

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ГЕОДЕЗІЇ, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ГЕОІНФОРМАТИКИ

Реєстрац. № 176-12/25

На правах рукопису

УДК528.16047.36:

522.371(477.87)

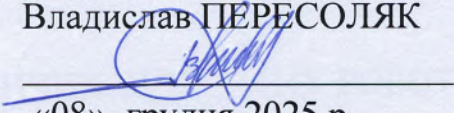
«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри геодезії,

землеустрою та геоінформатики

к.н. з д.у., доц.

Владислав ПЕРЕСОЛЯК


«08» грудня 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему :

**«ГЕОДЕЗИЧНИЙ СУПРОВІД ПРИ ГІРНИЧИХ ВІДКРИТИХ РОБОТАХ НА
ПРИКЛАДІ КАМ'ЯНИЦЬКОГО 2-ГО РОДОВИЩА»**

Спеціальність: 193 «Геодезія та землеустрій»

Виконавець роботи :

Студент

Клин Олександр В'ячеславович

Науковий керівник :

к. т. н., доц.

Радиш Ігор Петрович

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
РЕЄСТРАЦІЯ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
19 грудня 2023 р.
ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ГЕОДЕЗІЇ, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ГЕОІНФОРМАТИКИ

Кваліфікаційна робота бакалавра допущена до захисту
Завідуючий кафедрою геодезії, землеустрою та геоінформатики
кафедра у.р. Викладач ПЕРЕСОЛЯК
Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи магістра

на тему :

«ГЕОДЕЗИЧНИЙ СУПРОВІД ПРИ ГІРНИЧИХ ВІДКРИТИХ РОБОТАХ НА
ПРИКЛАДІ КАМ'ЯНИЦЬКОГО 2-ГО РОДОВИЩА»

Виконав:

студент 2 курсу магістратури заочної форми навчання
зі спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Виконав :  Олександр КЛИН

Керівник :  Ігор РАДИШ

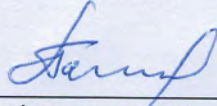
Рецензент :  Світлана БОКША

Реєстрація №176-12/25

(номер)

«08» грудня 2025 р.

(дата)



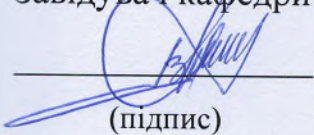
(підпис інженера кафедри)

Святослав ПОЛІЩУК

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Кваліфікаційна робота бакалавра допущена до захисту

Завідувач кафедри геодезії, землеустрою та геоінформатики



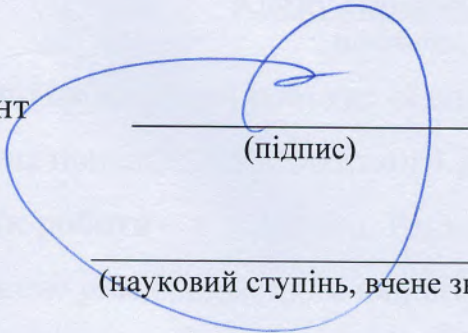
к.н.з д.у., доц. Владислав ПЕРЕСОЛЯК

(підпис)

«08» грудня 2025 р.

(дата)

Рецензент



(підпис)

(науковий ступінь, вчене звання)

ДВНЗ «УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

Факультет: географічний

Кафедра: геодезії, землеустрою та геоінформатики

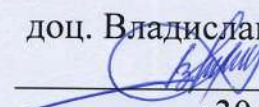
Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр

Спеціальність: 193 «Геодезія та землеустрій»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
геодезії, землеустрою та
геоінформатики

доц. Владислав ПЕРЕСОЛЯК



«30» квітня 2025 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Клину Олександр В'ячеславовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема кваліфікаційної роботи: «Геодезичний супровід при гірничих відкритих роботах на прикладі Кам'яницького 2-го родовища»

Керівник роботи – к. т. н., доц. Радиш Ігор Петрович

Затверджено розпорядженням вищого навчального закладу № 21 від «30» жовтня 2025 р.

Строк подання студентом кваліфікаційної роботи «08» грудня 2025 р.

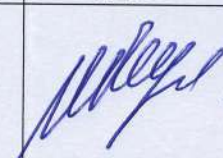
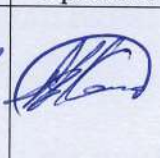
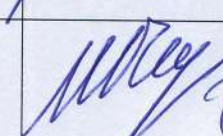



1. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

2. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

- 1) Вивчення нормативно-правових основ організації та функціонування геодезичного супроводу відкритих гірничих робіт:
 - a) визначення сутності геодезичного супроводу;
 - b) аналіз законодавчого регулювання;
 - c) дослідження сучасних методів і засобів;



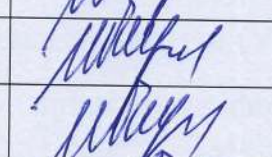
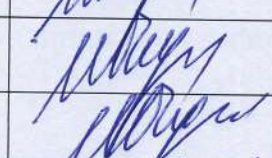
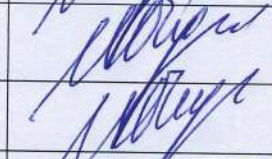
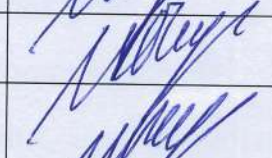
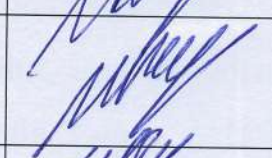
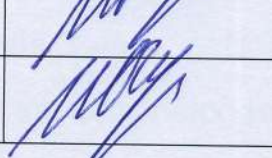
- 2) Дослідження природно-технічних умов (аналогічно до "опрацювання проектних рішень"):
- a) характеристика географічного положення та геології;
 - b) аналіз природних умов;
 - c) обґрунтування проектних рішень;
- 3) Розробка системи геодезичного супроводу (основний практичний блок):
- a) планування та організація;
 - b) методика виконання зйомок і розбивок;
 - c) контроль точності та безпеки;
 - d) економічне обґрунтування;
- 3. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):**

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, Ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Розділ 1. Теоретичні основи та нормативне забезпечення геодезичного супроводу відкритих гірничих робіт	к. т. н., доц., Радиш І.П.		
Розділ 2. Фізико - географічна характеристика регіону дослідження	к. т. н., доц., Радиш І.П.		
Розділ 3. Геодезичний супровід відкритих гірничих робіт на прикладі кам'яницького-2 родовища	к. т. н., доц., Радиш І.П.		

Дата видачі завдання: « 30 » квітня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання роботи	Термін виконання етапів роботи	Підпис керівника
1.	Вивчення законодавчих джерел, довідкова й періодична література з теми дослідження		
2.	Збір вихідних даних		
3.	Написання розділу 1		
4.	Написання розділу 2		
5.	Робота над розділом 3		
8.	Здача на перевірку та виправлення кваліфікаційної роботи		
9.	Проведення рецензування та здача готової роботи на кафедрі		

Студент



Олександр КЛИН

Керівник дипломного проекту



к. т. н., доц. Ігор РАДИШ

Як автор несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення захищеної кваліфікаційної роботи бакалавра на офіційних web-ресурсах ДВНЗ «УжНУ».

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Студент



Олександр КЛИН

АНОТАЦІЯ

Клин О.В. - «Геодезичний супровід при гірничих відкритих роботах на прикладі Кам'яницького 2-го родовища»

У кваліфікаційній роботі виконано комплексне дослідження організації, планування та сучасних методів геодезичного супроводу відкритих гірничих робіт на прикладі Кам'яницького-2 родовища андезитів (Ужгородський район, Закарпатська область). Окрему увагу приділено формуванню опорної геодезичної мережі, полігонометричним та нівелірним роботам, а також побудові експлуатаційної координатної сітки. Розроблено технологічну схему маркшейдерського забезпечення буровибухових робіт, включно з GNSS-розбивкою, маркуванням устя свердловин, визначенням їх просторового положення та розрахунком параметрів зарядів.

Використання лазерного сканування та цифрових моделей рельєфу дає можливість оперативно контролювати геометрію уступів, об'єми гірничої маси та дотримання проектних параметрів, що підвищує точність і безпеку виробничих процесів. Результати дослідження демонструють ефективність комплексного геодезичного супроводу при організації та виконанні відкритих гірничих робіт.

Ключові слова: геодезичний супровід, маркшейдерські роботи, GNSS-технології.

ANNOTATION

Klyn O.V. – «Geodetic Support for Open-Pit Mining Operations on the Example of the Kamianytske-2 Deposit»

The qualification work presents a comprehensive study of the organization, planning, and modern methods of geodetic support for open-pit mining operations using the Kamianytske-2 andesite deposit (Uzhhorod District, Zakarpattia Region) as a case study. Special attention is given to the development of a geodetic control network, implementation of polygonometry and leveling surveys, as well as the construction of an operational coordinate grid. A technological scheme for mine surveying support of drilling and blasting operations has been developed, including GNSS-based staking, marking of borehole collars, determination of their spatial position, and calculation of charge parameters.

The use of laser scanning and digital terrain models enables efficient monitoring of bench geometry, volumes of mined rock mass, and compliance with design parameters, thereby improving the accuracy and safety of production processes. The results of the study demonstrate the effectiveness of integrated geodetic support in organizing and performing open-pit mining operations.

Keywords: geodetic support, mine surveying, GNSS technologies.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО СУПРОВОДУ ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБІТ	13
1.1. <i>Поняття та значення геодезичного супроводу відкритих гірничих робіт</i>	
13	
1.2. <i>Законодавче і нормативно-технічне регулювання геодезичних робіт при відкритій розробці родовищ</i>	17
Висновки до 1-го розділу.	26
РОЗДІЛ 2. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ	27
2.1. <i>Загальна характеристика та природні умови родовища Кам'яницьке-2</i>	27
2.3. <i>Особливості планування відкритої розробки родовища</i>	34
Висновки до 2-го розділу.	39
РОЗДІЛ 3. ГЕОДЕЗИЧНИЙ СУПРОВІД ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБІТ НА ПРИКЛАДІ КАМ'ЯНИЦЬКОГО-2 РОДОВИЩА.....	40
3.1. <i>Сучасні методи і засоби геодезичного супроводу кар'єрів</i>	40
3.2. <i>Планування та організація геодезичних робіт при освоєнні родовища ...</i>	48
3.3. <i>Виконання маркшейдерських зйомок і розбивок у процесі видобутку.....</i>	69
3.4. <i>Контроль точності та забезпечення безпеки гірничих робіт геодезичними методами.....</i>	83
Висновки до 3-го розділу.	90
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	92
ДОДАТКИ.....	97

ВСТУП

Розвиток сучасного гірничопромислового комплексу країни невід’ємно пов’язаний з інтенсифікацією видобутку корисних копалин та рекультивацією технічно порушених територій. Відкрита розробка родовищ є найбільш поширеним методом добування мінеральної сировини в Україні і становить основу матеріального забезпечення економіки. Однак успішне проведення гірничих робіт на кар’єрах великих масштабів, забезпечення їх геометричної точності, виробничої безпеки та екологічної прийнятності можливе лише за умови систематичного і високоточного геодезичного контролю на всіх етапах.

Актуальність. Геодезичний супровід як комплекс організаційно-технічних заходів служить основою для забезпечення точності геометричних параметрів видобувного уступу, розкривних робіт, розташування свердловин під буро-вибухові роботи, контролю параметрів розвалу гірничої маси, звіту по обсягам відпрацьованого матеріалу. Без геодезичного супроводу неможливо реалізувати плани розробки родовища, забезпечити безпеку персоналу, дотримуватись екологічних обмежень та виробничих нормативів, регламентованих українським законодавством і технічними правилами.

На прикладі Кам’яницького 2-го родовища, розташованого в Закарпатській області, актуальність даної роботи зумовлена як теоретичною значущістю систематизації нормативної бази для геодезичного контролю, так і практичною потребою у розробці діючої системи супроводу конкретного об’єкта розробки. Родовище характеризується складною геологічною будовою, наявністю технічних обмежень, близькістю до житлової забудови та природоохоронних об’єктів, що особливо посилює вимоги до геодезичного контролю і обґрунтування кожного технологічного рішення.

Метою даної роботи є обґрунтування, розробка та практична реалізація комплексної системи геодезичного супроводу відкритих гірничих робіт на Кам’яницькому 2-му родовищі.

Завдання:

- Провести аналіз чинної нормативно-правової бази (Державні будівельні норми, НПАОП, ДСТУ та міжнародні стандарти), визначити вимоги до геодезичного супроводу та ідентифікувати прогалини між теорією і практикою.
- Охарактеризувати географічне, геологічне та техніко-господарське середовище Кам'яницького 2-го родовища, виходячи з наявної документації (топопланів, геолого-картографічних розробок, даних буріння).
- Обґрунтувати і розробити специфічну систему геодезичного супроводу для даного об'єкта з урахуванням його розмірів, форми, глибини, рельєфу, гідрогеології та технологічної схеми видобутку.
- Розробити детальну методику виконання геодезичних робіт (зйомки, розбивки, моніторинг деформацій), встановити критерії точності, регулярність проведення вимірювань.
- Розглянути аспекти контролю безпеки та економічного обґрунтування, включаючи оцінку витрат на геодезичний супровід і потенційні збитки від його відсутності.

Об'єктом дослідження є Кам'яницьке 2-ге родовище.

Предметом дослідження є принципи, методи і практичні технології організації та реалізації геодезичного супроводу при відкритій розробці родовищ.

Під час написання роботи було використано наступні методи дослідження: історико-компаративний, системний аналіз, математичне моделювання, порівняння та моніторинг.

Практична цінність роботи

Прикладна цінність виявляється в оптимізації часу на розбивку та зйомку свердловин, автоматизації обробки результатів, скороченні терміну розробки нових блоків, а також у мінімізації ризиків супутніх аварійних ситуацій через своєчасний геодезичний моніторинг укосів і зон небезпеки. Рекомендації та технологічні інструкції можуть масштабуватися на інші кар'єри країни: вони містять типові рішення для організації геодезичного супроводу, тобто

допомагають скоротити час та підвищити якість розробки проектної документації в аналогічних умовах. Робота також є цінним посібником для підготовки маркшейдерів та геодезистів, придатна для використання в освітньому та навчальному процесі.

Апробація результатів дослідження. Основні результати дослідження було представлено на XII Міжнародної науково-практичної конференції «Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні та природокористуванні» GeoTech Zakarpattya 2025, (23–25 жовтня 2025 року, м. Ужгород).

Кваліфікаційна робота складається з трьох розділів із загальним обсягом 93 сторінок. Представлена 12-ма таблицями та 18-ма рисунками.

Перший розділ присвячений теоретичним основам, нормативно-правовій базі та сучасним методам геодезичного супроводу гірничих робіт. Розглядаються українські та міжнародні стандарти, визначаються вимоги до точності, розбираються новітні технологічні рішення.

Другий розділ характеризує природно-технічні умови Кам'яницького 2-го родовища — географічне положення, геологію, гідрогеологію, рельєф, обмеження. На основі цих даних обґрунтовуються основні параметри видобутку і вимоги до геодезичного контролю.

Третій розділ розпочинається з розробки комплексної системи геодезичного супроводу — від організаційних структур до конкретних методик виконання робіт. Описуються схеми розташування мереж, методи контролю, критерії точності, вимоги безпеки, графіки проведення заходів. Надається економічне обґрунтування системи.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО СУПРОВОДУ ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБІТ

1.1. Поняття та значення геодезичного супроводу відкритих гірничих робіт

Сучасна гірничодобувна промисловість України є важливим компонентом національної економіки, що забезпечує видобуток стратегічно важливих корисних копалин. Відкритий спосіб розробки родовищ залишається домінуючим у галузі, оскільки дозволяє досягати високої продуктивності праці, менших капітальних витрат та більш безпечних умов ведення робіт порівняно з підземним способом. Однак ефективність та безпека відкритих гірничих робіт безпосередньо залежать від якості їх геодезичного та маркшейдерського забезпечення, що робить питання геодезичного супроводу надзвичайно актуальним у контексті раціонального використання надр та охорони навколишнього середовища [28].

Геодезичний супровід будівництва та виробничих процесів являє собою складний комплекс інженерно-геодезичних робіт, що виконуються на всіх етапах реалізації проекту з метою забезпечення точної відповідності проектної документації до реального виконання будівельних та технологічних процесів. У контексті відкритих гірничих робіт геодезичний супровід набуває специфічних особливостей та трансформується у маркшейдерське забезпечення гірничого виробництва.

Маркшейдерські роботи в умовах кар'єрів представляють собою систему геодезичних вимірювань, розрахунків та графічних побудов, що забезпечують правильність та безпечність ведення гірничих робіт. За визначенням вітчизняних фахівців, маркшейдерські роботи виконуються на всіх етапах освоєння родовища корисних копалин для забезпечення раціонального використання та охорони надр. Це підкреслює комплексний характер геодезичного супроводу, що охоплює весь життєвий цикл гірничого підприємства від проектування до ліквідації або рекультивациі [14].

Відповідно до діючих нормативних документів, маркшейдерське забезпечення передбачає виконання широкого спектру завдань, включаючи створення опорних та знімальних мереж, інструментальні зйомки гірничих виробок, визначення обсягів видобутих та розкривних порід, контроль геометричних параметрів гірничих робіт тощо. При відкритому способі розробки родовищ контролюються відповідність геометричних параметрів гірничих робіт проектним та паспортним даним, висота та кут нахилу уступів, ширина транспортних берм та робочих площадок.

Геодезичний супровід відкритих гірничих робіт вирішує комплекс взаємопов'язаних завдань, що можна класифікувати за декількома напрямками. По-перше, це створення та підтримка геодезичного обґрунтування на гірничому підприємстві. Маркшейдерське обґрунтування включає опорні планово-висотні мережі на земній поверхні, а також знімальні мережі для проведення детальних зйомок. Створення надійної геодезичної основи є фундаментом для всіх подальших маркшейдерських робіт та забезпечує необхідну точність визначення просторового положення об'єктів [18].

По-друге, важливим напрямом є маркшейдерське забезпечення проектування та ведення гірничих робіт. Це включає винесення в натуру проектного положення гірничих виробок, траншей, транспортних шляхів та інших елементів кар'єрної інфраструктури. Маркшейдерське забезпечення буровибухових робіт передбачає розмітку блоків, винесення точок закладення свердловин, контроль їх просторового положення та глибини.

По-третє, систематичне знімання гірничих виробок та облік руху запасів корисних копалин становить основу оперативного управління виробництвом. Маркшейдерські зйомки кар'єра виконуються за допомогою сучасних електронних тахеометрів, лазерних сканерів, супутникових геодезичних приладів та безпілотних літальних апаратів. За результатами зйомок складаються та поновлюються погоризонтні плани гірничих виробок, розрізи, профілі, що відображають актуальний стан розвитку гірничих робіт.

По-четверте, визначення обсягів видобутих корисних копалин та розкривних порід є критично важливим для економічного обліку та планування роботи підприємства. Сучасні методи підрахунку обсягів базуються на порівнянні цифрових моделей рельєфу, створених за результатами періодичних маркшейдерських зйомок. Це дозволяє з високою точністю визначати обсяги виконаних робіт та контролювати відповідність фактичних показників плановим завданням.

Рівень безпеки відкритих гірничих робіт безпосередньо визначається якістю маркшейдерського супроводу. Контроль правильності ведення робіт здійснюється маркшейдерською службою шляхом інструментальних знімів гірничих виробок і виконання спеціальних замірів, результати яких зіставляють з проектними параметрами. У робочих зонах перевіряють висоту та кут нахилу уступів, ширину й уклін транспортних берм, а також ширину робочих площадок; у неробочих — відповідність фактичних параметрів бортів кар'єру їх граничному стану [7].

Під час відкритої розробки всі маркшейдерські операції виконуються з дотриманням чинних вимог з охорони праці та безпечного ведення гірничих робіт. Норми промислової безпеки регламентують заходи щодо захисту людей, виробничого обладнання й довкілля. У цьому контексті геодезичний (маркшейдерський) контроль є ключовим елементом системи промислової безпеки гірничодобувних підприємств.

Реалізація ефективного геодезичного супроводу гірничих операцій передбачає врахування специфічних особливостей відкритого способу розробки родовищ. Основною характеристикою кар'єрів є їх динамічна природа — постійна зміна геометрії гірничих виробок, розширення контурів видобування, глибинне проникнення фронту робіт. Це означає, що маркшейдерське забезпечення не може обмежуватися одноразовими вимірюваннями на початку освоєння родовища, а вимагає систематичного та багаторазового повторення всього комплексу геодезичних робіт.

Дослідження показують, що при недостатній якості геодезичного супроводу втрати коливаються від 1,5 до 3,5 відсотків від загального обсягу видобутку, що при річному видобутку мільйонів тонн становить значні матеріальні втрати. Точний облік геометричних параметрів кар'єру забезпечує повне вилучення корисної копалини та мінімізацію залишкових запасів в граничному положенні.

На найбільших гірничодобувних підприємствах України, таких як кар'єри Кривбасу та Закарпаття, маркшейдерське забезпечення досягає найвищого рівня складності та важливості. Великі кар'єри характеризуються масштабними обсягами видобутку — до 20-30 мільйонів тонн на рік — та значними глибинами розроблення, які можуть досягати 200-300 метрів. Такі параметри вимагають особливої уваги до контролю стійкості бортів, дотримання безпечних зон та точного обліку видобутку.

На великих кар'єрах формуються спеціалізовані маркшейдерські служби з розширеним штатом, що включають головного маркшейдера, провідних маркшейдерів для окремих ділянок видобування, техніків та помічників. Така організаційна структура дозволяє забезпечити неперервний контроль над всіма аспектами гірничих операцій, включаючи повітряний моніторинг з БПЛА та наземні інструментальні вимірювання. Розподіл функцій та зон відповідальності значно підвищує якість роботи та дозволяє своєчасно виявляти та усувати відхилення від проектних рішень.

Сучасний розвиток інформаційних технологій суттєво трансформував методологію геодезичного супроводу гірничих операцій. Впровадження цифрових методів, автоматизованих систем обробки даних та штучного інтелекту відкрило нові можливості для підвищення якості та ефективності маркшейдерського забезпечення. Традиційні ручні методи обробки геодезичних вимірювань витісняються автоматизованими комплексами, що дозволяють обробити великі масиви даних за короткий час з мінімальною кількістю помилок.

Програмне забезпечення для автоматизації маркшейдерських робіт охоплює широкий спектр функцій — від первинної обробки полів вимірів до

складання виконавчої гірничо-графічної документації. Спеціалізовані гірничі програмні комплекси, такі як K-MINE, Surpac Mining Software та інші, дозволяють автоматизувати не лише розрахункові, але й графічні роботи. Така автоматизація скорочує трудомісткість маркшейдерських робіт на 40-50 відсотків, звільняючи часу для більш важливих аналітичних та контрольних функцій.

Впровадження цифрових технологій у маркшейдерське забезпечення також дозволяє реалізувати інтеграцію даних з різних джерел. Дані від електронних тахеометрів, GNSS-приймачів, лазерних сканерів та БПЛА можуть бути комбіновані в єдиному програмному середовищі для створення комплексної цифрової моделі кар'єру.

Екологічна компонента також отримує значні переваги від цифровізації маркшейдерського супроводу. Детальна інформація про динаміку змін рельєфу, обсяги видобутку, розташування відвалів та транспортних комунікацій дозволяє розробляти та реалізовувати більш ефективні плани рекультивації та охорони навколишнього середовища. Цифрові моделі послужити основою для планування поетапної біологічної рекультивації, визначення оптимальних схем розміщення озеленення та формування екологічного каркасу на території відпрацьованого кар'єру.

Геодезичний супровід відкритих гірничих робіт є комплексною системою маркшейдерського забезпечення, що охоплює весь життєвий цикл гірничодобувного підприємства від проектування до ліквідації. Значення геодезичного супроводу полягає в забезпеченні раціонального використання надр, безпечності ведення гірничих робіт, точності обліку видобутих корисних копалин та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

1.2. Законодавче і нормативно-технічне регулювання геодезичних робіт при відкритій розробці родовищ

Законодавче і нормативно-технічне регулювання геодезичних робіт при відкритій розробці родовищ в Україні формує комплексну систему правових,

технічних та організаційних норм, що забезпечують раціональне використання надр, безпеку ведення гірничих робіт та охорону навколишнього середовища. Ця система включає закони України, державні будівельні норми, галузеві накази та стандарти, які регламентують усі аспекти геодезичного супроводу відкритих гірничих робіт від проектування до ліквідації підприємств.

Основним законодавчим актом, що регулює топографо-геодезичну діяльність в Україні, є Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» № 353-XIV від 23 грудня 1998 року. Цей закон встановлює правові засади діяльності у сфері геодезії та картографії, визначає повноваження центрального органу виконавчої влади з питань топографо-геодезичної діяльності, встановлює вимоги до виконавців робіт, регулює питання використання, обліку та охорони геодезичних пунктів [25].

Відповідно до Закону, геодезична мережа визначається як сукупність геодезичних пунктів, державна геодезична мережа включає постійно діючу мережу спостережень глобальних навігаційних супутникових систем та геодезичні мережі 1, 2 і 3 класу. Закон регламентує порядок створення та використання геодезичної мережі, встановлює систему ліцензування та сертифікації фахівців, визначає відповідальність за порушення законодавства.

Гірничі відносини, в рамках яких здійснюється геодезичний супровід відкритих гірничих робіт, регулюються Кодексом України про надра від 27 липня 1994 року № 132/94-ВР (зі змінами). Кодекс встановлює, що надра є виключною власністю Українського народу і надаються тільки у користування, визначає права та обов'язки користувачів надр, регулює питання раціонального використання та охорони надр. Статті 53, 56, 61, 63 Кодексу безпосередньо стосуються маркшейдерського забезпечення гірничих робіт, встановлюють вимоги до ведення геологічної та маркшейдерської документації [13].

Гірничий закон України від 6 жовтня 1999 року № 1127-XIV (зі змінами) встановлює правові та організаційні засади гірничих відносин при користуванні надрами. Стаття 10 визначає систему державного нагляду у сфері гірничих відносин, що здійснюється центральним органом виконавчої влади з охорони

праці та гірничого нагляду. Стаття 24 встановлює перелік документів, необхідних для проведення гірничих робіт, включаючи геолого-маркшейдерську документацію, технічні проекти, паспорти та схеми [4].

Закон України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 року № 2694-ХІІ (у редакції від 21 листопада 2002 року зі змінами) встановлює основи регулювання з питань безпеки праці. Стаття 28 регламентує опрацювання, прийняття та скасування нормативно-правових актів з охорони праці, що є правовою основою для розробки галузевих правил безпеки при виконанні маркшейдерських робіт [24].

Ключовим нормативно-технічним документом є Наказ Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України від 31 березня 2021 року № 669 «Про затвердження Правил виконання маркшейдерських робіт під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин», зареєстрований у Міністерстві юстиції України 6 липня 2021 року за № 884/36506 [23]. Цей наказ затвердив нові Правила, що встановлюють структуру маркшейдерської служби гірничого підприємства, організаційні та технічні вимоги до маркшейдерських робіт, порядок ведення та зміст маркшейдерської документації при відкритому і підземному способах розробки родовищ.

Нормативні вимоги є обов'язковими для всіх господарюючих суб'єктів та їх відокремлених структурних підрозділів, незалежно від організаційно-правової форми чи форми власності, які здійснюють на території України проектування, будівництво, експлуатацію, консервацію та ліквідацію підприємств з видобутку рудних і нерудних корисних копалин. Документ визначає технічні умови для створення маркшейдерських планово-висотних опорних і знімальних мереж, винесення в натуру проектних позицій гірничих виробок, знімання відкритих розробок, забезпечення вибухових робіт, обробку вимірів та склад і зміст звітної документації. Правилами деталізовано порядок та точність виконання маркшейдерських робіт на всіх етапах освоєння родовища, встановлено методику й похибки вимірювань сучасними електронними приладами,

передбачено застосування супутникових технологій для створення мереж і визначено вимоги до ведення електронної документації.

ДБН В.1.3-2:2010 «Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві» (у редакції з урахуванням Зміни №1, чинної від 1 червня 2018 року) встановлюють загальні правила проектування, виконання та приймання геодезичних робіт під час будівництва, реконструкції, технічного переоснащення об'єктів будівництва будь-якого призначення. ДБН поширюються на геодезичні роботи при будівництві гірничих підприємств та є обов'язковими для застосування [6].

Документ встановлює вимоги до створення геодезичної розмічувальної мережі, виконання розмічувальних робіт, контролю точності геометричних параметрів будівель і споруд, геодезичного моніторингу деформацій. ДБН визначають систему забезпечення точності, порядок виконання виконавчих знімків, правила складання виконавчої документації.

ДБН В.1.1-24:2009 «Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування» (чинні від 1 січня 2011 року) поширюються на проектування споруд і заходів з інженерного захисту територій, будівель і споруд від шкідливої дії небезпечних геологічних процесів, включаючи деформації земної поверхні від гірничих робіт. Норми встановлюють вимоги до проведення інженерно-геологічних вишукувань, геодезичного моніторингу небезпечних геологічних процесів, розробки заходів інженерного захисту [5].

ДСТУ 2393-94 «Геодезія. Терміни та визначення» (чинний від 1 січня 1995 року) встановлює терміни та визначення основних понять в галузі геодезії, що є обов'язковими для використання в документації усіх видів, науково-технічній, навчальній і довідковій літературі. Стандарт забезпечує єдність термінології в геодезичних та маркшейдерських роботах [8].

ДСТУ 2402-94 «Прилади геодезичні. Терміни та визначення» встановлює єдину систему термінології щодо геодезичних приладів [9].

Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 ГКНТА-2.04-02-98, затверджена наказом Головного управління геодезії,

картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 9 квітня 1998 року № 56, зареєстрована у Міністерстві юстиції України 23 червня 1998 року за № 393/2833 [11]. Інструкція встановлює технічні вимоги до виконання робіт з побудови геодезичних мереж та топографічного знімання, що використовуються при створенні маркшейдерської документації гірничих підприємств.

Порядок побудови Державної геодезичної мережі, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 7 серпня 2013 року № 646, встановлює вимоги до створення та підтримання державної геодезичної мережі, що є вихідною основою для маркшейдерських мереж гірничих підприємств [21].

GNSS-приймачі, що використовуються для створення опорних мереж, повинні забезпечувати точність визначення планового положення точок не гірше ± 10 міліметрів при виконанні статичних спостережень та не гірше ± 20 міліметрів при визначенні просторового положення у режимі реального часу (RTK). Нівеліри повинні забезпечувати точність визначення висотних різниць не гірше $\pm 1,3$ міліметра на кілометр подвійного ходу. Всі вимірювальні прилади підлягають регулярній перевірці та калібруванню не менше одного разу на рік в акредитованих лабораторіях.

Додаток А

Основні діючі документи

№	Найменування документа	Реквізити	Що регламентує	Статус
1	Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність»	№ 353-XIV від 23.12.1998 (зі змінами)	Правові засади топографо-геодезичної діяльності, вимоги до виконавців робіт, ліцензування, використання геодезичних мереж, державний нагляд	Чинний
2	Кодекс України про надра	№ 132/94-ВР від 27.07.1994 (зі змінами)	Регулювання гірничих відносин, права та обов'язки користувачів надр, раціональне використання та охорона надр, вимоги до ведення маркшейдерської	Чинний

№	Найменування документа	Реквізити	Що регламентує	Статус
			документації (статті 53, 56, 61, 63)	
3	Гірничий закон України	№ 1127-XIV від 06.10.1999 (зі змінами)	Правові та організаційні засади гірничих відносин, державний нагляд (стаття 10), документи для проведення гірничих робіт включаючи геолого-маркшейдерську документацію (стаття 24)	Чинний
4	Закон України «Про охорону праці»	№ 2694-XII від 14.10.1992 (у редакції від 21.11.2002 зі змінами)	Основні положення реалізації права на охорону праці, опрацювання та прийняття нормативно-правових актів з охорони праці (стаття 28)	Чинний
5	Наказ «Про затвердження Правил виконання маркшейдерських робіт під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин»	Наказ Міністерства розвитку економіки № 669 від 31.03.2021, зареєстрований у Мін'юсті 06.07.2021 № 884/36506	Структура маркшейдерської служби, організаційні та технічні вимоги до маркшейдерських робіт, порядок ведення маркшейдерської документації при відкритому і підземному способах розробки	Чинний
6	ДБН В.1.3-2:2010 «Геодезичні роботи у будівництві»	Наказ Мінрегіонбуду від 21.01.2010 № 20 (із Зміною №1, чинною від 01.06.2018)	Правила проектування, виконання та приймання геодезичних робіт під час будівництва, реконструкції, створення геодезичної розмічувальної мережі, контроль точності, геодезичний моніторинг	Чинний
7	ДБН В.1.1-24:2009 «Захист від небезпечних геологічних процесів»	Чинні від 01.01.2011	Проектування заходів інженерного захисту від небезпечних геологічних процесів, геодезичний моніторинг деформацій від гірничих робіт	Чинний

№	Найменування документа	Реквізити	Що регламентує	Статус
8	ДСТУ 2393-94 «Геодезія. Терміни та визначення»	Чинний від 01.01.1995	Терміни та визначення основних понять в галузі геодезії, обов'язкові для використання в документації всіх видів	Чинний
9	ДСТУ 2402-94 «Прилади геодезичні. Терміни та визначення»	Від 31.12.1994	Терміни та визначення щодо геодезичних приладів	Чинний
10	НПАОП 74.2-5.01-84 «Інструкція з техніки безпеки при проведенні капітальних маркшейдерських та спеціальних топографо-геодезичних робіт»	Затверджена 1984, перезатверджена 01.05.2001	Правила безпечного ведення маркшейдерських робіт на гірничих підприємствах, загальні вимоги до організації робіт, правила виконання робіт у підземних виробках та на поверхні	Чинний
11	Інструкція з топографічного знімання ГКНТА-2 04-02-98	Наказ Головного управління геодезії № 56 від 09.04.1998, зареєстрована у Мін'юсті 23.06.1998 № 393/2833	Технічні вимоги до виконання робіт з побудови геодезичних мереж та топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500	Чинний
12	Порядок побудови Державної геодезичної мережі	Постанова Кабінету Міністрів України від 07.08.2013 № 646	Вимоги до створення та підтримання державної геодезичної мережі як вихідної основи для маркшейдерських мереж	Чинний

Нормативні документи встановлюють конкретні вимоги до точності виконання маркшейдерських робіт, залежно від етапу освоєння родовища, типу кар'єру та призначення окремих вимірювань. Правила виконання маркшейдерських робіт від 2021 року визначають точність створення планової опорної мережі на рівні середньої квадратичної похибки не більше 0,1 метра, а висотної - не більше 0,03 метра на кожен 1 кілометр довжини нівелірного ходу.

Для знімальних мереж допускаються менші точності - планова 0,2-0,5 метра, висотна 0,05-0,15 метра залежно від масштабу знімання.

Вимоги до обладнання, що застосовується при виконанні маркшейдерських робіт, встановлюються як в спеціалізованих нормативних документах, так і в загальних стандартах. Геодезичні прилади, що використовуються на гірничих підприємствах, повинні мати сертифікати про придатність та пройти державну метрологічну експертизу. Електронні тахеометри повинні забезпечувати точність вимірювань кутів не гірше ± 2 секунди дуги та відстаней не гірше ± 2 міліметри плюс 2 міліметри на кілометр вимірюваної дистанції.

Маркшейдерська документація, що складається при розробці родовищ, має встановлену структуру та зміст. Первинна документація включає польові журнали вимірювань, схеми розташування опорних та знімальних пунктів, паспорти гірничих виробок та буровибухових блоків. Обчислювальна документація містить журнали обробки вимірювань, каталоги координат опорних пунктів, табличні розрахунки обсягів видобутку. Графічна документація представлена погоризонтними планами кар'єру, поздовжними та поперечними розрізами, профілями гірничих виробок.

Правила виконання маркшейдерських робіт встановлюють, що вся маркшейдерська документація, починаючи з 2021 року, ведеться у електронному вигляді з обов'язковим дублюванням в паперовій формі для архівного зберігання. Електронна документація повинна зберігатися на серверах з багатократним резервним копіюванням для забезпечення неможливості втрати інформації. Гірничі підприємства зобов'язані вести електронні архіви маркшейдерської документації не менше протягом 10 років після припинення видобування на конкретній ділянці.

Гірничі підприємства, що розробляють родовища відкритим способом, зобов'язані утворити маркшейдерську службу, укомплектовану необхідними спеціалістами та технічним персоналом. Мінімальна чисельність служби залежить від потужності підприємства - для кар'єрів потужністю до 1 мільйона

тонн на рік необхідна мінімум один головний маркшейдер та один помічник; для більших кар'єрів штат розширюється пропорційно обсягам видобування. Маркшейдерська служба повинна бути оснащена спеціально обладнаними приміщеннями для роботи, сучасними геодезичними приладами, комп'ютерним обладнанням та програмним забезпеченням.

Персонал маркшейдерської служби повинен мати відповідну професійну освіту - вищу освіту за спеціальністю "геодезія" або "маркшейдерія", а також досвід роботи в галузі не менше одного року. Головний маркшейдер повинен мати стаж роботи не менше 3 років на посадах маркшейдерів та пройти спеціальне навчання з охорони праці з видачею свідоцтва про компетентність. Всі працівники маркшейдерської служби зобов'язані проходити періодичне підвищення кваліфікації не менше одного разу в два роки.

Контроль за дотриманням вимог нормативно-технічних документів у сфері маркшейдерського забезпечення здійснюють територіальні органи Державної служби України з питань праці (Держпраці). Гірничі підприємства зобов'язані отримати дозвіл від Держпраці на право виконання маркшейдерських робіт як робіт підвищеної небезпеки згідно Постанови Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2011 року № 1107. Безпермісне виконання маркшейдерських робіт є порушенням законодавства та тягне за собою адміністративну та уголовну відповідальність.

Державний нагляд включає перевірку наявності декларації відповідності матеріально-технічної бази, компетентності персоналу, якості виконаних робіт та своєчасності складання маркшейдерської документації. При виявленні порушень територіальні органи Держпраці складають акт про порушення та видають розпорядження про усунення недоліків в установлені терміни.

Ці документи встановлюють обов'язкові вимоги до організації маркшейдерської служби, технічні параметри геодезичних мереж, порядок виконання знімачів, контроль геометричних параметрів гірничих виробок, ведення документації, систему державного нагляду та відповідальності за порушення. Дотримання вимог діючих нормативних документів є необхідною

умовою забезпечення раціонального використання надр, безпеки ведення гірничих робіт та охорони навколишнього середовища при відкритій розробці родовищ корисних копалин.

Висновки до 1-го розділу.

У цьому розділі проведено ґрунтовний аналіз сутності, ролі та ключових напрямів геодезичного супроводу відкритих гірничих робіт, а також особливостей його нормативно-правового регулювання в Україні. Розкрито поняття геодезичного супроводу у контексті сучасної гірничої промисловості, показано, що саме маркшейдерське забезпечення є фундаментом безпечного, технологічно ефективного та раціонального освоєння родовищ відкритим способом. Узагальнено досвід впровадження інженерно-геодезичних методів на всіх етапах експлуатації кар'єрів — від створення опорних мереж та виносу в натуру гірничих виробок, до обліку обсягів видобутку, контролю розвитку фронту робіт, забезпечення промислової безпеки та моніторингу стійкості бортів кар'єрів.

РОЗДІЛ 2. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Загальна характеристика та природні умови родовища Кам'яницьке-2

Родовище Кам'яницьке-2 розташоване на території Ужгородського району Закарпатської області, за кілометр від залізничної станції «Кам'яниця» в межах Оноківської територіальної громади. Відстань до обласного центру Ужгорода становить 13 км, що забезпечує сприятливі умови для транспортної доступності та логістики видобутої сировини. Найближчими населеними пунктами є с. Кам'яниця, Невицьке, Гута, Оноківці, Оріховиця. Районний центр м. Ужгород знаходиться за 12 км на південний захід від родовища.

Родовище відкрите Закарпатською геологорозвідувальною експедицією в період 1974–1977 років в рамках систематичного вивчення мінерально-сировинної бази Закарпатського регіону [26].



Рис. 2.1.1. Кам'яницьке родовище андезиту

Геолого-економічна привабливість родовища обумовлена його значними запасами та вигідним розташуванням відносно транспортної інфраструктури. За 500 метрів від родовища Кам'яницьке-2 розташований діючий кар'єр

Укрзалізниці (родовище андезиту «Кам'яницьке»), проте запаси Кам'яницьке-2 майже у п'ять разів перевищують запаси сусіднього родовища. Це робить родовище стратегічно важливим об'єктом для розвитку гірничодобувної промисловості регіону [3].

Родовище Кам'яницьке-2 належить до групи вулканогенних родовищ андезиту, поширених у межах Закарпатського внутрішнього прогину. Площа ділянки надр становить 58,7 гектара, що забезпечує значний обсяг промислових запасів корисної копалини. За даними геологічної розвідки, затверджені запаси родовища (за класифікацією, що застосовувалася за часів СРСР) становлять 17 278 тисяч кубічних метрів за категоріями А+В+С1 та 8 930 тисяч кубічних метрів за категорією С2. Таким чином, за запасами Кам'яницьке-2 є найбільшим родовищем андезиту в Закарпатській області.

Таблиця 2.1.1.

Основні параметри родовища Кам'яницьке-2

Параметр	Значення
Площа ділянки надр	58,7 га
Запаси (категорії А+В+С1)	17 278 тис. м ³
Запаси (категорія С2)	8 930 тис. м ³
Вид корисної копалини	Андезит
Відстань до Ужгорода	13 км
Відстань до залізничної станції	1 км
Спосіб розробки	Відкритий (кар'єр)
Система розробки	Транспортна

Андезит — це ефузивна магматична порода середнього складу, що утворюється внаслідок застигання лави на поверхні землі. Породи родовища належать до неогенових вулканічних утворень міоценового віку, характерних для Закарпатського регіону. Вулканічна активність у Закарпатті розпочалася в

палеогені і закінчилася наприкінці міоцену (близько 15 мільйонів років тому). Андезити Закарпаття представлені переважно в межах Вигорлат-Гутинського вулканічного хребта та Закарпатського внутрішнього прогину.

Найвищою відміткою району є гора Анталовецька Поляна заввишки 968 м. Рельєф має сильно розчленований характер із загальним зниженням у бік долини р. Уж, яка виконує роль місцевого базису ерозії: абсолютні відмітки становлять близько 250 м у гірській частині та близько 102 м у рівнинній. У верхній течії долина Ужа має каньйоноподібну форму, нижче за течією вона розширюється до 2–3 км. Річка характеризується швидкою течією та невеликою глибиною, яка під час паводків зростає до 2–3 м, унаслідок чого заплава затоплюється. Уж протікає приблизно за 1,5 км на схід від родовища. У районі родовища абсолютні відмітки долини р. Уж становлять 134–135 м, тоді як поверхня родовища Кам'яницьке-2 лежить у межах 291–464 м.

Безпосередньо родовище розташоване на південно-західному схилі гори Дринова, що витягнута у субширотному напрямку, на правому схилі р. Уж на вододілі між її притоками Сирим та Сухим Поток, які течуть меридіонально [1].

Андезит характеризується високою стійкістю до кислот, вогню, механічних пошкоджень і високих температур. Водопоглинання породи є низьким, що забезпечує її морозостійкість та довговічність при експлуатації в різних кліматичних умовах. Ці властивості роблять андезит цінним матеріалом для виробництва щебеню дорожнього та будівельного призначення, кислототривкого цементу та бетону.

Андезит родовища Кам'яницьке-2 характеризується високою якістю та придатністю для виробництва щебеню різних фракцій. Порода має однорідну структуру, що забезпечує стабільність фізико-механічних властивостей видобутої сировини. Відсутність суттєвих тектонічних порушень та зон вивітрювання в основному об'ємі родовища забезпечує високий вихід товарної продукції при переробці.

захищеністю Карпатами від холодних північних вітрів. Завдяки Карпатському гірському бар'єру клімат Закарпаття тепліший порівняно з іншими частинами України, розташованими в аналогічній географічній широті.

Середньорічна температура повітря $+9,3^{\circ}\text{C}$. Самий холодний місяць – січень із середньомісячною температурою $-3,7^{\circ}\text{C}$, найтепліший – липень ($+19,9^{\circ}\text{C}$). Глибина промерзання ґрунту від 0,5 до 1,0 м. Потужність снігового покриву максимальна 0,4–0,6 м буває у січні, в середньому, 0,24 м. Середньорічна кількість опадів складає 640 мм. Найбільша кількість опадів випадає у червні-липні – 73-80 мм, найменша – у квітні, вересні – 54–29 мм. Переважаючий напрямок вітрів взимку та на весні – північний та північносхідний, влітку – північно-західний. Найближчим до родовища Кам'яницьке-2 водотоком є річка Уж, що протікає через місто Ужгород [12].

Територія родовища Кам'яницьке-2 розташована в підгірській смузі, де поширені лісостепові ландшафти з переважанням сільськогосподарських угідь та фрагментів лісової рослинності.

Ґрунти представлені переважно бурими лісовими та дерново-підзолистими різновидами, характерними для передгірських районів Карпат. Потужність ґрунтово-рослинного шару в районі родовища очікується в межах 0,3-0,5 м.

Організація відкритих гірничих робіт передбачатиме зняття та збереження ґрунтово-рослинного шару для подальшої рекультивациі порушених земель. Відповідно до вимог природоохоронного законодавства, родючий шар ґрунту повинен зніматися селективно і складуватися в спеціальних відвалах для наступного використання при біологічній рекультивациі.

Близькість родовища до населених пунктів (зокрема, село Кам'яниця) потребує особливої уваги до питань охорони навколишнього середовища та мінімізації негативного впливу гірничих робіт. Досвід експлуатації сусіднього родовища Кам'яницьке показує, що основними чинниками впливу є: вібраційний вплив вибухових робіт, запилення атмосферного повітря при дробленні та транспортуванні породи, шумове навантаження від роботи обладнання.

В будові родовища Кам'яницьке 2 і Кам'яницьке 1 приймають участь нижня і середня пачка анталівського вулканічного комплексу пліоцену, а також четвертинні відклади.

Неогенова система. Пліоцен. Нижня пачка анталівського комплексу (N2an1).

Нижній горизонт () складений перешаруванням туфів і лавобрекчій із малопотужними потоками андезиту. Лавобрекчія представлена попелясто-рожевою породою брекчієвої текстури. Уламки андезиту сірі, червоні, рожеві, розміром 5-10 см, складають 60-80 % у частково зміненій попелясто-сірій пористій масі. Туф андезиту, що залягає нижче, агломератовий, з прошарками псефіто-псамітового, з тонкими прошарками (0,8-3,0 м) андезитових лавобрекчій, алевроитового туфу (0,1-1,7 м потужністю).

На повну потужність породи горизонту, що описується, розвідувальними свердловинами не розкриті, але промислові шари андезиту також не зустрінути. За даними геолого-знімальних робіт, потужність даного горизонту складає не менше 100 м.

Основну корисну товщу родовища Кам'яницьке-2 складає пласт дрібнопорфірового андезиту, що входить до складу верхньої частини нижньої пачки анталівського комплексу. За структурним положенням це потік андезиту, простягається в північно-східному напрямку та зникає на півночі. Його найбільша потужність спостерігається в центральній частині родовища (82 м за даними свердловини 52), найменша — у південно-західній частині кар'єру (37 м). На північ від кар'єру пошукова свердловина 3, пробурена 1977 року, показала потужність цього потоку 11 м. Андезитовий потік і прилеглі породи мають виражений пірокластичний характер, залягають майже горизонтально з південно-східним і південно-західним зануренням під кутом 5–8°. Андезити — дуже міцні, темно-сірі до чорних, нерідко з фіолетовим відтінком, дрібнопорфірові породи. Порфірові вкрапленики переважно плагіоклазові, рідше — гіперстен та моноклінний піроксен. Основна маса утворена вулканічним

склом і мікролітами тих самих мінералів; трапляються різновиди, перехідні до андезитобазальту.

Неогенова система. Пліоцен. Середня пачка анталівського комплексу

Середня пачка в межах родовищ Кам'яницьке 2 і Кам'яницьке 1 підрозділяється на 3 горизонти:

Нижній горизонт () перекриває продуктивний потік в межах родовища Кам'яницьке 1 і підстеляє аналогічний потік в межах родовища Кам'яницьке 2. Складений він відносно малопотужним чергуванням потоків і покрівів андезитових туфів, лавобрекчій і андезитів, не витриманих по простяганню і падінню. Потужність окремих потоків і покрівів змінюється від 2 до 40 м, при загальній потужності горизонту до 120 м.

Туфи мають псаміто-псефітову, рідше псамітову або агломеративну структуру, сірий, бурувато-сірий, рідше темно-сірий колір. Складаються вони із дрібних уламків обпаленого, в різному ступені аргілітизованого андезиту розміром від перших міліметрів до 1-2 см, рідше до 10 см, а також уламків андезитової пемзи і попеловим матеріалом значно аргілітизовані.

В туфах часто відмічаються домішки теригенного матеріалу, при істотному збільшенні якого порода переходить в туфо-пісковик або туфо-алевроліт. Потужність туфових прошарків змінюється в широких межах від 1 до 20 м. Прошарки не витримані за потужністю, часто виклинюються [2, 3].

Сумарна їх потужність складає близько 40% описуваної товщі. Порода є не міцною, практичного значення не має.

Лавобрекчія андезиту на 60-90% складається із кутуватих уламків обпаленого андезиту, зцементованого пористими лавовим матеріалом також складу. Розмір уламків 5-10, рідше 20 см.

Середній горизонт () є продуктивною товщею родовища Кам'яницьке 2, представляє потужний, частково еродованим потоком андезиту, виповнюючи коритоподібну промоїну, в непродуктивних породах нижнього горизонту середньоанталівської пачки і полого (5-10°) який занурюється на південний захід. Довжина потоку що зберігся від ерозії складає 1,5 км при ширині 400-600 м.

Потік в поперечному розрізі мають лінзоподібну форму із крутими (40-70 °) північно-західними і субгоризонтальними південно-східними бортами.

Четвертинні відклади.

В межах родовища представлені в основному, делювіальними суглинками, що майже суцільним чохлам, окрім поодиноких відслонень перекривають всі більш древні відклади.

Суглинкам притаманний жовтувато брунатний та брунатний колір, та наявність частих (10-45% об'єму), розмір від перших сантиметрів до 20-30 см та крупніше, уламків та брил андезиту різного ступеню звітрілості, інколи туфів. З глибиною вміст уламкового матеріалу закономірно збільшується. Місцями, в основному, по площі розвитку туфів, зустрічаються глинки бурі глини. Потужність делювіальних суглинків в межах родовища змінюється від 0,5 до 8,8 м, та складає в середньому 2,1 м [2, 3].

Згідно з описами можна стверджувати, що корисна товща родовища Кам'яницьке 2 є доволі однорідною та витриманою в межах описаних підгоризонтів.

2.2. Особливості планування відкритої розробки родовища

Відкритий спосіб розробки родовищ корисних копалин є найбільш ефективним в технологічному, економічному і соціальному відношеннях. Цим способом нині видобувається понад 70% загального об'єму мінеральної сировини. До переваг відкритої розробки відносяться: можливість забезпечення більш високого рівня комплексної механізації та автоматизації гірничих робіт, більш висока продуктивність праці (в 3-5 разів порівняно з підземним способом), менша собівартість продукції, безпечніші і гігієнічні умови праці, більш повне вилучення корисних копалин, менші капітальні питомі витрати [9].

Родовище Кам'яницьке-2 планується до розробки відкритим способом — кар'єром.

Підготовчі роботи складаються з узгодження місць закладення розвідувальних виробок із надкористувачем, обробку і аналіз геологічних

матеріалів попередніх робіт з геологічного вивчення надр, проведених у районі робіт.

Полеві роботи включають рекогносцирувальне (маршрутне) обстеження ділянки; топографо-геодезичні роботи, бурові роботи, випробування, екологічні дослідження будуть проводитись виробничим колективом спеціалізованої геологічної організації на договірних засадах на підставі Спеціального дозволу на користування надрами і державної реєстрації робіт (форми 3-гр).

Обробка проб та їх аналітичні дослідження, а також проб зовнішнього лабораторного контролю будуть виконуватись в сертифікованих лабораторіях на договірних засадах.

Запаси андезиту Кам'яницького 2 родовища будуть використані у виробництві щебеню для будівельних і дорожніх робіт [22].

Таблиця 2.3.1.

Основні показники плану розвитку гірничих робіт

№ п\п	Найменування показників	Кам'яницького 2 родовища андезитів розташоване в Ужгородському районі Закарпатської області за 1,2 км на північ від залізничної станції Кам'яниця.
1	2	3
1.	- Геологічні розвідані запаси	Затверджені протоколом ДКЗ СРСР № 9209 від 25.03.1983 р.
1.1.	- Корисна копалина	Андезит: А – 3147,6 тис.м ³ В – 6214,7 тис. м ³ С ₁ – 7916 тис. м ³ А+В+С ₁ – 17278,3 тис.м ³ С ₂ – 8930,4 тис. м ³
2.	- Абсолютна відмітка межі підрахунку запасів	від +410 м до +270 м
3.	- Ліцензійні запаси	Згідно спеціального дозволу на користування надрами № 5605 від 18.01. 2024 р. Андезит: А – 3147 тис.м ³ В – 6215 тис. м ³ С ₁ – 7916 тис. м ³ А+В+С ₁ – 17278 тис.м ³

		$C_2 - 8930 \text{ тис. м}^3$
4.	- Об'єм корисної копалини що передбачається відпрацювати кар'єром дослідно-промислової розробки.	550,0 тис.м ³
5.	- Об'єм розкривних порід на площі кар'єру дослідно-промислової розробки:	81,3 тис. м ³
6.	- Коефіцієнт розкриву.	0,15 м ³ /м ³
7.	- Потужність розкривних порід, в межах ДПР:	ГРШ – 0,2 м Пухкий 1,1 м в середньому.
8.	Потужність корисної копалини, в межах ДПР:	30 м – 114 м (в середньому 44,6)
9.	- Система розробки	Транспортна, відкритим способом із застосуванням автомобільного транспорту.
10.	- Середня висота уступу: - по розкривних породах - по корисній копалині	- 1,3 м - 7 м
11.	- Кількість уступів: - по розкривних породах - по корисній копалині	- 2 - 6
12.	- Ведення гірничих робіт: - по розкривних породах - по корисній копалині	- Бульдозер CAT D6R2; - Гідравлічний екскаватор Volvo-480(або аналогічний); - Гідравлічний екскаватор Volvo-480 з гідромолотом(або аналогічний); - Гідравлічний екскаватор Volvo-480(або аналогічний) -Буровий верстат - Atlas Copco(або аналогічний).
13.	- Кар'єрний транспорт	- Автосамоскиди Foton AC3258;
14.	- Відвалоутворення	Відвалоутворення тимчасове.Складування ГРШ передбачається в тимчасові склади(бурти) які розташовані навколо кар'єру ДПР. Складування пухкого розкриву буде відбуватися в тимчасовий відвал розкривних порід що розташований в західній частині проектного дослідно-промислового кар'єру.
15.	- Кути укосів уступів:	

	- розкривних - пухкий - по корисній копалині	- робочий - 35°, неробочий - 30° - робочий - 80°, неробочий - 70°
16.	- Площа: кар'єру дослідно-промислової розробки	- 0,1 км ²
17.	- Загальний водоприплив в кар'єр	Приток води в кар'єр родовища буде лише за рахунок атмосферних опадів, притоки яких можуть коливатись від 1,25 до 37,5 м3/год.
18.	- Водовідлив і водовідвід	Водовідвідні канали уздовж борту кар'єру. Вода що випала на поверхню кар'єру стікає в зумпф, далі відкачується в ставок відстійник.
19.	- Режим роботи	по добуванню - добуванню - цілорічний, 260 робочих днів на рік, в дві зміни, тривалість зміни – 8 год. По розкриву – сезонний, по пухкому розкриву – 160 днів на рік.

Розкривні породи на родовищі представлені, ГРШ, делювіальними суглинками (пухкий розкрив) і перешаруванням вивітрілих туфів, лаво брекчій та андезитів (скельний розкрив) Потужність ГРШ складає 0,2 м. Потужність делювіальних суглинків складає від 0,2 до 8,8 м, при середній 2,1 м. Потужністю скельного розкриву – від 0 до 23,5. Середня потужність по площі поширення в контурі підрахунку запасів складає 6,2 м.

В інженерно-геологічному відношенні кристалічні породи родовища стійкі, тому ніяких спеціальних заходів по підвищенню стійкості бортів кар'єру проводити немає потреби.

Система розробки – транспортна, відкритим способом із застосуванням автомобільного транспорту. Відвалоутворення передбачено тільки для ГРШ, всі інші розкривні породи будуть використані для планування проммайданчика. Складування ГРШ буде відбуватись в тимчасові склади (бурти).

Розробка корисної копалини проводиться з попереднім розпушенням буровибуховим способом, методом свердловинних зарядів.

Капітальна траншея проводиться з поверхні для забезпечення з'їзду автотранспорту в кар'єр. Ухил траншеї встановлюється виходячи з технічних можливостей автомобільного транспорту та становить 80-100‰ (8-10%). Ширина траншеї по дну визначається з умови двостороннього руху автотранспорту і становить не менше 15-20 м.

Розрізні траншеї проводяться в процесі експлуатації родовища для підготовки нових ділянок до відпрацювання. Параметри розрізних траншей визначаються типом застосовуваного обладнання та прийнятою технологією ведення гірничих робіт.

Андезит як скельна порода вимагає попереднього подрібнення вибуховим способом. Буровибухові роботи (БВР) виконуються за наступною схемою:

- Буріння вертикальних або похило-спрямованих свердловин діаметром 105-150 мм на висоту уступу
- Заряджання свердловин сумішевими вибуховими речовинами (граніти, ігданіти) або емульсійними ВР
- Підривання зарядів з використанням електричних або неелектричних систем ініціювання із сповільненням

Параметри БВР (лінія найменшого опору, відстань між свердловинами в ряду, відстань між рядами) розраховуються виходячи з фізико-механічних властивостей андезиту та вимог до якості дроблення.

Після проведення вибуху гірнична маса навантажується в автотранспорт за допомогою екскаваторів. Для щебневих родовищ застосовуються одноковшові екскаватори циклічної дії з ковшем місткістю 4-10 м³ [27].

Прогнозна продуктивність кар'єру Кам'яницьке-2 може становити 1,5-3,0 млн тонн товарного щебеню на рік, що відповідає щоденному видобутку 5-10 тисяч тонн при 250-300 робочих днях на рік. За аналогією з діючим кар'єром Кам'яницьке, щоденна переробка становить близько 3 тисяч тонн каміння, що забезпечує стабільне постачання будівельного ринку регіону [22].

Коефіцієнт розкриву для родовищ скельних будівельних матеріалів Закарпаття зазвичай знаходиться в межах 0,05-0,20 м³/м³, що свідчить про

сприятливі умови розробки з мінімальним об'ємом розкривних робіт. При запасах понад 26 млн м³ (сумарно за всіма категоріями) та річній продуктивності 1,5-2,0 млн м³ термін експлуатації родовища становитиме 15-20 років.

Висновки до 2-го розділу.

У цьому розділі проведено комплексну характеристику фізико-географічних, геологічних та гірничо-геологічних особливостей родовища Кам'яницьке-2, розташованого в Ужгородському районі Закарпатської області. Було проаналізовано природно-кліматичні умови, транспортну доступність, морфометричні та гідрологічні характеристики території. Встановлено, що родовище знаходиться в зоні помірно-континентального клімату, має сприятливе гірничо-геологічне положення, характеризується однорідністю і значними запасами андезиту, що підтверджено як сучасною державною звітністю, так і історичними даними геологорозвідувальних робіт.

РОЗДІЛ 3. ГЕОДЕЗИЧНИЙ СУПРОВІД ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБІТ НА ПРИКЛАДІ КАМ'ЯНИЦЬКОГО-2 РОДОВИЩА

3.1. Сучасні методи і засоби геодезичного супроводу кар'єрів

Організаційна структура геодезичних робіт на підприємствах відкритого видобутку базується на послідовному переході від загального до конкретного, що передбачає багаторівневу побудову вимірювальних систем. Фундаментальним принципом виступає створення первинної основи з обмеженою кількістю опорних пунктів, координати яких встановлюються з максимальною точністю, після чого розвиваються допоміжні мережі більшої щільності із зниженими вимогами до точності.

Сучасна методологія передбачає обов'язковий контроль усіх виконуваних операцій та дотримання встановлених допусків для кожного типу робіт. Ключовою вимогою виступає забезпечення стійкості та незмінності базових геодезичних пунктів протягом усього експлуатаційного періоду підприємства. Конструкція опорних мереж визначається морфологією кар'єру та обраною системою його розкриття — для нагірних об'єктів пункти формують ланцюг трикутників на вершинах прилеглих височин, тоді як при концентричній системі відпрацювання вони розташовуються по периметру граничного контуру [28].

Електронні тахеометричні системи становлять основу інструментального забезпечення сучасних маркшейдерських служб. Ці багатофункціональні прилади інтегрують кутовимірювальну частину, світловіддалемір та вбудований обчислювальний модуль, що забезпечує автоматичне визначення координат та висот точок місцевості. Технічні характеристики сучасних моделей дозволяють досягати точності кутових вимірювань до 1", а відстаней — до 2 мм + 2 мм/км.

Конструктивне виконання тахеометрів орієнтоване на експлуатацію в екстремальних умовах кар'єрів, що досягається застосуванням міцних та захищених корпусів. Функціональні можливості включають автоматичне наведення на відбивальні призми, дистанційне керування вимірюваннями та безпризмий режим для віддалей до 1000 метрів. Наявність вбудованої пам'яті

та систем реєстрації даних повністю усуває необхідність ручного занесення результатів у польові журнали [26].

Технології GNSS докорінно трансформували методологію геодезичних вимірювань на гірничих підприємствах. Супутникові приймачі дозволяють встановлювати просторове положення точок у режимі реального часу з точністю до кількох сантиметрів. Методика кінематики в реальному часі (RTK) забезпечує миттєве отримання координат рухомого приймача відносно базової станції, що особливо цінно при розбивочних роботах та виконавчих зйомках.

Статичні спостереження з тривалістю кількох годин застосовуються для створення опорних мереж найвищого класу точності. Синхронні RTK-вектори використовуються для моніторингових спостережень геодинамічних мереж та контролю стабільності бортів кар'єрів. Методика передбачає трансформацію просторових координат, визначених GNSS, у планову та висотну систему інженерного об'єкта.

Сучасні сканери типу Leica BLK360 виконують панорамне знімання за три хвилини та мають дальність дії 60 метрів при вазі лише один кілограм. Моделі серії RTC360 призначені для зйомки екстер'єрів будівель, конструкцій та навколишнього середовища, функціонують у температурному діапазоні від -20°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Такі характеристики роблять сканери оптимальним рішенням для детальної документації кар'єрів, складів сипучих матеріалів та інфраструктурних об'єктів.

Результатами сканування є цифрові тривимірні моделі у форматі хмар точок (LAS/LAZ), які імпортуються у спеціалізоване програмне забезпечення для аналізу та створення креслень. Лазерне сканування дозволяє документувати складні промислові об'єкти, відкриті гірничі виробки та архітектурні споруди без необхідності безпосереднього доступу до них. Технологія особливо ефективна для зйомки небезпечних ділянок, де традиційні методи ускладнені або неможливі.

Цифрова модель рельєфу представляє комп'ютерне відтворення земної поверхні, створене на основі високоточних геодезичних вимірювань. Процес

формування включає збір координат точок з використанням GPS/GNSS приймачів, електронних тахеометрів та лазерних сканерів, їх обробку в спеціалізованому програмному середовищі та побудову тривимірної моделі місцевості.

Методи інтерполяції, зокрема крігінг та метод обернених зважених відстаней, забезпечують створення регулярної сітки висот з нерегулярно розташованих вимірювальних точок. Це забезпечує оптимальне співвідношення між точністю моделі та обчислювальною ефективністю. Створені цифрові моделі дозволяють генерувати горизонталі, профілі, карти ухилів та експозицій схилів.

Автоматизація обробки геодезичних даних досягається застосуванням комп'ютерних програм та систем, інтегрованих у геодезичні прилади. Для камеральної обробки результатів вимірювань використовуються різноманітні програмні продукти: AutoCAD, Microstation, Digitals, Topocad та спеціалізовані гірничі пакети. Програмне забезпечення забезпечує автоматизоване опрацювання великих масивів даних, виявлення кореляцій та трендів.

Прилади, що використовується при організації гірничих робіт на Кам'яницькому – 2 родовищі.

GNSS-приймачі Hi-Target V200 та Hi-Target V700 безпосередньо використовуються під час проведення відкритих гірничих робіт на родовищі Кам'яницьке-2. Їхнє поєднання забезпечує комплексне геодезичне супроводження процесів розкриття, видобутку та моніторингу деформацій бортів кар'єру. У складних топографічних умовах — з перепадами висот від –1 до +120 м та наявністю густої лісової рослинності навколо кар'єру — саме ці прилади дають змогу виконувати високоточні вимірювання в режимі RTK або SLAM, підтримуючи стабільну точність навіть при частковій втраті GNSS-сигналу.

Hi-Target V200 – це компактний RTK-приймач з вбудованим 9-осьовим ІМУ, призначений для високоточних польових вимірювань (рис. 3.1.1.) [30].



Рис. 3.1.1. GNSS-пристрій Hi-Target V200 [30]

Головні характеристики та особливості V200:

- V200 відстежує повний набір супутникових систем (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou, QZSS, NavIC та SBAS) з використанням 1408 каналів прийому. Завдяки високопродуктивній антені з покращеним прийомом сигналу з низьких кутів, він здатний відстежувати навіть низько лежачі супутники для стабільнішого сигналу. Вбудований алгоритм RTK у поєднанні з ІМУ забезпечує високоточне наведення на позицію в режимі реального часу.

- У режимі RTK V200 досягає похибки позиціювання близько 8 мм по горизонталі і 15 мм по вертикалі. Навіть при відхиленні штанги від вертикалі додаткові похибки визначаються за формулою «8 мм + 0.7 мм на градус нахилу». Вимірювальна частота становить від 1 до 20 Гц, що дозволяє отримувати дані з високою роздільною здатністю у часі.
- Крім RTK, V200 підтримує режим високоточної статичної зйомки (із точністю до кількох міліметрів при достатній тривалості спостереження), а також динамічну пост-обробку (PPK). При цьому комбіноване використання GNSS і IMU забезпечує 25% покращення продуктивності навіть в найскладніших умовах.
- Пристрій має вбудований багатопрокольний радіомодем UHF (0.5–2 Вт, частоти 410–470 МГц, 116 каналів, робочий діапазон 3–15 км) з підтримкою популярних протоколів (Hi-Target, TrimTalk, Satel тощо). Також є бездротові модулі Wi-Fi (2.4/5 ГГц, 802.11 b/g/n) та Bluetooth 5.2 для налаштувань і передачі даних на контролери чи мобільні пристрої. Формати виводу – ASCII (NMEA-0183, двійковий формат Hi-Target) та формати для постобробки (RINEX, RTCM3.X, CMR тощо).
- Живлення здійснюється від вбудованого літій-іонного акумулятора 7.2 В, ємністю 6900 мА·год. Він забезпечує до 24 годин роботи в режимі RTK (при використанні UHF або мобільного зв'язку).
- V200 обладнано функцією Hi-Fix (внутрішня інерційна навігація), що дозволяє підтримувати позиціювання навіть при короткочасних втратах диференційних даних RTK. За відсутності коригувальних сигналів GNSS-приймач зберігає координати у пам'яті до 5 хвилин і може продовжувати виміри за допомогою власного IMU-модуля.

Hi-Target V700S – це передовий гібридний пристрій, що поєднує класичне RTK-GNSS позиціювання і мобільне LiDAR-сканування з технологією SLAM (рис. 3.3.2) [31].



Рис. 3.1.1. GNSS-пристрій Hi-Target V700S [31]

Основні характеристики та можливості V700S:

- Пристрій автоматично об'єднує дані RTK-GNSS і LiDAR-сенсора, отримуючи єдину систему координат (широта/довгота/висота або N-E-Z) без потреби в наземних контрольних точках. На відкритій

місцевості система використовує GNSS-модуль для сантиметрової точності, а при втраті сигналу – переходить на SLAM-режим, «обернене лазерне позиціонування» (Laser Reverse Positioning). Це означає, що в затінених ділянках (під мостами, кроніями, у тунелях) V700S все ще може вести безперервне картографування за допомогою сканування оточення лазером.

- У SLAM-режимі V700S поступово зберігає хмару точок навколишніх об'єктів завдяки LiDAR та камерам, обчислюючи рух і місцезнаходження базуючись на порівнянні нових і попередніх фрагментів карти.
- V700S має 1408 каналів прийому (GNSS SoC-чип нового покоління) і підтримує ті ж супутникові сигнали, що й V200. Заявлена точність RTK складає 8 мм + 0.3 мм/° нахил по горизонталі (значно краща компенсація нахилу порівняно з V200).
- Вбудований лазерний сканер класу 1 (безпечний для очей) формує круговий огляд 360° по горизонталі та 59° по вертикалі. Дальність сканування становить від 0.1 до 40 м при низькій відбивній здатності та до 70 м при високій відбивній здатності поверхні. Швидкість вимірювання – до 200 000 точок на секунду.
- Пристрій оснащено трьома фронтальними HD-камерами і однією нижньою, що дають змогу робити знімки з великої відстані. Одна фотографія може забезпечити одночасне визначення координат багатьох точок з похибкою до 5 см у радіусі до 15 м.
- V700S має великий вбудований накопичувач 512 ГБ, на якому може зберігатися довга послідовність даних GNSS та хмар точок.
- Аналогічно до V200, V700S підтримує UHF-мовлення (410–470 МГц, 0.5–1 Вт, 116 каналів, протоколи Hi-Target/TRIMTALK/SATEL тощо), а також бездротовий зв'язок (LTE/4G-модем, Wi-Fi 2.4/5 ГГц,

Bluetooth 5.2). Можливе живлення від зовнішніх акумуляторів (банк живлення), що продовжує тривалість роботи.

- V700S оснащено вбудованою літій-іонною батареєю ємністю 8200 мА·год (7.2 В), якої вистачає до 4 годин у RTK-режимі та до 2 годин у SLAM-режимі без додаткового джерела. При підключенні зовнішнього акумулятора час роботи збільшується до 10 годин (RTK) і 5 годин (SLAM). Пристрій має масу близько 1.68 кг ($\phi 134.4 \times 109.9$ мм).
- Завдяки двохмодовій роботі, V700S ідеально підходить для зйомки в місцях зі слабким або відсутнім GNSS. У кар'єрах, ущелинах або промислових об'єктах, де GNSS-сигнал екранується, пристрій автоматично переходить на SLAM-режим, продовжуючи картографування за допомогою лазерного сканера. У щільному лісі технологія SLAM дозволяє отримати детальну хмару точок ландшафту навіть при частковому затіненні навколишньої території.

Коли V700 працює **повністю без GNSS (тільки в SLAM-режимі)**, пристрій функціонує як портативний 3D-сканер із інерціальним позиціонуванням. У такому режимі зйомка здійснюється наступним чином: оператор рухається по місцевості, LiDAR генерує хмару точок навколишніх об'єктів із надзвичайно високою швидкістю (до **200 000 точок/сек**). Вбудований ІМУ (200 Гц) слідує за рухом пристрою, що допомагає уточнювати положення сканера між окремими обертами LiDAR [29-31].

Висока швидкість сканування дозволяє отримувати детальну тривимірну модель в реальному часі. Наприклад, при швидкості руху ~ 1 м/сек можна отримати хмару з точністю до декількох міліметрів між сусідніми точками. Точність безпосередньої прив'язки згенерованої хмари у власних координатах також становить порядку сантиметра (для дрібних об'єктів). В офісі за допомогою Hi-LiDAR та інших програмних засобів таку карту можна потім пов'язати з глобальною системою координат для отримання абсолютних координат.

Завдяки поєднанню технологій RTK-GNSS, IMU та LiDAR-SLAM, ці прилади дозволяють здійснювати безперервні високоточні вимірювання, гарантуючи надійну роботу в умовах, де традиційні тахеометричні або одностотні GNSS-системи є малоефективними. Hi-Target V200 і V700 є оптимальними інструментами для комплексного геодезичного супроводу гірничовидобувних процесів у межах родовища Кам'яницьке-2.

3.2. Планування та організація геодезичних робіт при освоєнні родовища

Формування маркшейдерської служби на підприємстві відкритого видобутку є першочерговим завданням на етапі організації виробництва. Чисельність персоналу визначається виходячи з необхідності своєчасного виконання повного комплексу маркшейдерських робіт з урахуванням типу корисної копалини, геологічної структури родовища, гірничотехнічних чинників, обсягів та технології ведення робіт. При відкритих способах розробки додатково враховуються кліматичні особливості регіону [17, 14].

Планування гірничих робіт включає формування місячних, кварталних, річних та довгострокових планів розвитку як для всього підприємства, так і для окремих його виробничих ділянок. Маркшейдерська служба здійснює відомчий контроль за відповідністю розробки родовища встановленим вимогам, забезпечує раціональне використання надр, дотримання норм охорони надр та максимальне вилучення корисної копалини. На завершальних етапах ліквідації чи консервації родовища вона проводить підсумкову зйомку усіх гірничих виробок і формує повний комплект фінальної технічної документації.

Границі кар'єру дослідно-промислової розробки в плані визначаються контуром земельної ділянки в межах спеціального дозволу з урахуванням розносу бортів кар'єру на момент погашення. З урахуванням контуру наданої ліцензійної площі і меж погодженої земельної ділянки, приймається внутрішній рознос бортів кар'єру на момент погашення, при якому верхня бровка борта кар'єру на момент погашення гірничих робіт співпадає з контуром земельної ділянки.

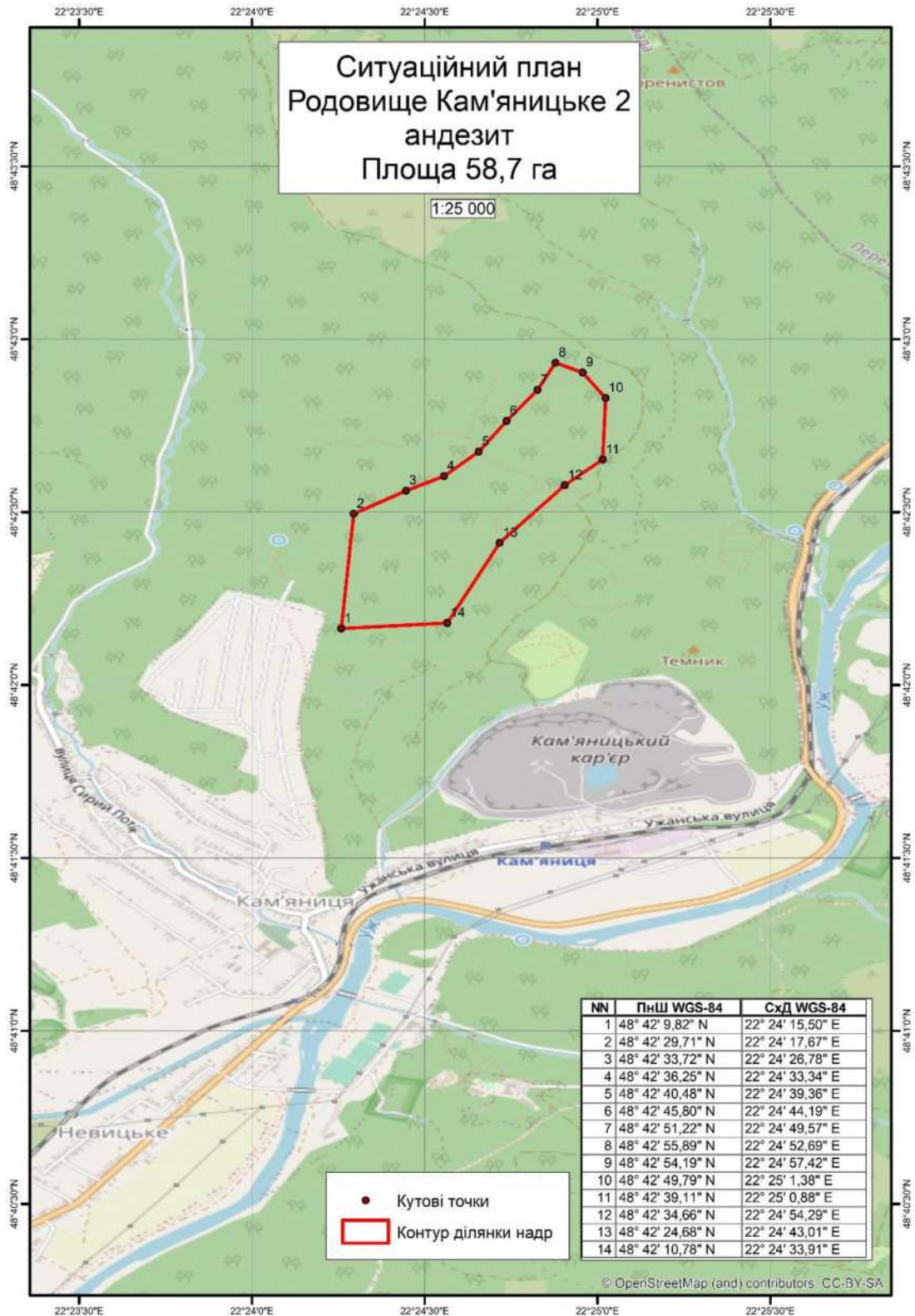


Рис. 3.2.1. Ситуаційний план родовища

При побудові проєктного контуру кар'єру на момент погашення кути укосів уступів приймаються рівними: - по корисній копалині 70° ; - по розкриттю - 30° .

Підошва проєктного кар'єру дослідно-промислової розробки становить +380 м.

Корисна копалина розробляється із попереднім розпушуванням буропідривними роботами методом свердловинних зарядів. Вибухові роботи проводяться за типовим спеціальним проєктами та відповідними дозволами Держпраці підрядною спеціалізованою організацією.

Зняття розкривних порід буде виконуватися гідравлічним екскаватором та бульдозером з подальшим використанням для планування проммайданчика.

Площа ліцензійної ділянки становить 58,7 км².

Об'єм розкривних порід на родовищі становить 2774,5 тис. м³, з яких рихлий розкрив становить 1240,1 тис. м³, скельний 1534,4 тис. м³.

У відповідності 2.2 та 2.3 «Положення про порядок організації та виконання дослідно-промислової розробки родовищ корисних копалин загальнодержавного значення» затверджених Наказом Міністерства екології та природних ресурсів України 03.03.2003. N 34/м, строк проведення дослідно-промислової розробки родовища становить 3 роки та обсяг корисних копалин що передбачається до видобутку становить 5% від перспективних запасів корисних копалин [17].

Загальний обсяг попередньо оцінених запасів на час надання спеціального дозволу на користування надрами станом на 01.01.2024 – **17 278 тис. м³**.

Загальний обсяг корисних копалин що може бути видобуто під час дослідно-промислової розробки родовища:

$$17\,278 \times 0,05 = 863,9 \text{ тис. м}^3$$

Загальний обсяг корисних копалин що передбачається до видобутку даним проєктом дослідно-промислової розробки родовища становить: **550 тис.м³**.

Формування опорної геодезичної мережі становить фундаментальну основу геодезичного забезпечення родовища. Головною геодезичною основою виступають маркшейдерські опорні мережі, що складаються з пунктів державної геодезичної мережі та геодезичних мереж спеціального призначення. За точністю

планова маркшейдерська опорна мережа представлена геодезичними мережами 4 класу, 1 і 2 розрядів [21, 25, 11].

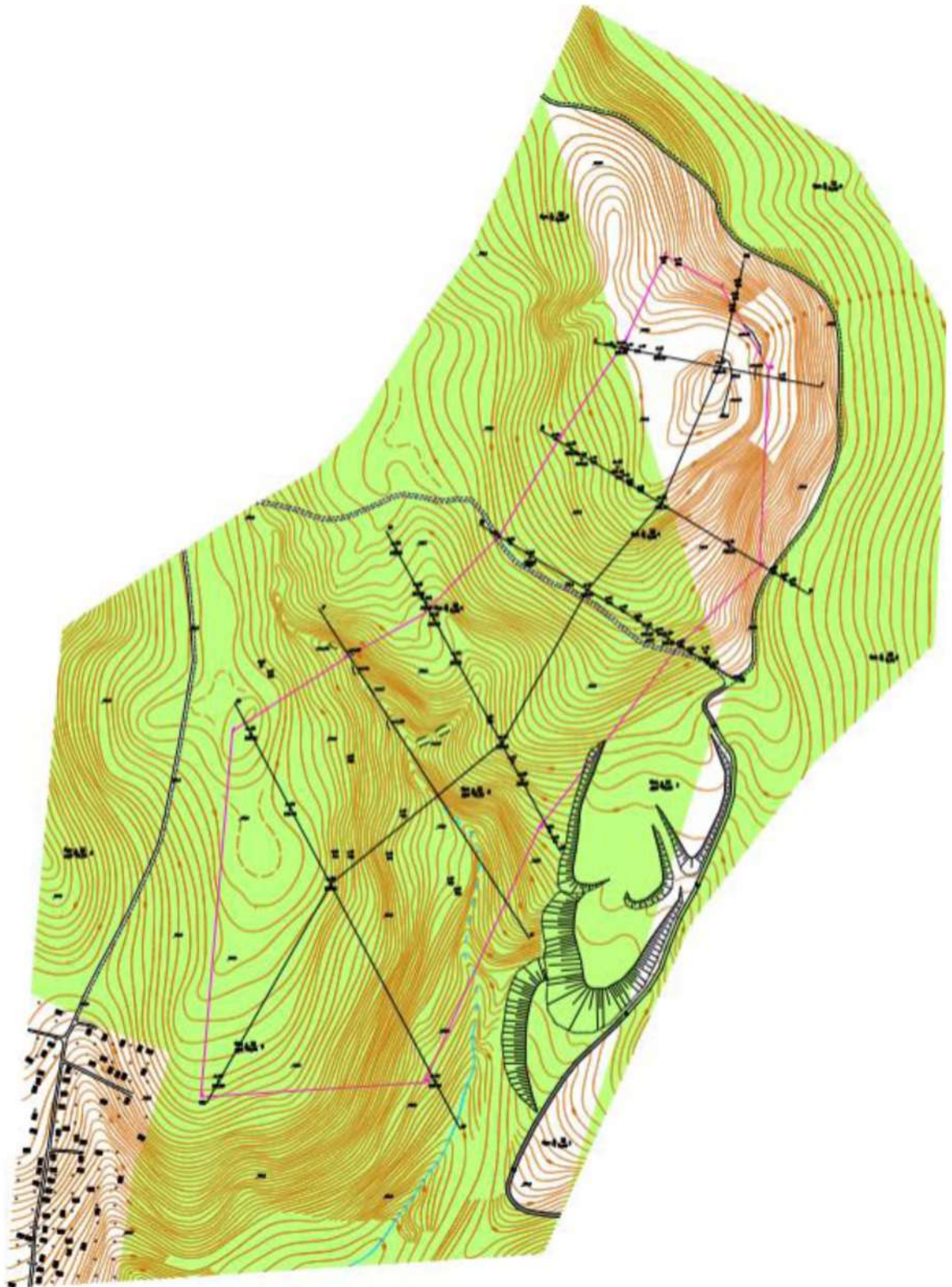


Рис. 3.2.2. Топографічний план родовища Кам'яницьке - 2

Методологія побудови передбачає прокладення замкненого полігонометричного ходу навколо проектного контуру кар'єру з прив'язкою до

пунктів державної мережі. Рекомендована довжина сторін полігону становить 100-500 метрів. Вершини полігону закріплюються спеціальними центрами, конструкція та глибина закладення яких передбачається діючою інструкцією. Для забезпечення видимості при кутових вимірюваннях над центрами пунктів будуються візирні знаки (піраміди або сигнали) із візирними циліндрами.

Планові опорні пункти, призначені для знімання відкритих гірничих виробок, розміщують на бортах кар'єру або в безпосередній близькості до них. Їх кількість визначається необхідною щільністю мережі: для забудованих територій вона має становити щонайменше чотири пункти на 1 км^2 , тоді як для незабудованих — не менше одного пункту на 1 км^2 . Середні квадратичні похибки визначення координат пунктів відносно вихідної геодезичної основи не повинні перевищувати 0,1 м, а точність взаємного положення суміжних (підхідних) пунктів має бути не гіршою ніж 0,03 м [17].

Опорна геодезична мережа формується як система взаємопов'язаних пунктів, від яких передаються координати на всі наступні об'єкти розробки. Для родовища Кам'яницьке-2 передбачено створення восьми основних пунктів опорної мережі, розташованих по периметру проектного контуру на відстані не менше 50 метрів від граничної лінії. Кожен пункт конструктивно являє собою залізобетонний монолітний центр розміром $15 \times 15 \times 120$ сантиметрів з арматурним каркасом, заглиблений на 1,2 метра нижче рівня промерзання ґрунту. Верхня частина центру виступає над поверхнею на 5 сантиметрів і має вмонтовану марку у вигляді бронзової пластини діаметром 8 сантиметрів з кернованим отвором по центру. Навколо кожного центру влаштовується охоронна зона радіусом 2 метри з бетонними обмежувальними стовпчиками.

Прив'язка об'єкта до державної геодезичної мережі здійснюється через полігонометричний хід першого розряду, проладений від найближчого пункту триангуляції третього класу. Методологія полігонометрії передбачає прокладення замкненого або розімкненого полігону з вимірюванням усіх внутрішніх кутів та довжин сторін. За результатами урівнювання полігонометричного ходу середня квадратична похибка визначення координат не повинна перевищувати

прийнятого допуску, що забезпечує надійність передачі координат на всі наступні пункти геодезичної мережі [11].

Висотна основа створюється паралельно з плановою шляхом закладення висотних реперів та проведення нівелювання третього класу від державних реперів державної нівелірної мережі. Нівелювання виконується у прямому та зворотному напрямках з фіксацією допусків між ходами. Розбіжність між прямим та зворотним ходом не повинна перевищувати 3 міліметрів на кілометр подвійного ходу. По контуру майбутнього кар'єру закладаються ґрунтові реperi глибокого закладення з бетонним якорем на глибині не менше 1,5 метра від поверхні. Висотні реperi забезпечують передачу висотної інформації з державної мережі на всі роботи при розкритті та експлуатації кар'єру.

Проектування пунктів знімальної геодезичної мережі кар'єру здійснюється з урахуванням:

- топографічних матеріалів, зокрема планів масштабу від 1:500 до 1:10000;
- геологічного картографування родовища;
- генерального плану або проектного завдання на розробку родовища, де визначено межі гірничих робіт, контури ділянок для складування порід, розміщення інфраструктурних об'єктів і транспортних комунікацій;
- схем розташування пунктів Державної геодезичної мережі та інших локальних мереж;
- наявної інформації щодо технічного стану центрів та марок геодезичних пунктів і реперів, розташованих у межах або поблизу кар'єрного поля.

Для родовища Кам'яницьке-2 прийнята експлуатаційна сітка — система прямокутних координат, розбитої на поверхні поля кар'єру з базовим розміром квадратів 100×100 метрів. Така система координат орієнтована паралельно до напрямку видовження покладу андезиту, що дозволяє зручно відстежувати розвиток фронту гірничих робіт. При наближенні фронту робіт до окремих ділянок розміри сітки ущільнюються до 20×20 метрів для забезпечення деталізації.

Окремий полігонометричний хід слід базувати на двох вихідних пунктах. У вихідних пунктах обов'язково вимірюються прилеглі кути. Прокладання ходів має здійснюватися по місцевості, вибираючи маршрути, найбільш зручні для проведення кутових і лінійних вимірювань. Прокладати висячі ходи не дозволяється.

Пункти полігонометрії мають встановлюватися у місцях, що є легко доступними, добре помітними на місцевості, та такими, які гарантують тривале зберігання центрів і знаків.

Для мереж полігонометрії 4-го класу, 1-го і 2-го розрядів необхідно дотримуватися вимог щодо максимальної довжини полігонометричних ходів, які представлені в таблиці 3.2.1.

Таблиця 3.2.1

Показники	4-й клас	1-й розряд	2-й розряд
Граничний периметр полігону, км	40	20	12
Довжини сторін ходу, км:			
- найбільша	3.00	0.80	0.50
- найменша	0.25	0.12	0.08
- середня	0.30	0.20	0.20
Кількість сторін у ході, не більше	15	15	15
Відносна помилка ходу, не більше	1:25000	1:10000	1:5000
Середня квадратична помилка виміряного кута (за нев'язками у ходах і полігонах), кутові секунди, не більше	3	5	10
Кутова нев'язка ходу або полігона, кутові секунди, не більше, де n — кількість кутів у ході	$5/\sqrt{n}$	$10/\sqrt{n}$	$20/\sqrt{n}$
Середня квадратична помилка вимірювання довжини сторін, см:			
- до 500 м	1	1	1
- від 500 до 1000 м	2	2	—

Показники	4-й клас	1-й розряд	2-й розряд
- понад 1000 м	4	—	—

Первинні буро-вибухові роботи проектується методом свердловинних зарядів.

До гірничо-капітальних належать роботи з розкриття родовища, які виконуються до введення його в експлуатацію згідно з актом державної комісії, включаючи проведення в'їзних і розкривних траншей, необхідних для забезпечення кар'єру підготовленими і готовими до видобування запасами, достатнім для початку його нормальної експлуатації відповідно до проекту.

Організація гірничо-капітальних робіт та об'єми ГКР зображені у таблицях 3.2.2. та 3.2.3.

Таблиця 3.2.2.

Підрахунок об'єму гірничо-капітальних робіт

№ п/п	Абсолютні відмітки, м	Показники		
		Площа, м ²	Потужність, м	Об'єм тис.м ³
Розкрив				
1	Змінні	13 650	1,4	19,1
Видобуток				
2	380	3 920	5,5	21,6
Всього		17 570	2,3	40,7

Таблиця 3.2.3.

Організація гірничо-капітальних робіт

№ п/п	Найменування робіт	Одиниці виміру	Гірничокапітальні роботи	Організація робіт
Розкриття				
1	Розкриття	тис.м ³	19,1	Розкриття виконується гідравлічним екскаватором типу Volvo-480 та бульдозером типу CAT D6R2 з подальшим використанням для планування робочого майданчика
Видобуток				
2	Видобуток андезиту	тис.м ³	21,6	Розпушення корисної копалини відбувається із застосуванням буро-вибухового методу та навантаження на автотранспорт типу Foton AC3258 за допомогою гідравлічного екскаватору типу Volvo-480.

Розробка корисної копалини проводиться з попереднім розпушенням буро-вибуховим способом, методом свердловинних зарядів. Вибухові роботи проводяться за типовим проектом проведення буровибухових робіт який розробляється підрядною спеціалізованою організацією та погоджується в органах Держпраці.

Розробка видобувних уступів буде здійснюватися за наступною технологічною схемою:

а) бурові роботи - буровий верстат встановлюється на спланованому майданчику уступу поза призмою обвалення: під час буріння першого ряду розташовується так, щоб гусениці верстата знаходились від бровки уступу на відстані не менше ніж 2 м , а його повздовжня вісь була перпендикулярна до бровки уступу, висота уступу – 10 м;

б) рихлення масиву гірничих порід вибухом - розрахунок параметрів вибухових робіт виконується з урахуванням тріщинуватості, міцності порід, необхідного ступеню подріблення та гірничотехнічних умов відповідно до затвердженої та погодженої у встановленому порядку проектної документації

в) автотранспортна – розробка розвалу підірваної породи гідравлічним екскаватором з обладнанням зворотної лопати VOLVO 480 (або подібного за характеристиками) верхнім черпанням навантаженням на рівні стоянки екскаватора з наступним навантаженням на рівні стоянки екскаватора в автосамоскиди типу Foton AC3258, та подальшим транспортуванням на тимчасову площадку де розміщується дробарно-сортувальний завод. Висота розвалу підірваної породи буде змінюватися в залежності від технології проведення вибухових робіт але в жодному випадку не буде перевищувати висоту робочого уступу (10, м) та задовольняти вимоги пункту 1.1. глави 1 розділу V НПАОП 0.00-1.24.10, а саме не перевищувати півтори висоти черпання екскаватора VOLVO 480 (або подібного за характеристиками) за умови вживання заходів, які запобігають довільному обваленню козирків і нависів. Враховуючи, що відповідно до технічних характеристик максимальна висота черпання екскаватора VOLVO 480 складає 10,6 м, фактична висота розвалу підірваної породи не буде перевищувати півтори максимальні висоти черпання екскаватора VOLVO 480 (15,9 м).

Таблиця 3.2.3

Основні параметри системи розробки

Показник	Одиниця виміру	Видобувні уступи					
		I	II	III	IV	V	IV
Висота уступу	м	10	10	10	10	10	10
Відмітка підшви робочого горизонту (уступу)	м	380	390	400	410	420	430
Ширина робочої площадки	м	40	40	40	40	40	40
Ширина запобіжної берми	м	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Кут нахилу укосу:							
- робочого	град.	80	80	80	80	80	80
- неробочого	град.	70	70	70	70	70	70

Маркшейдерське забезпечення буровибухових робіт на родовищі Кам'яницьке-2 складається з послідовних етапів, що виконуються на всіх фазах від проектування блоків до контролю якості дроблення породи після вибуху. Однак найвідповідальнішим етапом виступає період перед проведенням буріння, коли на місцевості розбивається проектна сітка свердловин та виконується детальне GNSS знімання кожного устя для складання плану-завдання на буріння [18, 28].

Технологічна схема видобувних робіт передбачає попереднє розрихленням буро-вибухових способом, методом свердлових зарядів, видобувними уступами висотою 10 метрів. Відпрацювання родовища відбувається знизу до гори та розпочинається з відмітки +380,0 м.

Враховуючи фізико-механічні властивості корисної копалини, кути укосів видобувних та неробочих уступів приймаємо: робочий - 80° , неробочий - 70° .

Враховуючи фізико-механічні властивості розкривних порід та висоту уступа, кути укосів розкривних уступів приймаємо: для пухкого розкриву – робочий 35° , неробочий - 30° .

Кут нахилу робочого борта кар'єру на кінець ДПР складе 31° .

На етапі підготовки до буровибухових робіт на буровому блоці №4 виконується розбивка сітки 111 свердловин відповідно до типового проекту проведення буровибухових робіт. Проектна сітка свердловин розроблена з урахуванням геологічної структури андезитового пласту, фізико-механічних властивостей породи, вимог безпеки та технологічних можливостей буровстановки.

Сітка має прямокутну конфігурацію із зростанням між свердловинами в ряду 5,0 метрів та між рядами 4,5 метра. Така конфігурація забезпечує оптимальне розташування свердловин для здійснення якісного подрібнення андезиту при підриванні та забезпечує мінімізацію вихідних негабаритних шматків, що потребують переробки. Кут розташування рядів свердловин

відносно азимуту становить 25-30 градусів для адаптації до розташування уступів та фронту робіт.

Розбивка сітки свердловин виконується маркшейдером на місцевості з використанням GNSS-приймачів.

Точність винесення точок закладення свердловин встановлюється на рівні не гірше $\pm 0,15$ метра в плані та $\pm 0,10$ метра по висоті. Такі допуски дозволяють забезпечити правильне розташування свердловин та розрахунок необхідної глибини буріння без великих відхилень від проекту, що могло б привести до неоднорідного дроблення породи при вибуху [27].

Після визначення точного розташування майбутньої свердловини на місцевості виконується маркування устя. Маркування є критичним етапом, оскільки саме від правильності позначення устя залежить якість геодезичної розбивки та подальша точність буріння. На родовищі Кам'яницьке-2 застосовується типове маркування з використанням одноразових поліетиленових пакетиків та каменю.

Технологія маркування виглядає наступним чином: в центрі розбитої точки розташовується поліетиленовий пакетик розміром 15×20 сантиметрів, в середину якого поміщається камінь розміром 5-10 сантиметрів або папір із написом номера свердловини. Такий спосіб маркування має кілька переваг:

- Поліетиленовий пакетик контрастує з кольором андезиту та добре помітний як з землі, так і з повітря при GNSS зніманні та аерофотозйомці.
- Папір або камінь всередині пакетика захищені від дощу та вітру, що забезпечує збереження інформації про номер свердловини до початку буріння.
- Один поліетиленовий пакетик займає мало місця та не заважає роботі буровстановки на сусідніх свердловинах.
- На деяких підприємствах замість поліетиленового пакетика застосовується фарбування каменю яскравою фарбою (жовтою, червоною або білою), що також забезпечує хорошу видимість.



Рис. 3.2.2. Спосіб маркування устя

Альтернативні способи маркування, що застосовуються на інших кар'єрах:

- Встановлення металевих прутків діаметром 8-10 міліметрів довжиною 30-40 сантиметрів з написом номера свердловини;
- Розмалювання каменю у місці закладення свердловини або встановлення білого картонного таблички;
- Встановлення дерев'яних кілків з прибитою мідною пластинкою з номером.

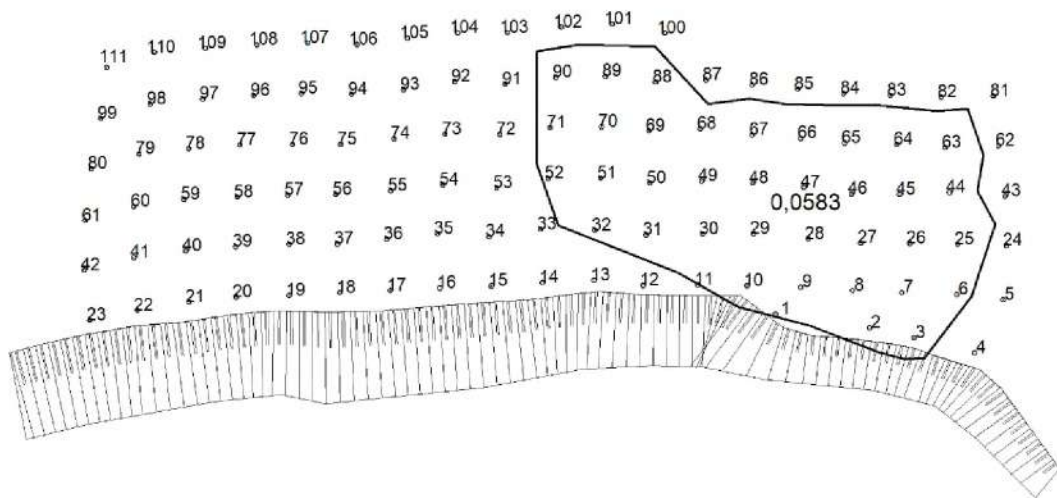
Після розбивки всіх 111 свердловин блоку №4 та їх маркування переходять до найвідповідальнішого етапу — GNSS знімання устя кожної свердловини. Цей етап виконується маркшейдером з використанням GNSS-приймача Hi-Target V200 в режимі реального часу (RTK), що забезпечує визначення тривимірних координат кожної точки з точністю $\pm 0,03$ метра (2-3 сантиметри) в режимі реального часу.

Технологія GNSS знімання полягає в наступному:

1. На території кар'єру встановлюється GNSS-приймач базової станції на геодезичному пункті опорної мережі. Базова станція передає коректуючу інформацію про помилки супутникових сигналів на мобільний приймач через радіоканал або мережу мобільного зв'язку.
2. Маркшейдер з допоміжним працівником здійснює обхід всіх 111 свердловин блоку з мобільним GNSS-приймачем Hi-Target V200, до якого приєднується полюс довжиною 2 метри з антеною та відбивачем. При розташуванні полюса над центром устя свердловини (над поліетиленовим пакетиком з каменем) натискається кнопка реєстрації точки.
3. GNSS-приймач визначає координати точки в заздалегідь встановленій системі координат родовища (в локальних координатах з фіксованим початком). Крім того, записується:
 - Номер свердловини (ручне введення або сканування QR-коду)
 - Точні координати X, Y, Z (в метрах з точністю до сантиметра)
 - Час реєстрації
 - Статус сигналу GNSS та кількість видимих супутників
4. За результатами знімання отримується набір координат з максимально можливою точністю для подальшого розрахунку глибин свердловин та складання плану-завдання.

На базі отриманих GNSS координат устя кожної свердловини та відомої проектної відмітки підшови уступу виконується розрахунок проектної глибини кожної свердловини.

ПЛАН - ЗАВДАННЯ НА БУРІННЯ гор.+380 *БЛОК №4*



Маркшейдер

КЛИН О.В.

Рис. 3.2.3. План-завдання на буріння

Тепер визначимо параметри розвалу підірваного блоку, основні дані обрахунку блоку показано в додатку Б.

Визначаємо параметри розвалу підірваного блоку для свердловин $\varnothing=130\text{мм}$ в андезитах при вертикальному розташуванні свердловин і короткоуповільненому їх підриванні. Співвідношення між висотою уступу і шириною бурової загінки для андезитів:

- при висоті уступу 8 м

$$K_r = \frac{A_{\text{БВР}}}{H_y} = \frac{5}{8} = 0,625$$

Для свердловин $\varnothing=130\text{мм}$ при ширині загінки по цілику ($A_{\text{БВР}}=0,5 \times H_y$) неповна ширина розвалу:

- при висоті уступу 10 м

$$M_r = 1,535 \times H \times K = 1,535 \times 8 \times 0,7 = 8,596 \text{ м}$$

де: $K = 0,7$ поправочний коефіцієнт, котрий враховує короткоуповільнене підривання свердловин

Визначаємо повну ширину розвалу для андезиту $d_c=130 \text{ мм}$ і вертикальних свердловинах.

- при висоті уступу 10 м.

$$B = M_r + A_{\text{БВР}} = 8,596 + 5 = 12,596 \text{ м}$$

Максимальна висота розвалу для андезитів при $d_c=130 \text{ мм}$ і коро уповільненому підриванні свердловин:

- при висоті уступу 10 м.

$$H_p^{\text{max}} = \frac{2 \times H_y \times W \times K_p}{B} = \frac{2 \times 8 \times 4 \times 1,2}{12,596} = 6,10 \text{ м}$$

де: $K_p = 1,1-1,3$ коефіцієнт розпушення підірваної породи, що взяті із таблиці 3.2.4.

Таблиця 3.2.4.

Коефіцієнт розпушення породи

Категорія гірничої породи	k_p розрахунковий у відвалі	k_p при завантаженні	k_p при просіданні у відвалі	k_p кінцевого розрихлення у відвалі
Піщана	1,10	1,10	1,00	1,01 – 1,03

Категорія гірничої породи	k_p розрахунковий у відвалі	k_p при завантаженні	k_p при просіданні у відвалі	k_p кінцевого розрихлення у відвалі
Суглиниста	1,17	1,20	1,03	1,02 – 1,06
Глиниста	1,20	1,25	1,05	1,05 – 1,07
Глина з кам'яними включеннями	1,22	1,30	1,07	1,03 – 1,06
Скельний дрібний ґрунт	1,25	1,35 – 1,40	1,10	1,07 – 1,08
Скельний великий ґрунт	1,30	1,40 – 1,50	1,10	1,10 – 1,20

W – величина лінії найменшого опору визначається за формулою:

$$W = 0,9 \times \sqrt{\frac{P}{k}}, \text{ м}; \quad W = 0,9 \sqrt{\frac{11,9}{0,75}} = 3,5 \text{ м}$$

де: P – місткість 1 м свердловини, кг/м

k – розрахункова питома витрата ВР;

Загальні розрахунки параметрів бурових та підривних робіт

Виходячи з даних геологічних характеристик порід та існуючих умов виробництва, на даному кар'єрі будуть використовуватись бурові станки типу *Atlas Copco* та аналогічні діаметром від 115 до 150 мм, та приймаються вертикальні свердловини, схема яких наведена в додатку 2, свердловини розташовуються як квадратно, так і шахматною сіткою. Розбивка блоків та контрольний замір відхилень рядів приноси за масового вибуху здійснюється маркшейдерською службою.

Розрахунок зарядів проводиться згідно з «Технічними правилами ведення вибухових робіт на денній поверхні» НПАОП 0.00—1.67—13 [27].

Розрахунок ведеться на еталонну вибухову речовину *Амоніт №6ЖВ*.

В обводнених свердловинах для гнамофіл застосовується поправочний коефіцієнт – 1,2, що враховує часткове вимивання амоніту сепітарі зі складу вибухових речовин.

Місткість вибухових речовин в 1 м свердловини залежить від діаметра свердловини та питомої витрати вибухової речовини, яка заряджається у свердловину уступу одиночною свердловиною діаметром 115 мм, 130 мм, та 150 мм при відомому значенні q :

- для вертикальних свердловин діаметром 115 мм:

$$W_{115} = 0.9 * \sqrt{\frac{P}{q}} = 0.9 * \sqrt{\frac{9.3}{0.75}} = 3.1 \text{ м.}$$

- для вертикальних свердловин діаметром 130 мм:

$$W_{130} = 0.9 * \sqrt{\frac{P}{q}} = 0.9 * \sqrt{\frac{11.9}{0.75}} = 3.5 \text{ м.}$$

- для вертикальних свердловин діаметром 150 мм

$$W_{150} = 0.9 * \sqrt{\frac{P}{q}} = 0.9 * \sqrt{\frac{17.0}{0.75}} = 4.2 \text{ м.}$$

де: P – місткість у м. свердловини, $q = 0,75 \text{ кг/м}^3$ – питома витрата ВР, α – кут нахилу свердловини до горизонту.

Відстань між свердловина в ряду та між рядами:

$$a = m * W, \text{ м, } a = (0.8-1.4) * W$$

$$b = m * W, \text{ м, } b = (0.9-1.0) * W$$

де, $m = 0.8+1.4$ коефіцієнт зближення зарядів; a – відстань між свердловинами в ряду, м; b – відстань між рядами свердловини, м; W – величина лінії опору по підшві, м.

Для вертикальних та похилих свердловин 115 мм:

$$a=(0,8/1,4) \times 3,1=2,4/4,3=3,7 \text{ м, } b=(0,9/1,0) \times 3,1=2,8/3,1=3,1 \text{ м.}$$

Для вертикальних та похилих свердловин 130 мм:

$$a=(0,8/1,4) \times 3,5=2,8/4,9=4,0 \text{ м, } b=(0,9/1,0) \times 3,5=3,1/3,5=3,2 \text{ м.}$$

Для вертикальних та похилих свердловин 150 мм:

$$a=(0,8/1,4) \times 4,2=3,3/5,8=4,7 \text{ м}, \quad b=(0,9/1,0) \times 4,2=3,7/4,2=3,8 \text{ м}.$$

Величина заряду ВР визначається за формулою:

$$Q = q * H * a * W, \text{ кг}$$

- Для вертикальних та похилих свердловин діаметром 115 мм:

$$Q_{115} = 0,75 * \left(\frac{8,0}{12,0}\right) * 3,7 * 3,1 = 68,82/103,23 \text{ кг}$$

- Для вертикальних та похилих свердловин діаметром 130 мм:

$$Q_{130} = 0,75 * \left(\frac{8,0}{12,0}\right) * 4,0 * 3,2 = 76,8/115,2 \text{ кг}$$

- Для вертикальних та похилих свердловин діаметром 150 мм:

$$Q_{150} = 0,75 * \left(\frac{8,0}{12,0}\right) * 4,7 * 3,8 = 107,16/160,74 \text{ кг}$$

Довжина заряду в свердловині складе:

$$L = \left(\frac{Q}{P}\right), \text{ м}$$

$$L_{115} = \left(\frac{68,82/103,23}{9,3}\right) = 7,4 \div 11,1$$

$$L_{130} = \left(\frac{76,8/115,2}{11,9}\right) = 6,4 \div 9,6$$

$$L_{150} = \left(\frac{107,16/160,74}{17}\right) = 6,3 \div 9,4$$

Довжина перебуру в свердловині складе:

$$L_{\text{пер}} = (10 \div 15) * d$$

$$L_{115 \text{ пер}} = (10 \div 15) * 115 = 1,1 \div 1,7 \text{ м}, \text{ - приймаємо - } 1,1;$$

$$L_{130 \text{ пер}} = (10 \div 15) * 130 = 1,3 \div 1,95 \text{ м}, \text{ - приймаємо - } 1,3$$

$$L_{150 \text{ пер}} = (10 \div 15) * 150 = 1,5 \div 2,2 \text{ м}, \text{ - приймаємо - } 1,5$$

В якості набійки для зарядів свердловин використовується негорючі матеріали: відсів гірських порід, буровий дріб'язок, глина з піском. Довжина свердловини визначається по формулі:

$$L_{\text{св}} = H_y + L_{\text{пер}}, \text{ м}$$

$$L_{115 \text{ св}} = (8 \div 12) + 1,1 = 9,1 \div 13,1$$

$$L_{130 \text{ СВ}} = (8 \div 12) + 1,3 = 9,3 \div 13,3$$

$$L_{150 \text{ СВ}} = (8 \div 12) + 1,5 = 9,5 \div 13,5$$

де: $L_{\text{пер}}$ – глибина перебуру.

Довжина набійки в свердловині складе:

- Для вертикальних та похилих свердловин діаметром 115 мм:

$$L_{115 \text{ заб}} = (9,1 \div 13,1) - (7,4 \div 11,1) = 1,7 \text{ м} \div 2 \text{ м}$$

- Для вертикальних та похилих свердловин діаметром 130 мм:

$$L_{130 \text{ заб}} = (9,3 \div 13,3) - (6,4 \div 9,6) = 2,9 \text{ м} \div 3,7 \text{ м}$$

- Для вертикальних та похилих свердловин діаметром 150 мм:

$$L_{150 \text{ заб}} = (9,5 \div 13,5) - (6,3 \div 9,4) = 3,2 \text{ м} \div 4,1 \text{ м}$$

При вимушених відхиленнях від типових моделей між свердловинами розрахунок зарядів в проектів на вибух проводиться за умови:

- Розрахункова питома витрата ВР не повинна перевищувати передбачений типовим проектом;
- Довжину верхньої набійки змінювати тільки у бік збільшення;
- Довжину проміжної набійки допускається зменшувати, аж до її виключення.

Для заряду з грамонітів і інших гранульованих ВР в якості проміжного детонатора можуть застосовуватись патрони з амоніту № 6 ЖВ, що розташовуються зверху при суцільному зарядові і тротиліві шашки Т-400Г або іншого типу для розосередженого заряду.

У випадку заміни розрахованого заряду або його частини, потрібно масу заряду, що замінюється, помножити на перевідний коефіцієнт «е», значення якого наведено в таблиці 3.2.5

Таблиця 3.2.5

Значення перевідного коефіцієнта «е»

Найменування вибухової речовини	Перевідний коефіцієнт, е	Щільність заряджання вибухової речовини, т/м ³
ЕРА	1,30	1,12 – 1,32
Амоніт №6ЖВ	1,00	0,9

Місткість ВР в у м свердловини в залежності від їх діаметра та щільність вибухової речовини наведено в таблиці 3.2.6.

Таблиця 3.2.6

Місткість ВР в 1 м свердловини

Щільність ВР, т/м ³	Місткість ВР в 1 метрі		
	115 мм	130 мм	150 мм
0,70	7,3	9,3	13,2
0,75	7,8	9,9	14,1
0,80	8,3	10,6	15,1
0,85	8,8	11,3	16,0
0,90	9,3	11,9	17,0
0,95	9,9	12,6	17,9
1,00	10,5	13,2	18,9
1,05	11,0	13,9	19,8
1,10	11,5	14,5	20,7
1,15	12,1	15,2	21,6
1,20	12,6	15,9	22,6

При застосуванні комбінованих зарядів не допускається замокання неводостійких ВР. Для попередження замокання, необхідно розрахувати висоту колонки з водостійких ВР так, щоб повністю перекрити стовп води в свердловині.

Практична реалізація планування та організації геодезичних робіт при освоєнні родовища Кам'яницьке-2 демонструє, що комплексний підхід до маркшейдерського забезпечення видобутку забезпечує точність контролю, безпеку ведення робіт та оптимізацію виробничих процесів на всіх етапах — від розкриття до експлуатації кар'єру. Систематичне застосування сучасних технологій вимірювань, обробки даних та документування результатів створює надійну основу для управління видобутком та дозволяє досягти відповідності фактичних показників плановим завданням на рівні точності 1,5-2,0 відсотка.

3.3. Виконання маркшейдерських зйомок і розбивок у процесі видобутку

Систематичне виконання маркшейдерських зйомок гірничих виробок становить основу оперативного управління видобуванням на родовищі Кам'яницьке-2. Маркшейдерські зйомки виконуються з установленою періодичністю залежно від інтенсивності ведення гірничих робіт та вимог обліку видобутої корисної копалини. Основні типи зйомок включають щомісячні виконавчі зйомки кар'єру для обліку об'ємів видобутку, поточні зйомки окремих ділянок при зміні конфігурації фронту робіт, спеціалізовані зйомки складів готової продукції для контролю запасів.

Щомісячні виконавчі зйомки кар'єру виконуються станом на перше число наступного місяця згідно затвердженого графіку маркшейдерських робіт. Зйомка реалізується комбінованим методом, що поєднує переваги традиційної тахеометрії для знімання контурів уступів та сучасної аерофотозйомки для загальної топографії поверхні. Контури уступів знімаються тахеометрично з детальною фіксацією характерних точок перегинів рельєфу — верхній та нижньої бровок уступу, характерних виступів та западин на поверхні. Щільність знімання складає одна точка на кожні 10-15 метрів довжини бровки уступу, що забезпечує достатню детальність для точного визначення об'ємів [22].

З огляду на специфіку гірничо-геологічних умов родовища, потужність і фізико-механічні характеристики корисної копалини, незначні обсяги розкривних порід, технологічні особливості видобування андезитів, а також враховуючи практичний досвід експлуатації аналогічних родовищ, для даного об'єкта обґрунтовано приймається транспортна схема розробки з перевезенням корисної копалини автомобільним транспортом.

Технологічна схема видобувних робіт передбачає попереднє розрихлення буро-вибухових способом, методом свердлових зарядів, видобувними уступами висотою 10 метрів. Відпрацювання родовища відбувається знизу до гори та розпочинається з відмітки +380,0 м.

Розпушена гірнична маса розробляється за допомогою екскаватора Volvo 480 (або аналогічними) з навантаженням в автосамоскиди Foton AC 3258(або аналогічні) і транспортується до мобільного дробильно-сортувального заводу.

Визначення об'ємів видобутої гірничої маси

На прикладі буровибухового блоку №4 фактичний об'єм гірничої маси становить 14 249,12 кубічних метра, що відповідає проектному значенню з відхиленням менше 1 відсотка.

Окремим напрямом маркшейдерських зйомок є облік запасів готової продукції на складах щебеню різних фракцій. На підприємстві облаштовано п'ять основних складів: склад щебеню фракції 0-5 міліметрів біля дороги, склад щебеню фракції 0-5 міліметрів на майданчику, склад щебеню фракції 0-5 міліметрів біля бочки, склад щебеню фракції 5-20 міліметрів та склад щебеню фракції 0-70 міліметрів.

Склад щебеню фракції 0-5 міліметрів біля дороги має наступні параметри за результатами останньої зйомки: об'єм заповнення 1353,35 кубічних метра, об'єм вирізання 0,46 кубічних метра (частина, що знаходиться нижче базової поверхні), загальний об'єм 1352,89 кубічних метра. Площа основи складу в плані (2D площа) становить 617,34 квадратних метра, площа поверхні з урахуванням рельєфу (3D площа) — 751,87 квадратних метра. Нижня відмітка основи складу 358,47 метра, верхня відмітка вершини штабелю 365,65 метра, що дає середню висоту складу 7,18 метра.

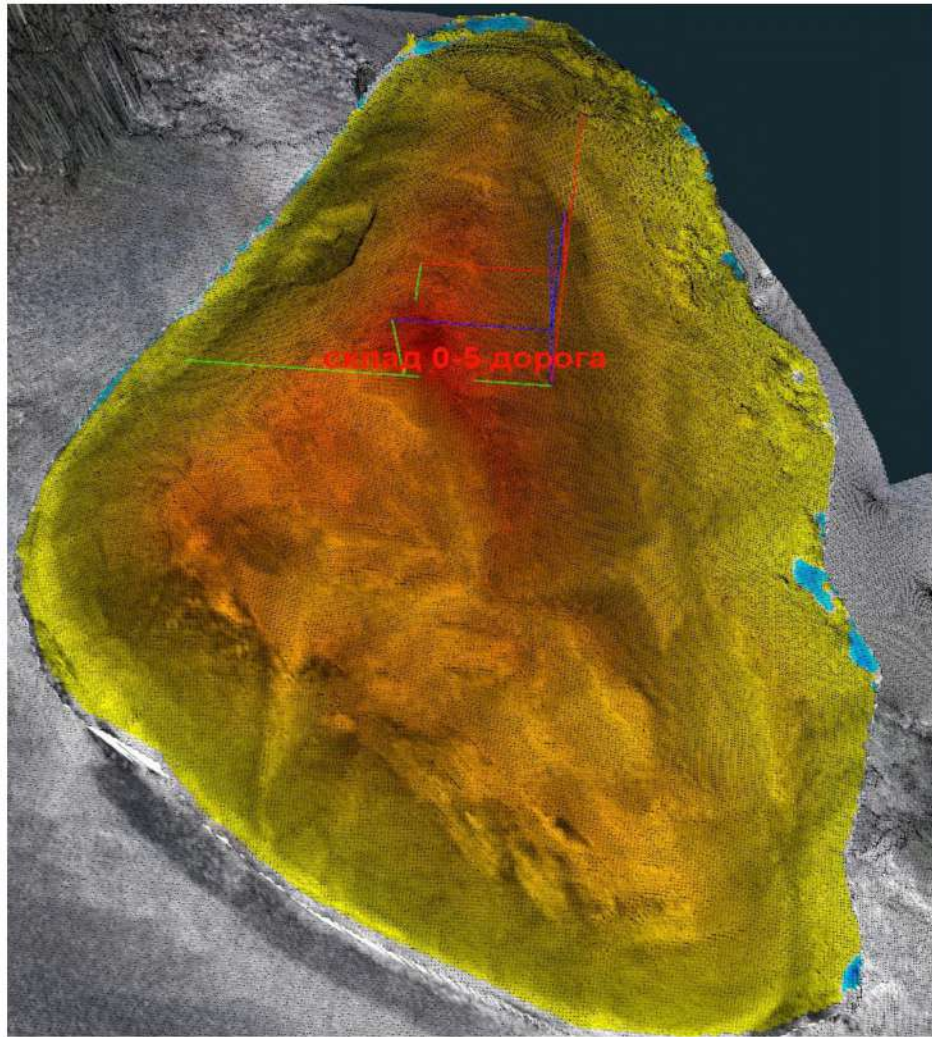


Рис. 3.3.1. Склад щебеню фракції 0-5 міліметрів (а)

Склад щебеню фракції 0-5 міліметрів на майданчику характеризується більшими розмірами: об'єм заповнення 1567,25 кубічних метра, об'єм вирізання 0,08 кубічних метра, загальний об'єм 1567,18 кубічних метра. Площа 2D становить 711,86 квадратних метра, площа 3D — 854,66 квадратних метра. Нижня відмітка 377,52 метра, верхня відмітка 384,11 метра, середня висота 6,59 метра.

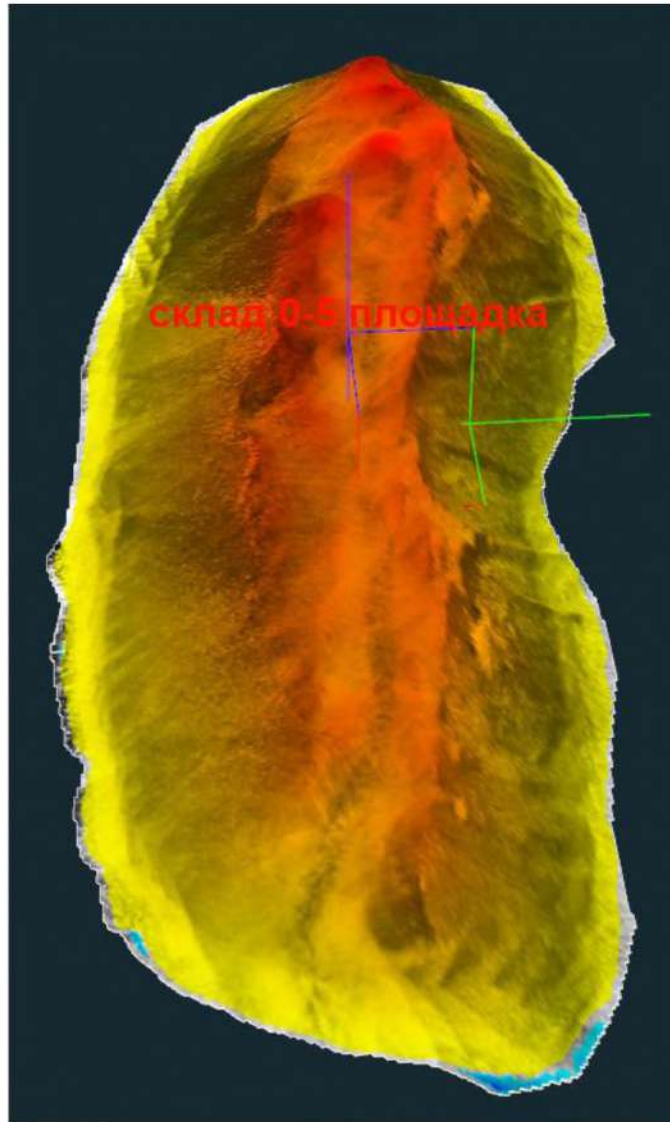


Рис. 3.3.2. Склад щебеню фракції 0-5 міліметрів (б)

Склад щебеню фракції 0-5 міліметрів біля бочки є найменшим за об'ємом: об'єм заповнення 411,19 кубічних метра, об'єм вирізання 0,07 кубічних метра, загальний об'єм 411,12 кубічних метра. Площа 2D — 335,96 квадратних метра, площа 3D — 401,79 квадратних метра. Нижня відмітка 387,34 метра, верхня відмітка 393,76 метра, середня висота 6,42 метра. Розташування цього складу обумовлене близькістю до дробильно-сортувального комплексу, що мінімізує транспортні витрати на переміщення дрібної фракції.

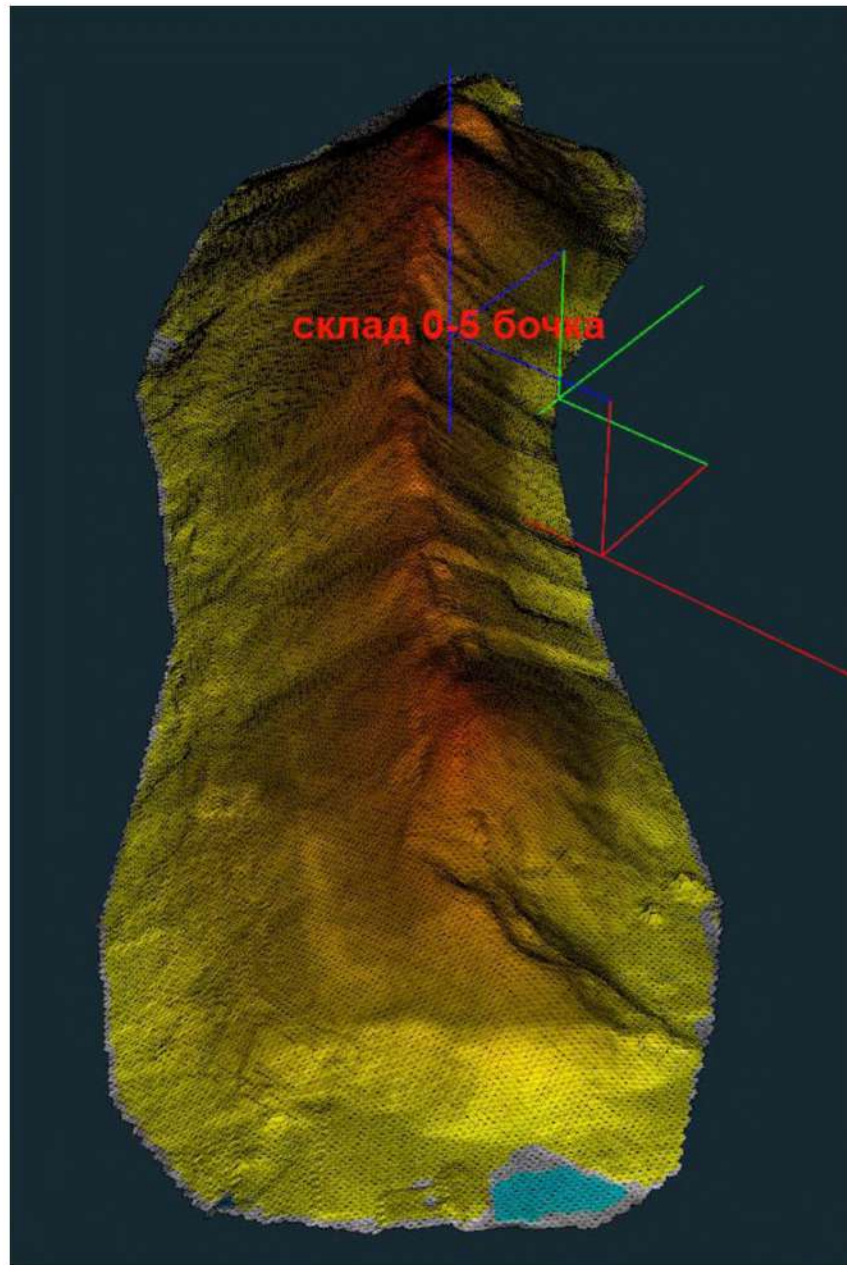


Рис. 3.3.3 Склад щебеню фракції 0-5 міліметрів (в)

Склад щебеню фракції 5-20 міліметрів має наступні характеристики: об'єм заповнення 1214,87 кубічних метра, об'єм вирізання 6,97 кубічних метра (значна частина складу розташована в невеликій западині), загальний об'єм 1207,90 кубічних метра. Площа 2D — 969,72 квадратних метра (найбільша серед усіх складів), площа 3D — 1145,25 квадратних метра. Нижня відмітка 352,45 метра, верхня відмітка 364,56 метра, середня висота 12,11 метра (найбільша серед усіх складів). Значна висота обумовлена меншою площею основи та необхідністю розміщення великого об'єму матеріалу на обмеженій ділянці.

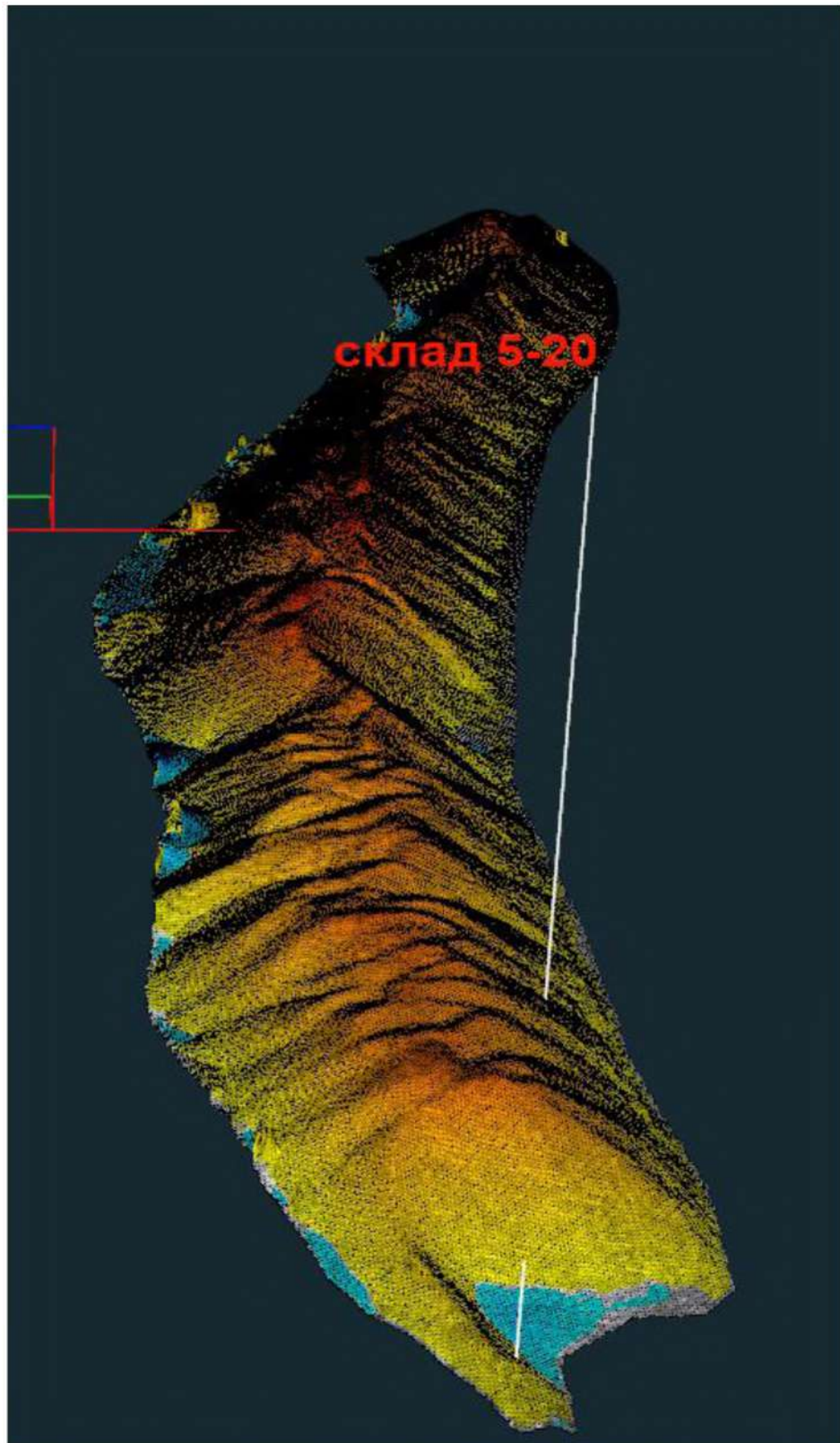


Рис. 3.3.4. Склад щебеню фракції 5-20 міліметрів

Склад щебеню фракції 0-70 міліметрів характеризується параметрами: об'єм заповнення 1284,34 кубічних метра, об'єм вирізання 0,68 кубічних метра, загальний об'єм 1283,66 кубічних метра. Площа 2D — 702,44 квадратних метра,

площа 3D — 811,86 квадратних метра. Нижня відмітка 378,47 метра, верхня відмітка 384,60 метра, середня висота 6,13 метра.

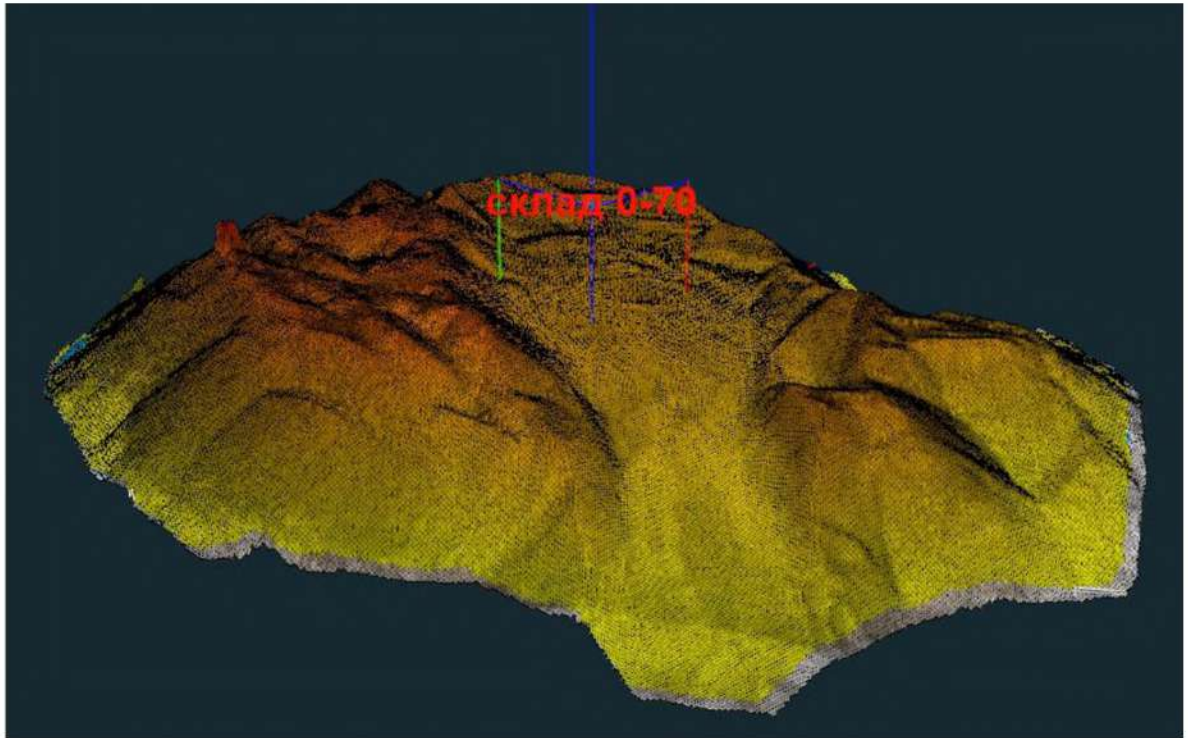


Рис. 3.3.5. Склад щебеню фракції 0-70 міліметрів

Ця фракція є технологічною і використовується для подальшого дроблення та сортування на дробильно-сортувальному комплексі.

Таблиця 3.3.1.

Параметри складів щебеню за результатами геодезичного знімання

Назва складу	Загальний обсяг (м ³)	Площа 2D (м ²)	Площа 3D (м ²)	Нижня відмітка (м)	Верхня відмітка (м)	Середня висота (м)
Склад 0-5 дорога	1352,89	617,34	751,87	358,47	365,65	7,18
Склад 0-5 площадка	1567,18	711,86	854,66	377,52	384,11	6,59
Склад 0-5 біля бочки	411,12	335,96	401,79	387,34	393,76	6,42
Склад 5-20	1207,90	969,72	1145,25	352,45	364,56	12,11
Склад 0-70	1283,66	702,44	811,86	378,47	384,60	6,13

Назва складу	Загальний обсяг (м³)	Площа 2D (м²)	Площа 3D (м²)	Нижня відмітка (м)	Верхня відмітка (м)	Середня висота (м)
ВСЬОГО	5822,75	3337,32	3965,43	—	—	7,69

Загальний об'єм всіх складів щебеню станом на дату зйомки становить 5822,75 кубічних метра, загальна площа 2D — 3337,32 квадратних метра, загальна площа 3D — 3965,43 квадратних метра, середня висота всіх складів — 7,69 метра. Такий об'єм запасів готової продукції відповідає приблизно 10-денній потужності виробництва при середньодобовому видобутку 400-500 тонн андезиту. Систематичний облік запасів дозволяє технічному керівництву оптимізувати процес виробництва, планувати відвантаження продукції споживачам та уникати надмірного накопичення матеріалу на складах.

Контроль геометричних параметрів гірничих робіт здійснюється маркшейдером безперервно в процесі виконання виконавчих зйомок. В робочих зонах контролюються висота уступів (проектне значення 10-15 метрів), кут нахилу робочих укосів (проектне значення 60-70 градусів), ширина транспортних берм (проектне значення 30-50 метрів), ширина робочих майданчиків (проектне значення не менше 40 метрів). В неробочих зонах перевіряються параметри бортів кар'єру в граничному положенні: кут нахилу нерабочих бортів (проектне значення 45-50 градусів), відповідність фактичного положення граничного контуру проектному.

У цьому дослідженні виконано порівняльний аналіз результатів визначення об'ємів чотирьох складів готової продукції кар'єру.

За основу було взято дані, котрі викладено вище в матеріалі, а також інформацію наданою замовником, а саме:

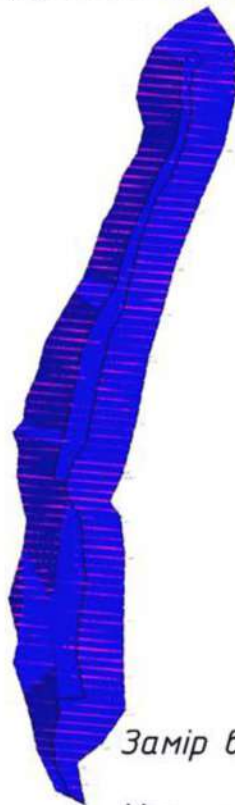
- Склад фракції 0-70;
- Склад фракції 5-20 (див.рис. 3.3.6);
- Склад фракції 0-5 бочка.

План

заміру залишків корисних копалин на складі готової продукції К-2

5-20 дорога станом на 25.10.2025 року

Масштаб 1:500



839,08 м²

1181,12 м³

Система висот –Балтійська

Система координат – СК-63

Розрахунок у ГІС К- MINE

Замір виконала :

Маркшейдер

Білошенко А.І

Рис. 3.3.6. План заміру залишків продукції на складі 5-20

Перший метод базується на традиційній наземній зйомці з подальшим камеральним опрацюванням у геоінформаційній системі К-MINE. Другий метод ґрунтується на побудові тривимірних моделей складів за даними GNSS-приймача з інтегрованим LiDAR-сенсором та обробці в програмному забезпеченні 3Dsurvey аерофотознімків (версія 2.16.0). Традиційна зйомка виконувалась у координатній системі СК-63 з використанням Балтійської системи висот.

Для кожного зі складів наявні планові матеріали з традиційної зйомки із зазначенням площі та об'єму за результатами розрахунків у К-MINE (див. рис. 3.3.6), у кожного зі складів порівнювались два ключові параметри — площа контуру та об'єм, що дозволяє оцінити ступінь узгодженості результатів різних методів зйомки.

Для складу фракції 0–5 мм біля бочки традиційна зйомка зафіксувала площу 288,40 м² та об'єм 396,57 м³, тоді як за результатами 3D-моделювання

площа становить $335,96 \text{ м}^2$, а об'єм — $411,12 \text{ м}^3$. Різниця у площі дорівнює $+47,56 \text{ м}^2$, що відповідає відносному збільшенню на $16,49\%$, а різниця в об'ємі становить $+14,55 \text{ м}^3$, або $+3,67\%$.

Для складу фракції $0-70 \text{ мм}$ традиційний розрахунок дав площу $651,60 \text{ м}^2$ та об'єм $1353,43 \text{ м}^3$, тоді як 3D-модель показала площу $702,44 \text{ м}^2$ і об'єм $1283,66 \text{ м}^3$. Цей випадок є єдиним серед трьох, де 3D-метод дав менший об'єм порівняно з традиційною зйомкою: різниця становить $-69,77 \text{ м}^3$, або $-5,16\%$. При цьому площа за 3D-методом більша на $50,84 \text{ м}^2$ ($+7,80\%$).

Склад фракції $5-20 \text{ мм}$ біля дороги за традиційною зйомкою має площу $839,08 \text{ м}^2$ та об'єм $1181,12 \text{ м}^3$, а за 3D-моделлю — $969,72 \text{ м}^2$ і $1207,90 \text{ м}^3$ відповідно. Різниця у площі є найбільшою в абсолютному вимірі й становить $+130,64 \text{ м}^2$ ($+15,57\%$), тоді як різниця в об'ємі порівняно невелика: $+26,78 \text{ м}^3$, або $+2,27\%$.

Узагальнення результатів показує, що середня різниця по площах між 3D-методом та традиційною зйомкою становить $+13,29\%$ зі стандартним відхиленням $4,77\%$, а діапазон значень лежить у межах від $+7,80\%$ до $+16,49\%$, що продемонстровано на рисунку 3.3.7. Середня різниця по об'ємах становить лише $+0,26\%$ зі стандартним відхиленням $4,74\%$, а діапазон охоплює значення від $-5,16\%$ до $+3,67\%$.

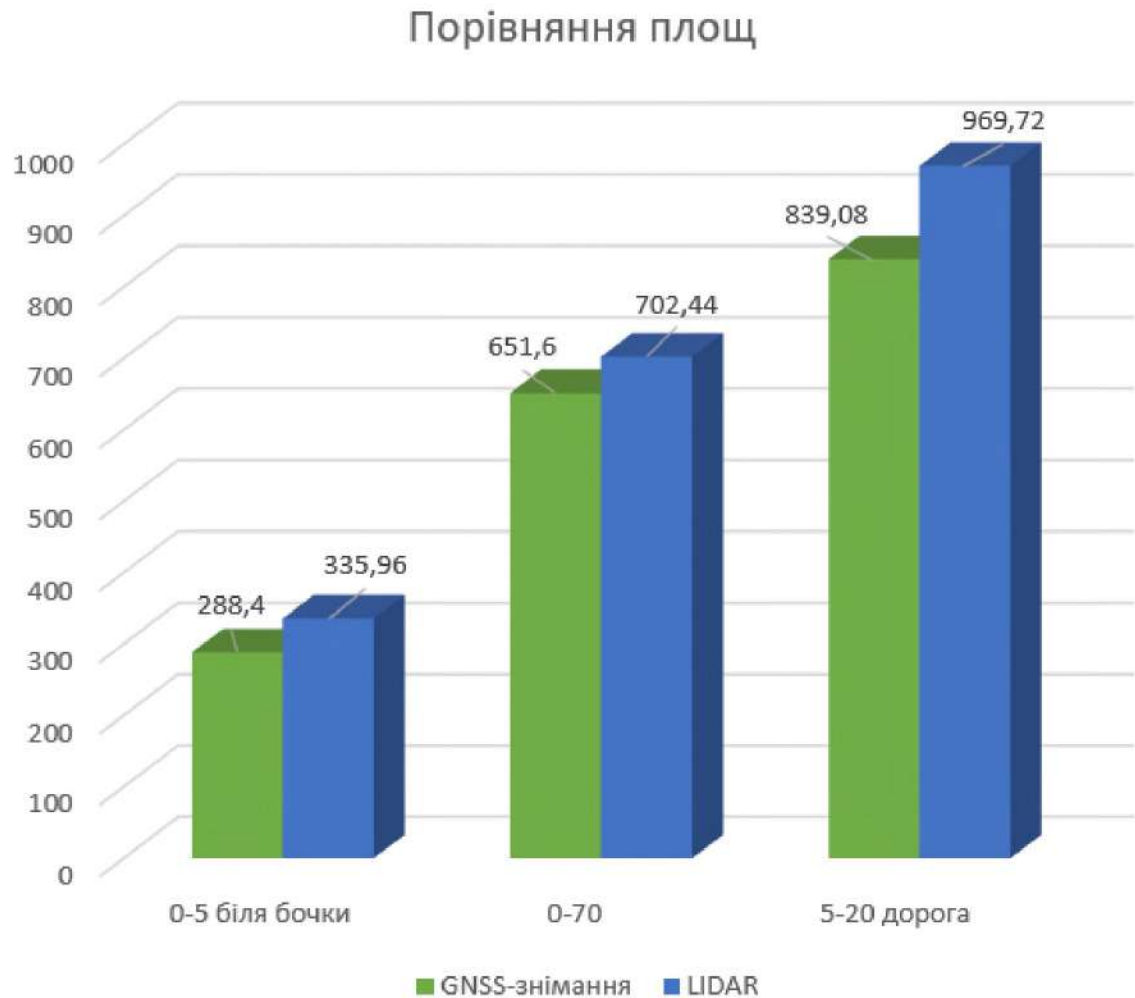


Рис. 3.3.7. Порівняння площ

Систематичне перевищення площ за результатами 3D-моделювання порівняно з традиційною зйомкою пояснюється насамперед різним підходом до визначення меж складу. При традиційній зйомці маркшейдер візуально окреслює контур, орієнтуючись на видиму межу насипного матеріалу, і, як правило, виключає периферійні зони з тонким шаром продукції або нечітко вираженими межами. Натомість при аналізі 3D-моделі контур формується на основі щільної хмари точок і може включати ділянки з незначними перевищеннями над базовою поверхнею, які при візуальній оцінці можуть бути проігноровані. Саме цим пояснюється стабільне збільшення площ на 8–17% для всіх трьох складів незалежно від їх розміру та форми.

На відміну від площ, різниця в об'ємах значно менш систематична. Середня різниця складає всього +0,26%, що практично свідчить про узгодженість

результатів двох методів у визначенні об'ємів (див. рис. 3.3.8). Це досягається завдяки взаємній компенсації двох протилежних тенденцій. З одного боку, об'єм визначається методом вертикальних перерізів із кроком 1 м, що передбачає обмежену кількість точок і приводить до деякого згладжування мікрорельєфу поверхні, а отже, до недооцінки об'єму на складах з виразно нерівною поверхнею. З іншого боку, 3D-моделювання завдяки високій щільності хмари точок забезпечує деталізацію поверхні, проте інші фактори (зокрема базова площа та визначення контуру) можуть привести до дещо менших чи більших значень об'єму.

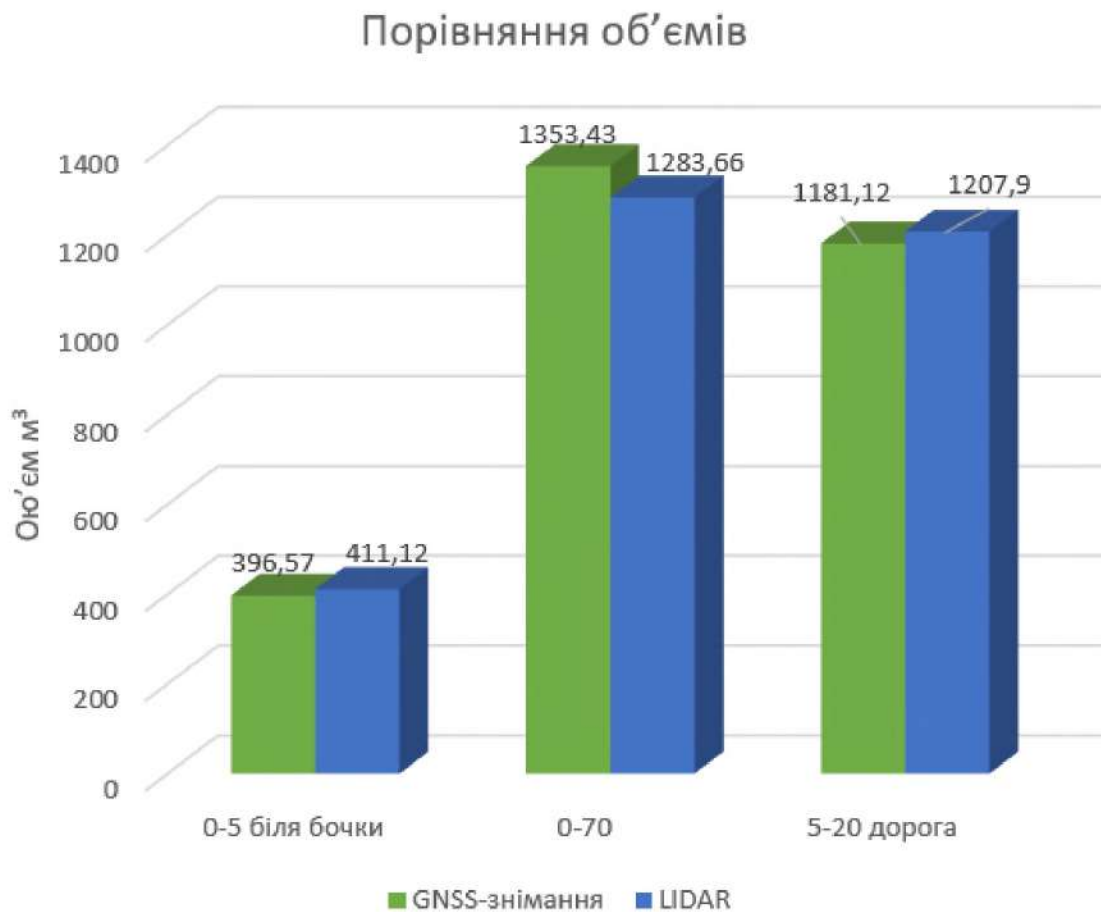


Рис. 3.3.8. Порівняння об'ємів

Ключовим чинником, що визначає знак та величину різниці в об'ємах, є співвідношення між розширенням контуру та зміною середньої висоти складу. Для складу 0–5 біля бочки та 5–20 дорога збільшення площі контуру за 3D-методом супроводжується стійким збільшенням об'єму (+3,67% та +2,27%

відповідно), що свідчить про те, що додаткова площа, захоплена 3D-моделлю, мала позитивну висоту. Натомість для складу 0–70 мм, попри збільшення площі на 7,80%, об'єм за 3D-моделлю виявився меншим на 5,16%, що вказує на те, що розширена площа мала нижчу середню висоту або базова площина розташована вище. Це може бути наслідком відмінностей у визначенні базової поверхні: якщо у 3D-моделі базова площина розташована вище, ніж у традиційній зйомці, загальний об'єм зменшується, навіть якщо площа контуру більша (див. рис. 3.3.9 та 3.3.10).

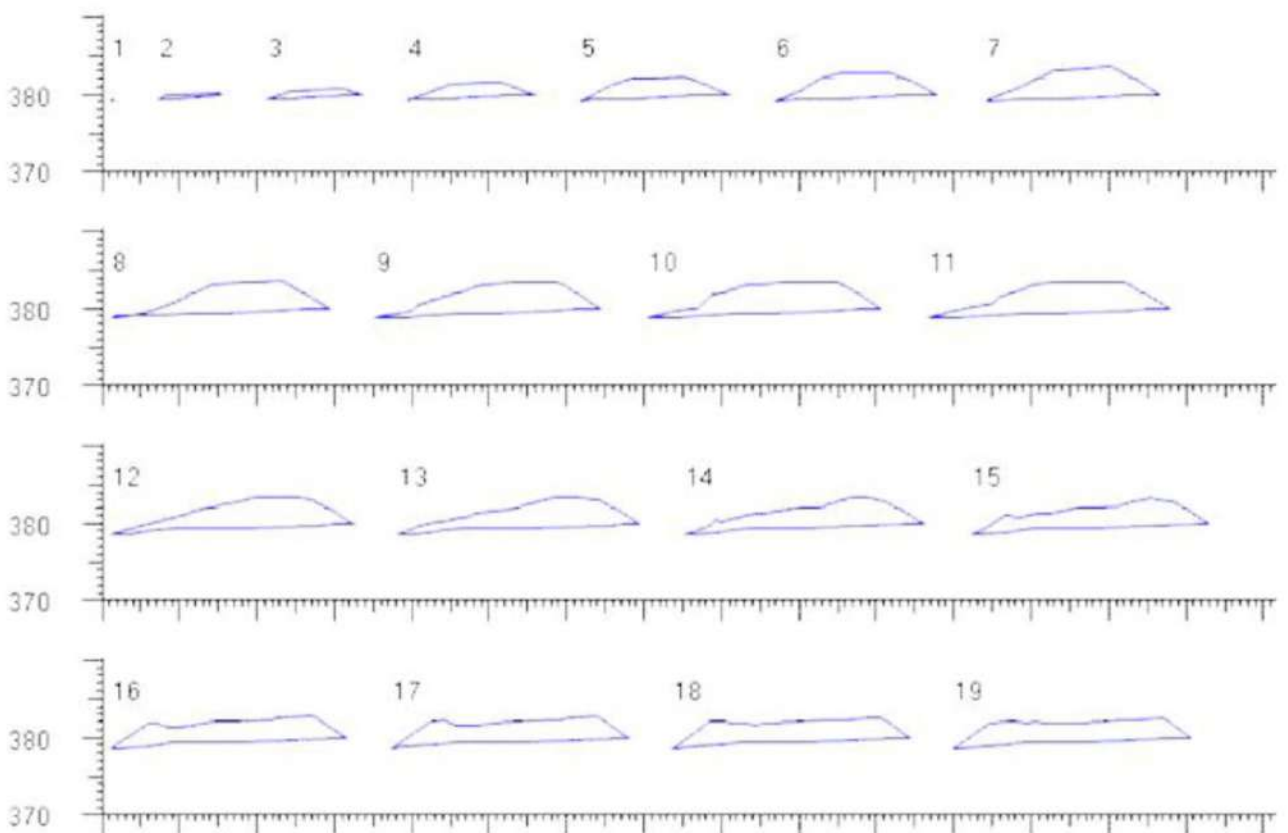


Рис. 3.3.9. Планові відмітки висот складу 0-70 при традиційній зйомці



3Dsurvey

Програмне забезпечення для обробки аерофотознімків

Версія 2.16.0

Об'єм

Назва :	склад 0-70		
Заповнити:	1284.34m ³	2D площа:	702.44m ²
Вирізати:	0.68m ³	3D площа:	811.86m ²
Об'єм:	1283.66m ³	Найнижча відмітка:	378.47m
		Найвища відмітка:	384.60m

Рис. 3.3.10. Звіт з обробки даних у програмному забезпеченні 3Dsurvey

Основними причинами розбіжностей у площах є різне визначення меж складу двома методами, внаслідок чого 3D-модель захоплює периферійні зони з тонким шаром матеріалу, які маркшейдер при традиційній зйомці виключає. Невелика середня різниця по об'ємах вказує на те, що збільшена площа в 3D-моделі переважно припадає на ділянки з незначною висотою, що компенсує ефект від розширення контуру. Виявлені закономірності узгоджуються з результатами сучасних досліджень у галузі порівняння традиційних та дистанційних методів геодезичних вимірювань і підтверджують високу практичну придатність обох методів для контролю об'ємів складів готової продукції, при цьому акцентуючи на важливості узгодження методик визначення меж складів для забезпечення порівнянності результатів [33-35].

За результатами маркшейдерських зйомок виявлено, що фактичні параметри гірничих робіт в цілому відповідають проектним з відхиленнями в межах допусків. Середня висота уступів становить 12-14 метрів, що незначно перевищує проектне значення і обумовлено необхідністю збільшення продуктивності видобування. Ширина транспортних берм витримується в діапазоні 35-45 метрів, що забезпечує безпечний рух великовантажних автосамоскидів вантажопідйомністю 40-60 тонн. Кут нахилу робочих укосів

становить 65-70 градусів, що відповідає стійкості андезитових порід в даних гідрогеологічних умовах.

3.4. Контроль точності та забезпечення безпеки гірничих робіт геодезичними методами

Геодезичне (маркшейдерське) забезпечення є невід'ємною складовою безпечного ведення гірничих робіт.

Геодезичний контроль точності та забезпечення безпеки гірничих робіт є невід'ємною складовою системи маркшейдерського забезпечення відкритої розробки родовищ корисних копалин. Відповідно до вимог ДБН В.1.3-2:2010 «Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві» та НПАОП 74.2-5.01-85 «Інструкція з виконання маркшейдерських робіт» [6], геодезичний супровід гірничих робіт повинен забезпечувати постійний контроль геометричних параметрів гірничих виробок, своєчасне виявлення відхилень від проектних рішень і запобігання аварійним ситуаціям.

Методика розрахунку безпечних відстаней

Радіус небезпечної зони по розльоту шматків породи для родовища андезиту, що розробляє ТОВ «КобалтумРесурсЕкспорт», розраховується згідно: «Правил безпеки під час поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення»:

$$r_{\text{розл}} = 1250\eta_3 * \sqrt{\frac{f*d}{(1+\eta_{\text{заб}})*a}} = 1250 * 0,57 \sqrt{\frac{12*0,13}{(1+1)^4}} = 315, \text{ приймаємо } 350$$

м.

де: f – коефіцієнт міцності породи за шкалою Протод'яконова;

d – діаметр свердловини в метрах;

$\eta_{\text{заб}}$ – коефіцієнт заповнення свердловини набійкою;

a – відстань між свердловинами;

η_3 – коефіцієнт заповнення свердловини вибуховою речовиною.

Встановлюємо радіус небезпечної зони по розльоту осколків:

- для людей – 350 м;

- для споруд і механізмів – 150 м.

Вибухобезпечна зона на період виробництва вибухів огорожується постами живого оточення.

Радіус небезпечної зони від УПХ на будівлі і споруди розраховується відповідно до НПАОП 0.00-1.67-13:

$$r^B = 65\sqrt{Q_e} = 65\sqrt{4,98} = 145 \text{ м.}, \text{ приймаємо } 150 \text{ м.}$$

де: Q_e – маса еквівалентного заряду;

$$Q_{\text{дш}} = (a + b) * m * q_{\text{дш}} = (4 + 3,3) * 4 * 0,012 = 3,5$$

При вибуху свердловинних зарядів:

$$Q_e = 12 * p * d * m * k_3 + Q_{\text{дш}}, \text{ кг}$$

де: $Q_{\text{дш}}$ - маса ВР у мережі ДШ, кг;

m – кількість свердловин, 40;

p – лінійна щільність заряду, 11,9 кг/м;

d – діаметр заряду, м.

$$Q_e = 12 * 11,9 * 0,13 * 40 * 0,001 + 35 = 4,98 \text{ кг}$$

При інтервалі між групами 10 – 15 мс радіус небезпечної зони повинен бути збільшений в 1.3 рази порівняно з розрахунковим згідно вищенаведених формул.

На час проведення підривних робіт відключаються всі лінії електропередач, що знаходяться в вибухонебезпечній зоні.

При підготовці масових вибухів у випадках використання ВР групи D (крім димного пороху) на період задування зарядів замість небезпечної зони може встановлюватися заборонена зона радіусом не менше ніж вдвічі визначений, яка оточується червоними прапорцями [27].

В межах забороненої зони припиняються всі роботи, крім підготовки і заряджання свердловин, а також забороняється присутність сторонніх осіб.

Спільно з кар'єром, з ціллю підвищення безпеки проведення підривних робіт, на кожен масовий вибух складається наказ по заходах по охороні вибухонебезпечної зони та виводу людей на безпечну відстань.

Визначення сейсмічнобезпечних відстаней

Сейсмічнобезпечну відстань під час масового вибуху визначають згідно VIII розділу, ДСТУ 4704:2008 «Проведення промислових вибухів норм сейсмічної безпеки»:

$$r_c = \left(\frac{k}{V_{\text{доп}}}\right)^{2/3} * Q_e^{1/3}, \text{ м}$$

де: k – коефіцієнт, який є постійним і залежить від умов проведення вибуху та поширення вибухових хвиль, який дорівнює 315;

$V_{\text{доп}}$ – допустима швидкість коливань для типів будівель поблизу кар'єра, яка є постійною і допустимою 7 см/с;

Q_e – маса заряду ВР на одне уповільнення, 450 кг.

$$Q_e = N_c * Q_c = 2 * 225 = 450 \text{ кг}$$

де: N_c – кількість свердловин на одне уповільнення, 2 шт;

Q_c – маса заряду ВР однієї свердловини, 225 кг.

$$r_c = \left(\frac{315}{7}\right)^{2/3} * 450^{1/3} = 96,9 \text{ м.}$$

Отримана відстань задовільняє умови допустимої для захисту будівель на кар'єрі.

Порядок і організація робіт щодо ліквідації зарядів, що не спрацювали

У всіх випадках, коли неможливо здійснити ініціювання заряду з технічних причин (зокрема через пошкодження або непереборні порушення підривної мережі), такий заряд розглядається як нездетонований і кваліфікується як відмова. Кожен факт відмови підлягає обов'язковому внесенню до журналу реєстрації відмов під час підривних робіт.

Після виявлення відмови або виникнення підозри щодо неї підривник (майстер-підривник) зобов'язаний позначити місце розташування проблемного заряду спеціальним попереджувальним знаком та негайно повідомити про це керівника вибухових робіт.

Усі операції, пов'язані з ліквідацією відмов, повинні виконуватися під безпосереднім контролем відповідальної посадової особи відповідно до інструкції з ліквідації відмов, затвердженої керівником підприємства та

погодженої з територіальним органом Держпраці України. Проведення будь-яких інших робіт у місцях виявлених відмов суворо заборонено.

Проводи електродетонатора, що залишився в заряді, обов'язково мають бути замкнуті накоротко.

Ліквідація зарядів, які відмовили, здійснюється вибуховим способом із дотриманням вимог технічних умов та інструкцій заводів-виробників вибухових матеріалів, з урахуванням типу вибухової речовини та засобів ініціювання. Остаточне рішення щодо методу ліквідації нездетонованих зарядів приймає керівник вибухових робіт.

Основні способи ліквідації зарядів, що відмовили, дозволяється проводити:

– підриванням заряду підривними засобами, якщо відмова відбулася в результаті зменшення, пригасання або припинення функції ЛНО заряду (коли ЛНО заряду, що відмовив, не зменшилася). Якщо під час перевірки ЛНО виявиться можливість небезпечного розкидання кусків породи або впливу УПХ під час вибуху, то підривання заряду, що відмовив, забороняється:

– розбиранням породи в місці розташування свердловини із зарядом, що відмовив, з вилученням його вручну;

– із застосуванням екскаватора, якщо виключити безпосередній вплив ковша на ВМ, для розбирання породи навколо заряду ВР, що відмовив, на основі аміачної селітри, що не містить у своєму складі нітрогліцерину, порохів або гексогену, які ініціюються ДШ;

– підриванням заряду в свердловині, що пробурена паралельно на відстані не менше ніж 3 м від свердловини із зарядом, що відмовив;

– вмиканням в свердловинах заряду ВР групи сумісності D (крім димного пороху) під час ініціювання ДШ.

За неможливості ліквідувати відмову перерахованими способами їх ліквідацію слід здійснювати за проектом, затвердженим керівником підприємства.

Ліквідацію відмов з конверсійною вибуховою речовиною необхідно проводити за інструкціями з їх застосування, розробленими виробниками конверсійної вибухової речовини.

Ліквідацію зарядів, що відмовили в рукавах, необхідно проводити підриванням заряду в допоміжному рукаві у свердловині, що пробурена на відстані не менше ніж одна третина рукава з зарядами, що відмовили, а також визначеними способами.

Після припинення зарядних, продуктивних днів ліквідації зарядів, що відмовили, необхідно ретельно оглянути робочу поверхню на збирання елементів ВМ. Лише після цього дозволяється починати роботи на блокові.

Ліквідацію зарядів, що відмовили під час МВ, необхідно проводити за проектом, затвердженим керівником.

У разі, якщо після повторного підривання зарядів, що відмовили, не можуть бути виявлені нові ознаки відмови, свердловини повинні бути визнані такими, що не містять зарядів. Це визначається комісією в складі керівника підричних робіт, маркшейдера (інші посадові особи за необхідності). Усі заходи з ліквідації відмов повинні виконуватися під керівництвом керівника підричних робіт.

Конкретні заходи щодо безпечної організації бурових і підричних робіт

Персонал, що бере участь в підготовці і проведенні підричних робіт повинен бути проінструктований з питань безпечного ведення підричних робіт і ознайомлений з Типовим проектом на проведення підричних робіт.

Забороняється проведення підричних робіт в темний час доби.

Перед початком монтажу підричної мережі, при масових вибухах, на місцевості у визначених місцях виставляються пости охорони вибухонебезпечної зони. Розстановка постів охорони проводиться за визначеною проектом межею небезпечної зони так, щоб місцевість між суміжними постами була взаємно видима [24].

За 30 хвилин до подачі попереджувального сигналу, всі працівники зайняті охороною вибухонебезпечної зони збираються в приміщенні керівника охорони

при кар'єрі для одержання інструктажу і сигнальних пристроїв, їм повідомляється місце проведення вибуху, орієнтовний час вибуху, номер поста що вони охороняють, порядок подачі звукових сигналів і їх значення.

Після сигналу «Відбій» працівники зайняті охороною вибухонебезпечної зони покидають свої пости і доповідають керівнику підривному роботами про всі свої зауваження і спостереження.

До початку заряджання свердловин поверхня блоку повинна бути очищена від сторонніх предметів, обладнання повинно бути прибрано з блоку.

Ключ від підривної машинки на період підготовки вибуху повинен знаходитись у керівника вибуховими (підривному) роботами і передаватися підривному після подачі бойового сигналу для проведення вибуху.

Порядок подачі звукових сигналів:

- **Перший сигнал** («попереджувальний») (один тривалий) подається сиреною. По цьому сигналу відводяться всі механізми на безпечну відстань, відключаються лінії електропередач, що проходять в межах вибухонебезпечної зони; охорона небезпечної зони відходить по вказаній межі і займає свої пости. Старший охорони сповіщає керівника вибуховими роботами про виведення людей за межі небезпечної зони. Підривніки починають монтаж підривної мережі.
- **Другий сигнал** («бойовий») (два тривалі) подається сиреною. По цьому сигналу керівник підривних робіт подає команду на приєднання електропідривної мережі до підривної машинки і віддає ключ підривному для виробництва вибуху. Підривник проводить вибух.
- **Третій сигнал** («відбій») (три коротких) подається сиреною після огляду місця вибуху керівником підривних робіт та ліквідації електродетонаторів і означає закінчення підривних робіт.

Звукові сигнали подаються підривником (старшим підривником), по команді керівника вибуховими (підривному) роботами, а при проведенні масових вибухів — спеціально призначеним працівником.

При заряджанні свердловин ВР і наповненні їх набійкою категорично забороняється знаходження на лінії детонуючих шнурів, укладених у устя свердловин. Забійна машина при наповненні набійкою свердловин повинна бути розташована таким чином, щоб її колеса знаходились не ближче як 0,5 м від краю бровки уступу.

При заряджанні свердловин категорично забороняється кидати, волочити, кантувати та допускати просипання ВМ.

Порошкоподібні вибухові матеріали на основі аміачної селітри допускається розминати перед використанням без порушення цілісності оболонки.

Установка і кріплення проміжних детонаторів повинна виключати їх падіння в свердловину.

Не допускається витрата вибухових матеріалів більше кількості, передбаченої паспортом на масовий вибух.

Ліквідація зарядів, що відмовили, проводиться відповідно до інструкції щодо запобігання, виявлення і ліквідації відмов свердловинних зарядів на відкритих гірничих роботах НПАОП 0.00 – 5.39 – 14.

Місце розміщення укриття для захисту підрильників від розлітаючих осколків визначається паспортом на масовий вибух.

Забороняється проведення підрильних робіт з використанням електродетонаторів під час грози.

Підрильні машинки, перед видачею їх підриникам, повинні перевірятися у відповідності із інструкцією по експлуатації.

Забороняється користуватися телефонним сільницьковим зв'язку під час підготовки і проведення підрильних робіт з використанням електродетонаторів.

Забороняється знаходження людей під навислими гірничої породи (козармицями) уступу, на розміщених блоках і укриттях після подачі першого сигналу; місцях заряджання співробітників вибухових матеріалів; під час вибуху; на місцях вибуху, якщо каміння, пил або інші предмети вибуху можуть поранити або травмувати людей.

Висновки до 3-го розділу.

У третьому розділі було детально досліджено сучасні технічні засоби, технології та конкретні організаційні рішення, які застосовуються для геодезичного супроводу відкритих гірничих робіт на Кам'яницькому-2 родовищі. Було описано та представлено план на буріння, а також розраховано основні параметри для роботи. Також окрему увагу було звернуто на забезпечення безпеки при проведенні геодезичного супроводу гірничих робіт

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У цій кваліфікаційній роботі комплексно висвітлено теоретичні засади, практичні рішення та нормативне поле організації геодезичного супроводу відкритих гірничих робіт на прикладі родовища Кам'яницьке-2. Особливу увагу приділено аналізу сучасних технологій просторового забезпечення гірничого виробництва, актуальному стану дослідженої сировинної бази регіону, методам підвищення безпеки і ефективності ведення робіт.

Було виконано розрахунок об'ємів відпрацьованої та розкривної порід на прикладі 4 блоку. Також здійснено аналіз щодо доцільності використання даного методу, порівнявши його із традиційним GNNS-зніманням та постобробкою в програмному забезпеченні K-MINE.

Із даного аналізу виявлено, що середня різниця по площах між 3D-методом та традиційною зйомкою становить +13,20% зі стандартним відхиленням 3,90%, а діапазон значень лежить у межах від +7,80% до +16,49%. Середня різниця по об'ємах становить +4,54% зі значно більшим стандартним відхиленням — 9,40%, а діапазон охоплює значення від -5,16% до +17,39%.

Вперше для родовища такого типу докладно обґрунтовано доцільність застосування 3D-моделювання на основі масиву даних, отриманих за допомогою GNSS та лазерного сканування.

Узагальнюючи всі структурні розділи, можна констатувати, що досвід організації, технічного та наукового забезпечення геодезичного супроводу робіт на Кам'яницькому-2 повністю відповідає сучасним світовим тенденціям розвитку маркшейдерії. Інтеграція точного супутникового позиціонування, лазерних вимірювань, сучасної обробки даних і ГІС-платформ формує нову якість просторового контролю для відкритих гірничих підприємств України, яка відповідає навіть найжорсткішим вимогам виробничої безпеки, нормативної документації та економічної ефективності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

5. Водний кадастр України : Басейн річки Уж / Державне агентство водних ресурсів України. Київ, 2020.
6. Геологічна карта та розріз родовища Кам'яницьке-2 масштабу 1:5000 / Закарпатська ГРЕ. 1982.
7. Геологія і корисні копалини України : атлас / гол. ред. Л. С. Галецький. Київ : Географіка, 2001. 168 с.
8. Гірничий закон України : Закон України від 6 жовт. 1999 р. № 1127-ХІV. *Відомості Верховної Ради України*. 1999. № 50. Ст. 433. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1127-14> (дата звернення: 29.11.2025). 7
9. ДБН В.1.1-24:2009. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування. [Чинний від 01.01.2010]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 69 с. 11
10. ДБН В.1.3-2:2010. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві. [Чинний від 01.07.2010]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 71 с. 10
11. Додаток до Порядку виконання маркшейдерських робіт при розробці родовищ рудних та нерудних корисних копалин / Міністерство соціальної політики України. URL: <https://dsp.gov.ua/wp-content/uploads/2019/04/dodatok-do-porjadku-vykonannja-markshejderskyh-robit.pdf> (дата звернення: 29.11.2025). 4
12. ДСТУ 2393-94. Геодезія. Терміни та визначення. [Чинний від 01.01.1995]. Київ : Держстандарт України, 1994. 29 с. 12
13. ДСТУ 2402-94. Прилади геодезичні. Терміни та визначення. [Чинний від 01.01.1995]. Київ : Держстандарт України, 1994. 41 с. 13
14. Звіт про результати детальної розвідки родовища андезиту Кам'яницьке-2 / Закарпатська геологорозвідувальна експедиція. Ужгород, 1982.
15. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98) : Наказ Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 9 квіт. 1998 р. № 56 ; зареєстр. в Міністерстві юстиції України 23 черв. 1998 р. за № 393/2833.

- URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0393-98> (дата звернення: 29.11.2025).
14
16. Кліматичний кадастр України : Закарпатська область / Центральна геофізична обсерваторія. Київ : Держгідромет України, 2011.
17. Кодекс України про надра : Закон України від 27 лип. 1994 р. № 132/94-ВР. *Відомості Верховної Ради України*. 1994. № 36. Ст. 340.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-вр> (дата звернення: 29.11.2025).
6
18. Маркшейдерія і підрахунок обсягу видобутку / ТОВ «Галичгеобуд». URL: <https://galychgeobud.com.ua/marksheyderiya-i-pidrahunok-obsyagu-vidobutku-galichgeobud/> (дата звернення: 29.11.2025). 2
19. Навчально-методичні рекомендації щодо виконання кваліфікаційної роботи (проекту) магістра (для студентів спеціальності 193 Геодезія та землеустрій). / уклд. : В. Ю, Пересоляк, І. В. Крильо, В. О. Романко та інш. / [Ужгород. нац. ун-т; геогр. ф-т; каф. геодезії, землеустрою та геоінформатики] – Ужгород : Видавництво «УжНУ», 2024. – 80 с.
20. Нівелювання. Лабораторний практикум : навч. посіб. / уклад. : І. В. Калинич, М. Р. Ничвид, І. І. Калинич ; рец. : М. В. Жиган, Б. В.
21. Положення про порядок організації та виконання дослідно-промислової розробки родовищ корисних копалин загальнодержавного значення : Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 03 берез. 2003 р. № 34/м.
22. Порядок виконання маркшейдерських робіт при розробці родовищ рудних та нерудних корисних копалин : проект / Міністерство соціальної політики України. URL: https://dsp.gov.ua/wp-content/uploads/2019/04/porjadok-vykonannja-markshejderskyh-robit_bez-dodatktiv.pdf (дата звернення: 29.11.2025). 3
23. Порядок виконання маркшейдерських робіт при розробці родовищ рудних та нерудних корисних копалин : проект / Міністерство соціальної політики України. URL: https://dsp.gov.ua/wp-content/uploads/2019/04/porjadok-vykonannja-markshejderskyh-robit_bez-dodatktiv.pdf (дата звернення: 29.11.2025).

24. Порядок виконання маркшейдерських робіт при розробці родовищ рудних та нерудних корисних копалин : проект / Міністерство соціальної політики України. URL: https://dsp.gov.ua/wp-content/uploads/2019/04/porjadok-vykonannja-markshejderskyh-robit_bez-dodatktiv.pdf (дата звернення: 29.11.2025).

25. Порядок побудови Державної геодезичної мережі : Постанова Кабінету Міністрів України від 7 серп. 2013 р. № 646. *Офіційний вісник України*. 2013. № 68. Ст. 2483. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/646-2013-p> (дата звернення: 29.11.2025). 15

26. Пояснювальна записка до плану розвитку гірничих робіт в кар'єрі Кам'яницького 2 родовища андезитів, Ужгородського району Закарпатської області на II, III та IV квартали 2025 року / ТОВ «КобальтумРесурсЕкспорт». с. Кам'яниця, 2025.

27. Про затвердження Правил виконання маркшейдерських робіт під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин : Наказ Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України від 31 берез. 2021 р. № 669. *Офіційний вісник України*. 2021. № 55. Ст. 3454. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0884-21> (дата звернення: 29.11.2025). 9

28. Про охорону праці : Закон України від 14 жовт. 1992 р. № 2694-XII. *Відомості Верховної Ради України*. 1992. № 49. Ст. 668. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12> (дата звернення: 29.11.2025). 8

29. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність : Закон України від 23 груд. 1998 р. № 353-XIV. *Відомості Верховної Ради України*. 1999. № 5–6. Ст. 46. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14> (дата звернення: 29.11.2025). 5

30. Проектування геодезичної основи для великомасштабних топографічних зніманих, землевпорядних та кадастрових робіт. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Геодезія» робіт для студентів спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» всіх форм навчання. / Уклад.: Калинич І.В., Ничвид М.Р., Калинич І.І. – Ужгород: вид. Говерла. ДВНЗ «УжНУ», 2021 – 52 с.

31. Типовий проект на проведення буровибухових робіт методом свердловинних і шпурових зарядів на Кам'яницькому 2 родовищі андезитів, що розробляє ТОВ «КобальтумРесурсЕкспорт» / філія «Карпативибухпром» ДП «НВО «ПХЗ». Івано-Франківськ, 2025.

32. Фролов О. О., Косенко Т. В. Відкриті гірничі роботи. Ч. I. Процеси відкритих гірничих робіт : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 151 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/4207ff1a-1598-4252-8b31-ef2c66ed091b/content> (дата звернення: 29.11.2025) 1

33. Hi-LiDAR : Mobile Mapping Software : User Guide / Hi-Target Surveying Instrument Co., Ltd. Guangzhou, China, 2024. URL: <https://en.hi-target.com.cn/products/software/> (дата звернення: 29.11.2025).

34. Hi-Target V200 GNSS RTK System : User Manual / Hi-Target Surveying Instrument Co., Ltd. Guangzhou, China, 2023. URL: <https://en.hi-target.com.cn/products/gnss-rtk/v200/> (дата звернення: 29.11.2025).

35. Hi-Target V700 GNSS RTK System : User Manual / Hi-Target Surveying Instrument Co., Ltd. Guangzhou, China, 2024. URL: <https://en.hi-target.com.cn/products/gnss-rtk/v700/> (дата звернення: 29.11.2025).

36. K-MINE : Геоінформаційна система для гірничих підприємств : Керівництво користувача / ТОВ «КРІВБАСАКАДЕМІНВЕСТ». Кривий Ріг, Україна, 2024. URL: <https://www.k-mine.com> (дата звернення: 29.11.2025)

37. Molnár A., Domozi Z. Volume analysis of open-pit mines on the basis of photogrammetry principles [Електронний ресурс] // WSEAS Transactions on Environment and Development. 2017. Vol. 13. P. 304–312. URL: <https://www.wseas.org/multimedia/journals/environment/2017/a025815-053.pdf> (дата звернення: 29.11.2025).

38. Molnár A., Domozi Z. Volume analysis of open-pit mines on the basis of photogrammetry principles [Електронний ресурс] // WSEAS Transactions on Environment and Development. 2017. Vol. 13. P. 304–312. URL: <https://wseas.com/journals/articles.php?id=3222> (дата звернення: 29.11.2025).

39. The truth behind drone-based volumetric surveys [Электронный ресурс] // The Drone Life NJ. 2025. URL: <https://thedronelifenj.com/drone-volumetric-survey-accuracy/> (дата звернення: 29.11.2025)

ДОДАТКИ

Додаток А

Обрахунок бурового блоку №4 та параметрів свердловини

№ свердловини	Від Устя	Відмітка горизонту	Ну	Перебур	Довжина свердловини	Вихід
1	385,1	380	5,1		5,1	81,4
2	384,8	380	4,8		4,8	77,4
3	384,4	380	4,4		4,4	71,0
4	383,8	380	3,8		3,8	60,0
5	383,8	380	3,8		3,8	61,3
6	384,5	380	4,5		4,5	71,4
7	384,9	380	4,9		4,9	78,9
8	385,3	380	5,3		5,3	85,4
9	385,6	380	5,6		5,6	89,3
10	386,1	380	6,1		6,1	97,6
11	386,2	380	6,2		6,2	99,5
12	386,6	380	6,6		6,6	105,4
13	387,1	380	7,1		7,1	113,6
14	387,5	380	7,4		7,4	119,2
15	386,7	380	6,7		6,7	107,4
16	387,1	380	7,1		7,1	113,8
17	387,6	380	7,6		7,6	121,6
18	388,4	380	8,4	1	9,4	133,8
19	388,5	380	8,4	1	9,4	135,2
20	388,9	380	8,9	1	9,9	142,2
21	389,1	380	9,1	1	10,1	145,3
22	389,6	380	9,6	1	10,6	152,8
23	389,9	380	9,9	1	10,9	158,7
24	384,2	380	4,2		4,2	67,0
25	384,7	380	4,6		4,6	74,4
26	385,3	380	5,3		5,3	85,0
27	385,8	380	5,8		5,8	92,8
28	386,5	380	6,5		6,5	103,4
29	386,5	380	6,5		6,5	104,0
30	386,4	380	6,4		6,4	101,8
31	386,4	380	6,4		6,4	102,6
32	387,4	380	7,4		7,4	117,9
33	387,6	380	7,6		7,6	122,1
34	387,5	380	7,5		7,5	119,4
35	387,9	380	7,9	1	8,9	127,0
36	388,2	380	8,2	1	9,2	131,0
37	388,4	380	8,4	1	9,4	134,4

38	389,0	380	9,0	1	10,0	144,5
39	389,2	380	9,2	1	10,2	147,7
40	389,5	380	9,5	1	10,5	152,2
41	389,9	380	9,9	1	10,9	158,1
42	390,3	380	10,3	1	11,3	164,6
43	384,7	380	4,7		4,7	74,9
44	385,5	380	5,5		5,5	87,8
45	386,6	380	6,6		6,6	105,4
46	387,0	380	7,0		7,0	111,5
47	387,1	380	7,1		7,1	113,9
48	387,3	380	7,3		7,3	116,3
49	386,6	380	6,6		6,6	105,3
50	387,2	380	7,1		7,1	114,4
51	387,6	380	7,6	1	8,6	121,0
52	388,0	380	8,0	1	9,0	128,3
53	388,6	380	8,6	1	9,6	137,4
54	388,6	380	8,6	1	9,6	137,4
55	388,6	380	8,6	1	9,6	136,8
56	388,6	380	8,6	1	9,6	137,4
57	389,4	380	9,4	1	10,4	149,9
58	389,6	380	9,6	1	10,6	153,1
59	390,0	380	10,0	1	11,0	160,0
60	390,1	380	10,1	1	11,1	162,2
61	390,2	380	10,2	1	11,2	163,4
62	385,4	380	5,4		5,4	86,1
63	386,5	380	6,5		6,5	104,5
64	387,1	380	7,1		7,1	113,1
65	387,4	380	7,4		7,4	118,2
66	387,7	380	7,6		7,6	122,4
67	387,8	380	7,8	1	8,8	124,6
68	388,1	380	8,1	1	9,1	130,2
69	388,0	380	8,0	1	9,0	127,5
70	387,9	380	7,9	1	8,9	126,4
71	388,7	380	8,7	1	9,7	138,6
72	388,9	380	8,9	1	9,9	142,1
73	388,8	380	8,8	1	9,8	140,2
74	388,5	380	8,5	1	9,5	136,3
75	388,9	380	8,9	1	9,9	141,9
76	389,4	380	9,4	1	10,4	151,0
77	389,8	380	9,8	1	10,8	156,3
78	390,1	380	10,1	1	11,1	162,1
79	390,4	380	10,4	1	11,4	166,6
80	390,5	380	10,5	1	11,5	168,0

81	386,0	380	6,0		6,0	95,7
82	386,9	380	6,9		6,9	110,4
83	387,4	380	7,4		7,4	118,9
84	387,8	380	7,8	1	8,8	124,0
85	388,1	380	8,1	1	9,1	130,1
86	388,5	380	8,5	1	9,5	135,4
87	388,7	380	8,7	1	9,7	139,8
88	389,3	380	9,3	1	10,3	149,0
89	389,3	380	9,3	1	10,3	148,8
90	389,2	380	9,2	1	10,2	146,6
91	389,2	380	9,2	1	10,2	146,6
92	388,9	380	8,9	1	9,9	142,1
93	389,0	380	9,0	1	10,0	143,7
94	389,3	380	9,3	1	10,3	148,5
95	389,7	380	9,7	1	10,7	155,8
96	389,9	380	9,9	1	10,9	158,7
97	390,2	380	10,2	1	11,2	163,8
98	390,4	380	10,4	1	11,4	166,4
99	390,5	380	10,5	1	11,5	168,5
100	389,4	380	9,4	1	10,4	150,6
101	389,6	380	9,6	1	10,6	153,4
102	389,4	380	9,4	1	10,4	150,7
103	389,6	380	9,6	1	10,6	153,4
104	389,6	380	9,6	1	10,6	153,0
105	389,9	380	9,9	1	10,9	157,8
106	390,3	380	10,3	1	11,3	165,4
107	390,2	380	10,2	1	11,2	163,4
108	390,2	380	10,2	1	11,2	162,9
109	390,3	380	10,3	1	11,3	165,0
110	390,5	380	10,5	1	11,5	167,4
111	390,6	380	10,6	1	11,6	168,8
Загальна кількість буріння, м					957,6	
Середня довжина свердловини, м					8,6	
Середня висота уступу, м					8,0	
Об'єм блоку					14249,1	