

ЗАТВЕРДЖЕНО

Наказ Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

29 березня 2012 року № 384

Форма № Н-9.02

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА

ФАКУЛЬТЕТ ГІРНИЧОЇ СПРАВИ, ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА БУДІВНИЦТВА

Кафедра маркшейдерії

**Пояснювальна записка**

до випускної кваліфікаційної роботи  
бакалавра

на тему: **Ведення маркшейдерського обліку  
видобування кварц-польовошпатової сировини в  
умовах ДП «ШПАТ»**

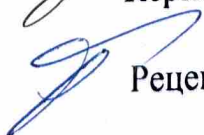
Виконав: студент 4 курсу,  
групи ГГ-29с  
спеціальності 184 «Гірництво»



ЛАДЖИГУН АНДРІЙ

Керівник

ПАНАСЮК Андрій



Рецензент

ІСЬКОВ Сергій

Житомир – 2025

# ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

( повне найменування вищого навчального закладу )

Інститут, факультет, відділення: Факультет гірничої справи, природокористування та будівництва

Кафедра: маркшейдерії

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр

Спеціальність: 184 «Гірництво»

Освітня програма «Гірництво»

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Завідувач кафедри

Шлапак В.О.  
(Підпис) (Прізвище та ініціали)

04 2025 р.

## ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Ладжигун Андрій Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Ведення маркшейдерського обліку видобування кварц-польовошпатової сировини в умовах ДП «ШПАТ»

Керівник роботи к.т.н., доц. Панасюк Андрій Вікторович  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Затверджена наказом ректора Житомирської політехніки від “01” 04 2025 р. №129/с.

2. Строк подання студентом роботи:

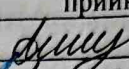
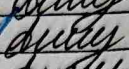
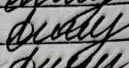
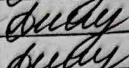
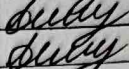
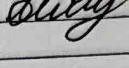
3. Вихідні дані до роботи: Робочий проект розробки родовища Гірне, документація підприємства, графічні матеріали родовища Гірне, проектна документація ДП «Шпат» геологічний звіт родовища Гірне.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Дати коротку геологічну та гідрогеологічну оцінку умовам залягання корисної копалини.

Розробити рекомендації по підвищенню ефективності маркшейдерського забезпечення розробки. Обґрунтувати заходи щодо безпечних умов праці на робочих місцях та заходи по захисту навколишнього середовища

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):  
Зведено-суміщений план, геологічний розріз, технологічна схема розробки родовища, опорна мережа, план підрахунку видобування кварц-польовошпатової руди.

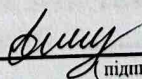
## 2. Консультанти розділів роботи:

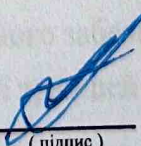
| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата                                                                      |                                                                                    |
|--------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                                           | завдання видав                                                                    | завдання прийняв                                                                   |
| 1      | ПАНАСЮК Андрій                            |  |  |
| 2      | ПАНАСЮК Андрій                            |  |  |
| 3      | ПАНАСЮК Андрій                            |  |  |
| 4      | ПАНАСЮК Андрій                            |  |  |
| 5      | ПАНАСЮК Андрій                            |  |  |
| 6      | ПАНАСЮК Андрій                            |  |  |

3. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|-----------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | Вступ, Розділ 1                               |                               |          |
| 2     | Розділ 2                                      |                               |          |
| 3     | Розділ 3                                      |                               |          |
| 4     | Розділ 4                                      |                               |          |
| 5     | Розділ 5                                      |                               |          |
| 6     | Розділ 6                                      |                               |          |
| 7.    | Висновки і оформлення роботи                  |                               |          |
| 8.    | Підготовка графічної частини                  |                               |          |
| 9.    | Передзахист                                   |                               |          |
| 10.   | Виправлення помилок, за необхідності          |                               |          |
| 11.   | Захист                                        |                               |          |
|       |                                               |                               |          |
|       |                                               |                               |          |
|       |                                               |                               |          |

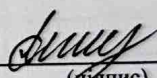
Студент  ЛАДЖИГУН Андрій  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  ПАНАСЮК Андрій  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Я, Ладжигун Андрій Олександрович, цим засвідчую, що представлена до захисту випускна кваліфікаційна робота на тему: «Ведення маркшейдерського обліку видобування кварц-польовошпатової сировини в умовах ДП "ШПАТ" виконана на основі власних наукових досліджень. Текст не містить доробку інших дослідників без відповідних посилань на їх праці.

Я попереджений про те, що у разі виявлення фактів порушення мною академічної доброчесності буду недопущений до захисту, а в разі отримання диплому – буду позбавлений його відповідно до: Закону України «Про освіту», Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку скасування рішення про присудження ступеня вищої освіти та присвоєння відповідної кваліфікації» та Положення про академічну доброчесність та етику академічних взаємовідносин в Державному університеті «Житомирська політехніка».

«05» червня 2025 р.

  
(підпис)

## Зміст

|                                                                                                  |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Вступ .....</b>                                                                               | <b>5</b>  |
| <b>РОЗДІЛ 1. ГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОДОВИЩА.....</b>                                         | <b>7</b>  |
| 1.1. Загальні відомості про родовище Гірне.....                                                  | 7         |
| 1.2. Геологічна будова родовища родовища Гірне.....                                              | 8         |
| 1.3. Якісна характеристика корисної копалини .....                                               | 10        |
| 1.4. Гідрогеологічна характеристика родовища.....                                                | 13        |
| 1.5. Підрахунок запасів.....                                                                     | 15        |
| 1.6. Межі родовища.....                                                                          | 17        |
| <b>РОЗДІЛ 2. ГІРНИЧО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....</b>                                              | <b>19</b> |
| 2.1. Загальні положення.....                                                                     | 19        |
| 2.2. Система розробки.....                                                                       | 21        |
| 2.3. Розкривні породи та організація розкривних робіт.....                                       | 26        |
| 2.4. Видобувні роботи.....                                                                       | 28        |
| 2.5. Водовідвід та водовідлив .....                                                              | 29        |
| 2.6. Відвалоутворення.....                                                                       | 30        |
| 2.7. Рекультивація земель, порушених відкритими гірничими роботами ...                           | 32        |
| <b>РОЗДІЛ 3. ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА.....</b>                                       | <b>34</b> |
| 3.1. Загальні відомості про топографо-геодезичні роботи, що виконані на території родовища ..... | 34        |
| 3.2. Камеральні роботи .....                                                                     | 36        |
| 3.3. Планова зйомочна основа .....                                                               | 37        |
| 3.4. Характеристика планово- висотної мережі .....                                               | 38        |
| 3.5. Закріплення пунктів опорної геодезичної мережі .....                                        | 41        |
| <b>РОЗДІЛ 4. МАРКШЕЙДЕРСЬКЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГІРНИЧИХ РОБІТ ПРИ ВІДКРИТІЙ РОЗРОБЦІ РОДОВИЩ .....</b> | <b>43</b> |
| 4.1. Організація маркшейдерської служби на підприємстві.....                                     | 43        |
| 4.2. Характеристика технічного та програмного забезпечення .....                                 | 44        |
| 4.3. Маркшейдерські роботи при проведенні траншей.....                                           | 46        |
| 4.4. Облік рухомості балансових запасів.....                                                     | 47        |

|           |      |                 |        |      |                  |                                                             |      |         |
|-----------|------|-----------------|--------|------|------------------|-------------------------------------------------------------|------|---------|
|           |      |                 |        |      | КМ.ДР25.23.ЗМ.ПЗ |                                                             |      |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.        | Підпис | Дата |                  |                                                             |      |         |
| Студент   |      | Ладжигун А.О.   |        |      | Зміст            |                                                             |      |         |
| Керівник  |      | Панасюк А.В.    |        |      |                  |                                                             |      |         |
| К.розділу |      | Панасюк А.В.    |        |      |                  |                                                             |      |         |
| Н. Контр. |      | Криворучко А.О. |        |      |                  |                                                             |      |         |
| Зав. Каф. |      | Шлапак В.О.     |        |      |                  |                                                             |      |         |
|           |      |                 |        |      |                  | Літ.                                                        | Арк. | Аркушів |
|           |      |                 |        |      |                  |                                                             | 1    | 2       |
|           |      |                 |        |      |                  | «Житомирська політехніка»,<br>184 «Гірництво»,<br>зр.ГГ-29с |      |         |

|                                                                                                     |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.5. Маркшейдерська документація .....                                                              | 50        |
| 4.6 Ведення маркшейдерського обліку видобування кварц-польовошпатової руди в умовах ДП «Шпат» ..... | 52        |
| 4.6.1 Вибір та планування дослідження .....                                                         | 52        |
| 4.6.2 Виконання тахеометричної зйомки складу .....                                                  | 61        |
| 4.6.3 Виконання аерофотозйомки БПЛА.....                                                            | 63        |
| 4.6.4. Визначення об'єму складу в DroneDeploy .....                                                 | 65        |
| 4.6.5 Визначення об'єму складу в AUTOCAD CIVIL 3D.....                                              | 69        |
| 4.6.6.Порівняння результатів зйомки та визначення ефективності.....                                 | 71        |
| <b>РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ .....</b>                                                                | <b>79</b> |
| 5.1. Аналіз умов праці та опис технологічного процесу .....                                         | 79        |
| 5.2. Екологічна оцінка впливу розробки родовища на навколишнє природне середовище.....              | 81        |
| <b>РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ .....</b>                                                   | <b>84</b> |
| <b>ВИСНОВКИ .....</b>                                                                               | <b>88</b> |
| <b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....</b>                                                                       | <b>90</b> |

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.ВС.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

## Вступ

Гірничодобувна промисловість є стратегічною галуззю національної економіки України, що забезпечує сировинну базу для металургійної, будівельної, керамічної, хімічної та інших галузей. Однією з важливих ланок у структурі добувної промисловості є видобування нерудних корисних копалин, зокрема кварц-польовошпатових руд, які мають широке застосування у скляній, фарфоро-фаянсовій, абразивній, електротехнічній та керамічній промисловості.

Успішне функціонування підприємств, що займаються видобуванням таких видів сировини, неможливе без чітко організованого маркшейдерського забезпечення. Ведення маркшейдерського обліку є невід'ємною частиною гірничої справи та виконує ключову функцію контролю за обсягами розкривних і добувних робіт, забезпечення точності просторового положення гірничих виробок, контролю відповідності фактичного стану виробництва до проєктних рішень, а також обліку видобутих запасів.

Особливої ваги маркшейдерський облік набуває у діяльності підприємств, які здійснюють відкритий спосіб розробки родовищ корисних копалин, зокрема таких, як ДП «Шпат». Це підприємство, розташоване на території Житомирської області, спеціалізується на видобуванні кварц-польовошпатової руди з подальшим її використанням у виробництві керамічної продукції та склокристалічних матеріалів. Умови залягання корисної копалини, геолого-структурні особливості родовища, технологія видобутку та виробнича організація потребують ефективної системи маркшейдерського обліку, що відповідає сучасним вимогам точності, оперативності та безпеки.

У сучасних умовах дедалі важливішим стає впровадження цифрових технологій та геоінформаційних систем у процеси маркшейдерського забезпечення. Це дозволяє не лише підвищити точність вимірювань, а й забезпечити автоматизацію процесів обліку, зменшити витрати людських

|           |      |                 |        |      |                                                             |      |        |  |
|-----------|------|-----------------|--------|------|-------------------------------------------------------------|------|--------|--|
|           |      |                 |        |      | <b>КМ.ДР25.23.ВС.ПЗ</b>                                     |      |        |  |
| Змн.      | Арк. | № докум.        | Підпис | Дата |                                                             |      |        |  |
| Студент   |      | Ладжигун А.О.   |        |      | <b>Вступ</b>                                                |      |        |  |
| Керівник  |      | Панасюк А.В.    |        |      |                                                             |      |        |  |
| К.розділу |      | Панасюк А.В.    |        |      |                                                             |      |        |  |
| Н. Контр. |      | Криворучко А.О. |        |      |                                                             |      |        |  |
| Зав. Каф. |      | Шлапак В.О.     |        |      |                                                             |      |        |  |
|           |      |                 |        |      | Літ.                                                        | Арк. | Аркуші |  |
|           |      |                 |        |      | 1                                                           | 2    |        |  |
|           |      |                 |        |      | «Житомирська політехніка»,<br>184 «Гірництво»,<br>гр.ГГ-29с |      |        |  |

ресурсів, оперативно оновлювати гірничографічну документацію та прогнозувати стан виробництва.

Актуальність теми випускної кваліфікаційної роботи зумовлена потребою у вдосконаленні системи маркшейдерського обліку на сучасних гірничих підприємствах, зокрема в умовах діяльності ДП «Шпат». Недосконалість традиційних методів, обмеження в застосуванні ручного обліку, а також постійне зростання вимог до точності, оперативності та прозорості даних обумовлюють необхідність критичного аналізу наявної системи маркшейдерського забезпечення та пошуку шляхів її покращення.

Метою даної випускної кваліфікаційної роботи є аналіз організації маркшейдерського обліку на ДП «Шпат», оцінка його ефективності та розробка пропозицій щодо вдосконалення облікових процесів з урахуванням сучасних технологій та нормативно-правових вимог.

Для досягнення поставленої мети у роботі передбачається вирішення наступних завдань:

- надати характеристику геолого-промислових умов родовища кварц-польовошпатової руди;
- проаналізувати організацію виробництва на ДП «Шпат»;
- розглянути чинну систему маркшейдерського обліку на підприємстві;
- дослідити нормативно-правову базу щодо ведення маркшейдерського забезпечення в Україні;
- виявити недоліки та проблемні аспекти діючої системи обліку;
- розробити практичні рекомендації щодо вдосконалення маркшейдерського обліку на підприємстві.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.ВС.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

## РОЗДІЛ 1. ГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОДОВИЩА

### 1.1. Загальні відомості про родовище Гірне

У адміністративному плані ділянка «Вільха» розташована на території Романівського району Житомирської області, приблизно за 300 метрів на південний захід від південної межі села Вільха, в межах земель запасу Вільшанської сільської ради з низькою сільськогосподарською продуктивністю.

Приблизно за 0,5 км на захід від цієї ділянки розміщена виробнича база ДП «Шпат». Її територія разом із ділянкою «Гірне» та ділянкою «Вільха» зображені на супутниковому знімку масштабу 1:5 000. Для забезпечення транспортного з'єднання між промисловою зоною ДП «Шпат» і ділянкою «Вільха» через річку Случ споруджено понтонний міст завдовжки 68 м і вантажопідйомністю 45 тонн.

Селище Першотравенськ розташоване за 1 км на південний захід від ділянки «Вільха», а Першотравенський електрофарфоровий завод (раніше – Токарівський фарфоровий завод) – на відстані близько 4 км автомобільними шляхами.

Згідно з номенклатурною сіткою карти масштабу 1 : 200 000, ділянка знаходиться у північно-західній частині аркуша М-35-XVI (Новоград-Волинський), а у масштабі 1 : 50 000 — в межах аркуша М-35-68-А-г.

На відстані 200 м від ділянки проходить автомобільна дорога Баранівка – Миропіль, а за 5 км на захід – асфальтована дорога Полонне – Баранівка. Найближчі вантажні залізничні станції — Полонне та Миропіль — знаходяться на відстані близько 20 км. Найближчі населені пункти: селища Першотравенськ, Понінка, Миропіль, а також міста Полонне, Баранівка, Романів та Новоград-Волинський, між якими існує автомобільне сполучення.

|           |      |                 |        |      |                                                             |      |         |
|-----------|------|-----------------|--------|------|-------------------------------------------------------------|------|---------|
|           |      |                 |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ                                            |      |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.        | Підпис | Дата |                                                             |      |         |
| Студент   |      | Ладжигун А.О.   |        |      | РОЗДІЛ 2                                                    |      |         |
| Керівник  |      | Панасюк А.В.    |        |      |                                                             |      |         |
| К.розділу |      | Панасюк А.В.    |        |      |                                                             |      |         |
| Н. Контр. |      | Криворучко А.О. |        |      |                                                             |      |         |
| Зав. Каф. |      | Шлапак В.О.     |        |      |                                                             |      |         |
|           |      |                 |        |      | Літ.                                                        | Арк. | Аркушів |
|           |      |                 |        |      |                                                             | 1    | 15      |
|           |      |                 |        |      | «Житомирська політехніка»,<br>184 «Гірництво»,<br>гр.ГГ-29с |      |         |

Відстань до столиці — міста Києва — складає орієнтовно 230 км автомобільними дорогами.

Розвідувальні роботи на Буківському родовищі габро було розпочато у 1999 році силами Північної геофізичної розвідувальної експедиції, а згодом продовжено Житомирською геологічною експедицією ДРГП «Північгеологія» на замовлення та за фінансування підприємства-ініціатора. У 2000 році, за

результатами польових робіт, було виконано камеральну обробку матеріалів, а у 2001 році запаси родовища офіційно затверджені ДКЗ України (протокол №581 від 09 січня 2001 р.).

## 1.2. Геологічна будова родовища родовища Гірне

У геоструктурному плані район робіт розташований у північно-західній частині Українського щита Східноєвропейської платформи, на межі Волинського та Дністровсько-Бузького мегаблоків, які відрізняються геологічною будовою та історією формування.

Геологічна структура району двоярусна: нижній ярус утворений докембрійськими метаморфічними та магматичними породами, а верхній — осадовими відкладами неогену та четвертинного періоду.

Основу кристалічного фундаменту складають як стратифіковані метаморфічні утворення (тетерівська серія), так і нестратифіковані — ультраметаморфічні комплекси (шереметівський, бердичівський, житомирський). Стратифіковані породи представлені різновидами гнейсів (біотитові, гранат-біотитові, графітові, амфіболові) та метаалевролітами. Вони містять реліктові включення і ксеноліти, іноді переходять у мігматити.

Нестратифіковані комплекси включають граніти, мігматити, пегматити, які сформувались внаслідок ультраметаморфізму. Відзначаються багатим мінеральним складом: плагіоклаз, біотит, гранат, кварц, кордієрит, апатит, магнетит та ін.

Інтрузивні комплекси (кишинський, букинський) представлені переважно гранітами та ультраосновними породами — перидотитами, габро,

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

пірохлоритами. Їх формування пов'язане з потужними магматичними процесами та підтверджене геофізичними дослідженнями.

Дайкові утворення поширені у вигляді тіл основного та середнього складу (діабази, діорити, порфірити), які часто є провісниками гідротермальних змін порід.

Поверхня району вкрита мезо-кайнозойською корою вивітрювання, яка сформувалась в умовах тривалого впливу фізико-хімічних процесів. Вона поділяється на залишкову та інфільтраційну, що зберігає структурно-текстурні ознаки материнських порід і відіграє важливу роль у геологічному профілі території.

Район розташований у межах північно-західної частини Українського щита на зчленуванні Волинського та Дністровсько-Бузького мегаблоків. Геологічна будова складена двоярусною структурою: нижній ярус — докембрійські метаморфічні й магматичні породи, верхній — осадові утворення мезо-кайнозою.

У кристалічному фундаменті розрізняють стратифіковані породи тетерівської серії (василівська, городська світа, новоград-волинська товща), які представлені гнейсами різного складу, а також нестратифіковані ультраметаморфічні комплекси — шереметівський, бердичівський, житомирський, що складаються з гранітів, мігматитів, пегматитів. Інтрузивні комплекси — кишинський та букинський — утворені переважно гранітоїдами, ультраосновними породами, а також дайковими утвореннями (діабази, діорити, порфірити).

Майже всю територію вкриває мезо-кайнозойська кора вивітрювання потужністю до 20 м. Вона найбільш розвинена в межах водорозділів і зменшується до русел річок. Кора вивітрювання включає три зони: нижню (жорстви), середню (гідрослюди, лужні каоліни) та верхню (нормальні каоліни). Верхні зони мають промисловий потенціал, каоліни формуються переважно по гранітах і гнейсах.

Неогенові відклади представлені сарматським ярусом — переважно

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

глинами різного кольору та структури з рідкісними прошарками пісків. Четвертинні утворення (озерно-льодовикові та елювіальні) мають незначну потужність (до 8 м) і складаються з суглинків, супісків та пісків бурих і сірих відтінків.

Тектонічно район характеризується складчасто-блоковою структурою та активною розломною сіткою. Основні тектонічні порушення представлені зонами північно-західного й північно-східного напрямків (Тетерівська, Сарненсько-Варварівська, Андрушівська, Буртинська), а також численними вторинними розломами діагональної та ортогональної орієнтації.

В районі виділено низку антиклінальних та синклінальних структур північно-західного простягання з кутами занурення  $30^{\circ}$ – $75^{\circ}$ . За геофізичними ознаками виявлені ланцюги структур центрального типу (Городницька, Новоград-Волинська, Токарівська, Корчицька), що мають купольну, депресійну або змішану динаміку. Вони пов'язані з активними магматичними і метасоматичними процесами.

На північному сході виділяється Красногірсько-Житомирська тектоно-метасоматична зона, яка контролює мінералізацію рідкіснометальних гранітоїдів.

### 1.3. Якісна характеристика корисної копалини

Станом на 01.01.2012 р. в Україні офіційно обліковуються 10 родовищ польвошпатової сировини, з яких 7 — пегматитові, 1 — мікрогранодіориту, 1 — техногенного походження (Мазурівське) та 1 — плагіоклазового продукту (Носачівське). Загальні запаси за категоріями А+В+С1 становлять 7,1 млн т, за категорією С2 — 194,6 млн т, позабалансові — 192,9 тис. т.

У 2011 р. видобуток здійснювався на 4 родовищах:

- Грузлівецьке — 34,4 тис. т (запаси А+В+С1 — 27,7 тис. т),
- Гірне — 68,5 тис. т (42,4 тис. т),
- Балка Великого Табору — 0,46 тис. т (5 816,1 тис. т),
- Більчаківське — 0,023 тис. т (233,4 тис. т).

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

На Українському щиті виділено кілька пегматитових районів: північно-західний (Корець-Городницьке, Новоград-Волинське, Полонно-Баранівське тощо), центральний і південно-східний. Пегматити за мінералогічним складом поділяються на натрій-калієві, калієві та плагіоклазові.

Типовий диференційований пегматит має зональну структуру: аплітоїдні й графічні пегматити, польовошпатована зона, кварцове ядро тощо. Залежно від умов формування, пегматити поділяються на ендегенні та екзогенні. Промислове значення мають переважно великі жильні тіла лінзовидної, пластової або штокоподібної форми.

Полонно-Баранівське пегматитове поле розташоване в північно-західній частині Українського щита, охоплює 340 км<sup>2</sup> у межах Житомирської та Хмельницької областей. Це одне з найбільших пегматитових полів України, пов'язане з гранітами житомирського комплексу. Тут поширені пластові та січні жили, зокрема: родовища Глибочок, Орли, Гірне, ділянки Вільха, Полонне, Першотравнева, Миропіль тощо.

Мінералогічно пегматити переважно мікрокліново-плагіоклазові з домішками біотиту, мусковіту, апатиту, турмаліну, іноді гранату. Часто трапляються пегматити з письмовою або графічною структурою. Найбільші жили сягають 700 м у довжину й до 60 м у потужності.

Дослідження збагачення показали, що пегматити здатні до зниження вмісту Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в 1,5–3 рази, що дозволяє отримати сировину I–III сортів. Загальні прогнозні ресурси оцінюються у 8–12 млн т. Основним обмеженням є підвищений вміст заліза, тому більшість сировини вимагає попереднього збагачення.

Хімічний склад пегматитів Полонно-Баранівського пегматитового поля наведений в таблиці 1.1.

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

| №<br>п/п | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO  | CaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | H <sub>2</sub> O | ППП  | Сума   |
|----------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-------------------|------------------|------------------|------|--------|
| 1        | 2                | 3                | 4                              | 5                              | 6    | 7    | 8                 | 9                | 10               | 11   | 12     |
| 1        | 73,96            | 0,0              | 15,52                          | 0,38                           | 0,0  | 0,66 | 3,12              | 6,05             | -                | 0,70 | 100,39 |
| 2        | 75,34            | с.л.             | 14,84                          | 0,78                           | с.л. | 0,68 | 4,47              | 3,08             | -                | 0,85 | 100,04 |
| 3        | 74,42            | с.л.             | 15,08                          | 0,60                           | 0,47 | 1,90 | 3,10              | 5,13             | 0,08             | 0,30 | 101,06 |
| 4        | 74,17            | с.л.             | 15,75                          | 0,51                           | 0,11 | 0,65 | 3,54              | 5,36             | 0,11             | 0,24 | 100,33 |
| 5        | 75,75            | с.л.             | 14,39                          | 0,54                           | 0,05 | 0,52 | 3,81              | 5,14             | 0,07             | 0,13 | 100,33 |
| 6        | 72,16            | 0,0              | 16,13                          | 0,17                           | 0,0  | 0,76 | 2,02              | 8,42             | -                | 0,28 | 99,94  |
| 7        | 75,55            | 0,0              | 14,30                          | 0,55                           | с.л. | 0,83 | 2,52              | 5,71             | -                | 0,55 | 100,01 |
| 8        | 73,34            | 0,0              | 16,00                          | 0,21                           | 0,0  | 0,79 | 3,10              | 6,38             | -                | 0,66 | 100,48 |
| 9        | 72,50            | -                | 16,79                          | 0,61                           | 0,0  | 0,61 | 3,34              | 5,73             | -                | 0,80 | 100,38 |

Район входить до складу Волинської каолінової субпровінції, зокрема — до Дубрівсько-Хмельівського промислового каолінового району (Житомирська та Хмельницька області). Основна корисна копалина — лужні каоліни, які є комплексною каолініт-кварц-польовошпатовою сировиною. Розвідані запаси складають близько 40 тис. т, прогнозні ресурси — понад 35 млн т.

Видобуток— від 120 до 250 тис. т/рік. Розробка каолінових родовищ ведеться з XIX ст. На базі місцевих родовищ тривалий час працювали фарфорові та цегельні заводи (Баранівський, Довбиський, Полонські, Токарівський та ін.). Основні родовища: Дубрівське, Майдан-Вільське, Йосипівське. Каоліни утворилися в результаті вивітрювання гранітоїдів кіровоградсько-житомирського комплексу. Макроскопічно — це сірувато-білі малопластичні глинисті породи з включеннями кварцу, польового шпату, слюди. У глибших зонах каолінізація зменшується, породи переходять у жорстку.

За якісними показниками:

- $K_2O$  зростає з 3% до 6–7% донизу покладу;
- $Na_2O$  — переважно 0,1–0,3%, локально до 1–1,5%;

- $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — в середньому 0,64%,  $\text{TiO}_2$  — 0,27%.

Каоліни верхньої частини покладу використовують для вогнетривкої цегли, нижні горизонти — перспективна сировина для тонкої кераміки. За результатами збагачення отримують 4 типи концентратів: мікрокліновий, кварц-польовошпатовий, кварцовий та каолінітовий.

Граніти є поширеною складовою Українського щита. У західних та центральних регіонах переважають біотитові двопольовошпатові різновиди з високим вмістом лужних елементів. Їх переваги: велика поширеність, сталість складу, потенціал комплексної переробки. Проте промислові запаси в Україні поки що не підготовлені.

Перспективні родовища гранітів для польовошпатової сировини:

- Лезниківське (Житомирська обл.),
- Йосипівське (Баранівський р-н),
- Новаківське (Полонський р-н).

Зокрема, Новаківське родовище підтвердило придатність гранітів без збагачення для виробництва облицювальної плитки (запаси  $\text{C1}+\text{C2}$  — 7164 тис. т).

Світовий досвід свідчить про активне використання каолінізованих гранітів для отримання кварц-польовошпатової сировини. Приклади — родовища в Польщі (Щеблув), Великобританії (Корнуолл), США, Китаї, Франції, Німеччині та ін.

Найбільш придатними для керамічного виробництва в Україні є граніти житомирського комплексу, що часто каолінізовані у приповерхневій зоні. Вони поширені в районі ділянки «Вільха», яка отримала позитивну геолого-економічну оцінку.

#### 1.4. Гідрогеологічна характеристика родовища

Район проведення робіт розташований у межах північної частини Українського басейну тріщинних і пластових підземних вод. Основним водоносним горизонтом у цьому регіоні є тріщинуваті води кристалічних

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

порід нижнього протерозою, які мають широке розповсюдження та відіграють важливу роль у формуванні гідрогеологічних умов. Крім цього, в межах району спостерігається поширення ґрунтового водоносного горизонту, який сформувався в четвертинних відкладах невеликої потужності.

Регіональним водотривом, що відокремлює водоносні горизонти, є каолінізовані продукти вивітрювання кристалічних порід, які утворюють суцільний ізолюючий шар. Окремі водотриви місцевого значення представлені глинами неогенового віку, які додатково ускладнюють фільтраційний зв'язок між водоносними комплексами.

У межах досліджуваної території формуються кілька водоносних горизонтів, зокрема в біогенних, озерно-біогенних, алювіальних та водно-льодовикових відкладах. Найближче до поверхні залягає слабоводоносний горизонт, сформований у біогенних і озерно-біогенних відкладах голоцену. Його поширення обмежене ізольованими ділянками у межах річкових долин і вододілів. Водовмісні породи представлені торфами різного ступеня розкладу, мулами, а також торф'янистими та мулистими пісками, супісками й суглинками. Ці відклади залягають першими від поверхні, а підстилаються алювіальними або водно-льодовиковими відкладами.

Потужність торфу змінюється в межах 0,3–1,0 м, а торф'янистих та мулистих пісків, супісків і суглинків — 1,0–3,0 м, іноді до 5 м. Загальна потужність слабоводоносного горизонту зазвичай не перевищує 2 м. Коефіцієнти фільтрації змінюються в залежності від складу порід і ступеня розкладу — від 0,03 до 0,90 м/добу для торфів і від 0,1 до 1,0 м/добу для супісків і суглинків. Цей горизонт характеризується ґрунтовим типом вод, а глибина залягання дзеркала ґрунтових вод становить від 0,0 до 0,75 м.

Нижче розташовані алювіальні горизонти голоцену та верхнього неоплейстоцену, що сформувалися в умовах річкових терас. Ці водоносні комплекси мають різний ступінь водоносності та гідродинамічного зв'язку між собою. Також в районі виділяється водоносний горизонт, пов'язаний з водно-льодовиковими відкладами середнього неоплейстоцену, які

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

представлені переважно пісками та супісками з помірною водопроникністю.

Окремі ділянки характеризуються наявністю водоносного горизонту в межах сарматських утворень міоцену, які мають локальне поширення та не формують суцільного водоносного шару. Найглибшим і найпоширенішим є горизонт тріщинуватих вод, який залягає в кристалічному фундаменті та його корі вивітрювання. Цей горизонт є основним джерелом підземних вод у межах району дослідження.

На території ділянки родовища сформувався один основний водоносний горизонт, який приурочений до тріщинуватої зони кристалічних порід та їх кори вивітрювання (PR1). Підземні води зосереджені у зонах тріщинуватості та дезінтеграції гранітів, пегматитів, мігматитів, а також у пухких породах кори вивітрювання, представлених жорсткою з включеннями уламків кристалічних утворень.

Кристалічні породи в межах ділянки залягають на глибинах від 0,6 до 9,0 м від денної поверхні. Вони перекриті піщано-глинистою корою вивітрювання потужністю від 0,2 до 8,7 м. Верхні горизонти кристалічних порід — до глибини 14,2 м — зазнали значного впливу процесів вивітрювання, що призвело до порушення їх структури й формування сприятливих умов для накопичення підземних вод.

### 1.5. Підрахунок запасів

Підрахунок запасів корисної копалини на ділянці «Вільха» здійснено в межах контурів запроектованих кар'єрів, сформованих на підставі техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) та відповідних геолого-економічних і технічних вимог. Формування контурів враховувало просторове розташування тіл корисної копалини, глибину їх вивчення та якісні характеристики сировини. Глибина оцінки запасів визначалася з урахуванням рівня геологічного вивчення жил. Для жил, які були розкриті не менше ніж двома свердловинами, нижньою межею підрахунку слугує відмітка нижньої вивченої проби з кондиційними показниками якості, але не нижче горизонту

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

+180 м. У випадку жил, розкритих лише однією свердловиною, глибина врахування запасів обмежується інтервалом не більше 30 м. Для гранітів східного масиву, розкритих свердловинами №201, 206, 208, 209, оцінка запасів також здійснювалася до глибини 30 м.

При підрахунку застосовувалися наступні геометричні й якісні критерії: мінімальна потужність скельної корисної копалини, що враховується при обліку запасів, становила 2,0 м. Допускалося включення в межі тіл корисної копалини некондиційних за якістю прошарків товщиною менше 2,0 м, за умови, що середньозважені показники якості по перетину відповідали кондиціям, встановленим для сировини в надрах. Також було враховано граничну потужність внутрішніх прошарків некондиційних порід (внутрішнього розкриття), яка не повинна бути меншою за 2,0 м. Для вивітрілої кварц-польовошпатової сировини та прошарків вивітрілих некондиційних порід у її межах мінімальна облікова потужність складала 0,3 м.

Станом на 01.10.2013 р. запаси пегматитів на ділянці «Вільха» були підраховані в обсязі 574,1 тис. тонн за категоріями В+С1. Із них запаси категорії В становлять 92,1 тис. тонн, що відповідає 17,75% загального обсягу запасів пегматиту на ділянці та 19,80% від запасів жили №1, облікованих у кількості 465,2 тис. тонн.

Запаси гранітів на ділянці обліковано за категорією С1 у кількості 893 тис. тонн. Загальний обсяг балансових запасів кварц-польовошпатової сировини у межах площі спеціального дозволу за категоріями В+С1 становить 1 467,2 тис. тонн. Ці запаси пропонується класифікувати як детально розвідані (ГЕО-1) із присвоєнням коду класифікації запасів 111.

За результатами усередненого хімічного аналізу встановлено, що середня марка кварц-польовошпатової сировини відповідає марці ПВ — як по всій ділянці, так і по запроектованих кар'єрах. В окремих блоках обліку (зокрема В-1, С1-3, С1-7, С1-8, С1-9) сировина відповідає марці ПБ-0,8, що підтверджує її придатність для використання у керамічній промисловості.

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

За межами ділянки спеціального дозволу, у південно-західному напрямку продовження пегматитових жил, виявлених раніше в ході пошукових робіт, попередньо оцінено запаси за категорією С<sub>2</sub> в обсязі 656 тис. тонн. Їх пропонується зарахувати до балансових запасів із кодом класифікації 122 (ГЕО-2).

Комплекс виконаних геологорозвідувальних досліджень дає підстави розглядати ділянку «Вільха» родовища «Гірне» як підготовлену до промислового освоєння. За техніко-економічними розрахунками, введення ділянки в розробку є доцільним: прогнозований термін забезпечення підприємства запасами складає 23,9 року, строк окупності капіталовкладень — 15,4 року. Рівень рентабельності, розрахований по чистому прибутку, становить 8,0% до промислово-виробничих фондів та 7,0% до собівартості продукції.

Підраховані запаси основних (тис. т) та супутніх (тис. м<sup>3</sup>) корисних копалин подані у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

### Підраховані запаси основних та супутніх корисних копалин

| Значення сировини          | Назва сировини                         | Запаси за категоріями в тис. тонн   |                |                  |                |       |
|----------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|----------------|------------------|----------------|-------|
|                            |                                        | В                                   | С <sub>1</sub> | В+С <sub>1</sub> | С <sub>2</sub> | Разом |
|                            |                                        | Детальна геолого-економічна оцінка  |                |                  |                |       |
| Польово-шпатовая сировина. | пегматит                               | 92                                  | 482            | 574              |                | 574   |
|                            | граніт                                 |                                     | 893            | 893              |                | 893   |
|                            | Разом                                  |                                     | 1 375          | 1 467            |                | 1 467 |
| Будівельна сировина        | камінь будівельний, тис.м <sup>3</sup> |                                     | 431            | 431              |                | 431   |
|                            |                                        | Попередня геолого-економічна оцінка |                |                  |                |       |
| Польово-шпатовая сировина  | пегматит                               |                                     |                |                  | 656            | 656   |

### 1.6. Межі родовища

Межі родовища «Гірне» в межах ділянки «Вільха» встановлені на підставі результатів геологічного вивчення, структурно-геоморфологічних

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

особливостей території, простягання та залягання пегматитових жил і гранітних масивів, а також розміщення розвідувальних свердловин і меж розробки, обґрунтованих у проєктній документації. Північна межа ділянки проходить по зоні природного обмеження поширення пегматитових тіл, підтвердженого результатами буріння та геофізичних досліджень, зокрема свердловинами, у яких фіксується згасання тіл пегматиту або перехід у некондиційні різновиди. Південна межа окреслена за лінією, де відмічається припинення продуктивних пегматитових жил, а також за результатами попередніх пошукових робіт, що простежують зниження потужності й якості корисної копалини.

Західна межа встановлена вздовж природного розриву пегматитового поля, який збігається з падінням геологічної структури в напрямку до річкової долини. Ця межа водночас відповідає лінії зменшення потужності пегматитових тіл до нерентабельного рівня, що підтверджується даними буріння та випробуваннями свердловин. У межах західного схилу також враховано обмеження, пов'язані з гідрогеологічними умовами та захисними смугами річки Случ.

Східна межа проходить по межі поширення гранітів східного масиву, які вивчені за результатами розвідувального буріння та визначені як перспективні для видобування кварц-польовошпатової сировини. Тут також враховані межі спеціального дозволу на користування надрами та технічні обмеження, що стосуються можливості проведення гірничих робіт.

У плані межі родовища описуються замкнутим контуром, який охоплює продуктивну частину ділянки, де пегматити і граніти мають необхідну потужність, якість та доступність для промислового видобування.

У результаті проведених досліджень межі родовища визначені достовірно та мають належне геологічне обґрунтування, а за результатами комплексного аналізу геолого-розвідувальних матеріалів зберігається перспектива подальшого приросту запасів пегматитів і гранітів.

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

## РОЗДІЛ 2. ГІРНИЧО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Загальні положення

Гірничо-технологічна частина проекту розробки ділянки «Вільха» родовища «Гірне» включає комплекс технічних і організаційних рішень, спрямованих на ефективне, безпечне та економічно доцільне ведення відкритих гірничих робіт. У цьому розділі розглядаються принципи вибору способу розробки, параметри кар'єрів, схема відпрацювання запасів, обґрунтування гірничого та розкривного обладнання, а також організація технологічного процесу видобутку кварц-польовошпатової сировини.

Основні проектні рішення базуються на результатах геолого-економічної оцінки родовища, характеристиках залягання корисної копалини, фізико-механічних властивостях порід та розрахунках потреб споживача сировини — ДП «Шпат». Технологія розробки прийнята з урахуванням діючих нормативних документів, галузевих стандартів та технічних умов на продукцію.

Родовище спеціалізується на видобутку кварц-польовошпатової сировини, представлено пегматитами та гранітами, які використовуються переважно у виробництві керамічної продукції, фарфору, фаянсу та інших видів будівельної і вогнетривкої сировини.

Основними корисними копалинами є пегматити з підвищеним вмістом калієвого та натрієвого польового шпату, а також граніти, придатні для комплексної переробки. Видобуток здійснюється відкритим способом із використанням сучасної техніки, що забезпечує належний рівень продуктивності та якості сировини відповідно до технічних умов і потреб споживача.

Усі техніко-економічні параметри, зокрема продуктивність обладнання, режим функціонування кар'єру та річні обсяги видобутку, зведені у таблицю.

|           |      |                 |        |      |                                                             |      |         |
|-----------|------|-----------------|--------|------|-------------------------------------------------------------|------|---------|
|           |      |                 |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ                                            |      |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.        | Підпис | Дата |                                                             |      |         |
| Студент   |      | Ладжигун А.О.   |        |      | РОЗДІЛ 2                                                    |      |         |
| Керівник  |      | Панасюк А.В.    |        |      |                                                             |      |         |
| К.розділу |      | Панасюк А.В.    |        |      |                                                             |      |         |
| Н. Контр. |      | Криворучко А.О. |        |      |                                                             |      |         |
| Зав. Каф. |      | Шлапак В.О.     |        |      |                                                             |      |         |
|           |      |                 |        |      | Літ.                                                        | Арк. | Аркушів |
|           |      |                 |        |      |                                                             | 1    | 15      |
|           |      |                 |        |      | «Житомирська політехніка»,<br>184 «Гірництво»,<br>гр.ГГ-29с |      |         |

Таблиця 2.1

## Продуктивність і режим роботи кар'єру

| №№<br>п/п | Показники                 | Одиниця<br>виміру             | Розкрит             |                    | Добування        |
|-----------|---------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------|------------------|
|           |                           |                               | пухкий              | скельн.            |                  |
| 1         | Річна продуктивність      | тис. т<br>тис. м <sup>3</sup> | 8,8                 | 18,1               | 60,8<br>24,3     |
| 2         | Режим роботи              |                               | Сезонний            |                    | цілорічний       |
| 3         | Число робочих днів за рік | день                          | 8                   | 24                 | 260              |
| 4         | Кількість зміни за добу   | зміна                         | 1                   | 1                  | 1                |
| 5         | Тривалість зміни          | год.                          | 8                   | 8                  | 8                |
| 6         | Продуктивність:           |                               |                     |                    |                  |
|           | - добова                  | $\frac{т}{м^3}$               | $\frac{1980}{1100}$ | $\frac{1885}{754}$ | $\frac{234}{94}$ |
|           | - змінна                  | $\frac{т}{м^3}$               | $\frac{1980}{1100}$ | $\frac{1885}{754}$ | $\frac{234}{94}$ |
|           |                           |                               |                     |                    |                  |

Режим виконання розкритних робіт встановлюється на основі середньорічних обсягів робіт і технічної продуктивності розкритного обладнання.

Проектна схема розробки кар'єру передбачає застосування чотирьох уступів, серед яких один призначений для розкритних робіт, а три — для видобування корисної копалини. Висота розкритного уступу варіюється в межах 2–6 м залежно від геологічних умов, при цьому кут його нахилу становить 40–45°. Максимальна висота видобувного уступу досягає 10 м. Робочий борт видобувного уступу формують з кутом нахилу 80°, а неробочий — під кутом 65°. Усі уступи характеризуються достатнім рівнем стійкості, а під час спостережень за станом бортів кар'єру не виявлено жодних проявів небезпечних екзогенних геологічних процесів.

Накопичення розкритних порід здійснюється у східній частині кар'єру (рис. 5.7), де формуються зовнішні відвали. Їхня висота досягає 10–12 м, при цьому кут нахилу схилів становить до 45°. На поверхні відвалів відмічається прояв дощової ерозії, що зумовлює необхідність виконання протиерозійних заходів у подальшій експлуатації.

Упродовж 2008–2012 років обсяги річного видобутку корисної копалини

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

змінювались у межах від 21,2 до 33,2 тис. м<sup>3</sup>, при середньому значенні 26,2 тис. м<sup>3</sup> на рік. Роботи проводились при незмінній максимальній глибині кар'єру — 30,0 м. За цей період площа гірничих робіт зросла з 34,3 тис. м<sup>2</sup> до 43,0 тис. м<sup>2</sup>. При середній щільності пегматиту 2,50 т/м<sup>3</sup> середньорічний обсяг видобутку становив 65,5 тис. тонн, а середньодобовий — 180 тонн.

## 2.2. Система розробки

На ділянці пегматиту «Вільха» родовища «Гірне» передбачається використання транспортної системи видобутку, яка базується на екскаваторному навантаженні з подальшим вивезенням розкривних порід автосамоскидами до зовнішніх відвалів. Розкривні породи характеризуються двома основними типами: м'який покрив, що включає ґрунтово-рослинний шар, суглинки, супіски та жорстку кори вивітрювання; та скельний покрив, представлений переважно гнейсами. Корисна копалина — це пегматити та граніт-апліти, що залягають у вигляді міжшарових ін'єкцій у гнейсах, а також граніти, які розробляються у межах Східного кар'єру. Видобування планується здійснювати відкритим способом до досягнення абсолютної позначки +180,0 м.

Зважаючи на сприятливі гірничо-геологічні умови залягання покладів, їхню потужність, а також фізико-механічні характеристики як корисної копалини, так і розкривних порід, для розробки родовища прийнято відкритий спосіб розробки. Планується застосування транспортної багатоуступної системи з вивезенням розкривних порід у зовнішні відвали.

Основні параметри системи розробки визначені, виходячи з наявного у надрокористувача гірничотранспортного обладнання. Згідно з технічним завданням, у межах техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) передбачено використання транспортної системи з екскаваторами типу JC - 360LS у поєднанні з автосамоскидами та бульдозерною схемою формування відвалів.

Розкривні породи та пегматитова сировина розроблятимуться уступами висотою до 10 метрів. Для зменшення втрат корисної копалини допускається

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

розділення уступу на два-три підступи. Фронт ведення розкривних і видобувних робіт запроєктований як паралельний. Основним навантажувальним обладнанням виступає одноківшовий гідравлічний екскаватор JC - 360LS із ковшем об'ємом 2,3 м<sup>3</sup>, який працює у зв'язці з автосамоскидами.

Оптимальна висота уступів встановлюється на підставі фізико-механічних властивостей порід, вимог безпеки праці та технічних параметрів навантажувального обладнання. У разі попереднього розпушення буро-вибуховими роботами (БВР) висота уступу не повинна перевищувати 1,5 висоти черпання екскаватора, що становить не більше 12 м. У більшості випадків робоча висота уступів коливатиметься в межах 10 м.

Пухкі розкривні породи та слабо зв'язана корисна копалина планується розробляти уступами до 8 м тим самим екскаватором JC - 360LS з ковшем на 2,3 м<sup>3</sup>. Їхнє транспортування до зовнішніх відвалів, а також доставлення пегматиту на переробку здійснюватиметься автосамоскидами типу Tatra 815 вантажопідйомністю 15 тонн.

Розробка ґрунтово-рослинного шару передбачена за допомогою бульдозера 65032 з формуванням навалів висотою до 2,5 м. Після цього ґрунт завантажуватиметься екскаватором JC - 360LS в автосамоскиди та вивозитиметься на відстань до 1 км у спеціально відведені місця. Інші різновиди пухких розкривних порід також розроблятимуться безпосередньо комплексом техніки JC - 360LS та бульдозера 65032.

Робоча площадка на видобувному уступі матиме мінімальну ширину 40 м, а ширина в'їзних траншей по низу складатиме 18,5 м для пухких порід і 16,5 м для скельних. Робочі кути укосу (підступу) встановлено на рівні 80° для скельних і 60° — для пухких порід. Після завершення гірничих робіт розрахункові результуючі кути бортів становитимуть відповідно 70° і 35°. Для осушення кар'єру запроєктовано встановлення водяного насоса типу 6НДВ з продуктивністю 250 м<sup>3</sup>/год при напорі 75 м. Після очищення частина кар'єрних вод буде використовуватись для технічних потреб, а залишкові

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

обсяги скидатимуться в навколишню гідрографічну мережу. За прогнозними даними, максимальний водоприток на момент завершення робіт становитиме: для Північного кар'єру — 4,8 м³/год, Південного — 3,4 м³/год, Східного — 4,3 м³/год.

### **Технологічна схема видобутку пегматитів**

Переробка пегматитів на молотий товарний продукт здійснюється цілорічно у три зміни. Гірничу масу фракцією 0,0–300,0 мм доставляється з кар'єру до приймального бункера первинного дроблення у зволоженому стані автомобілями типу Tatra 815C вантажопідйомністю 15 т. Попереднє зволоження сировини проводиться безпосередньо у кар'єрі. Із бункера гірничу масу подається пластинчастим живильником КТ-10 у щоківу дробарку СМД-109 із розвантажувальною щілиною 70 мм. Подрібнена маса (0,0–60,0 мм) транспортується стрічковим конвеєром до двоситового грохота ГСТ-32 (розмір отворів сита — 15×15 мм і 40×40 мм), де відсів розміром до 0,1 мм вилучаються для подальшої обробки.

Матеріал, що залишився на верхньому ситі (понад 40 мм), направляється у конусну дробарку СМ-561. Отриманий продукт (0,0–40,0 мм) подається конвеєром у центробіжну дробарку ДЦ-1,25. Після цього подрібнений матеріал розміром до 15 мм транспортується стрічковими конвеєрами на односитовий грохот СМД-121А з розміром сита 4 мм. Фракція 0,0–4,0 мм надходить на склад готової продукції, обладнаний бетонованим майданчиком. Матеріал, який не проходить просівання, повертається назад у дробарку ДЦ-1,25 для повторного дроблення до досягнення необхідного розміру.

Для підвищення продуктивності на відстані 50 м від основного дробильного цеху встановлено додатковий грохот для сортування фракцій 1,0–4,0 мм та 0,0–1,0 мм, які далі спрямовуються на сепарацію. Окрім того, на відстані 0,4 км від основного дробильного комплексу функціонує друга пересувна дробильна установка, до складу якої входять три дробарки, чотири стрічкові конвеєри та два грохоти СМ-742. Цей комплекс включає щоківу дробарку СМД-109 (середнє дроблення), конусну СМ-561А (дрібне

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

дроблення) і центробіжну дробарку типу Бармак В-6900.

У складі ангарного складу встановлено обладнання для магнітної сепарації, що забезпечує збагачення пегматитової сировини. Контроль якості готової продукції здійснюється хіміко-аналітичною лабораторією підприємства методом хімічного аналізу з оформленням сертифіката якості.

Залежно від типу породи, вихід відсіву при переробці вивітрілих порід і жорстви становить 30–50% від маси поданої сировини, тоді як при дробленні підірваної гірничої маси з нижніх уступів цей показник знижується до 5–15%. Насипна маса дробленого пегматиту становить 1,6 т/м<sup>3</sup>, відсіву — 1,38 т/м<sup>3</sup>. Середня щільність у щільному стані пегматиту та гнейсу — 2,50 т/м<sup>3</sup>, пухких розкривних порід — 1,90 т/м<sup>3</sup>, ґрунтового шару — 1,40 т/м<sup>3</sup>.

Розрахунковий вихід готової продукції за товарними марками пегматиту суттєво варіюється залежно від типу кар'єру. Для Великого кар'єру пегматиту переважаючою є продукція марки ПВ, частка якої становить 52,22%, тоді як на ПБ-0.8 припадає 37,57%, на ПБ-0.5 — 10,07%, а продукція марки ПТ складає лише 0,14%. У межах Дослідного кар'єру переважає рівномірний розподіл між марками ПВ (45,82%) та ПБ-0.8 (43,64%), при дещо меншій частці ПБ-0.5 (10,55%), продукція марки ПТ тут відсутня. У Східному кар'єрі, що розробляє граніти, основну частку складає марка ПБ-0.8 (51,14%), а також ПВ (44,46%) та ПБ-0.5 (4,40%), без виробництва марки ПТ.

Узагальнений середній вихід продукції по всіх кар'єрах становить:

- марка **ПВ** – 47,50 %,
- марка **ПБ-0.8** – 44,12 %,
- марка **ПБ-0.5** – 8,34 %,
- марка **ПТ** – 0,04 %.

Такий розподіл продукції свідчить про переважне отримання високоякісного товарного пегматиту марок ПВ та ПБ-0.8, які становлять основу виробничого профілю підприємства.

#### **Видобуток та навантаження розкривних порід**

Навантаження корисної копалини та розкривних порід, попередньо

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

розпушених буро-вибуховим способом із застосуванням свердловинних зарядів, здійснюється екскаватором JC - 360LS, обладнаним ковшем об'ємом 1,85 м³. Така технічна схема забезпечує ефективне вилучення гірничої маси з забою та її оперативне транспортування для подальшої переробки або складування.

Навантаження розкривних порід на автосамоскиди виконується гусеничним екскаватором JC - 360LS. Його змінна продуктивність залежить від характеру порід: для пухких порід вона становить 1137 м³/зміну, для скельних — 776 м³/зміну. За умови забезпечення екскаватора двома автосамоскидами та з урахуванням середньорічного обсягу робіт, загальна потреба в машинозмінах екскаватора складає:

- для розробки пухких порід:

8,8 тис. м³ : 1,137 тис. м³/зміну  $\approx$  8 маш.-змін;

- для скельних порід:

18,1 тис. м³ : 0,776 тис. м³/зміну  $\approx$  24 маш.-зміни.

У розрізі кар'єрів потреба розподіляється наступним чином:

- Великий кар'єр пегматиту:

по пухких породах — 13,9 тис. м³ : 1,137  $\approx$  13 маш.-змін;

по скельних породах — 48,1 тис. м³ : 0,776  $\approx$  62 маш.-зміни.

- Дослідний кар'єр пегматиту:

по скельних породах — 29,9 тис. м³ : 0,776  $\approx$  39 маш.-змін.

- Східний кар'єр граніту:

по пухких породах — 6,8 тис. м³ : 1,137  $\approx$  6 маш.-змін;

по скельних породах — 0,6 тис. м³ : 0,776  $\approx$  1 маш.-зміна.

Середньорічний обсяг розкривних робіт передбачається виконувати протягом 32 робочих днів у режимі однозмінної роботи. Буріння свердловин діаметром 105 мм для проведення вибухових робіт здійснюється буровим станком ударно-обертальної дії типу СБУ-125, який забезпечує ефективне проходження свердловин у скельних породах.

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

У процесі ведення видобувних робіт параметри системи розробки можуть коригуватись відповідно до змін гірничо-геологічних і технічних умов. Зокрема, допускається зміна елементів системи залежно від висоти робочого уступу (але не більше ніж 1,5 від максимальної висоти черпання екскаватора), схеми розміщення бурових свердловин, а також фізико-механічних властивостей порід і загального стану забою. Такий підхід забезпечує гнучкість процесу розробки та сприяє підтриманню оптимальної ефективності гірничих робіт.

Ключові параметри системи розробки, які визначають технологічні умови ведення як видобувних, так і розкривних робіт, зведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

### Основні параметри системи розробки

| Найменування параметра                    | Одиниця виміру | Величина |
|-------------------------------------------|----------------|----------|
| Мінімальна ширина робочого майданчику     |                |          |
| - видобувного уступу                      | м              | 40,5     |
| - розкривного уступу                      |                | 33,8     |
| Висота видобувного та розкривного уступів | м              | до 10,0  |
| Робочий кут укосу уступу:                 |                |          |
| - по пухким породам розкриву              | град.          | 60       |
| - по корисній копалині                    |                | 80       |
| Стійкий кут укосу борта:                  |                |          |
| - по пухким породам розкриву              | град.          | 35       |
| - по корисній копалині                    |                | 70       |
| Кут укосу ярусу відвалу                   | град.          | 35       |
| Ширина транспортної берми                 | м              | 15       |
| Ширина берм безпеки                       | м              | 8        |

### 2.3. Розкривні породи та організація розкривних робіт

Розкривні породи та організація розкривних робіт

На ділянці пегматиту «Вільха» родовища «Гірне» передбачається застосування транспортної системи розробки з екскаваторною

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

навантажувальною технікою та вивезенням розкривних порід автосамоскидами до зовнішніх відвалів. Розкривний комплекс представлений двома основними типами порід: м'якими та скельними. До м'яких належать ґрунтово-рослинний шар, суглинки, супіски та жорства кори вивітрювання кристалічних порід, тоді як скельні породи переважно представлені гнейсами.

Основною корисною копалиною є пегматити та граніт-апліти, які залягають у тілі гнейсів у вигляді міжшарових ін'єкцій. У межах Східного кар'єру додатково розробляються граніти. Видобуток корисної копалини передбачається відкритим способом до досягнення абсолютної відмітки +180,0 м.

Проектом передбачено, що мінімальна ширина робочої площадки на видобувному уступі становитиме 40 м. Ширина в'їзних траншей по низу визначена розрахунками і дорівнює 18,5 м для пухких порід та 16,5 м для скельних.

Робочі кути укосів уступів прийняті на рівні:

- для скельних порід — 80°,
- для м'яких розкривних порід — 60°.

Після завершення гірничих робіт результуючі кути борту кар'єру становитимуть:

- для скельних порід — 70°,
- для м'яких порід — 35°.

Для відведення кар'єрних вод передбачено встановлення водяного насоса типу 6НДВ, продуктивністю 250 м³/год при напорі 75 м. Очищені води передбачається використовувати повторно для технічних потреб підприємства, а надлишки — скидати у прилеглу гідрографічну мережу.

За прогнозами, максимальні водопритоки на момент завершення гірничих робіт становитимуть:

- Північний кар'єр — 4,8 м³/год,
- Південний — 3,4 м³/год,
- Східний — 4,3 м³/год.

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

## 2.4. Видобувні роботи

З огляду на сприятливі гірничо-геологічні умови залягання корисної копалини, її потужність, а також фізико-механічні властивості пегматитів та розкривних порід, для освоєння родовища передбачено відкритий спосіб розробки. Заплановано використання транспортної багатоуступної системи з вивезенням розкривних порід у зовнішні відвали.

Вибір основних параметрів системи розробки здійснено з урахуванням наявного у користувача надр гірничотранспортного обладнання. Відповідно до технічного завдання, у межах техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) прийнято транспортну систему, яка базується на роботі екскаваторів типу JC - 360LS у поєднанні з автосамоскидами та бульдозерною схемою формування відвалів.

Розкривні породи й корисна копалина підлягатимуть розробці уступами висотою до 10 м. З метою мінімізації втрат корисної копалини допускається поділ уступів на два або три підступи. Фронт ведення гірничих робіт — паралельний для розкривних і видобувних процесів. Як основна навантажувальна техніка використовується одноківшовий гідравлічний екскаватор JC - 360LS з ковшем ємністю 2,3 м<sup>3</sup>, що функціонує у зв'язці з автомобільним транспортом.

Висота уступів визначається з урахуванням фізико-механічних характеристик порід, вимог охорони праці та технічних можливостей навантажувального обладнання. У випадках попереднього розпушення буровибуховими роботами (БВР) висота уступу не повинна перевищувати 1,5 висоти черпання екскаватора, тобто не більше 12 м. Як правило, вона становить близько 10 м. Для розробки пухких різновидів порід та слабо зв'язаної корисної копалини застосовуються уступи висотою до 8 м з тим самим екскаватором JC - 360LS. Вивезення розкриття у відвали та транспортування пегматитової сировини на переробку здійснюється автосамоскидами Tatra 815 вантажопідйомністю 15 тонн.

Зняття ґрунтового-рослинного шару виконується за допомогою бульдозера

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

65032 з формуванням тимчасових навалів висотою до 2,5 м. Подальше завантаження ґрунту в автосамоскиди виконується екскаватором JC - 360LS з наступним транспортуванням у зовнішні відвали, розташовані на середній відстані до 1 км. Інші пухкі породи розкрити видобуватимуться безпосередньо тим самим комплексом гірничої техніки — екскаватором JC - 360LS та бульдозером 65032.

## 2.5. Водовідвід та водовідлив

У межах родовища «Гірне» на ділянці пегматиту «Вільха» передбачається систематичне збирання та відведення кар'єрних вод з метою забезпечення безпечних умов ведення гірничих робіт та запобігання підтопленню вибою. Основними джерелами водопритоків є атмосферні опади, поверхневий стік, а також підземні води, які надходять із зони тріщинуватих кристалічних порід і кори вивітрювання.

Для відведення вод використовується система відкритих водозбірників та дренажних каналів, що з'єднуються з водоприймальним колодязем, звідки вода перекачується насосною установкою. Для водовідливу передбачено застосування водяного насоса типу 6НДВ з продуктивністю 250 м³/год при напорі 75 м, що забезпечує необхідну ефективність осушення гірничих виробок.

Максимальні прогнозовані водопритоки в межах кар'єрів на завершальному етапі експлуатації складають:

- Північний кар'єр — 4,8 м³/год;
- Південний кар'єр — 3,4 м³/год;
- Східний кар'єр — 4,3 м³/год.

Кар'єрні води, після проходження через систему очищення, планується використовувати повторно для технічних потреб (зволоження порід, господарське обслуговування), а надлишки — скидати в природну гідрографічну мережу відповідно до вимог чинного екологічного законодавства. Система водовідведення проектується з урахуванням сезонних коливань рівня опадів, а також інтенсивності надходження вод із зони

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

вивітрювання. У процесі експлуатації передбачено контроль за якістю дренажних вод та ефективністю роботи насосного обладнання.

Для оцінки водоприпливу до кар'єру в результаті випадання атмосферних опадів враховуються два основних типи надходжень:

- середньорічні опади, що надходять протягом року,
- зливові дощі, які можуть суттєво збільшити короточасне навантаження на систему водовідведення.

Розрахунок водоприпливу до кар'єрів за рахунок атмосферних опадів наведено і таблиці 2.3.

Таблиця 2.3.

### Розрахунок водоприпливу до кар'єрів за рахунок атмосферних опадів

| Кар'єр    | $\eta$ | $h$   | $H_{ш}$ | $F$   | $Q_a$ | $Q_z$ |
|-----------|--------|-------|---------|-------|-------|-------|
| 1         | 2      | 3     | 4       | 5     | 6     | 7     |
| Північний | 0,81   | 0,667 | 0,086   | 35200 | 52    | 126   |
| Південний | 0,81   | 0,667 | 0,086   | 13000 | 19    | 47    |
| Східний   | 0,81   | 0,667 | 0,086   | 31760 | 47    | 114   |

## 2.6. Відвалоутворення

Для складування розкритих порід на ділянці пегматиту «Вільха» родовища «Гірне» передбачено бульдозерний спосіб відвалоутворення. Відвали формуються у зовнішньому положенні з переміщенням порід автосамоскидами та подальшим плануванням за допомогою бульдозера.

Породи пухкого розкриття укладаються змішаним способом, без сортування за видами, з утворенням ярусів. Верхній ярус покривається шаром потенційно родючих порід потужністю до 2,0 м. Поверх цього шару укладається ґрунтово-рослинний шар, знятий під час підготовчих робіт.

Формування ярусів виконується периферійним способом. Організація відвалу передбачає наявність трьох основних зон:

- розвантажувальної ділянки — для прийому матеріалу з автотранспорту;
- планувальної ділянки — для розрівнювання та ущільнення відвальної маси;

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

•резервної ділянки — для тимчасового накопичення порід у разі нерівномірного надходження.

З метою запобігання зсувам і забезпечення безпеки робіт, берма відвалу повинна мати поперечний ухил не менше  $3^\circ$ , спрямований від бровки укосу вглиб відвалу. Уздовж фронту розвантаження обов'язково влаштовується запобіжний вал висотою не менше 1,0 м і шириною основи не менше 1,5 м.

Контроль за стійкістю бортів відвалів, укосів ярусів і техногенних форм рельєфу здійснюється відповідно до «Інструкції з контролю за деформаціями бортів, укосів уступів і відвалів на кар'єрах та розробки заходів щодо забезпечення їхньої стійкості». Своєчасне проведення візуальних оглядів і геодезичних спостережень дозволяє оперативно виявляти потенційно небезпечні ділянки та вживати запобіжних заходів.

Відповідно до технічного завдання, у межах техніко-економічного обґрунтування для ділянки пегматиту «Вільха» родовища «Гірне» обрана транспортна система розробки, що передбачає використання екскаваторів JC - 360LS у поєднанні з автосамоскидами TATRA 815 та бульдозерним способом формування відвалів.

Розробка розкривних порід та корисної копалини здійснюватиметься уступами висотою до 10 м. Для зниження втрат корисної копалини допускається поділ уступів на два або три підступи. Фронт просування видобувних і розкривних робіт запроектовано як паралельний, що сприяє оптимізації технологічного процесу.

Основним навантажувальним обладнанням є одноківшовий гідравлічний екскаватор JC - 360LS із ковшем об'ємом  $2,3 \text{ м}^3$ , що працює у зв'язці з автомобільним транспортом. Висота уступів встановлюється з урахуванням фізико-механічних властивостей порід, вимог техніки безпеки та технічних характеристик обладнання. У разі попереднього розпушення порід буровибуховими роботами (БВР) висота уступу не повинна перевищувати 1,5 висоти черпання екскаватора, тобто не більше 12 м, хоча в більшості випадків становить близько 10 м.

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

Пухкі розкривні породи та слабозв'язана корисна копалина розроблятимуться уступами до 8 м за допомогою того ж екскаватора JC - 360LS. Видобута порода доставлятиметься:

- до зовнішніх відвалів — автосамоскидами TATRA 815 вантажопідйомністю 15 тонн;
- до переробного заводу — тією ж транспортною технікою.

Розробка ґрунтово-рослинного шару здійснюватиметься бульдозером 650032 із переміщенням породи у навали висотою до 2,5 м. Із навалів шар завантажується екскаватором JC - 360LS у автосамоскиди й вивозиться на відстань до 1 км до місць відвалу. Інші різновиди пухких розкривних порід розроблятимуться безпосередньо комплексом JC - 360LS + 650032.

## 2.7. Рекультивація земель, порушених відкритими гірничими роботами

У процесі відкритої розробки родовища значні площі земель зазнають порушення — через формування кар'єрів, відвалів, проїздів і допоміжних об'єктів. Тому рекультивація є невіддільною частиною гірничого виробництва і передбачається на всіх етапах його здійснення.

Відповідно до «Основного положення про рекультивацію земель», усі підприємства, які проводять гірничі роботи, зобов'язані паралельно з видобутком проводити відновлення порушених територій. Рекультивація здійснюється у два послідовні етапи:

- гірничотехнічна (формування та стабілізація рельєфу),
- біологічна (власне відновлення родючого шару та озеленення).

Відновлювальні заходи проводяться відповідно до вимог чинних державних норм, правил і методичних рекомендацій.

Після завершення видобутку корисної копалини на території ділянки утворюється кар'єрна виїмка котлованоподібної форми, а також зовнішній відвал розкривних порід пластовидного типу. У плані рекультивації передбачається, що:

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

- у кар'єрі буде сформовано штучне водоймище, яке може використовуватись для технічних чи рекреаційних потреб;

- укоси бортів кар'єру буде приведено до безпечного стану й рекультивовано під лісонасадження.

Гірничотехнічна рекультивація включає:

- виположення (зменшення крутизни) укосів кар'єру по пухкому розкриву до безпечного кута не менше ніж  $18^\circ$ ;

- створення земляного запобіжного валу по периметру кар'єру висотою не менше 1,5 м;

- планування і вирівнювання поверхні зовнішнього відвалу з урахуванням подальшого використання.

Біологічна рекультивація здійснюється після завершення гірничотехнічного етапу, як правило, із затримкою в один рік. Роботи планується передати на виконання профільному місцевому лісогосподарському підприємству. Основна мета – відновити екосистему на порушених землях, забезпечити стабілізацію ґрунту, захист від ерозії та створення умов для подальшого використання територій (лісогосподарського, технічного чи рекреаційного призначення).

|      |      |          |        |      |                  |  |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.02.ПЗ |  |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |

## РОЗДІЛ 3. ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА

### 3.1. Загальні відомості про топографо-геодезичні роботи, що виконані на території родовища

Геодезичне забезпечення є однією з ключових складових функціонування гірничого підприємства, оскільки дає змогу здійснювати точний просторовий контроль за всіма етапами гірничого виробництва — від підготовки документації до моніторингу обсягів видобутку і стану геометрії кар'єру.

Основною метою геодезичного забезпечення є оперативне та точне визначення просторових параметрів гірничих об'єктів, забезпечення ведення маркшейдерського і технічного обліку, контроль за межами гірничих робіт, збереження земної поверхні, будівель і споруд, а також дотримання вимог безпеки.

До основних завдань геодезичного забезпечення належать:

- створення і розвиток опорної геодезичної мережі підприємства;
- розробка планово-висотної зйомки гірничих виробок та поверхні кар'єру;
- забезпечення координатного супроводу при проведенні бурових, вибухових, видобувних і транспортувальних робіт;
- контроль за деформаціями бортів кар'єру, відвалів, основ споруд та інших елементів;
- виконання об'ємних підрахунків видобутої корисної копалини та розкривних порід.

Геодезичні роботи ведуться згідно з вимогами нормативної документації, зокрема Інструкцій з маркшейдерського забезпечення відкритих гірничих робіт, стандартів ДСТУ та інших чинних регламентів.

На території ділянки «Вільха» родовища «Гірне» було проведено повний

|           |      |                 |        |      |                                                             |      |         |
|-----------|------|-----------------|--------|------|-------------------------------------------------------------|------|---------|
|           |      |                 |        |      | КМ.ДР25.23.03.ПЗ                                            |      |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.        | Підпис | Дата |                                                             |      |         |
| Студент   |      | Ладжигун А.О.   |        |      | РОЗДІЛ 3                                                    |      |         |
| Керівник  |      | Панасюк А.В.    |        |      |                                                             |      |         |
| К.розділу |      | Панасюк А.В.    |        |      |                                                             |      |         |
| Н. Контр. |      | Криворучко А.О. |        |      |                                                             |      |         |
| Зав. Каф. |      | Шлапак В.О.     |        |      |                                                             |      |         |
|           |      |                 |        |      | Літ.                                                        | Арк. | Аркушів |
|           |      |                 |        |      |                                                             | 1    | 9       |
|           |      |                 |        |      | «Житомирська політехніка»,<br>184 «Гірництво»,<br>гр.ГГ-29с |      |         |

комплекс топографо-геодезичних робіт, метою яких було створення топографічного плану масштабу 1:1000 з рельєфом, переданим горизонталями через 0,5 м, а також контурної зйомки масштабу 1:5000.

Планово-знімальне обґрунтування виконувалося в умовній місцевій системі координат, прийнятій для Іршанського гірничо-збагачувального комбінату (ГОК), що забезпечило уніфікацію даних у межах регіону. Висотне знімальне обґрунтування було здійснено в Балтійській системі висот, що є загальноприйнятим стандартом для геодезичних та інженерно-будівельних робіт в Україні.

Мензульна зйомка є одним із видів великомасштабної топографічної зйомки, що дозволяє отримати високоточні плани місцевості з детальним відображенням контурів об'єктів та рельєфу. Для потреб топографо-геодезичного забезпечення робіт на Буківському родовищі габро було виконано мензульну зйомку масштабу 1:1000 з інтервалом горизонталей (перетином рельєфу) через 0,5 м.

Зйомка проводилась у прямокутній розграфці аркушів, що забезпечує зручність подальшої обробки та ув'язування планових даних. В якості координатної основи використовувалася місцева система координат (Іршанського гірничо-збагачувального комбінату), а висотне обґрунтування було виконано у Балтійській системі висот, що забезпечує сумісність з іншими топографо-геодезичними матеріалами регіону.

Для виконання зйомки застосовувався кіпрегель-автомат КА-2, який є комбінованим приладом, що дозволяє одночасно здійснювати вимірювання напрямків і кутів та наносити дані на планшет у польових умовах. Зйомка проводилась полярним способом, тобто з визначенням положення знімальних точок відносно фіксованої станції за напрямками та відстанями.

Згідно з нормативними документами та інструкціями з топографічної зйомки, максимальна відстань від інструменту до об'єктів знімання не перевищувала:

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.03.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

- 80 метрів — при зніманні контурних об'єктів (будівель, доріг, меж рослинності тощо);
- 150 метрів — при фіксації рельєфних точок, необхідних для побудови горизонталей.

Процес мензульної зйомки передбачав:

1. Встановлення мензули на точці знімальної мережі, орієнтацію планшета по бусолі, вирівнювання приладу та побудову сітки координат безпосередньо на планшеті.
2. Зніманні ситуації — об'єкти фіксувались методом візування за допомогою альдади з одночасним нанесенням на планшет відповідно до масштабу.
3. Знімання рельєфу — здійснювалося шляхом визначення відміток характерних точок (вершин, западин, схилів, перегинів) та подальшого побудови горизонталей з інтервалом 0,5 м.
4. Польове креслення — усі результати вимірювань фіксувались безпосередньо на планшеті, що дозволяло оперативно оцінювати повноту зйомки та вносити корективи у разі потреби.
5. Контроль якості — під час роботи проводилась перевірка правильності орієнтування планшета, точності нанесення об'єктів, відповідності масштабу та дотримання регламентованих відстаней.

Отримані в результаті роботи матеріали забезпечили створення високоточних топографічних планів, які використовуються для проектування, геологічного картування, маркування контурів родовища та розміщення інженерних об'єктів. Мензульна зйомка, виконана за допомогою кіпрегель-автомата КА-2, дозволила забезпечити надійність та оперативність польових вимірювань при високій точності і деталізації результатів.

### 3.2. Камеральні роботи

Камеральна обробка матеріалів, отриманих у результаті топографо-геодезичних досліджень на ділянці «Вільха» родовища «Гірне», проводилася

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.03.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

після завершення польових робіт згідно з вимогами чинних інструкцій та нормативних документів. На основі даних зйомки було виконано дешифрування польових матеріалів, уточнення координат точок місцевості, формування цифрових моделей рельєфу та складання топографічних планів у масштабах 1:1000 і 1:5000. Особливу увагу приділяли перевірці замкненості знімальної мережі, точності горизонталей і відповідності розташування об'єктів фактичному положенню на місцевості.

Після уточнення і обробки координат опорних пунктів та геодезичних прив'язок, дані були зведені в єдину систему координат (СК-63) і Балтійську систему висот. Було складено каталоги координат геодезичних точок, графічні матеріали, карти рельєфу з необхідним інтервалом горизонталей, а також підготовлено вихідну документацію для інженерного, геологічного й маркшейдерського забезпечення підприємства. Камеральна обробка забезпечила необхідну точність та відповідність матеріалів для подальшого використання в проектуванні гірничих робіт і моніторингу змін у межах ділянки.

### 3.3. Планова зйомочна основа

Для забезпечення топографо-геодезичних, маркшейдерських та проектних робіт на ділянці «Вільха» родовища «Гірне» була створена планова зйомочна основа, яка забезпечує необхідну точність і надійність прив'язки всіх об'єктів. Основою для створення зйомочної мережі слугували пункти державної геодезичної мережі (ДГМ), а також пункти, закладені в межах ділянки спеціально для потреб досліджень.

Планово-висотна основа була побудована у координатній системі 1963 року (СК-63) з використанням Балтійської системи висот. У якості вихідних пунктів прийняті точки ДГМ «Вільха» та Т11, положення яких було уточнено за допомогою супутникових GPS-вимірювань. До зйомочної основи увійшли точки, що утворюють замкнену мережу, з високим ступенем точності взаємного положення (не більше 0,10–0,15 м).

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.03.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Пункти зйомочної основи закладалися на характерних місцях з урахуванням зручності спостереження та збереження на тривалий час. Всі пункти зафіксовано в каталозі координат і висот, який використовується для подальших зйомок, підрахунку об'ємів, проектування гірничих робіт і контролю за станом об'єкта в процесі експлуатації.

Створена планова зйомочна основа відповідає вимогам до топографічної зйомки масштабу 1:1000 і є надійною базою для маркшейдерсько-геологічного супроводу виробництва.

### 3.4. Характеристика планово- висотної мережі

Планово-висотна геодезична мережа на ділянці «Вільха» родовища «Гірне» створена з метою забезпечення топографо-геодезичних, маркшейдерських, проектних та виробничих робіт. Вона складається з опорних пунктів, положення яких визначене в координатній системі 1963 року (СК-63) та Балтійській системі висот.

Вихідними геодезичними пунктами для побудови мережі були пункти державної геодезичної мережі (ДГМ) — зокрема, пункти ДГМ «Вільха» та Т11. Їх координати уточнено за допомогою супутникових вимірювань (GPS) з середньою абсолютною похибкою не більше  $\pm 0,10-0,15$  м. Встановлені пункти мережі мають відповідне довготривале закріплення, що забезпечує їх збереження і можливість повторного використання.

Планово-висотна мережа забезпечує достатню щільність та точність для подальшої побудови зйомочної мережі, прив'язки проектів, ведення маркшейдерського моніторингу, а також для фіксації контурів родовища та гірничих виробок. Її розміщення враховує особливості рельєфу та доступність спостереження.

Завдяки стабільним параметрам мережі забезпечується висока якість і достовірність інженерно-геодезичних вимірювань на всіх етапах функціонування підприємства — від проектування до експлуатації та рекультивації.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.03.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Таблиця 3.1.

**Вихідні дані планово- висотної мережі**

| Ч.ч. | № пункту       | X             | У             | Н       | Клас   |
|------|----------------|---------------|---------------|---------|--------|
| 1    | Вільха (РТ246) | (5)553756.40  | (3)169462.19  | 246.05  | 2 / IV |
| 2    | T11            | (5)553766.445 | (3)169630.608 | 244.419 | GPS    |

На площі ділянки «Вільха» родовища «Гірне» було виконано комплекс топографо-геодезичних робіт для складання топографічного плану масштабу 1:1000 з горизонталями через 0,5 м, а також контурної зйомки масштабу 1:5000. Ці матеріали були необхідні для проведення підрахунку запасів корисних копалин, підготовки проєктної документації з розробки гірничих кар'єрів, а також для маркшейдерсько-геологічного супроводу видобувних робіт і розв'язання інших спеціалізованих інженерних завдань. Основна частина польових і камеральних робіт виконувалася у період з квітня по липень 2008 року. Прив'язка свердловин і складання каталогу координат здійснювалася поетапно після завершення буріння — з липня 2008 по березень 2009 року.

Виконання геодезичних робіт здійснювалося в системі координат 1963 року та Балтійській системі висот. В якості вихідної основи були використані пункти ДГМ Вільха та T11, координати яких визначалися методом GPS з точністю до 0,10–0,15 м відносно опорної мережі.

Планово-висотна геодезична основа створювалася у вигляді локальної мережі, побудованої за лінійно-кутовою схемою. Всі вимірювання виконувалися електронним тахеометром SET 500 SOKKIA з цифровим збереженням даних. Кути і лінії фіксувалися в обидва напрями, одночасно вимірювалися вертикальні кути, що дозволяло обчислювати висоти методом тригонометричного нівелювання з точністю, яка не поступається точності технічного нівелювання. Наприклад, на базі формули В. Ганьшина для відстані 500 м похибка складає 8,6 мм, що відповідає вимогам навіть IV класу нівелювання.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.03.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Камеральна обробка результатів вимірювань здійснювалась на комп'ютері із застосуванням програми TOPOGRAD. Отримані дані були врівноважені та сформовані у каталоги координат і висот. Орієнтування планової мережі здійснювалося за дирекційним напрямом Вільха–Т11 ( $86^{\circ}35'11.8''$ ), висотна мережа врівноважувалася як система з вузловими точками.

Якість побудованої мережі підтверджена розрахунками, зокрема, відносна похибка найслабшої сторони RP7–Т8 становить 1:6853 при довжині 116,53 м. Така точність дозволяє використовувати ці точки навіть у високоточних роботах. Закріплення пунктів мережі на місцевості виконано тимчасовими реперами (RP3–RP7) і однією закладною точкою (Т2). Вибір їхнього розташування обумовлений потребою у тривалому зберіганні.

Прив'язка геологорозвідувальних свердловин проводилася як у графічній, так і в аналітичній формі з точністю  $\pm 0,5$  м. Після буріння планово-висотне положення свердловин визначалося інструментально з використанням геодезичної основи, обробка координат і висот виконувалася автоматизованим способом.

Топографічна зйомка площі 44 га виконувалася полярним методом з використанням електронного тахеометра SET 500, з подальшою обробкою в AutoCAD 2002 і AutoCAD Land. План масштабу 1:1000 із горизонталями через 0,5 м був підготовлений у графічному вигляді. Крім того, на зовнішньому контурі зйомки створена контурна зйомка масштабу 1:5000 шириною до 500 м, загальною площею 2,65 км<sup>2</sup>.

Таким чином, у результаті проведення топографо-геодезичних досліджень на ділянці «Вільха» було створено точну та стійку планово-висотну основу, отримано координати і висоти свердловин, а також сформовано сучасні топографічні плани, що повністю відповідають вимогам нормативних документів і можуть бути використані для подальшого проектування і геологічного супроводу робіт.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.03.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

### 3.5. Закріплення пунктів опорної геодезичної мережі

У процесі створення опорної геодезичної мережі на ділянці «Вільха» родовища «Гірне» особлива увага приділялась правильному вибору місць для закладення геодезичних пунктів. Основною метою було забезпечити їх довговічність, зручність використання під час топографічних і маркшейдерських робіт, а також можливість подальшого згущення мережі при необхідності.

Під час вибору точок враховувались такі основні критерії:

- забезпечення надійного й тривалого збереження знаків у польових умовах (з урахуванням погодних та виробничих факторів);
- розташування пунктів із можливістю подальшого згущення мережі для підвищення точності при проведенні знімальних і моніторингових робіт;
- використання пунктів не лише як опорних, а й як зйомочних — тобто здатність слугувати базою для виконання детальної топографічної зйомки;
- рівномірне охоплення всієї площі об'єкта з урахуванням майбутніх гірничих робіт, що забезпечує практичність і ефективність під час проведення спостережень та маркшейдерського контролю.

Закріплення пунктів геодезичної мережі здійснювалось відповідно до вимог «Інструкції про типи центрів геодезичних пунктів» (ГКНТА-2.01.02.-01.-93, ГУГКК, Київ). Для об'єкта були застосовані центри типу У-15Н, які призначені для геодезичних пунктів полігонометрії II розряду.

Конструкція таких центрів передбачає підземне закріплення у вигляді бетонного блоку або фундаментної плити з металевим маркером у центрі (репером), а також надземну частину, яка може бути представлена кілком, табличкою або бетонним стовпчиком. Це забезпечує не лише фізичну надійність закріплення, але й можливість точного повторного знаходження пункту у разі необхідності.

Описані конструкції центрів наочно представлені на рисунку 3.1. Вони відповідають сучасним вимогам до точності, стабільності та довговічності, що

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.03.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

є особливо важливим в умовах гірничого підприємства, де точність просторового позиціонування об'єктів має критичне значення.

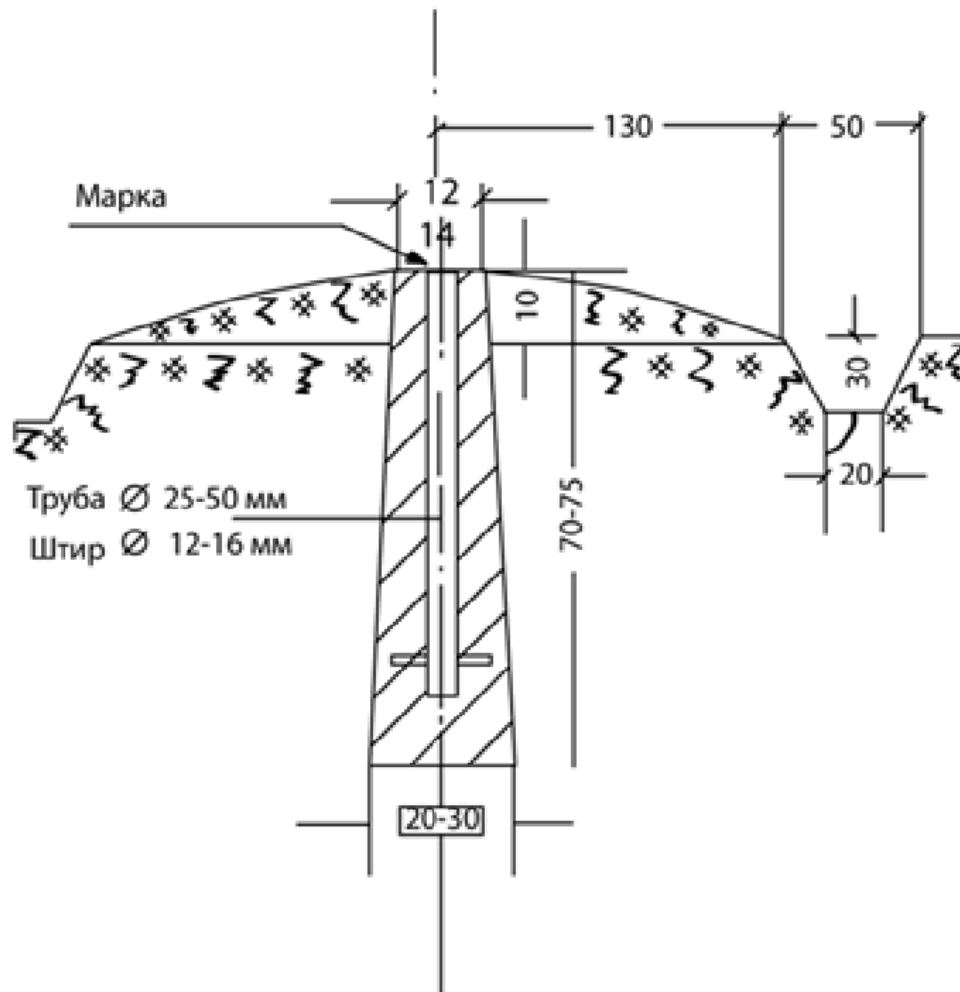


Рис. 3.1. Конструкція центру типу У-15Н

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.03.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

## РОЗДІЛ 4. МАРКШЕЙДЕРСЬКЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГІРНИЧИХ РОБІТ ПРИ ВІДКРИТІЙ РОЗРОБЦІ РОДОВИЩ

### 4.1. Організація маркшейдерської служби на підприємстві.

На підприємстві, що здійснює розробку ділянки «Вільха» родовища «Гірне», функціонує маркшейдерська служба, яка виконує повний комплекс спеціалізованих робіт, пов'язаних із просторовим контролем гірничих виробок, топографо-геодезичним забезпеченням, обліком обсягів видобутку та дотриманням меж гірничого відводу.

Маркшейдерська служба є структурним підрозділом підприємства та підпорядковується безпосередньо головному інженеру. Її організація відповідає вимогам чинного законодавства України, а також нормативним документам щодо маркшейдерського забезпечення робіт на гірничих підприємствах.

До складу служби входять:

- головний маркшейдер, який здійснює загальне керівництво, організовує планування та контроль за виконанням маркшейдерських робіт, відповідає за правильність геометричних побудов, точність вимірювань, зберігання геодезичних матеріалів та відповідність ведення маркшейдерської документації

Штатна чисельність служби визначається обсягами маркшейдерських завдань, складністю гірничо-геологічних умов та прийнятим режимом роботи кар'єру. В умовах цілорічної експлуатації підприємства мінімально рекомендованим складом є 3–5 осіб.

Функції маркшейдера полягають у забезпеченні точного просторового ведення гірничих робіт згідно з проєктом, проведенні топографо-геодезичних знімальних, складанні планів і розрізів, контролі за геометрією кар'єру та відвалів,

|           |      |                 |        |      |                  |  |  |                                                             |      |         |    |  |
|-----------|------|-----------------|--------|------|------------------|--|--|-------------------------------------------------------------|------|---------|----|--|
|           |      |                 |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ |  |  |                                                             |      |         |    |  |
|           |      |                 |        |      |                  |  |  |                                                             |      |         |    |  |
| Змн.      | Арк. | № докум.        | Підпис | Дата |                  |  |  |                                                             |      |         |    |  |
| Студент   |      | Ладжигун А.О.   |        |      | РОЗДІЛ 4         |  |  | Літ.                                                        | Арк. | Аркушів |    |  |
| Керівник  |      | Панасюк А.В.    |        |      |                  |  |  |                                                             |      | 1       | 36 |  |
| К.розділу |      | Панасюк А.В.    |        |      |                  |  |  | «Житомирська політехніка»,<br>184 «Гірництво»,<br>гр.ГГ-29с |      |         |    |  |
| Н. Контр. |      | Криворучко А.О. |        |      |                  |  |  |                                                             |      |         |    |  |
| Зав. Каф. |      | Шлапак В.О.     |        |      |                  |  |  |                                                             |      |         |    |  |

веденні документації, обчисленні обсягів видобутої корисної копалини та розкриву, визначенні координат та висот свердловин, меж гірничого відводу, рекультивації порушених земель. Крім того, маркшейдер відповідає за своєчасне винесення в натуру проектних рішень, а також за безпеку ведення робіт у частині контролю деформацій і стійкості бортів.

Організація роботи маркшейдерської служби побудована на принципах технічної компетентності, дотримання нормативів точності, використання сучасного геодезичного обладнання (електронних тахеометрів, GNSS-приймачів, цифрових рівнів) та ведення камеральних робіт із застосуванням ліцензованого програмного забезпечення (ТОПОГРАД, AutoCAD Civil, Surfer тощо).

Таким чином, маркшейдерська служба підприємства забезпечує надійний контроль за геометричними параметрами гірничих робіт, веде повну геодезичну документацію та гарантує безпечне, ефективне і законодавчо обґрунтоване функціонування гірничого виробництва

#### **4.2. Характеристика технічного та програмного забезпечення**

Розвідувальні роботи на ділянці «Вільха» родовища пегматитів «Гірне» були забезпечені сучасними технічними засобами, вимірювальним обладнанням та актуальним програмним забезпеченням, що дозволило виконати дослідження на належному рівні точності відповідно до вимог геологорозвідувального процесу.

Для бурових робіт застосовувалися самохідні бурові установки колонкового буріння типу СБУД-1503ІВ та УГБ-500С. Геофізичні дослідження у свердловинах проводились методом гамма-каротажу за допомогою ручного приладу «Виток» СРП-68-02 № 377. Вимірювання природної радіоактивності керна здійснювалось сцинтиляційним радіометром СРП-68-01. Усі прилади мають відповідні свідоцтва про калібрування та допущені до застосування згідно з нормативними вимогами (див. додатки 18,

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

19, 20).

Полюві топографо-геодезичні роботи проводилися за допомогою електронного тахеометра SET 500 SOKKIA у комплекті з відбивачем на штативі. Прилад повірений, що підтверджено свідоцтвом про метрологічну перевірку (див. додаток 21).

Проби, відібрані у 2008–2009 роках, оброблялись у лабораторіях Правобережної геологічної експедиції, а у 2013 році – у Центральній лабораторії ДП «УГК». Для підготовки проб до аналізу використовувалось типове лабораторне обладнання: шокова дробарка ДЩ-150×80, валкова дробарка ДВ-200×125, вібророзтирач В-2, подрібнювач ЦИ-05, а також лабораторні ваги ВЛКТ-500, ВЛКТ-500 г-М і ВЛА-200.

Лабораторні дослідження здійснювалися із застосуванням гамма-спектрометра Nokia-LP 4900 В, поляризаційних мікроскопів ПОЛАМ-211, біноккулярного мікроскопа МБС-1.

Графічні роботи виконувалися з використанням креслярських інструментів, зокрема:

- координатних лінійок ЛБЛ №01012 з перевіреною точністю поділок (макс. відхилення – 0,05 мм);
- металевих масштабних лінійок (ГОСТ 427-75, ГОСТ 13495-98);
- металевого транспортира, циркуля-вимірника, курвіметра та креслярського приладдя (набір «Конструктор»).

### **Програмне забезпечення**

Топографо-геодезичні обчислення та побудова ситуаційних планів виконувались у програмному середовищі TOPOGRAD, AutoCAD 2000 і AutoCAD Land. Текстова частина звіту та супровідні документи підготовлені в редакторі Microsoft Word (пакет Office 2007) відповідно до вимог ДСТУ 4068-2002.

Усі графічні матеріали формувалися в програмному пакеті MapInfo 6.0, що дозволило здійснювати побудову схем та карт родовища як у географічних,

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

так і метричних координатах. Програма забезпечувала зручне вимірювання довжин, відстаней між свердловинами та обчислення площ контурів блоків.

Для створення геологічних планів, розрізів і колонок застосовувалась програма Surfer 8, яка дозволяла будувати графічні матеріали на основі координат граничних точок і даних свердловин. Отримані результати експортувались у MapInfo 6.0 для подальшої обробки та накладення географічної основи.

Розрахунок площ блоків для підрахунку запасів здійснювався в AutoCAD з подальшою верифікацією результатів за допомогою планіметра.

Загалом, поєднання сучасного технічного оснащення з професійним програмним забезпеченням забезпечило високу якість геологічної розвідки, достовірність отриманих даних та ефективність їх подальшої обробки й інтерпретації.

#### **4.3. Маркшейдерські роботи при проведенні траншей**

Під час проходки траншей на ділянці «Вільха» родовища «Гірне» маркшейдерські роботи відіграють важливу роль у забезпеченні точності просторового розташування гірничих виробок, контролю обсягів розкриття та дотримання проєктних параметрів.

На підготовчому етапі маркшейдерською службою виконується винесення в натуру осьових ліній траншей, їхніх меж та проєктних позначок глибини, відповідно до робочої документації. Розмітка здійснюється з урахуванням конфігурації кар'єру, рельєфу місцевості та передбаченої системи розробки. Прив'язка точок виконується з використанням точок планово-висотної мережі.

Після кожного етапу виконаних розкривних робіт проводиться інструментальний контроль геометричних параметрів траншей — вимірюються ширина, глибина, ухили бортів і дно траншеї. Це дозволяє своєчасно виявити відхилення від проєкту та вжити заходів для їх усунення.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Окрім цього, маркшейдери ведуть контроль за обсягами вийнятого ґрунту, здійснюючи обміри траншей для розрахунку фактичних обсягів земляних мас. Дані вимірювань використовуються для складання актів на виконанні роботи та коригування проєктної документації.

Також маркшейдерська служба забезпечує постійний моніторинг стану бортів траншей із метою запобігання зсувам і обвалам, особливо у зонах зі слабостійкими породами або в умовах складної гідрогеологічної ситуації.

Таким чином, маркшейдерські роботи при проходці траншей є обов'язковим і багатофункціональним етапом, що забезпечує безпечне і раціональне ведення гірничих робіт на всіх стадіях.

#### 4.4. Облік рухомості балансових запасів

Облік рухомості балансових запасів корисної копалини на родовищі здійснюється відповідно до вимог «Інструкції про порядок підрахунку, оформлення та державну експертизу запасів корисних копалин», затвердженої Державною службою геології та надр України. Основна мета цього обліку — визначення ступеня освоєння родовища, контролю за змінами запасів та уточнення їх кількісного та якісного складу.

Рухомість запасів враховується в межах виділених блоків за категоріями достовірності (В, С1, С2) та ведеться щорічно. Зміни у запасах фіксуються в результаті видобутку, втрат при розробці, а також у разі проведення додаткових геологічних або маркшейдерських робіт, що призводять до переоцінки чи уточнення контурів родовища.

Контроль за рухом балансових запасів здійснюється маркшейдерською службою підприємства. Результати обліку узагальнюються у річному звіті про стан запасів, який подається до органів державного геологічного контролю. У звіті зазначаються початкові запаси на початок звітнього року, обсяг видобутої сировини, втрати, залишкові запаси на кінець року, а також обґрунтування будь-яких змін у запасах.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Систематичне ведення обліку рухомості запасів дозволяє забезпечити ефективне планування гірничих робіт, оптимізувати видобувні потужності підприємства та гарантувати раціональне використання природних ресурсів.

Згідно з даними «Державного балансу запасів корисних копалин України. Сировина польовошпатова, станом на 01.01.2012 р. на обліку перебувало 10 родовищ польовошпатової сировини. Серед них: 7 родовищ пегматитового типу, одне родовище мікрогранодіориту, одне – техногенного походження (Мазурівське) та одне – плагіоклазової сировини (Носачівське). Загальні запаси становлять: за категоріями А+В+С1 — 7 100,84 тис. тонн, за категорією С2 — 194 642,7 тис. тонн, а обсяги позабалансових запасів — 192,91 тис. тонн.

У межах проектних контурів кар'єрів ділянки «Вільха» родовища «Гірне» підраховані балансові запаси пегматитів та пегматоїдних гранітів, які загалом становлять 1 467,1 тис. т. Із цієї кількості на скельні породи припадає 1 412,0 тис. т, а на вивітрени – 55,1 тис. т.

По окремих кар'єрах розподіл запасів виглядає так:

- Великий кар'єр пегматиту – 493,1 тис. т, з них:
  - скельний пегматит – 448,3 тис. т;
  - вивітрений пегматит – 44,8 тис. т.
- Дослідний кар'єр пегматитів – 81,0 тис. т, з них:
  - скельний пегматит – 70,7 тис. т;
  - вивітрений пегматит – 10,3 тис. т.
- Східний кар'єр граніту – 893,0 тис. т, з них:
  - виключно скельні граніти – 893,0 тис. т.

Загальний об'єм розкритих порід у межах проектних контурів кар'єрів становить 641,2 тис. м<sup>3</sup>, з них:

- скельні породи – 431,2 тис. м<sup>3</sup>;
- пухкі породи – 210,0 тис. м<sup>3</sup>, зокрема ґрунтово-рослинний шар – 14,3 тис. м<sup>3</sup>.

Розподіл розкриву по кар'єрах:

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

- Великий кар'єр пегматиту – 494,9 тис. м<sup>3</sup>, з них:
  - скельні – 383,9 тис. м<sup>3</sup>;
  - пухкі – 111,0 тис. м<sup>3</sup>, у тому числі ґрунтово-рослинного шару – 7,3 тис. м<sup>3</sup>.
- Дослідний кар'єр пегматитів – 39,3 тис. м<sup>3</sup>, з них:
  - виключно скельні породи – 39,3 тис. м<sup>3</sup>.
- Східний кар'єр граніту – 107,0 тис. м<sup>3</sup>, з них:
  - скельні – 8,0 тис. м<sup>3</sup>;
  - пухкі – 99,0 тис. м<sup>3</sup>, зокрема ґрунтово-рослинний шар – 7,0 тис. м<sup>3</sup>.

Скельні розкривні породи планується залучати як сировину для виробництва будівельного щебеню.

Промисловий коефіцієнт розкриву у розрахунку на 1 тону видобутої корисної копалини становить:

- Загальний – 0,437 м<sup>3</sup>/т;
- Великий кар'єр пегматиту – 1,00 м<sup>3</sup>/т;
- Дослідний кар'єр пегматитів – 0,485 м<sup>3</sup>/т;
- Східний кар'єр граніту – 0,12 м<sup>3</sup>/т.

Під час експлуатації кар'єрів очікуються втрати та розубоження корисної копалини, що пов'язано з частковим захопленням вміщуючих порід за межами контурів бортового вмісту.

Співвідношення балансових запасів скельних пегматитів категорії В до загального обсягу запасів категорій В+С1 становить 17,75% (92,1 тис. т із 519,0 тис. т). Поточний ступінь геологічної вивченості запасів кварц-польовошпатової сировини пегматитових жил та гранітного масиву житомирського типу є достатнім та відповідає вимогам надрокористувача.

Систематизовані підсумки підрахунку запасів кварц-польовошпатової сировини (що включає як скельні, так і вивітрілі пегматити та граніти житомирського типу), а також супутніх корисних копалин (скельні породи, непридатні для використання як польовошпатова сировина, але придатні для

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

виробництва будівельного каменю), разом з обсягами розкривних порід, наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

**Зведена таблиця запасів корисних копалин та об'ємів розкривних порід**

| Категорії запасів                  | Запаси кварц-польовошпатової сировини, тис. т |                       |                  |         | Скельні розкривні породи - камінь будівельний, тис.м³ | Об'єми пухких розкривних порід, тис.м³ |                 |
|------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------|------------------|---------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------|
|                                    | Пегматити і скельні                           | Пегматити і вивітрілі | Граніт і скельні | разом   |                                                       | всього                                 | грунтового шару |
| 1. Балансові запаси. Код класу 111 |                                               |                       |                  |         |                                                       |                                        |                 |
| B                                  | 92,1                                          |                       |                  | 92,1    |                                                       |                                        |                 |
| C <sub>1</sub>                     | 426,9                                         | 55,1                  | 893,0            | 1 375,0 | 431,2                                                 |                                        |                 |
| B+C <sub>1</sub>                   | 519,0                                         | 55,1                  | 893,0            | 1 467,1 | 431,2                                                 | 210,0                                  | 14,3            |
|                                    |                                               |                       |                  |         |                                                       |                                        |                 |
| 2. Балансові запаси. Код класу 122 |                                               |                       |                  |         |                                                       |                                        |                 |
| C <sub>2</sub>                     | 656,0                                         |                       |                  | 656,0   | 184,2                                                 | 57,5                                   | 2,6             |

#### 4.5. Маркшейдерська документація

Маркшейдерська документація є обов'язковим елементом виробничо-технічної інформації підприємства, що здійснює гірничовидобувні роботи. Вона фіксує просторове положення елементів гірничих виробок, рух запасів корисної копалини, обсяги видобутку, розкривних робіт, стан кар'єрних бортів, відвалів та інші параметри, що мають значення для контролю та безпеки виробництва.

Документація ведеться відповідно до вимог чинних нормативних актів, зокрема «Інструкції з маркшейдерського забезпечення розробки родовищ корисних копалин відкритим способом» (НПАОП 0.00-1.83-18), а також інструкцій Держгеонадр та Держпраці України.

|      |      |          |        |      |                  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|--|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ |  |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |  |      |

Основними видами маркшейдерської документації, що формуються на підприємстві, є:

- План гірничих робіт (річний, квартальний, поточний) – відображає фактичне та проектне положення гірничих виробок, межі блоків, уступів, контури видобутку та розкриву.
- Розрізи та профілі кар'єру – подають вертикальні характеристики кар'єрного простору, дозволяють візуалізувати зміни геологічної будови, потужності пластів, характер залягання порід та корисної копалини.
- Топографічні плани стану борту, дна, відвалів – регулярно оновлюються та відображають зміну рельєфу у процесі гірничих робіт.
- Журнали маркшейдерських вимірювань – фіксують дані про обсяги видобутку, підрахунок мас гірничої маси, контролюють точність виконаних робіт.
- Картки обліку руху запасів та стану гірничих виробок – дозволяють вести систематичний облік залишкових запасів та простежувати виконання плану гірничих робіт.
- Акти маркшейдерських знімів та обмірів – є підставою для виробничої звітності, в тому числі геолого-маркшейдерської.

Документація складається як у паперовому вигляді, так і в електронному форматі із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення (наприклад, TOPOGRAD, AutoCad, Surfer, MapInfo), що дозволяє підвищити точність розрахунків, полегшити візуалізацію та інтеграцію даних у ГІС-системи.

Особливе значення має актуалізація маркшейдерської документації на всіх етапах розробки родовища: від проектування до завершення видобутку та проведення рекультивації. Це дозволяє своєчасно виявляти порушення, оцінювати втрати корисної копалини, забезпечувати безпеку робіт, дотримання меж гірничого відводу, а також виконання екологічних норм.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Таким чином, маркшейдерська документація є ключовим інструментом контролю за ефективним і безпечним веденням гірничих робіт на підприємстві.

#### **4.6 Ведення маркшейдерського обліку видобування кварц-польовошпатової руди в умовах ДП «Шпат»**

##### **4.6.1 Вибір та планування дослідження**

Проведення комплексного дослідження ефективності різних методів маркшейдерського обліку видобування кварц-польовошпатової руди базувалось на системному підході до аналізу традиційних та інноваційних технологій геодезичних вимірювань. Дослідження було організовано як контрольований порівняльний експеримент з використанням реальних виробничих об'єктів Державного підприємства "Шпат", що дозволило забезпечити максимальну достовірність та практичну значимість отриманих результатів.

Актуальність проведеного дослідження обумовлюється кількома ключовими факторами сучасного розвитку гірничої промисловості. Економічні виклики вимагають від підприємств максимальної оптимізації всіх виробничих процесів, включаючи маркшейдерський облік як критично важливу складову управління запасами сировини. Для підприємств середнього масштабу, таких як ДП "Шпат", оптимізація витрат на маркшейдерське забезпечення може суттєво вплинути на загальну рентабельність виробництва кварц-польовошпатової продукції.

Технологічні фактори також відіграють важливу роль в актуалізації дослідження. Стрімкий розвиток БПЛА-технологій та значне здешевлення відповідного обладнання робить ці технології доступними для широкого кола підприємств гірничої галузі. Сучасні безпілотні системи забезпечують високу якість аерофотозйомки при значно меншій вартості порівняно з традиційними методами, що створює передумови для їх широкого впровадження в маркшейдерську практику.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Регулятивні фактори додатково підкреслюють актуальність дослідження. Посилення вимог до точності обліку видобутих корисних копалин з боку контролюючих органів, а також необхідність дотримання міжнародних стандартів звітності в контексті європейської інтеграції України підвищують значимість надійного та ефективного маркшейдерського обліку.

#### Постановка наукової проблеми

Основна наукова проблема, що вирішувалась в рамках дослідження, полягала у відсутності комплексного порівняльного аналізу ефективності традиційних тахеометричних методів та інноваційних БПЛА-технологій для специфічних умов маркшейдерського обліку підприємств неметалічних корисних копалин. Аналіз літературних джерел показав, що існуючі дослідження переважно зосереджувались на великих відкритих гірничих роботах або розглядали окремі аспекти застосування певних технологій, не забезпечуючи комплексної оцінки їх ефективності для конкретних виробничих умов.

Специфіка кварц-польовошпатового виробництва створює додаткові виклики для маркшейдерського обліку. Необхідність ведення роздільного обліку різних фракцій продукції, урахування сезонних змін властивостей матеріалів та особливості зберігання різних типів концентратів потребують адаптованих підходів до організації зйомочних робіт. Відсутність науково обґрунтованих рекомендацій щодо вибору оптимального методу для конкретних умов утруднює прийняття ефективних управлінських рішень щодо модернізації маркшейдерських служб підприємств.

Більшість зарубіжних публікацій демонструє успішний досвід використання безпілотних систем для моніторингу кар'єрів та визначення об'ємів гірської маси, однак ці дослідження зосереджені переважно на великомасштабних об'єктах. Специфіка складського господарства підприємств неметалічних корисних копалин, особливо питання точності

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

обліку відносно невеликих складів готової продукції, залишається недостатньо вивченою як у вітчизняній, так і в зарубіжній науковій літературі.

#### Формування методологічної основи

Методологічна основа дослідження була сформована на принципах системного аналізу та експериментального підходу до порівняння альтернативних технологій. Системний підхід дозволив розглянути маркшейдерський облік як комплексний процес, що включає не тільки безпосередньо зйомочні роботи, але й етапи планування, камеральної обробки, економічного аналізу та практичного впровадження результатів.

Об'єктом дослідження виступила система маркшейдерського обліку складських запасів сировини на ДП "Шпат", що дозволило проводити експерименти в реальних виробничих умовах з урахуванням всіх специфічних факторів підприємства. Такий підхід забезпечував максимальну релевантність отриманих результатів для практичного впровадження та можливість їх екстраполяції на аналогічні підприємства галузі.

Предметом дослідження став порівняльний аналіз ефективності застосування тахеометричної зйомки з використанням SET 500 SOKKIA та аерофотозйомки з використанням БПЛА DJI Air 2 для визначення об'ємів різних видів кварц-польовошпатової продукції. Такий фокус дозволив зосередитись на конкретних технологіях та отримати детальні кількісні дані про їх ефективність.

Комплекс методів дослідження був сформований таким чином, щоб забезпечити всебічну оцінку порівнюваних технологій. До нього увійшли системний аналіз існуючих технологій маркшейдерського обліку, експериментальні польові дослідження з використанням геодезичного та аерофотограмметричного обладнання, математико-статистичні методи обробки експериментальних даних, економічний аналіз ефективності різних технологій та методи математичного моделювання для оптимізації процесів обліку.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

### Обґрунтування вибору досліджуваних технологій

Вибір конкретних технологій та обладнання для порівняльного дослідження базувався на кількох ключових критеріях, що забезпечували репрезентативність результатів та можливість їх практичного застосування на підприємствах середнього масштабу.

Електронний тахеометр SET 500 SOKKIA був обраний як представник традиційних геодезичних технологій з кількох причин. По-перше, цей прилад відноситься до класу середньої точності, що робить його доступним для більшості маркшейдерських служб підприємств неметалічних корисних копалин. По-друге, його технічні характеристики (точність вимірювання кутів 5", точність вимірювання відстаней  $\pm(2 \text{ мм} + 2 \text{ ppm})$ ) повністю відповідають вимогам для маркшейдерського обліку складських запасів. По-третє, широке розповсюдження приладів цієї серії в Україні забезпечує можливість тиражування результатів дослідження.

Вибір БПЛА DJI Air 2 обумовлювався його оптимальним співвідношенням між технічними можливостями та вартістю. Камера з роздільністю 48 мегапікселів забезпечує достатню якість знімків для фотограмметричної обробки, а тривалість польоту до 34 хвилин дозволяє виконувати зйомку об'єктів середнього розміру без необхідності заміни акумуляторів. Важливим фактором була також доступність цієї моделі на українському ринку та наявність сервісної підтримки.

Програмне забезпечення для обробки результатів також обиралось з урахуванням його поширеності та доступності. AutoCAD Civil 3D є стандартним інструментом для більшості маркшейдерських служб України, що забезпечує можливість впровадження розроблених методик без додаткових витрат на перенавчання персоналу. DroneDeploy як хмарний сервіс для фотограмметричної обробки забезпечує високу якість результатів при мінімальних вимогах до локального апаратного забезпечення.

### Планування експериментальних досліджень

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Планування експериментальної частини дослідження базувалось на принципах забезпечення максимальної порівнянності результатів при мінімізації впливу зовнішніх факторів. Основним викликом було створення умов, за яких відмінності в результатах зумовлювались би виключно особливостями досліджуваних методів, а не зовнішніми чинниками.

Для експериментів було обрано типовий склад кварц-польовошпатової сировини на території ДП "Шпат", що характеризувався стандартними для підприємства геометричними параметрами та конфігурацією. Вибір конкретного об'єкта здійснювався з урахуванням кількох критеріїв, що забезпечували репрезентативність результатів.

По-перше, склад повинен був мати достатні розміри для демонстрації переваг та обмежень кожного методу зйомки. Надто малі об'єкти не дозволяли б повною мірою оцінити продуктивність БПЛА-технологій, тоді як надто великі могли б створити технічні складнощі для тахеометричної зйомки. По-друге, конфігурація складу мала бути репрезентативною для типових умов складування на підприємствах галузі.

По-третє, важливою умовою була доступність об'єкта для проведення безпечних зйомочних робіт обома методами. Це включало можливість встановлення тахеометричних станцій в оптимальних точках, безпечне розміщення відбивачів на поверхні складу та відсутність перешкод для виконання аерофотозйомки. Четвертим критерієм була стабільність конфігурації складу протягом періоду проведення експериментів, що забезпечувало порівнянність результатів.

Обраний для досліджень склад мав неправильну конусоподібну форму з максимальною висотою близько 8 метрів та площею основи приблизно 350 квадратних метрів. Така конфігурація є типовою для складування кварц-польовошпатової сировини на підприємствах галузі та дозволяла адекватно оцінити можливості кожного з досліджуваних методів щодо відтворення складної морфології поверхні.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

## Розробка методики тахеометричної зйомки

Методика тахеометричної зйомки розроблялась з урахуванням специфіки об'єкта дослідження та необхідності забезпечення високої точності результатів при оптимальній продуктивності робіт. Основою методики стали стандартні принципи маркшейдерської зйомки, адаптовані до конкретних умов експерименту.

Технічні характеристики SET 500 SOKKIA повністю відповідали вимогам дослідження. Точність вимірювання горизонтальних та вертикальних кутів 5 секунд та точність вимірювання відстаней  $\pm(2 \text{ мм} + 2 \text{ ppm})$  забезпечували необхідний рівень точності для маркшейдерських робіт. Збільшення зорової труби 30 $\times$  та діапазон вимірювань з призмою до 2000 метрів створювали сприятливі умови для роботи на об'єктах різного масштабу.

Планування розташування станцій тахеометра здійснювалось з урахуванням необхідності забезпечення повного покриття складу зйомкою при оптимальній геометрії вимірювань. Методика передбачала використання чотирьох станцій, розташованих таким чином, щоб забезпечити видимість на всі характерні елементи складу та створити надійну основу для високоточних вимірювань.

Розробка системи кодування точок мала на меті забезпечення ефективної автоматизованої обробки результатів у програмному комплексі AutoCAD Civil 3D. Система включала основні категорії: ВС (верх складу) для точок найвищих відміток, ПС (підшва складу) для точок периметру на рівні землі, СХ (схили складу) для проміжних точок на схилах, МЖ (межі складу) для розмежування різних типів продукції, ОП (опорні точки) для контролю точності та СТ (станції) для точок стояння приладу.

Параметри зйомки визначались з урахуванням вимог до точності та повноти відображення рельєфу складу. Густота пікетажу по периметру складу була встановлена на рівні 3-5 метрів, на схилах - 5-8 метрів, з додатковими точками у місцях різких змін нахилу через 1-2 метри. Такий підхід

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

забезпечував оптимальне співвідношення між детальністю відображення морфології складу та ефективністю польових робіт.

#### Розробка методики БПЛА-зйомки

Методика аерофотозйомки з використанням DJI Air 2 розроблялась з урахуванням специфічних вимог фотограмметричної обробки та необхідності забезпечення високої точності геопросторової прив'язки результатів. Основою методики стали сучасні принципи цифрової фотограмметрії, адаптовані до можливостей обраного обладнання та особливостей об'єкта дослідження.

Планування польотного маршруту здійснювалось за допомогою програмного комплексу DroneDeploy, що дозволило оптимізувати параметри зйомки та автоматизувати процес виконання польоту. Використання спеціалізованого програмного забезпечення забезпечувало точне дотримання запланованих параметрів зйомки та мінімізувало вплив людського фактора на якість результатів.

Ключові параметри аерофотозйомки визначались на основі аналізу технічних можливостей DJI Air 2 та вимог до якості фотограмметричної обробки. Висота польоту 40 метрів була обрана як оптимальний компроміс між детальністю знімків та продуктивністю зйомки. При такій висоті роздільність знімків складала близько 1 см на пиксель, що забезпечувало достатню деталізацію для точного визначення геометричних параметрів складу.

Перекриття між суміжними знімками було встановлено на рівні 75% як у поздовжньому, так і в поперечному напрямках. Таке високе перекриття гарантувало надійне визначення зв'язних точок між знімками під час фотограмметричної обробки та забезпечувало високу точність створюваної цифрової моделі рельєфу. Додатково, значне перекриття створювало резерв для компенсації можливих технічних проблем з окремими знімками.

Маршрут польоту проектувався таким чином, щоб забезпечити повне покриття досліджуваного складу з необхідними параметрами перекриття.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Методика передбачала виконання систематичних проходів над складом у двох взаємно перпендикулярних напрямках, що забезпечувало оптимальну геометрію зйомки та мінімізувало систематичні похибки фотограмметричної реконструкції.

Особливою інноваційною рисою розробленої методики було використання станцій тахеометричної зйомки як опорних точок для фотограмметричної обробки. Це рішення забезпечувало єдність координатної основи для обох методів зйомки та дозволяло коректно порівнювати отримані результати. Чотири станції, розташовані навколо складу, створювали оптимальну геометрію для геопросторової прив'язки аерофотознімків у системі координат СК-63 зона 3.

#### Методика камеральної обробки даних

Розробка методики камеральної обробки результатів мала на меті забезпечення максимальної порівнянності результатів при використанні стандартного програмного забезпечення, доступного на більшості підприємств галузі. Для тахеометричних даних використовувався програмний комплекс AutoCAD Civil 3D, а для аерофотограмметричної обробки - хмарний сервіс DroneDeploy.

Методика обробки тахеометричних даних включала автоматичне імпортування польових результатів, побудову цифрової моделі рельєфу методом тріангуляції Делоне, створення поверхонь складу та базової поверхні, визначення об'єму методом порівняння поверхонь та генерацію необхідної звітної документації. Особлива увага приділялась контролю якості створюваних моделей через візуальний аналіз тріангуляційної мережі та верифікацію результатів.

Методика фотограмметричної обробки передбачала автоматичне завантаження аерофотознімків до хмарного сервісу DroneDeploy, введення координат опорних точок, автоматичну фотограмметричну реконструкцію з використанням алгоритмів Structure from Motion та Multi-View Stereo,

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

створення ортофотоплану та цифрової моделі рельєфу, а також виконання об'ємних розрахунків з використанням вбудованих інструментів.

Ключовою особливістю розробленої методики було забезпечення єдності координатної основи та принципів визначення базової поверхні для коректного порівняння результатів. Це потребувало додаткової уваги до питань геопросторової прив'язки та стандартизації процедур обробки даних.

#### Методика економічного аналізу

Розробка методики економічного аналізу ефективності досліджуваних технологій базувалась на принципах комплексного врахування всіх складових витрат, пов'язаних з впровадженням та експлуатацією маркшейдерського обладнання. Методика включала аналіз капітальних витрат на придбання обладнання, операційних витрат на виконання зйомочних робіт, вартості програмного забезпечення та витрат на навчання персоналу.

Особлива увага приділялась розрахунку продуктивності кожного методу з урахуванням не тільки часу безпосереднього виконання зйомки, але й підготовчих робіт, камеральної обробки та створення звітної документації. Такий підхід забезпечував більш точну оцінку реальної ефективності технологій в умовах практичного застосування.

Методика також передбачала аналіз якісних показників, таких як точність результатів, надійність обладнання, залежність від погодних умов та вимоги до кваліфікації персоналу. Ці фактори часто виявляються критичними при прийнятті рішень про впровадження нових технологій, особливо на підприємствах з обмеженими ресурсами.

Таким чином, розроблена комплексна методологія дослідження забезпечувала всебічну оцінку ефективності порівнюваних технологій маркшейдерського обліку з урахуванням технічних, економічних та експлуатаційних аспектів, що створювало надійну основу для формулювання обґрунтованих практичних рекомендацій

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

#### 4.6.2 Виконання тахеометричної зйомки складу

Перед початком польових робіт була проведена детальна рекогносцировка ділянки розташування досліджуваного складу кварц-польовошпатової продукції. Склад мав неправильну конусоподібну форму з максимальною висотою близько 8 метрів та площею основи приблизно 350 м<sup>2</sup>. За результатами рекогносцировки було визначено оптимальні точки для розташування станцій тахеометра, найближчі опорні пункти підприємницької мережі для прив'язки зйомки, характерні особливості рельєфу складу та безпечні маршрути підходу.

Тахеометрична зйомка була виконана з прив'язкою до наявної мережі опорних пунктів підприємства в системі координат СК-63 зона 3. Для забезпечення необхідної точності та повного охоплення складу зйомкою було обрано 4 станції стояння тахеометра SET 500 SOKKIA. Східна частина складу знімалась зі станції, координати якої визначені методом полярної засічки від пунктів тріангуляції, південно-західна частина - з станції з прив'язкою проложенням теодолітного ходу, північна частина - методом зворотної засічки, а четверта станція використовувалась як контрольна для перевірки точності та знімання важкодоступних ділянок. Контрольні виміри між станціями показали середню квадратичну похибку визначення координат  $\pm 2.1$  см у плані та  $\pm 1.8$  см по висоті, що відповідає вимогам технічної інструкції з маркшейдерських робіт.

Детальна зйомка виконувалась послідовно з кожної станції за допомогою призмових відбивачів, що встановлювались на штативах та ручних рейках залежно від доступності точок. Загальна тривалість польових робіт склала 6 годин, включаючи час на переходи між станціями та контрольні виміри. За цей час було знято 90 точок різних категорій. Чотири точки використовувались як станції стояння приладу з координатами, визначеними з високою точністю, що забезпечували оптимальну геометрію зйомки. Двадцять чотири точки верху складу, що формують гребінь, знімались з інтервалом 3-4 метри по периметру

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

верхньої частини та включали найвищу точку складу з відміткою 158.67 м. Двадцять вісім точок підоснови складу розташовувались з інтервалом 2-3 метри для детального окреслення контуру на рівні природної поверхні землі із середньою відміткою 150.23 м. Двадцять шість точок на схилах між верхом та підосвою розміщувались у місцях зміни крутизни з інтервалом 5-8 метрів, а вісім контрольних та допоміжних точок використовувались для контролю точності зйомки та розділення різних видів продукції.

Усі виміри виконувались у точному режимі з середньою квадратичною похибкою виміру відстаней  $\pm 2 \text{ мм} + 2 \text{ ppm}$  при температурі  $+18^\circ\text{C}$  та атмосферному тиску 760 мм рт.ст. з автоматичним введенням поправок за метеоумови. Роботи проводились при денному освітленні без прямого сонячного світла на дисплей приладу, а кожна десята точка знімалась повторно для контролю відтворюваності результатів.

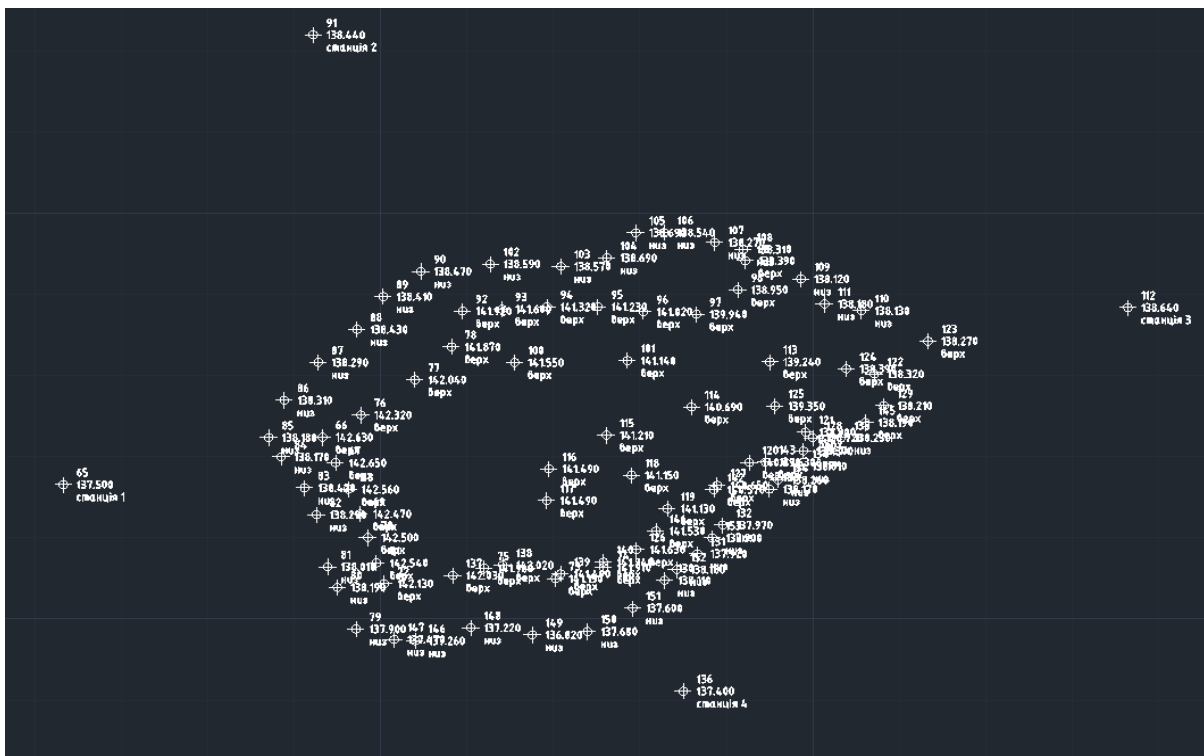


Рис. 4.1. Вікно відображення схеми розташування точок тахеометричної зйомки

Результати вимірювань автоматично записувались у внутрішню пам'ять тахеометра з одночасним веденням паперового польового журналу, що містив

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

номери та коди точок з коментарями, результати контрольних вимірювань та ескізи розташування точок. Контроль якості показав, що розбіжності замикання кутових засічок не перевищували 10", контроль відстаней до характерних точок давав розбіжності  $\pm 3$  мм, а повторні виміри 15% точок показали розбіжності в межах точності приладу.

За результатами зйомки було отримано повну просторову модель складу з 90 точками, що покривали територію площею близько 3500 м<sup>2</sup> у висотному діапазоні від 136,82 м до 142.65 м. Тривалість польових робіт 4 години забезпечила середню продуктивність 30 точок на годину. Геометричні параметри складу становили: максимальна довжина 28.5 м, максимальна ширина 19.2 м, висота 8.44 м та периметр підшви 74.3 м. Конфігурація являла собою неправильну конусоподібну форму з асиметричними схилами.

#### 4.6.3 Виконання аерофотозйомки БПЛА

Наступним етапом дослідження стало виконання аерофотозйомки того ж складу з використанням безпілотного літального апарата DJI Air 2. Для забезпечення максимальної порівнянності результатів зйомка проводилась протягом наступного дня після тахеометричних робіт, коли конфігурація складу залишалась практично незмінною. Планування польотного маршруту здійснювалось за допомогою програмного комплексу DroneDeploy Aerial з використанням двотижневого пробного періоду, що дозволило скористатись усіма функціональними можливостями платформи без додаткових витрат.

Параметри аерофотозйомки були обрані з урахуванням необхідності отримання високоякісних результатів для коректного порівняння з тахеометричними даними. Висота зйомки була встановлена на рівні 40 метрів над поверхнею складу, що забезпечувало оптимальне співвідношення між детальністю знімків та площею покриття. Перекриття між суміжними знімками становило 75% як у поздовжньому, так і в поперечному напрямках, що є стандартною практикою для високоточної фотограмметричної обробки та гарантує надійне визначення зв'язних точок між знімками.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

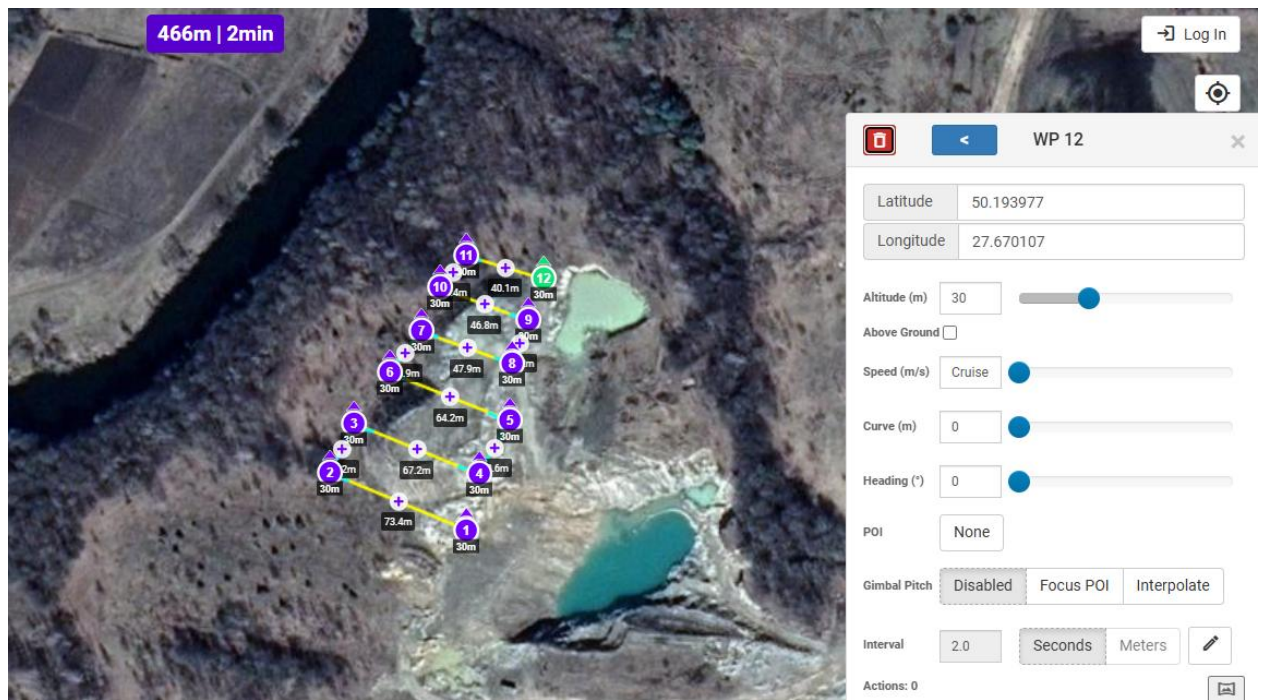


Рис. 4.2. Схема побудови маршруту польоту

Результатом планування маршруту та виконання польоту стала серія з 80 аерофотознімків високої роздільної здатності, що повністю покривали досліджуваний склад з необхідним перекриттям. Камера DJI Air 2 з роздільною здатністю 48 мегапікселів забезпечила достатню деталізацію для точного визначення контурів та рельєфу складу. Польотний час склав близько 5 хвилин, включаючи час на зліт, виконання запланованого маршруту та посадку апарата.

Особливістю даного етапу дослідження було використання станцій тахеометричної зйомки як опорних точок для фотограмметричної обробки. Це рішення було обрано з кількох причин: по-перше, координати цих точок були визначені з високою точністю під час попереднього етапу досліджень, по-друге, їх розташування забезпечувало оптимальну геометрію для фотограмметричної прив'язки, а по-третє, використання однакових опорних точок гарантувало єдність координатної основи для обох методів зйомки. Чотири станції SET 500 SOKKIA, розташовані навколо складу, створювали надійну основу для геопросторової прив'язки аерофотознімків.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Обробка отриманих аерофотоматеріалів виконувалась автоматично в хмарному сервісі DroneDeploy, що значно спростило процес та скоротило час на отримання результатів. Хмарна обробка включала автоматичне розпізнавання зв'язних точок між знімками, побудову фотограмметричної моделі, створення ортофотоплану та цифрової моделі рельєфу. Використання координат опорних точок від тахеометричної зйомки дозволило забезпечити високу точність геопросторової прив'язки отриманих матеріалів у системі координат СК-63 зона 3.

#### 4.6.4. Визначення об'єму складу в DroneDeploy

Для підрахунку об'єму насипу в програмному комплексі DroneDeploy використовувались вбудовані інструменти об'ємних вимірювань, що базуються на цифровій моделі рельєфу, отриманій в результаті фотограмметричної обробки. Процес визначення об'єму складався з кількох послідовних етапів, кожен з яких мав критичне значення для точності кінцевого результату.

Спочатку на ортофотоплані складу було необхідно визначити межі об'єкта вимірювання. В інтерфейсі DroneDeploy це здійснювалось за допомогою інструменту "Volume Tool", який дозволяє створювати полігональні контури довільної форми. Контур складу окреслювався шляхом послідовного встановлення вершин полігона по периметру підосви насипу, слідуючи чітко вираженій межі між складом та природною поверхнею землі. Точність визначення контуру була критично важливою, оскільки навіть незначні відхилення могли суттєво вплинути на розрахований об'єм.

Наступним кроком стало визначення базової поверхні для обчислення об'єму. DroneDeploy пропонує кілька варіантів базової поверхні: найнижча точка в межах контуру, середня висота периметра, або задана користувачем висотна відмітка. Для забезпечення коректного порівняння з результатами тахеометричної зйомки була обрана опція "Average Perimeter Elevation", яка автоматично розраховує середню висоту точок по периметру визначеного

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

контур. Така методика найбільш точно відтворює природну поверхню землі під складом, що відповідає принципам тахеометричних вимірювань.



Рис.4.3. Хмара точок поверхні складу

Після визначення контуру та базової поверхні система автоматично виконувала обчислення об'єму методом числового інтегрування. Алгоритм DroneDeploy використовує цифрову модель рельєфу з високою роздільністю для створення тривимірної сітки, де кожна комірка має відому площу та висоту відносно базової поверхні. Об'єм кожної комірки розраховується як добуток її площі на висоту, а загальний об'єм складу визначається як сума об'ємів всіх комірок в межах заданого контуру.

Програма також надавала додаткові метричні дані, включаючи площу основи складу, максимальну та середню висоту насипу, а також статистичні показники розподілу висот. Ці параметри були важливими для комплексного аналізу геометричних характеристик складу та перевірки правдоподібності отриманих результатів. Зокрема, площа основи складу згідно з DroneDeploy

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

склала 347.2 м<sup>2</sup>, що добре корелювало з попередніми оцінками на етапі рекогносцировки.

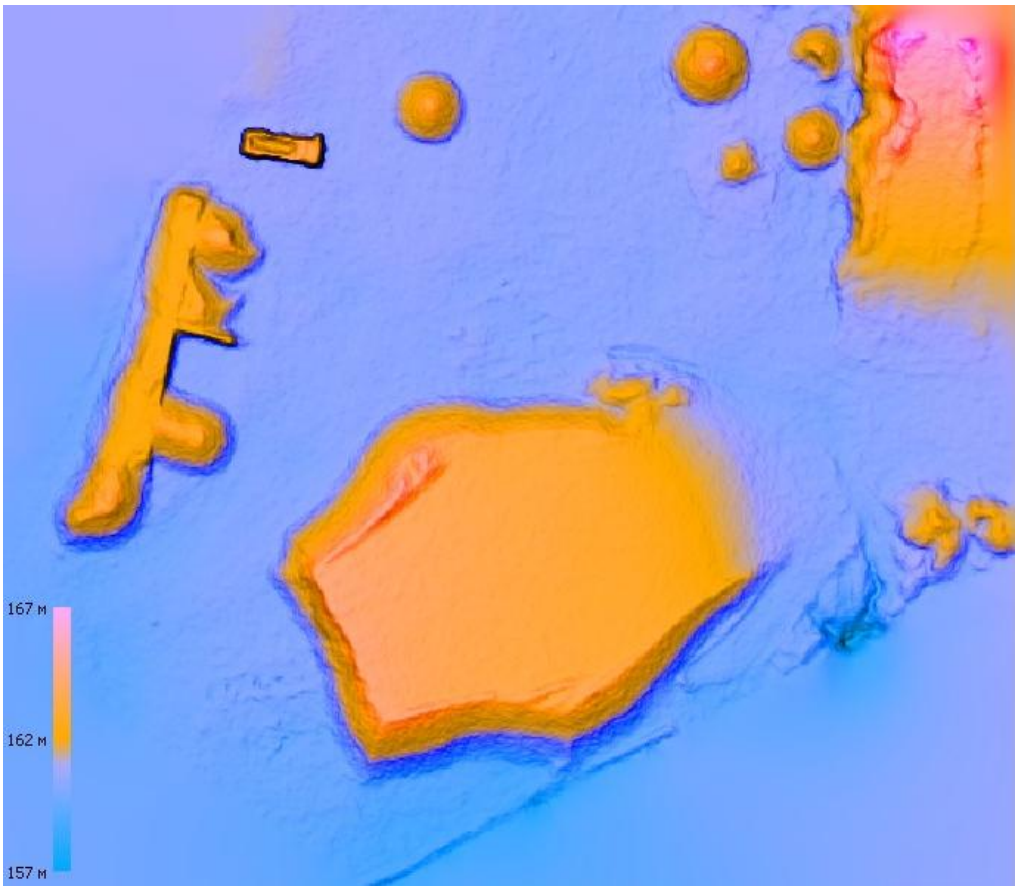


Рис. 4.4. Цифрова модель рельєфу складу

Особливу увагу було приділено контролю якості цифрової моделі рельєфу в зонах різких перепадів висот, де точність фотограмметричних вимірювань може знижуватись. DroneDeploy надає можливість візуального контролю якості через інтерактивні 3D-моделі та профілі рельєфу, що дозволило виявити та проаналізувати потенційні проблемні ділянки. В цілому якість цифрової моделі була визнана задовільною для цілей дослідження, з незначними артефактами лише в найбільш крутих частинах схилів складу.

Результатом обчислень в DroneDeploy став об'єм складу, виражений у кубічних метрах, разом з оцінкою точності та довірчими інтервалами. Система також генерувала детальний звіт з візуалізацією результатів, включаючи кольорові карти висот, поперечні профілі та тривимірні моделі складу.

За результатами автоматичних обчислень в хмарному сервісі DroneDeploy було отримано наступні параметри складу: площа над рівнем базової поверхні склала 6249.06 м<sup>2</sup>, площа під рівнем базової поверхні - 13.3649 м<sup>2</sup>, що вказує на незначні заглиблення в окремих частинах основи складу. Загальний об'єм складу було визначено як 6235.10 м<sup>3</sup>. Ці результати були автоматично розраховані на основі цифрової моделі рельєфу, створеної методом фотограмметричної обробки 80 аерофотознімків з використанням алгоритмів комп'ютерного зору та структури з руху (Structure from Motion).

Базова поверхня для розрахунків в DroneDeploy формувалась автоматично шляхом інтерполяції висотних відміток по периметру заданого контуру складу. Використання опції "Average Perimeter Elevation" забезпечило створення реалістичної моделі природної поверхні землі під насипом, що є критично важливим для точності об'ємних розрахунків. Система враховувала мікрорельєф території та локальні нерівності поверхні, що позитивно вплинуло на достовірність отриманих результатів.

Цифрова модель рельєфу, створена в DroneDeploy, мала просторову роздільність близько 2 см на піксель, що значно перевищує детальність традиційних тахеометричних зйомок з точки зору суцільності покриття поверхні. Кожен квадратний сантиметр поверхні складу мав відповідне значення висоти, що дозволило виконати надзвичайно детальні об'ємні розрахунки з врахуванням всіх особливостей мікрорельєфу насипу.

Точність автоматичних обчислень в DroneDeploy контролювалась через аналіз якості фотограмметричної моделі та статистичних параметрів обробки. Система надавала інформацію про кількість зв'язних точок між знімками, середню квадратичну похибку фотограмметричної зрівнювання та показники якості цифрової моделі рельєфу. Високе перекриття знімків (75%) та використання точних координат опорних точок від тахеометричної зйомки забезпечили надійність геопросторової прив'язки та точність висотних визначень.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

#### 4.6.5 Визначення об'єму складу в AUTOCAD CIVIL 3D

Визначення об'єму складу кварц-польовошпатової продукції в програмному комплексі AutoCAD Civil 3D здійснювалось на основі результатів тахеометричної зйомки з використанням методу порівняння поверхонь. Основною особливістю застосованої методики було використання двох категорій точок: точки верху складу та точки низу (підшви) складу, що дозволило створити максимально точну модель геометрії насипу для подальших об'ємних розрахунків.

Вихідні дані для моделювання складались з 90 точок тахеометричної зйомки, серед яких 4 точки були станціями стояння тахеометра та використовувались виключно для координатної прив'язки зйомки. Решта 86 точок розподілялись між двома основними категоріями: точки верху складу (код ВС), що фіксували найвищі відмітки та контури верхньої частини насипу, та точки низу складу (код ПС), що визначали підшву насипу на рівні природної поверхні землі. Такий розподіл точок забезпечував оптимальне співвідношення між детальністю моделювання та ефективністю польових робіт.

##### Створення цифрових моделей поверхонь

Процес визначення об'єму в AutoCAD Civil 3D розпочинався зі створення двох окремих цифрових моделей поверхонь: поверхні верху складу та базової поверхні (природного рельєфу). Поверхня верху складу створювалась на основі точок верху та частини точок підшви, що забезпечувало правильне моделювання переходу від насипу до природної поверхні по периметру складу. Базова поверхня формувалась виключно з точок підшви складу та додаткових точок природного рельєфу навколо складу.

Для створення поверхонь використовувався метод тріангуляції Делоне, що забезпечує оптимальну інтерполяцію між точками та створення реалістичної моделі рельєфу. Особлива увага приділялась контролю якості

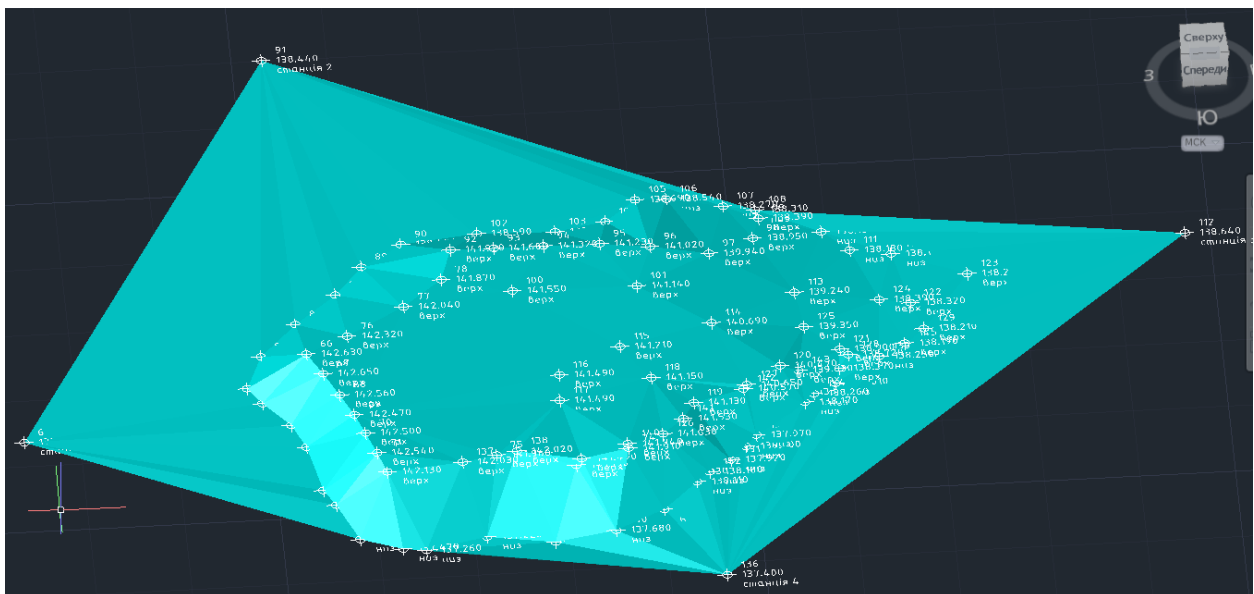
|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

триангуляційної мережі та усуненню можливих артефактів моделювання, особливо в зонах різких перепадів висот між верхом складу та його підшовою. Кольорове картування поверхонь дозволяло візуально контролювати правильність створених моделей та виявляти потенційні проблемні ділянки.

#### Розрахунок об'ємних характеристик

Після створення цифрових моделей поверхонь виконувався розрахунок об'єму методом порівняння поверхонь. AutoCAD Civil 3D автоматично порівнювала поверхню верху складу з базовою поверхнею в межах заданого контуру та розраховувала об'ємні характеристики. За результатами розрахунків було визначено загальний об'єм складу  $5827.89 \text{ м}^3$  при площі основи  $2535 \text{ м}^2$ , що відповідало фактичним геометричним параметрам досліджуваного об'єкта.

Площа основи складу  $2535 \text{ м}^2$  визначалась по контуру, окресленому точками підшови складу, та відображала фактичну площу, яку займав насип на природній поверхні землі. Це значення було критично важливим для верифікації результатів об'ємних розрахунків та порівняння з даними, отриманими альтернативними методами зйомки. Середня висота складу, розрахована як відношення об'єму до площі основи, склала приблизно 2.3 метра, що корелювало з візуальними спостереженнями під час польових робіт.



#### 4.6.6. Порівняння результатів зйомки та визначення ефективності

##### *Загальна оцінка результатів дослідження*

Проведене комплексне дослідження ефективності різних методів маркшейдерського обліку видобування кварц-польовошпатової руди на базі ДП "Шпат" дозволило отримати всебічну характеристику переваг та обмежень як традиційних тахеометричних технологій, так і сучасних БПЛА-методів. Результати експериментальних досліджень продемонстрували, що обидва підходи мають свої специфічні області застосування та можуть ефективно доповнювати один одного в рамках інтегрованої системи маркшейдерського обліку.

Основним досягненням дослідження стало отримання кількісних даних про точність, продуктивність та економічну ефективність кожного з методів в реальних виробничих умовах. Це дозволило перейти від теоретичних припущень до обґрунтованих практичних рекомендацій, базованих на конкретних експериментальних даних. Важливо відзначити, що всі експерименти проводились на одному і тому ж об'єкті в максимально близьких часових рамках, що забезпечило високу достовірність порівняльного аналізу.

Результати дослідження показали, що різниця в об'ємних показниках між методами становить 7%, що знаходиться в межах допустимих розбіжностей згідно з діючими маркшейдерськими інструкціями. Для складів об'ємом до 20 тисяч кубічних метрів допустима відносна різниця контрольних визначень може сягати 12%, що підтверджує достовірність результатів обох методів та можливість їх практичного застосування для маркшейдерського обліку складських запасів.

##### *Аналіз точності та надійності результатів*

Детальний аналіз точності показав фундаментальні відмінності в принципах забезпечення точності між досліджуваними методами. Тахеометрична зйомка SET 500 SOKKIA забезпечує високу точність точкових

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

вимірювань з середньою квадратичною похибкою  $\pm(2 \text{ мм} + 2 \text{ ppm})$  для відстаней та 5" для кутових вимірювань. Ця точність є гарантованою заводом-виробником та підтверджується регулярними метрологічними перевітками приладу, що забезпечує стабільність результатів протягом тривалого періоду експлуатації.

Загальна точність визначення об'єму при тахеометричній зйомці залежить від кількості та розподілу знятих точок, а також від якості інтерполяції між ними. В рамках проведеного дослідження використання 86 робочих точок забезпечило достатню деталізацію для створення надійної цифрової моделі рельєфу складу. Однак слід враховувати, що дискретний характер зйомки може призводити до втрати інформації про проміжні ділянки поверхні, особливо в зонах складної морфології.

БПЛА-зйомка з використанням DJI Air 2 демонструє іншу структуру точності. Кожен піксель цифрової моделі рельєфу має похибку близько 2-3 см у плані та 3-5 см по висоті, що дещо поступається точності тахеометричних вимірювань. Однак суцільне покриття поверхні з роздільністю 2 см на піксель компенсує нижчу точність окремих точок завдяки статистичному усередненню великої кількості вимірювань.

Фотограмметрична обробка 80 знімків з перекриттям 75% створює значну надлишковість інформації, що підвищує надійність кінцевих результатів. Кожна точка поверхні фіксується на кількох знімках, що дозволяє виявляти та виправляти можливі похибки окремих вимірювань. Використання опорних точок від тахеометричної зйомки забезпечило високу точність геопросторової прив'язки та мінімізувало систематичні похибки фотограмметричної моделі.

Принципова відмінність між методами полягає також в характері контролю якості. Тахеометрична зйомка дозволяє безпосередню перевірку кожного виміру через повторні вимірювання та контрольні засічки, що забезпечує високу надійність отриманих даних. Оператор має повний

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

контроль над процесом зйомки та може оперативно реагувати на зміни умов або виявлені проблеми.

БПЛА-зйомка використовує автоматичний контроль якості фотограмметричної моделі через аналіз залишкових похибок та статистичні показники зрівнення. Хоча цей підхід не дозволяє безпосередньої перевірки окремих точок поверхні, він забезпечує загальну оцінку надійності створеної моделі та виявлення систематичних похибок.

#### *Продуктивність та ефективність використання ресурсів*

Порівняння продуктивності двох методів виявило кардинальні відмінності в організації робочого процесу та використанні часових ресурсів. Тахеометрична зйомка потребувала 1 години 42 хвилин чистого часу на знімання 86 точок з чотирьох станцій, включаючи час на переходи між станціями. Це відповідає продуктивності приблизно 50 точок на годину, що є типовим показником для робіт такого типу при використанні сучасного електронного тахеометра.

Детальний аналіз структури робочого часу показав, що на безпосереднє знімання точок витрачалось 57 хвилин (40 секунд на точку), а на переходи між станціями - 45 хвилин (15 хвилин на кожен з трьох переходів). Така структура часових витрат є характерною для тахеометричних робіт і демонструє, що значна частина робочого часу витрачається на допоміжні операції, а не на безпосереднє отримання просторової інформації.

БПЛА-зйомка продемонструвала революційно іншу структуру використання часу. Безпосереднє виконання польоту займало лише 15 хвилин, включаючи зліт, виконання маршруту довжиною 486 метрів та посадку апарата. За цей короткий час було отримано 80 високоякісних аерофотознімків, що забезпечили повне суцільне покриття поверхні складу.

Така надзвичайно висока продуктивність БПЛА-технологій робить їх особливо привабливими для регулярного моніторингу великої кількості об'єктів або оперативного отримання актуальної інформації про стан

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

складських запасів. Можливість швидкого реагування на зміни виробничих планів або потреби в екстреній інвентаризації складів є важливою перевагою для оперативного управління виробництвом.

Час камеральної обробки також суттєво відрізняється між методами. Обробка тахеометричних даних в AutoCAD Civil 3D потребує участі кваліфікованого спеціаліста та займає кілька годин ручної роботи. Процес включає імпортування даних, створення поверхонь, перевірку якості моделі, виконання об'ємних розрахунків та підготовку звітної документації. Кожен етап потребує професійного контролю та можливого втручання оператора.

Автоматична обробка в DroneDeploy займає близько 3 годин, але виконується без участі оператора в хмарному сервісі. Після завантаження знімків та введення координат опорних точок весь процес фотограмметричної реконструкції, створення ортофотоплану та цифрової моделі рельєфу відбувається автоматично. Це дозволяє персоналу зосередитись на інших завданнях, поки триває обробка даних.

#### *Економічна ефективність та вартісні характеристики*

Економічний аналіз ефективності методів показав складну картину розподілу витрат між різними компонентами системи маркшейдерського обліку. Капітальні витрати на придбання обладнання демонструють помірну перевагу БПЛА-технологій: вартість DJI Air 2 становить \$1100 порівняно з \$2100 для SET 500 SOKKIA. Різниця в \$1000 (-48%) може бути суттєвою для підприємств з обмеженими інвестиційними можливостями.

Однак аналіз вартості програмного забезпечення виявив протилежну тенденцію. Річна ліцензія AutoCAD Civil 3D коштує \$3000, тоді як офіційна підписка DroneDeploy становить \$349 на місяць, що еквівалентно \$4188 на рік. Переплата за програмне забезпечення БПЛА складає \$1188 на рік (+40%), що може нівелювати економію на обладнанні вже після першого року експлуатації.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Операційні витрати також суттєво відрізняються між методами. Тахеометрична зйомка потребує залучення кваліфікованого маркшейдера з відповідною освітою та досвідом роботи, що відображається на вартості робочого часу. Середня зарплата досвідченого маркшейдера в Україні становить значно більше, ніж оператора БПЛА з базовою підготовкою.

БПЛА-зйомка може виконуватись техніком після відносно короткого навчання та отримання сертифіката пілота безпілотного повітряного судна. Це знижує вимоги до кваліфікації персоналу та відповідно зменшує витрати на оплату праці. Однак слід враховувати необхідність періодичного підвищення кваліфікації та підтримання актуальності дозволів.

Додаткові операційні витрати включають обслуговування обладнання, заміну расхідних матеріалів та страхування. Тахеометр потребує регулярної метрологічної перевірки та калібрування, але є надзвичайно надійним та довговічним обладнанням. БПЛА має більше рухомих частин та електронних компонентів, що підвищує ймовірність несправностей, але загальна вартість обслуговування залишається помірною.

Важливим економічним фактором є також швидкість окупності інвестицій. Висока продуктивність БПЛА-технологій дозволяє виконувати більшу кількість зйомок за той же період часу, що може призвести до швидшої окупності початкових інвестицій, незважаючи на вищі річні витрати на програмне забезпечення.

#### *Експлуатаційні характеристики та обмеження*

Аналіз експлуатаційних характеристик виявив принципові відмінності в умовах застосування та обмеженнях кожного методу. Тахеометрична зйомка демонструє високу універсальність та незалежність від зовнішніх факторів. Роботи можуть виконуватись практично в будь-яких погодних умовах, включаючи періоди з поганою видимістю, дощем або сильним вітром. Це робить метод надзвичайно надійним для планування виробничих процесів.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Відсутність обмежень повітряного простору дозволяє використовувати тахеометричний метод на будь-яких об'єктах без необхідності отримання додаткових дозволів або узгоджень. Це особливо важливо для підприємств, розташованих поблизу аеропортів або в зонах з обмеженням польотів.

Можливість виконання контрольних вимірювань та перевірки якості результатів безпосередньо в полі підвищує надійність отриманих даних та дозволяє оперативно виявляти та усувати можливі похибки. Досвідчений оператор може адаптувати методику зйомки до конкретних умов об'єкта та вимог замовника.

БПЛА-зйомка має більше експлуатаційних обмежень, але водночас пропонує унікальні можливості. Залежність від погодних умов є основним обмежуючим фактором: сильний вітер (понад 10 м/с), опади або погана видимість унеможливають виконання якісної зйомки. Це може створювати проблеми при плануванні робіт та виконанні термінових завдань.

Необхідність отримання дозволів на польоти в контрольованому повітряному просторі може ускладнювати застосування методу на деяких промислових об'єктах. Процедури отримання дозволів часто є тривалими та можуть потребувати додаткової координації з авіаційними службами.

Однак БПЛА-зйомка забезпечує унікальну можливість отримання суцільної інформації про поверхню об'єкта, включаючи деталі, недоступні для наземних вимірювань. Безпека виконання робіт є важливою перевагою, особливо для високих або нестійких складів, де традиційна зйомка може бути небезпечною для персоналу.

#### Якісні характеристики отриманих результатів

Аналіз якісних характеристик результатів виявив різні підходи до забезпечення повноти та деталізації просторової інформації. Тахеометрична зйомка забезпечує високу точність дискретних точок, але може втрачати інформацію про проміжні ділянки поверхні. Якість кінцевого результату

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

значною мірою залежить від досвіду оператора та правильності вибору точок зйомки.

Створена на основі тахеометричних даних цифрова модель рельєфу має детерміновану структуру, де кожна точка має відому точність та достовірність. Це дозволяє проводити точний аналіз похибок та оцінювати надійність результатів в кожній точці моделі.

БПЛА-зйомка створює принципово іншу структуру даних - суцільну модель поверхні з однорідною роздільністю по всій площі об'єкта. Це дозволяє виявляти деталі мікрорельєфу та локальні особливості, які неможливо зафіксувати при дискретній зйомці. Статистична природа фотограмметричних вимірювань забезпечує згладжування випадкових похибок та підвищує загальну надійність моделі.

Додатковою перевагою БПЛА-зйомки є можливість отримання не тільки геометричних, але й візуальних даних у вигляді ортофотопланів. Це розширює можливості аналізу та документування стану об'єктів, дозволяє виявляти якісні зміни в структурі або стані поверхні складу.

#### Перспективи розвитку та впровадження

Проведене дослідження показало високий потенціал як традиційних, так і інноваційних методів маркшейдерського обліку. Подальший розвиток технологій обіцяє ще більше розширення можливостей та зниження обмежень кожного підходу. Удосконалення БПЛА-технологій, включаючи підвищення точності позиціонування, збільшення автономності та поліпшення алгоритмів обробки, зробить їх ще більш привабливими для маркшейдерських застосувань.

Розвиток штучного інтелекту та машинного навчання відкриває нові можливості для автоматизації процесів аналізу та інтерпретації результатів зйомки. Це може суттєво знизити вимоги до кваліфікації персоналу та підвищити ефективність використання обох типів технологій.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Результати дослідження створили надійну основу для розробки практичних рекомендацій щодо оптимального вибору методів маркшейдерського обліку залежно від конкретних умов та вимог підприємства. Це сприятиме підвищенню ефективності маркшейдерського забезпечення та конкурентоспроможності українських підприємств кварц-польовошпатової галузі.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.04.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Аналіз умов праці та опис технологічного процесу

Охорона праці та захист навколишнього природного середовища є невід'ємною складовою стратегії безпечного та сталого функціонування гірничого підприємства. Під час розробки родовища особлива увага приділяється дотриманню нормативних вимог у сфері безпеки праці, охорони здоров'я працівників, а також збереження екологічної рівноваги у межах впливу виробничої діяльності. Запровадження комплексу організаційних, технічних та природоохоронних заходів забезпечує мінімізацію виробничих ризиків, підвищує ефективність управління екологічними аспектами та сприяє гармонійному поєднанню виробничих цілей з принципами сталого розвитку.

Усі виробничі процеси, пов'язані з відкритою розробкою родовища, мають виконуватись згідно з вимогами чинного законодавства, зокрема «Правил безпеки при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом» (ред. 1994 р.) та «Правил технічної експлуатації підприємств, що здійснюють відкриті гірничі роботи».

З метою забезпечення безпечних умов праці та охорони життя працівників передбачено реалізацію таких заходів:

- Медичні огляди. Усі працівники перед влаштуванням на роботу проходять обов'язковий медичний огляд. Працівники, які залучаються до відкритих гірничих робіт, повинні періодично проходити медичні обстеження.

- Професійне навчання та інструктаж. До початку роботи працівники зобов'язані пройти навчання з техніки безпеки тривалістю не менше 3 днів. Повторні інструктажі проводяться не рідше одного разу на квартал. Кожному працівнику під підпис надається інструкція з безпечного ведення робіт відповідно до професії.

|           |      |                 |        |      |                                                                                    |      |         |   |
|-----------|------|-----------------|--------|------|------------------------------------------------------------------------------------|------|---------|---|
|           |      |                 |        |      | КМ.ДР25.23.05.ПЗ                                                                   |      |         |   |
| Змн.      | Арк. | № докум.        | Підпис | Дата | <b>РОЗДІЛ 5</b><br><br>«Житомирська політехніка»,<br>184 «Гірництво»,<br>гр.ГГ-29с |      |         |   |
| Студент   |      | Ладжигун А.О.   |        |      |                                                                                    |      |         |   |
| Керівник  |      | Панасюк А.В.    |        |      |                                                                                    |      |         |   |
| К.розділу |      | Панасюк А.В.    |        |      |                                                                                    |      |         |   |
| Н. Контр. |      | Криворучко А.О. |        |      |                                                                                    |      |         |   |
| Зав. Каф. |      | Шлапак В.О.     |        |      |                                                                                    |      |         |   |
|           |      |                 |        |      | Літ.                                                                               | Арк. | Аркушів |   |
|           |      |                 |        |      |                                                                                    |      | 1       | 6 |

- Кваліфікаційні вимоги. Особи, відповідальні за технічне керівництво гірничими роботами, повинні мати вищу або спеціальну середню освіту за відповідним фахом. Оператори машин і механізмів допускаються до роботи з 18 років, після проходження спеціального навчання та отримання посвідчення.

- Пожежна та санітарна безпека. Усі приміщення повинні відповідати вимогам ОНТП 24-86 та ГОСТ 12.2.004. Працівники проходять інструктаж із пожежної безпеки. Відповідальні особи зобов'язані контролювати стан вогнегасників і вчасно вживати протипожежних заходів.

- Влітку довкола ділянки створюються захисні протипожежні смуги шириною не менше 4 м.

- Попереджувальні заходи. На робочих місцях розміщуються наочні матеріали з безпеки. Заборонено перебування людей у небезпечних зонах без відповідного захисту.

- Поточний контроль. Майстри зобов'язані щоденно проводити огляд ділянки перед початком зміни. Небезпечні місця мають бути огорожені, а ситуація на кар'єрі постійно контролюється службою охорони праці.

Усі інші роботи, не описані в цьому розділі, повинні проводитися у повній відповідності до чинних галузевих нормативів з охорони праці, з урахуванням змін і доповнень, що можуть бути впроваджені протягом експлуатації підприємства.

- Вимоги до техніки. Устаткування має відповідати стандартам безпеки (ГОСТ 12.2.003), бути у справному стані, обладнане справними сигналізаціями, гальмами, огорожами, вогнегасниками та контрольно-вимірювальними приладами.

- Правила роботи з технікою. Перед запуском машин слід подавати звукові сигнали. Керування бульдозером здійснюється згідно з регламентом, включаючи вимоги щодо укосів (не більше 30° на спуск і 25° на підйом), безпечного паркування та обслуговування. Ремонт і заправка техніки

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.05.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

здійснюється лише на горизонтальних площадках з дотриманням усіх вимог безпеки.

- Експлуатація екскаваторів. Переміщення та робота екскаватора регламентуються правилами: ківш повинен бути порожнім, розміщення кабіни має бути з протилежного боку забою. Заборонено перебування працівників у зоні дії ковша.

- Рух транспорту. Рух автосамоскидів регламентується дорожніми знаками, обгін заборонено. Дороги повинні бути рівними, очищеними, поливатися водою з пілозв'язуючими речовинами. Влаштовується земляний вал з боку укосу.

- Параметри гірничих виробок. Висота уступів, кути укосів, ширина площадок і проїздів мають відповідати проектним даним. При виявленні ризику обвалення роботи слід негайно припинити.

- Буровибухові роботи. Усі вибухові роботи виконуються згідно з «Єдиними правилами безпеки при вибухових роботах». Роботи проводяться у світлий час доби з дотриманням погодженого графіка. Вибухонебезпечна зона – 250 м.

## **5.2. Екологічна оцінка впливу розробки родовища на навколишнє природне середовище**

Відповідно до вимог чинного природоохоронного законодавства України, під час експлуатації родовища «Вільха» має бути забезпечене дотримання екологічної безпеки для населення, раціональне використання природних ресурсів та недопущення перевищення встановлених нормативів впливу на довкілля. Основною метою є мінімізація техногенного навантаження та збереження природної рівноваги регіону.

У процесі розробки родовища передбачаються заходи, які виключають нецільове використання території гірничого відводу, зокрема заборона будівництва об'єктів, не пов'язаних із функціонуванням підприємства. Заплановано раціональне використання розкривних порід та промислових відходів із належним їх розміщенням, з дотриманням санітарно-гігієнічних та

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КМ.ДР25.23.05.ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

технічних вимог.

Аналіз природно-гідрогеологічної ситуації показує, що осадові породи у межах ділянки практично безводні, а водонасичення кристалічних порід – незначне. Очікувані водопритливи в межах кар'єру сформовані переважно за рахунок атмосферних опадів і частково – підземного стоку. За результатами гідрологічних розрахунків, водопритоки у кар'єри при завершенні гірничих робіт становитимуть: для Північного – 115 м<sup>3</sup>/добу, Південного – 82 м<sup>3</sup>/добу, Східного – 102 м<sup>3</sup>/добу.

Для мінімізації екологічного впливу передбачається впровадження комплексу природоохоронних заходів:

- Контроль пиловиділення. У літній період для зменшення запилення планується регулярне зрошення автодоріг спеціальними поливальними машинами, а також очищення дорожнього полотна від пилу та бруду.
- Скорочення викидів техніки. Гірничотранспортне обладнання, що працює на двигунах внутрішнього згорання, повинно бути оснащено системами нейтралізації вихлопних газів.
- Очищення кар'єрних вод. Для недопущення потрапляння забруднень у природне середовище передбачається установка поплавкових пристроїв у зумпфах, які спрямовують забруднену воду до спеціальних колодязів-нафтовловлювачів. Відокремлені нафтопродукти акумулюються у відповідній тарі, а очищена вода скидається у ставки-відстійники та лише після осадження відводиться в місцеву гідрографічну мережу.
- Збереження родючості ґрунтів. У межах розкривних робіт буде проводитись селективне зняття ґрунтово-рослинного шару з подальшим складуванням у бурти. Цей шар зберігатиметься для подальшого використання у рекультиваційних заходах.
- Відновлення земель. Після завершення видобутку передбачено проведення гірничотехнічної рекультивації кар'єру: виположення укосів, планування поверхонь, створення водойм у вироблених порожнинах.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.05.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Подальша біологічна рекультивація буде виконуватись місцевими лісогосподарськими підприємствами шляхом відновлення природної рослинності. У випадку, коли повне відновлення неможливе, підприємство компенсує втрати через відповідні механізми екологічного та земельного відшкодування.

Загалом, система охорони довкілля, що впроваджується на підприємстві, спрямована на зниження антропогенного навантаження, збереження цінних природних ресурсів і забезпечення сталого розвитку гірничого виробництва з урахуванням екологічних пріоритетів.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.05.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

## РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

Розрахунок техніко-економічних показників у межах проекту розробки ділянки «Вільха» родовища «Гірне» виконано з урахуванням цілого комплексу достовірних і обґрунтованих джерел. Це дозволяє забезпечити відповідність результатів дійсним умовам реалізації гірничого підприємства, а також гарантує повноту та об'єктивність прийнятих рішень. У процесі роботи використано такі основні інформаційно-аналітичні джерела:

### 1. Проектно-технологічні рішення, закладені в ТЕО

Усі ключові параметри та рішення з організації гірничовидобувного процесу, режимів роботи кар'єру, використання техніки, схеми транспортування, переробки і рекультивації прийняті відповідно до проектної частини техніко-економічного обґрунтування. Вони базуються на практичних розрахунках, інженерних вишукуваннях і відповідають вимогам чинного нормативного регулювання.

### 2. Гірничо-геологічна характеристика родовища

Техніко-економічні розрахунки спираються на фактичні дані щодо структури геологічного розрізу, кількісних і якісних характеристик корисної копалини, потужностей покладів, фізико-механічних властивостей порід, умов залягання, наявності водоносних горизонтів тощо. Такі параметри є визначальними для встановлення обсягів видобутку, розміру капіталовкладень та експлуатаційних витрат.

### 3. Фактичні показники функціонування підприємства

Враховано дані щодо матеріально-технічної бази, виробничих потужностей, рівня використання обладнання. На етапі складання планів перших промислових серій, впровадження передових технологій, нових засобів організації виробництва та праці.

|           |      |                 |        |      |                                                                                    |      |        |   |
|-----------|------|-----------------|--------|------|------------------------------------------------------------------------------------|------|--------|---|
|           |      |                 |        |      | КМ.ДР25.23.06.ПЗ                                                                   |      |        |   |
| Змн.      | Арк. | № докум.        | Підпис | Дата | <b>РОЗДІЛ 6</b><br><br>«Житомирська політехніка»,<br>184 «Гірництво»,<br>зр.ГГ-29с |      |        |   |
| Студент   |      | Ладжигун А.О.   |        |      |                                                                                    |      |        |   |
| Керівник  |      | Панасюк А.В.    |        |      |                                                                                    |      |        |   |
| К.розділу |      | Панасюк А.В.    |        |      |                                                                                    |      |        |   |
| Н. Контр. |      | Криворучко А.О. |        |      |                                                                                    |      |        |   |
| Зав. Каф. |      | Шлапак В.О.     |        |      |                                                                                    |      |        |   |
|           |      |                 |        |      | Літ.                                                                               | Арк. | Аркуші |   |
|           |      |                 |        |      |                                                                                    |      | 1      | 4 |

По-друге, після визначення аналога для нової технології проводиться порівняльний аналіз техніко-економічних показників базової та нової технології, таких як: В. Продуктивність, потужність вибуху, вихід сировини після вибуху та ін. такого аналізу полягає в визначенні технологічних переваг нової технології.

По-третє, прямий економічний аналіз передбачає визначення витрат, пов'язаних зі створенням нових та базових технологій (капітальних вкладень) та витрат в сфері використання нових та базових технологій в виробництві.

Для цього запропоновані варіанти необхідно піддати порівняльному аналізу щодо кількості рекламованих продуктів. У порівняльному вигляді за обсягом видобутої продукції необхідно визначити однакову виробничу програму за старим та новим варіантами технологічного процесу.

Після визначення капітальних вкладень та випуску готової продукції визначається річний економічний ефект, тобто загальна економія виробництва, яку підприємство досягає від впровадженої технології.

Отже, після сказаного, переходимо до визначення техніко-економічних показників.

#### 4. Нормативно-правова база та методичні документи

Усі розрахунки виконано з урахуванням чинного законодавства України, зокрема державних стандартів, будівельних і виробничих норм, методик розрахунку вартості та рентабельності, затверджених Міністерством розвитку громад, територій та інфраструктури України, Державною службою геології та надр, ДП «Держгеонадра», Мінекології тощо. Це забезпечує нормативну відповідність проекту і дає підстави для його практичного впровадження.

Розрахунок чисельності працівників та фонду оплати праці здійснено відповідно до нормативів чисельності персоналу для обслуговування прийнятого технологічного обладнання на відкритих гірничих роботах, визначених в ОНТП 18-85 (розділ 2.6.3). Крім того, враховано аналогічні показники, закладені в «Робочому проекті кар'єру дослідно-промислового видобування пегматитів родовища „Гірне”, ділянка „Вільха”» (ПП «СПЕКТР

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.06.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

НХЛ», 2011 р.). Рівень заробітної плати працівників прийнято згідно з фактичними умовами, що склалися на діючих кар'єрах аналогічного профілю станом на дату проєктування. Узагальнені дані щодо чисельності працівників та фонду оплати праці наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1.

### Фонд заробітної плати

| № п/п         | Професія, посада              | Явочний склад |           | Кількість змін за рік | Кількість відпрацьованих зм. рік | Чис-сть при 225 вихід за рік | Середньо місячна зарплата, грн. | Річний фонд зарплати, грн. |
|---------------|-------------------------------|---------------|-----------|-----------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
|               |                               | за зміну      | за добу   |                       |                                  |                              |                                 |                            |
| 1.            | Видобувні роботи              |               |           |                       |                                  |                              |                                 |                            |
| 1.1           | Машиніст екскаватора          |               | 1         | 260                   | 260                              |                              |                                 |                            |
| 1.2           | Машиніст бур.станка           |               | 1         | 260                   | 260                              |                              |                                 |                            |
| 1.3           | Машиніст бульдозера           |               | 1         | 260                   | 260                              |                              |                                 |                            |
| 1.4           | Водій автосамоскиду*          |               | 3         | 260                   | 780                              |                              |                                 |                            |
| 1.5           | Машиніст насос. установки     |               | 3         | 260                   | 780                              |                              |                                 |                            |
| 1.6           | Слюсар-ремонтник              |               | 2         | 260                   | 520                              |                              |                                 |                            |
| 1.7           | Водій поливочно-миючої машини |               | 1         | 260                   | 260                              |                              |                                 |                            |
| 1.8           | Водій паливозаправника        |               | 1         | 260                   | 260                              |                              |                                 |                            |
| Разом         |                               |               | 13        |                       | 3380                             | 11,56                        | 3400                            | 471467                     |
| 2.            | ІТП                           |               |           |                       |                                  |                              |                                 |                            |
| 2.1           | Начальник ділянки             |               | 1         | 260                   | 260                              |                              |                                 |                            |
| 2.2           | Головний інженер              |               | 1         | 260                   | 260                              |                              |                                 |                            |
| 2.3           | Електромеханік ділянки        |               | 1         | 260                   | 260                              |                              |                                 |                            |
| 2.4           | Інженер з ТБ і ОП             |               | 1         | 260                   | 260                              |                              |                                 |                            |
| 2.5           | Економіст                     |               | 1         | 260                   | 260                              |                              |                                 |                            |
| 2.6           | Гірничий майстер              |               | 1         | 260                   | 260                              |                              |                                 |                            |
| 2.7           | Головний геолог               |               | 1         | 260                   | 260                              |                              |                                 |                            |
| 2.8           | Головний маркшейдер           |               | 1         | 260                   | 260                              |                              |                                 |                            |
| Разом         |                               |               | 8         |                       | 2080                             | 9,24                         | 3000                            | 332800                     |
| <b>Всього</b> |                               |               | <b>21</b> |                       | <b>5460</b>                      |                              |                                 | <b>804267</b>              |

Розрахунок витрат на експлуатацію основного кар'єрного обладнання здійснено відповідно до чинних нормативних документів, зокрема ДБН Д.2.7-2000 «Ресурсні кошторисні норми експлуатації будівельних машин та

|      |      |          |        |      |                  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.06.ПЗ |  |  |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |  |  |  |      |

механізмів», а також на основі збірника офіційних документів і роз'яснень «Ціноутворення в будівництві», №3 Вартісні показники подано у гривнях, без урахування витрат на заробітну плату персоналу. Деталізовані значення витрат за видами обладнання наведені у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2.

## Витрати на експлуатацію основного обладнання

| №<br>п/п | Обладнання          | Вартість<br>маш-зміни, грн. |                 | Кількість<br>маш-змін<br>за рік | Річні витрати,<br>тис. грн. |                 |
|----------|---------------------|-----------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------|
|          |                     | всього                      | у т.ч.<br>аморт |                                 | всього                      | у т.ч.<br>аморт |
| 1.       | Екскаватор          | 3124,48                     | 173,36          | 64                              | 200,0                       | 11,1            |
| 2.       | Бульдозер           | 1356,72                     | 20,32           | 64                              | 86,8                        | 1,3             |
| 4.       | Бурова установка    | 1502,72                     | 122,40          | 92                              | 138,3                       | 11,3            |
| 5.       | Насосна станція     | 141,13                      | 1,20            | 260                             | 36,7                        | 0,3             |
| 6.       | Поливо-мийна машина | 828,58                      | 7,04            | 130                             | 107,7                       | 0,9             |
| 7.       | Паливозаправник     | 1013,74                     | 25,20           | 130                             | 131,8                       | 3,3             |
|          | <b>Всього</b>       |                             |                 |                                 | <b>701,3</b>                | <b>28,2</b>     |
|          | Невраховані 15%     |                             |                 |                                 | 105,2                       | 4,2             |
|          | <b>Разом:</b>       |                             |                 |                                 | <b>806,5</b>                | <b>32,4</b>     |

Розрахунок техніко-економічних показників у межах проєкту розробки ділянки «Вільха» родовища «Гірне» виконано з урахуванням комплексу достовірних джерел, що охоплюють проєктно-технологічні рішення, гірничо-геологічну характеристику, фактичні показники функціонування аналогічних підприємств, а також чинну нормативно-правову базу. Загальний фонд заробітної плати працівників у межах річного виробничого циклу становить 804 267 грн. Витрати на експлуатацію основного обладнання, включаючи амортизаційні нарахування та додаткові 15% неврахованих витрат, становлять 806 500 грн.

Таким чином, сумарні річні витрати на реалізацію проєкту становлять: 1 610 767 грн. Прогнозований дохід від реалізації продукції становить 1 500 000 грн на рік.

Наведені показники свідчать про початкову нерентабельність проєкту за поточного рівня витрат і обсягів доходу, що вимагає подальшого коригування економічних параметрів, підвищення ефективності виробництва або оптимізації ресурсного забезпечення.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.06.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

## ВИСНОВКИ

Випускна кваліфікаційна робота є завершеною науково-практичною розробкою, в якій комплексно досліджено питання ведення маркшейдерського обліку видобування кварц-польовошпатової руди в умовах ДП «Шпат». У роботі розглянуто всі аспекти маркшейдерського забезпечення гірничого виробництва – від геолого-економічної характеристики родовища до впровадження сучасних технологій обліку та контролю видобутку.

Проведено детальний аналіз геологічної будови родовища «Гірне». Розроблено раціональну систему відкритої розробки з використанням транспортної багатоуступної технології та сучасного гірничотransпортного обладнання.

Створено надійну планово-висотну геодезичну мережу в системі координат СК-63 та Балтійській системі висот, що забезпечує необхідну точність маркшейдерських робіт. Детально розроблено організацію маркшейдерської служби підприємства з визначенням функцій, технічного та програмного забезпечення.

Особливу увагу приділено практичному дослідженню ефективності різних методів маркшейдерського обліку. Проведено експериментальне порівняння традиційної тахеометричної зйомки з використанням SET 500 SOKKIA та інноваційної аерофотозйомки з БПЛА DJI Air 2. Результати показали:

Об'ємні розрахунки: тахеометричний метод дав результат 5827,89 м³, БПЛА-метод – 6235,10 м³, різниця становить 7%, що знаходиться в межах допустимих розбіжностей, продуктивність: БПЛА-зйомка виконується за 15 хвилин проти 1 год 42 хв тахеометричної зйомки.

|                  |             |                        |               |             |                                                             |             |                |
|------------------|-------------|------------------------|---------------|-------------|-------------------------------------------------------------|-------------|----------------|
|                  |             |                        |               |             | <i>КМ.ДР25.23.ВС.ПЗ</i>                                     |             |                |
|                  |             |                        |               |             |                                                             |             |                |
| <i>Змн.</i>      | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i>        | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | <i>Висновки</i>                                             |             |                |
| <i>Студент</i>   |             | <i>Ладжигун А.О.</i>   |               |             |                                                             |             |                |
| <i>Керівник</i>  |             | <i>Панасюк А.В.</i>    |               |             |                                                             |             |                |
| <i>К.розділу</i> |             | <i>Панасюк А.В.</i>    |               |             |                                                             |             |                |
| <i>Н. Контр.</i> |             | <i>Криворучко А.О.</i> |               |             |                                                             |             |                |
| <i>Зав. Каф.</i> |             | <i>Шлапак В.О.</i>     |               |             |                                                             |             |                |
|                  |             |                        |               |             | <i>Літ.</i>                                                 | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
|                  |             |                        |               |             |                                                             | 1           | 2              |
|                  |             |                        |               |             | «Житомирська політехніка»,<br>184 «Гірництво»,<br>гр.ГГ-29с |             |                |

Економічна ефективність: БПЛА-технології мають нижчі капітальні витрати на обладнання, але вищі операційні витрати на програмне забезпечення.

Розроблено практичні рекомендації щодо оптимального застосування кожного методу залежно від конкретних виробничих умов. Тахеометричний метод доцільно використовувати для високоточних вимірювань у складних погодних умовах, БПЛА-технології – для оперативного моніторингу великих площ та регулярної інвентаризації складів.

Комплексно розглянуто питання охорони праці та екологічної безпеки, розроблено заходи щодо мінімізації впливу на навколишнє середовище та рекультивації порушених земель. Економічне обґрунтування підтверджує ефективність та доцільність впровадження запропонованих технічних рішень.

Практичне значення роботи полягає в тому, що розроблені методики та рекомендації можуть бути впроваджені на ДП «Шпат» та аналогічних підприємствах неметалічних корисних копалин для підвищення ефективності маркшейдерського обліку. Створена методологія порівняльного аналізу різних технологій зйомки може використовуватись для оптимізації маркшейдерських служб підприємств гірничої галузі.

Результати дослідження сприяють модернізації маркшейдерського забезпечення українських гірничих підприємств шляхом поєднання традиційних та інноваційних технологій, що підвищує їх конкурентоспроможність та відповідає сучасним вимогам цифровізації виробництва.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.ВС.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бакка М. Т. Організація і планування маркшейдерських та гірничих робіт. – Житомир : РВВ ЖДТУ, 2006. – 356 с.
2. Мороз О. І., Тревого І. С., Шевченко Т. Г. Геодезичні прилади : навч. посіб. – Львів : Нац. ун-т «Львівська політехніка», 2005. – 264 с.
3. Бакка М. Т., Кириченко М. Т. Основи маркшейдерської справи : навч. посіб. – Житомир : РВВ ЖДТУ, 2005. – 124 с.
4. Бакка М. Т., Назаренко В. О. Маркшейдерське забезпечення відкритих гірничих робіт. – Житомир : ЖДТУ, 2006. – 196 с.
5. Дриженко А. Ю. Відкриті гірничі роботи. – Дніпропетровськ : НГУ, 2014. – 590 с.
6. Інструкція про типи центрів геодезичних пунктів. – Київ : ГУГКК.
7. Соболевський Р. В., Горелікова В. В., Ващук О. М. Проектування і аналіз точності маркшейдерських мереж : метод. вказівки. – Житомир : ЖДТУ, 2012. – 93 с.
8. Маркшейдерські роботи на вугільних шахтах та розрізах : інструкція / редкол. : М. Є. Капланець. – Офіц. вид. – Донецьк : ТОВ «АЛАН», 2001. – 264 с.
9. Дорожинський О. Цифрова фотограмметрія – сучасний стан та чинники її розвитку // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Львів, 2005. – С. 136–143.
10. Інструкція про типи центрів геодезичних пунктів. – Київ : ГУГКК.
11. Ващенко В., Літинський В., Перій С. Геодезичні прилади та приладдя : навч. посіб. – Львів : Євросвіт, 2003. – 160 с.
12. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02.98).

|             |             |                 |               |             |                                                             |             |                |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-------------------------------------------------------------|-------------|----------------|
|             |             |                 |               |             | <i>КМ.ДР25.23.СЛ.ПЗ</i>                                     |             |                |
|             |             |                 |               |             |                                                             |             |                |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | <b>Список літератури</b>                                    |             |                |
| Студент     |             | Ладжигун А.О.   |               |             |                                                             |             |                |
| Керівник    |             | Панасюк А.В.    |               |             |                                                             |             |                |
| К.розділу   |             | Панасюк А.В.    |               |             |                                                             |             |                |
| Н. Контр.   |             | Криворучко А.О. |               |             |                                                             |             |                |
| Зав. Каф.   |             | Шлапак В.О.     |               |             |                                                             |             |                |
|             |             |                 |               |             | <i>Літ.</i>                                                 | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
|             |             |                 |               |             |                                                             | 1           | 3              |
|             |             |                 |               |             | «Житомирська політехніка»,<br>184 «Гірництво»,<br>гр.ГГ-29с |             |                |

13. Інструкція про порядок контролю і приймання топографо-геодезичних та картографічних робіт (ГУГКК № 19 від 17.02.2002 р.).

14. Тревого І., Баландюк А. Сучасні тенденції розвитку та класифікації електронних тахеометрів // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2009. – Вип. 1(170). – С. 109–115.

15. Інструкція з обстеження та оновлення пунктів Державної геодезичної мережі України (ГУГКК № 23 від 29.02.2000 р.).

16. Галецький Л. С. Стратегія й проблеми реалізації природних ресурсів кольорового каменю України // Бюлетень першої міжнародної конференції «Коштовне і декоративне каміння». – 2001. – С. 53–54.

17. Правила охорони праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом / Затв. Держкомітетом України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 18.03.2010 № 61. – К., 2010. – 50 с.

18. Дерев'янко О. В. Аналіз якості та технологій видобування відкритим способом природного каменю з родовищ Житомирської області // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – 2008. – № 4(47). – С. 201–204.

19. Коробійчук В. В., Криворучко А. О., Подчашинський Ю. О., Ремезова О. О. Застосування інформаційно-комп'ютерних технологій для дослідження гірничо-екологічних особливостей родовищ рудних і нерудних корисних копалин // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – 2007. – № 1(40). – С. 186–196.

20. Дриженко А. Ю. Відкриті гірничі роботи : підручник / А. Ю. Дриженко ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпро : НГУ, 2014. – 590 с.

21. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02.98). Інструкція про порядок контролю і приймання топографо-геодезичних та картографічних робіт (ГУГКК № 19 від 17.02.2002 р.).

22. ДКЗ України. Вимоги до оцінки природної радіоактивності корисних копалин при проведенні геологорозвідувальних робіт на родовищах будівельної сировини : затв. наказом ДКЗ України від 15.12.1997 № 105.

23. Орлов О. О. Планування діяльності промислового підприємства :

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.СЛ.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

підручник. – К. : Скарби, 2002. – 336 с.

24. Бакка М. Т., Ремезова О. О. Основи геології. – Житомир : РВВ ЖДТУ, 2000. – 380 с.

25. Грабовий В. М. Геодезія : навч. посіб. – Житомир : ЖДТУ, 2004. – 455 с.

26. Білокриницький С. М. Фотограмметрія і дистанційне зондування Землі : навч. посіб. – Чернівці : Рута, 2007. – 320 с.

27. Планування гірничих робіт та маркшейдерський контроль оперативного обліку видобутку корисної копалини : навч. посіб. / упоряд. : Г. Ф. Гаврюк, Г. О. Антипенко, Т. Г. Ніколаєва. – Д. : Нац. гірн. ун-т, 2008. – 45 с.

28. Дорожинський О. Л. Основи фотограмметрії : підручник. – Львів : Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2003. – 214 с.

29. Дорожинський О. Л., Тукай Р. Фотограмметрія : підручник. – Львів : Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2008. – 332 с.

30. Організація і планування відкритих гірничих робіт (системний підхід) : навч. посіб. / Б. Є. Собко, В. В. Панченко, В. В. Лотоус, Д. В. Вінівітін ; М-во освіти і науки України, НТУ «ДП». – Д. : НТУ «ДП», 2020. – 187 с.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | КМ.ДР25.23.СЛ.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |