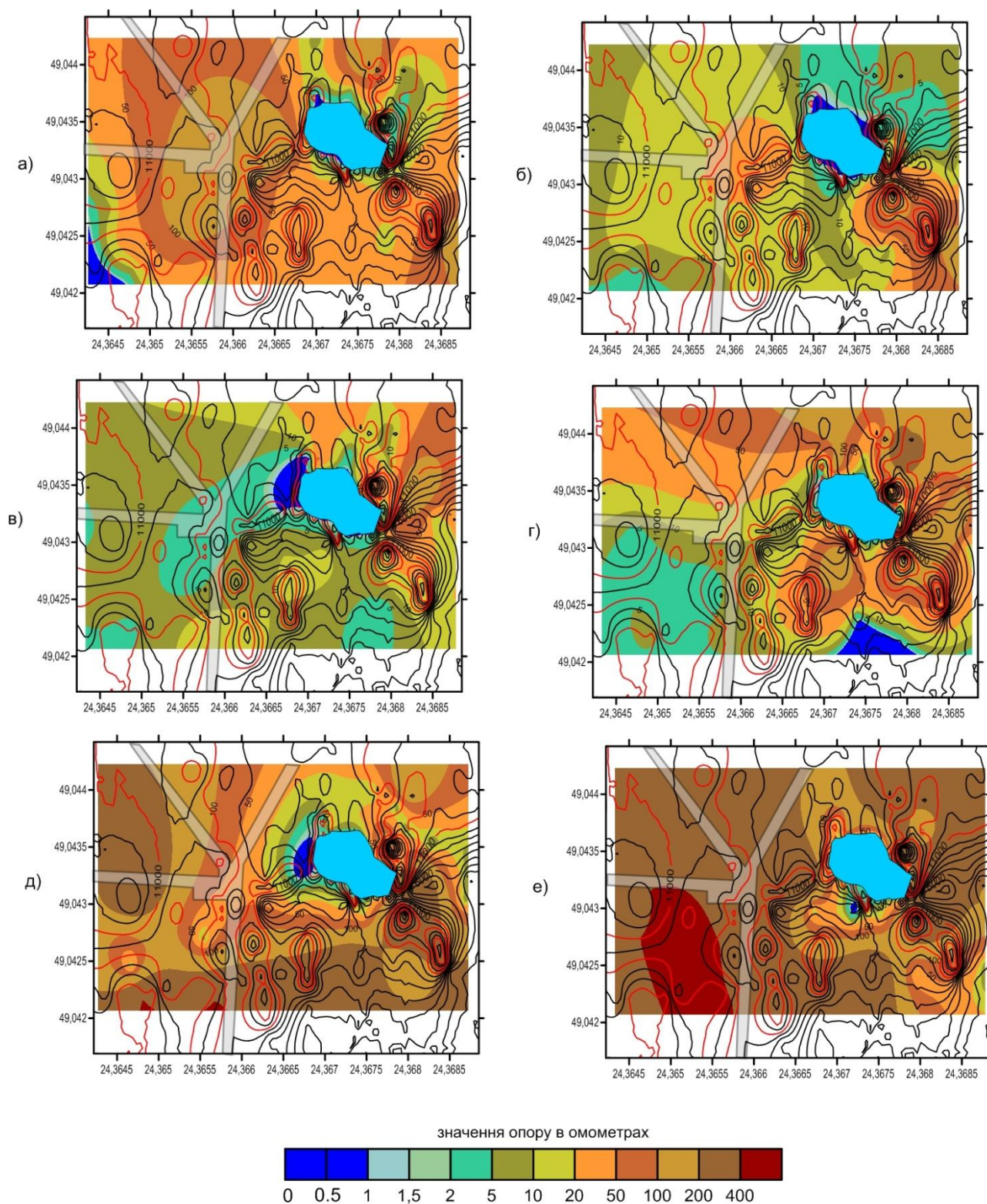


Рисунок 2.6. – Глибинні зрізи питомого опору за даними ЗСБ з ізолініями площинного розподілу інтенсивності (N_x/c) сигналів ПЕМПЗ. Ізолінії червоного кольору відповідають більшим за 10000 значенням.

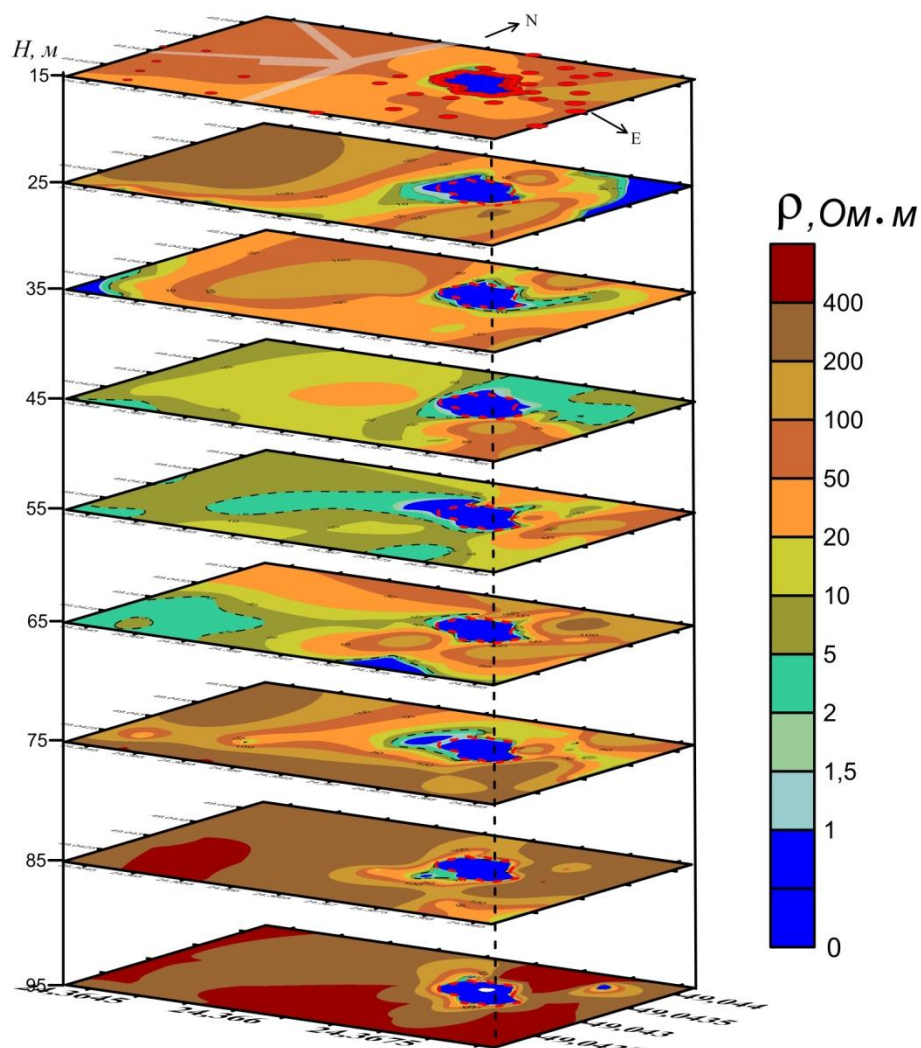


Рисунок 2.7. – Просторове представлення результатів ЗСБ обстеженої ділянки.

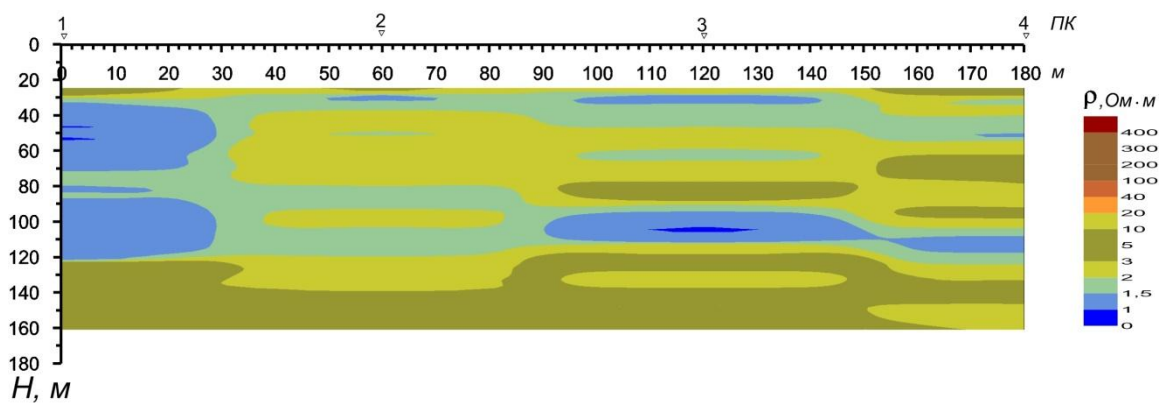


Рисунок 2.8. – Глибинний геоелектричний, профіль VIII-VIII.

Аналізуючи отримані дані ЗСБ та аномалії ПЕМПЗ у сукупності з геологічною будовою та процесами, що відбуваються на цій території під впливом природних і техногенних факторів слід зазначити наступне.

У східній частині ділянки нанесені на карту (рис. 2.4.) шахтного поля провальні воронки №14, №14а, №8, №5 розташовані фактично вздовж одної прямої лінії, при тому воронки чітко фіксуються аномаліями ЗСБ та ПЕМПЗ. Це може вказувати на наявність геологічної причини їх виникнення, а саме розривної структури.

У західній частині підземні камери, заглиблюючись мають інший (південно-західний) напрям, що співпадає з простяганням низькоомної (розущільненої) виділеної ЗСБ зони, при тому притаманні проявам карсту локальні аномалії відсутні. Збільшення глибини залягання виділеної зони відбувається узгоджено з глибиною залягання відробленого покладу.

Найбільш небезпечні щодо активізації карстових процесів є обмежені області, наближені до провалу північного заходу, що мають характерні ознаки карсту за даними застосованого технологічного комплексу. Виявлене розущільнення покривної товщі цих областей на малих глибинах очевидно пояснюється сприятливими властивостями її речовинно-фаціального складу. Ці умови зберігаються на більших глибинах південно-західної частини у напрямі виділеної ЗСБ аномальної зони.

3. Узагальнення даних гірничо-геологічних та геофізичних досліджень, прогнозування розвитку небезпечних явищ, розробка рекомендацій із запобігання виникнення надзвичайних ситуацій та визначення обсягів робіт з ліквідації провальних воронок

3.1. Основні висновки

У листопаді 2015 року в межах північного флангу Північного каїнітового поля "ліквідованого" рудника "Калуш" утворився черговий, однак можна прогнозувати не останній провал земної поверхні.



Фото. 3.1. Воронка 14^а . 17 листопада 1915 р.

Руйнування земної поверхні з провалюванням верхньої частини гірничого масиву та фонтануванням високомінералізованої рідкої фази відбулося в декількох метрах на південь від провальної воронки № 14, яка утворилася на цій території у липні 2008 року. Зона розвитку провалоутворень знаходиться в кількох десятках метрів від шосейної дороги та перехрестя вулиць Вітовського - Глібова - Мостиської.





Фото. 2 (а, б). Напрямок переміщення рідкої фази (розсолів) при утворенні провалу 14^а.



Фото. 3.3. Початковий етап існування воронки 14а - окремо від воронки 14.



Фото 3.4. Руйнування перемички між воронками 14 та 14а.



Фото. 3.5. З'єднання воронок в єдину систему.

Як видно із розвитку процесів, які тривають після заповнення шахтних порожнин, ситуація відрізняється від очікуваної. Щодо інтенсивності просідання території за останні роки дані відсутні, оскільки інструментальні заміри по закладеній свого часу маркшейдерській мережі не здійснюються. Однак провальні процеси на території шахтного поля тривають. Загалом на Північному каїнітовому полі рудника "Калуш" утворилося 14 провальних воронок та одне раптове просідання обширної території над групою камер.

Ділянка останнього провалу, у вигляді системи воронок 14-14^а охоплює зону, що простягається поперек від камери 36 до камери 33 включно з ціликами між цими камерами. Щодо параметрів видобувних виробок над якими відбулося руйнування земної поверхні існують наступні дані: всі камери (36, 35, 34, 33) у верхній своїй частині виходять на камеру 41 розташовану на IV горизонті на глибині 115-120 м від поверхні, а нижніми горловинами всі згадані камери виходять на головний відкаточний штрек VI горизонту що знаходиться на рівні 215-220 м від земної поверхні. З наведених даних видно, що камери пройдені під значним кутом нахилу (до 30-35°), що має важливе значення для розвитку процесів пов'язаних як з утворенням, так і наступною ліквідацією провальних воронок. На ділянці безпосередньо під місцем утворення провалів № 14 - 14^а покрівлі камер 36-33 знаходяться на глибинах 118-125м, а підосви цих камер на глибині 140-145 м від поверхні. дані камери розроблялися у період із 1968 по 1973 рік.

На рис.3.1.а. наведено геологічний розріз побудований вздовж ділянки розробки пласта камерою № 34 на період до початку видобувних робіт, тобто

до 1965 року. На рис. 3.1.б. показана ситуація, що склалася в гірничому масиві після утворення воронки № 14а. Така інтерпретація подана за даними гірничо-геологічних матеріалів. Однак комплекс геофізичних досліджень, що проводився в ході виконання робіт по даному договору дозволив отримати дані, які уточнюють наші уявлення про характер процесів що тривають у гірничому масиві (рис. 3.1.в.).

На рис. 3.2. наведено розріз через камеру № 36, побудований нами у 2008 році одразу після утворення провальної воронки №14.

Виходячи з отриманих результатів вважаємо за необхідне виконати апробований в процесі виконання робіт комплекс геофізичних досліджень в межах усього Північного каїнітового поля. Таку роботу потрібно виконати паралельно із геодезичними вимірюваннями по закладеній на поверхні мережі профілів та з наступною обробкою отриманих даних.

рис. 3.1 (а, б, в)

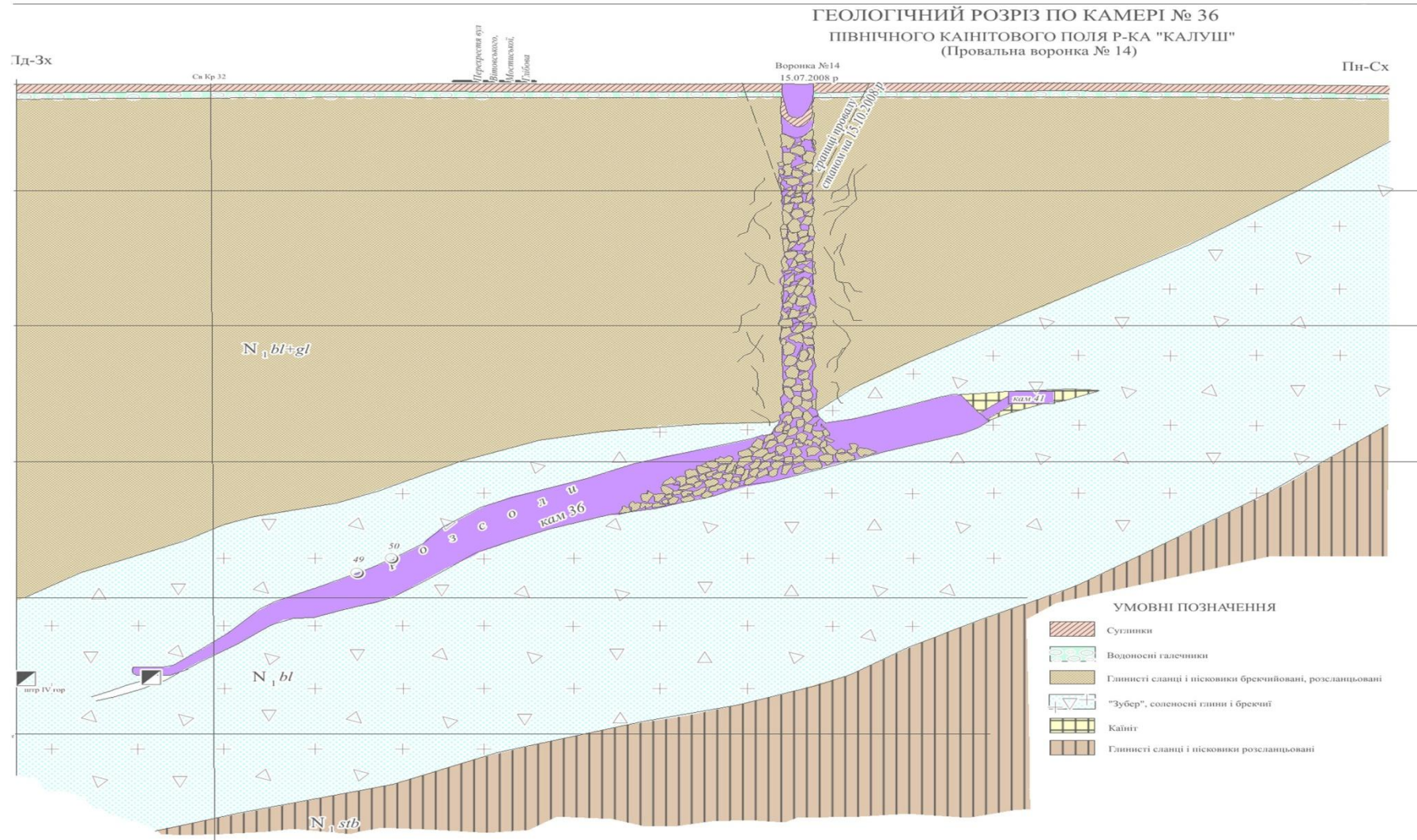


Рис. 3.2. Схематичний геологічний розріз по простяганню камери № 36 через провальну воронку № 14.

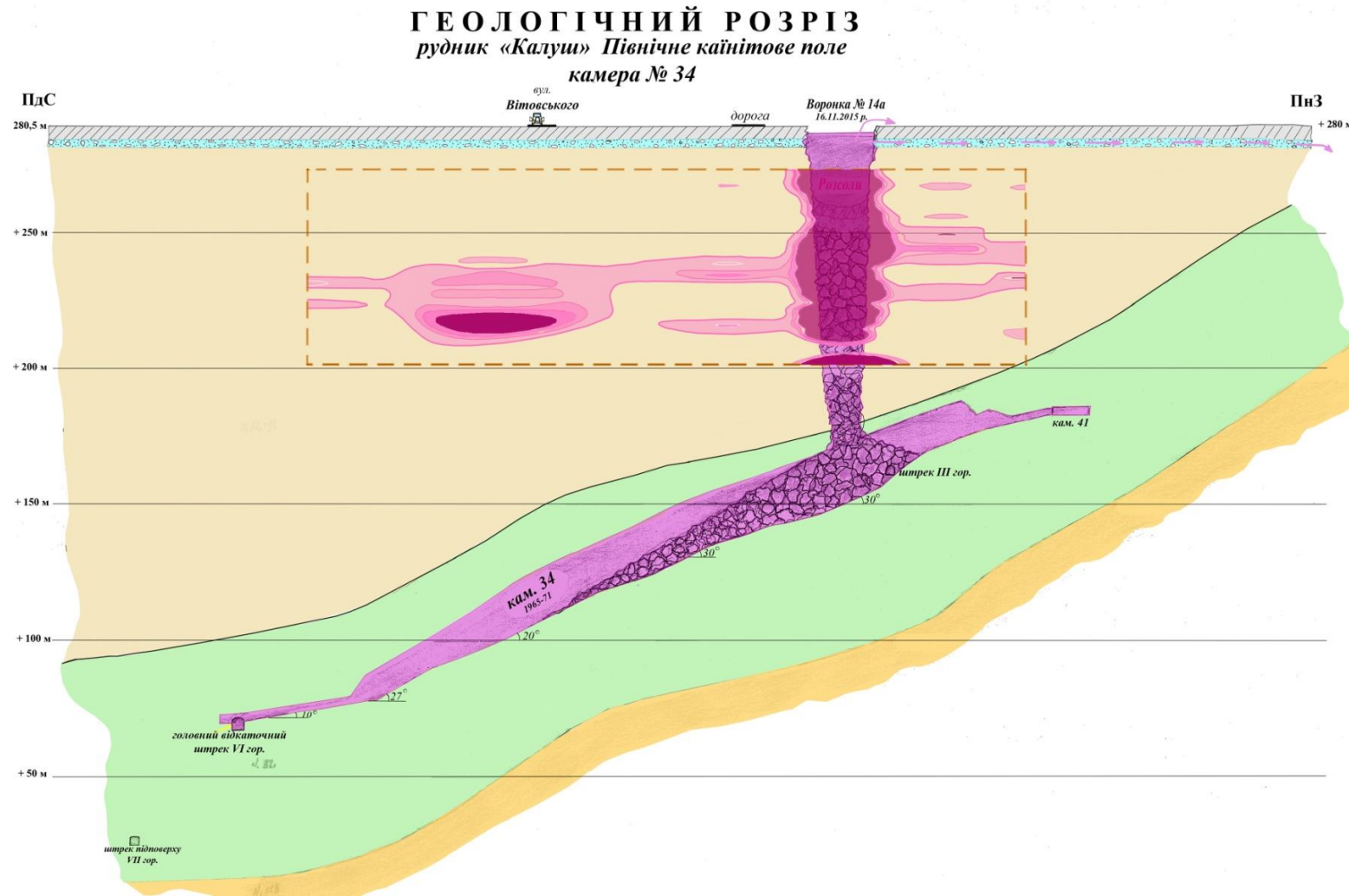


Рис. 3.3.

Геологічний розріз по простяганню камери № 34 з накладанням зон аномальної провідності встановлених за даними геофізичних досліджень 2015-16 р.р.

3.2. Рекомендації щодо порядку організації робіт з ліквідації (засипки) провальних воронок № 14 і 14а

1. Загальні дані про стан ділянки

Даним проектом передбачається безпечне проведення робіт із засипки провальних воронок № 14 та 14а, що утворилися відповідно 16.07.2008 р. та 16.12.2015 р. на території городніх ділянок садіб розташованих в районі перехрестя вулиць Вітовського, Глібова і Мостиської. Зазначена площа знаходиться в межах території Північного каїнітового поля рудника "Калуш". Контур провалля на поверхні охоплює площу, яка на глибині проектується на очисні камери № 36, 35, 34 до камери 33 та міжкамерні цілики що розділяли ці виробки. Координати воронок $X_{ум.} 34644$ ($X_{іст.} 49644$), $Y_{ум.} 26960$ ($Y_{іст.} 21960$), $Z + 288,0м$.

Провальна воронка № 14а утворилася через значний проміжок часу (на сьомий рік) після утворення воронки № 14. При виникненні воронка 14а спочатку була відокремлена від сусідньої воронки перемичкою шириною 3-7 м. Через два дні перемичка раптово зруйнувалася і два провальні утворення об'єдналися у єдину систему.

Розмір воронок після їх виникнення змінювався, особливо активно в початковий період. Зокрема при утворенні воронки у липні 2008 року її розміри були 11 X 19 X 28 м. На жовтень 2008 р розмір воронки в плані збільшився і склав 31 X 24,5 м по осям. Рівень дзеркала рідкої фази від денної поверхні знизився від 0,8 при утворенні до 1,2 м. Пониження рівня мінералізованої рідкої фази у провальній воронці відбувалося за рахунок її дренажу в напрямку регіонального нахилу підземного потоку водоносного горизонту та в бік русла річки Сівка. На даний час (грудень 2015 року) воронка № 14 набула близької до округлої форми, її розміри ще збільшилися у порівнянні із зафіксованими у 2008 році й становлять близько 40 м в діаметрі. Після з'єднання із новоутвореною воронкою № 14а загальна протяжність утвореної системи двох воронок становить близько 67 м. Діаметр воронки 14^а, яка також набула форми близької до округлої при утворенні становив близько 15 м, і на даний час (січень 2016 р.) складає 26 м. Схематично ситуацію зображено на рисунку 3.1. Оскільки рельєф земної поверхні навколо з'єднаної системи провальних воронок 14 -14а є нерівним, то рівень рідкої фази знаходиться на відстані від 0,6 до 2,4 м від цієї поверхні.



Рисунок 3.4.. Розташування системи воронок 14 та 14а.

Щодо параметрів видобувних виробок над якими відбулося руйнування земної поверхні існують наступні дані: всі камери (36, 35, 34, 33) у верхній своїй частині виходять на камеру 41 розташовану на IV горизонті на глибині 115-120 м від поверхні, а нижніми горловинами всі згадані камери виходять на головний відкаточний штрек VI горизонту що знаходиться на рівні 215-220 м від земної поверхні. З наведених даних видно, що камери пройдені під значним кутом нахилу (до $30-35^{\circ}$), що має важливе значення для розвитку процесів пов'язаних як з утворенням, так і наступною ліквідацією провальних воронок. На ділянці безпосередньо під місцем утворення провалів № 14 - 14а покрівлі камер 36-33 знаходяться на глибинах 118-125м, а підосви цих камер на глибині 140-145 м від поверхні. Висота виробок 15 - 22 м, ширина 9 м. Зазначені камери розроблялися у період із 1968 по 1973 рік.

Геологічний розріз в районі утворених воронок є наступним. Соленосна товща в якій пройдені шахтні виробки представлена соленосною брекчією (передроблена глиниста кам'яна сіль т. з "зубер"), серед якої залягає пласт полімінеральних калійно-магнієвих солей, який і був предметом розробки. Вище солених відкладів залягає так звана "мидлярка" - товща глинистих сланців з прошарками пісковиків. Породи зазнали інтенсивного дроблення, розсланцювання з утворенням т. з. дзеркал ковзання на поверхні окремих фрагментів. Ці породи є вкрай не стійкими і схильними до утворення вивалів при їх розкритті гірничими виробками. У верхній частині розрізу, ближче до денної поверхні залягають четвертинні відклади, які представлені гравійно-гальковими відкладами та алювіальними суглинками. Гравійно-галькові відклади являються тим природним колектором у якому

концентруються ґрунтові води, тобто це єдиний водоносний горизонт нашої місцевості. Потужність цього інтервалу сягає від 2 до 8 метрів. Завершує геологічний розріз шар суглинків потужністю від 2,5 до 5 - 7 м у верхній частині яких сформувався ґрунтово-рослинний шар.

Через зону провальних воронок проходять два не діючі колектори: металевий діаметром близько 400 мм та бетонний діаметром до 1000 мм.

Одразу після виникнення провальні воронки були заповнені витісненими із підземних порожнин рудника соляними розчинами, які з часом почали розбавлятися ґрунтовими і поверхневими водами. При утворенні останньої провальної воронки відбулося фонтанування розсолів із залповим витісненням соляних розчинів які стекли по пониженню рельєфу та канавах на поверхні в східному від провалля напрямку до русла р. Сівки. За деякий час перед утворенням провалу працівниками Калуської санстанції було зафіксовано підвищення мінералізації води у криницях садиб розташованих на північ від зони провалу. Це свідчить про те, що високомінералізовані розчини витісняються із затоплених підземних виробок та розвантажуються у водоносний горизонт.

З наведених даних видно, що у гірничому масиві в межах території шахтних полів рудника "Калуш", у тому числі й Північного каїнітового поля відбуваються складні процеси, які після досягнення певних критичних значень проявляються на поверхні у вигляді раптових провалів земної поверхні. Такі явища становлять значну небезпеку для людей та негативно впливають на загальний екологічний стан місцевості.

Для запобігання нещасних випадків та зменшення негативного впливу на водоносний горизонт утворені над затопленими шахтними виробками провалля необхідно ліквідовувати шляхом їх заповнення глинистими ґрунтами. З досвіду ліквідації попередніх провальних воронок відомо, що в якості матеріалу для засипки застосовувалися породи гіпсово-глинистої шапки та покривні суглинки. Оскільки згадані роботи здійснювалися підприємством (калійний завод ВАТ "Оріана") у період його виробничої діяльності, при якій здійснювалися розкривні роботи у Домбровському кар'єрі, то необхідні обсяги матеріалу доставлялися транспортом підприємства. Роботи із відсипки глинистих ґрунтів у зоні попередніх провальних воронок та планування території також виконувалися транспортними засобами цього підприємства.

Оскільки на даний час згадане підприємство (калійний завод ВАТ "Оріана") припинило свою виробничу діяльність та перебуває у стані банкрутства-санації, то роботи із ліквідації існуючих провалів земної поверхні повинні здійснити служби чи підрядні організації, які володіють необхідною технікою.

У якості матеріалу для робіт із заповнення провальних воронок пропонуємо використати глинисті ґрунти закладовані у відвалі розкривних порід № 1, або на території колишнього місця складування глинистих

відходів рудника "Калуш" яке розташоване в районі вулиць Ринкової та Хіміків і відоме під назвою "солянка" або "галда".

Пропонується розглянути два варіанти процесу організації робіт із безпосереднього виконання засипки провальних воронок.

Перший - із використанням у якості основного механізму для виконання робіт екскаватора типу драглайн.

Другий - із використанням скреперної лебідки такого ж типу, які застосовувалися для скрепірування руди при відробці практично усіх видобувних камер на рудниках Калуш-Голинського родовища калійних солей.

В обох випадках у якості додаткового механізму необхідно використовувати бульдозер.

Судячи із аналізу гірничо-геологічних матеріалів та даних геофізичних досліджень стан гірничого масиву в районі системи провальних воронок № 14 - 14а є не стабільним. Найбільш безпечною на даний час ділянкою для початку робіт із ліквідації воронки північна сторона воронки 14. Найбільш імовірними напрямками розширення системи воронок є північно-західний і південно-східний фланги об'єднаного провалу. Тому пропонуємо організувати роботи наступним чином:

I Варіант використання в якості основного механізму екскаватора драглайн.

1. Екскаватор драглайн розміщується поблизу північної сторони існуючої воронки 14.
2. Розвантажувальна площадка для привезених самоскидами ґрунтів знаходиться за зоною руху ковша. Порода підсовується в зону досяжності ковша бульдозером.
3. Екскаваторник зачерпує ковшом породу, переміщає її над воронкою і висипає.
4. За можливості бульдозерист також переміщує призначені для засипки ґрунти в напрямку воронки дотримуючись безпечної від її краю відстані.

II Варіант з використанням скреперної лебідки.

1. Лебідка встановлюється та закріплюється анкерами в землю у південно-східній частині системи воронок 14 - 14а.

2. На протилежному борту воронок, тобто в північно-західній частині на оптимальній відстані в землю закріплюється 3 - 4 металевих якоря ("больца"). між ними натягується трос.

3. На трос вішається шахтний блок, через який пропускається холостий трос. До кінця троса кріпиться скреперний ківш.

4. Другий кінець робочого троса кріпиться до коромисла ковша.

Операція по скрепіруванню виконується наступним чином:

- робочий (скреперист) відтягує на холостому ходу ківш до блока;
- бульдозерист нагортає на скреперну доріжку ґрунти для засипки;
- скреперист вмикає робочий барабан та захоплюючи ковшем ґрунти

переміщує до області розвантаження і висипає.

- після відсипки вмикається холостий барабан і ківш переміщується в зворотньому напрямку та виставляється в позицію для забору чергової порції ґрунтів.

Підрахунок кількості ґрунту необхідного для засипки провальних воронок № 14 і 14а.

За даними виконаних обстежень та вимірювань параметрів провальних воронок № 14 і 14а отримано наступні дані.

Загальна форма верхньої площини на рівні денної поверхні утвореної системи воронок наближено являє собою два спряжені круга діаметром 40 і 26 м. Замір максимальної глибини більшої з воронок (№ 14) становить 28 м від рівня відмітки земної поверхні. Максимальна глибина меншої воронки (14а) -19 м. Форма обох воронок в глибину наближається до конуса. Тому розраховуємо об'єм провалів за формулою визначення об'єму конуса.

$$V_{14} = 1/3 * 3,14 * 400 * 28 = 11722 \text{ м}^3;$$

$$V_{14a} = 1/3 * 3,14 * 169 * 19 = 3361 \text{ м}^3;$$

$$\text{Разом: } 11722 + 3361 = 15083 \text{ м}^3.$$

Враховуючи досвід ліквідації попередніх провальних воронок та особливості форми камер і їх розташування в межах системи відробки, необхідно передбачити процес усадки та подальшого сповзання зволоженої маси ґрунтів у камерах, а також загальної тенденції просідання усієї території шахтного поля, можна передбачати, що підрахованої кількості ґрунту буде не достатньо для приведення даної ділянки у безпечний стан. Крім заповнення об'єму провальних воронок рекомендуємо створити на цій площі насип висотою до 2 м. Тому пропонуємо передбачити коефіцієнт 2 до розрахованого об'єму ґрунту. Таким чином загальний об'єм ґрунту необхідного для ліквідації утворених провалів та підвищення стабільності цієї ділянки становить близько 30 тис. м³.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сивоконь Е.П. Анализ процесса добычи калийных руд на Калушском и Стебницком рудниках 1960 г. Фонди Дп НДІ галургії.
2. Предварительные рекомендации по ликвидации рудника "Калуш" Калуш-Голынского месторождения калийных солей. Отчёт. ВНИИГ, Калуш, 1977.
3. Анализ ситуации сложившейся на руднике "Калуш" в связи с внезапным оседанием земной поверхности над Северным Каинитовым полем. Отчёт ВНИИГ, Ленинград - Калуш 1987 г.
4. Шамотко В.І., Дешиця С.А. Дослідження динаміки процесу карстоутворення на шахтних полях калійних рудників / «Дослідження сучасної геодинаміки Українських Карпат» // За редакцією В.І. Старостенка. – Київ: „Наукова думка”. – 2005. – С. 210-232.
5. Геофізичний моніторинг екобезпечних геологічних процесів в агломерації м. Калуша / Шуровський О.Д., Анікеєв С.Г., Шамотко В.І., Дешиця С.А., Ніколаєнко О.А., Поплюйко О.Г. // Мінеральні ресурси України. – 2012. – №2. – С. 31–38.
6. С.А. Дешиця, О.І. Романюк, Ю.В. Садовий, О.І. Підвірний, Р.І. Кусайло, В.В. Коляденко Результати детальних електромагнітних зондувань проблемної ділянки північного борту Домбровського кар'єру // Геодинаміка. – 2013. – №2(15) - с.136-138.
7. Сидоров В.А. Импульсная индуктивная электроразведка. – М.:Недра, 1985. – 185 с.
8. Сейфуллин Р.С., Дешиця С.А. Особенности и преимущества интегрального способа обработки данных зондирования становлением поля // Геофизический. журнал. —2009. — Т.31, N5 — С.152-160.