

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет інженерії

Кафедра хімічної інженерії та екології

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

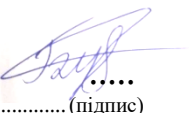
до випускної кваліфікаційної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня **бакалавр**

спеціальності 184 «Гірництво»

на тему:

**Будівництво гірничо-капітальних виробок при освоєнні літєвого
родовища зі спеціальною частиною «Оцінка складності гірничо-
геологічних умов розкриття родовища»**

Виконав студент групи ГІР-22д


.....
(підпис)

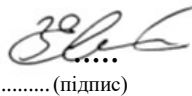
Бур'янов О.М.

Керівник


.....
(підпис)

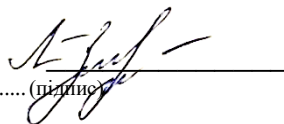
Зубцов Є.І.

Завідувач кафедри


.....
(підпис)

Зубцов Є.І.

Рецензент


.....
(підпис)

Київ, 2026

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет інженерії

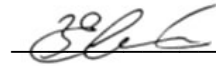
Кафедра хімічної інженерії та екології

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр

Спеціальність: 184 «Гірництво»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри



доц. Зубцов Є.І.

« 25 » 04 2026 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Бур`янов Олександр Миколайович

1. Тема роботи: Будівництво гірничо-капітальних виробок при освоєнні літєсового родовища зі спеціальною частиною «Оцінка складності гірничо-геологічних умов розкриття родовища»

Керівник роботи: Зубцов Є.І., к. т. н., доцент, затверджено наказом закладу вищої освіти від 25.04.2026 р. № 97/20.04

2. Строк подання здобувачем освіти роботи: 07.06.26р.

3. Вихідні дані до роботи: матеріали переддипломної практики та гірничотехнічна література.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): згідно програми дипломного проектування та методичних вказівок по складанню випускної кваліфікаційної роботи бакалавра здобувачами освіти напряму підготовки 184 «Гірництво».

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): розташування обладнання (план, розрізи будівлі; ілюстраційні матеріали), плакати блок-схеми виробництва, загального виду обладнання, техніко-економічних показників проекту та ін.

6. Консультанти розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 05.04.26р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

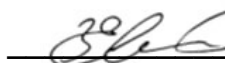
№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Маркетингові дослідження	25.04.2026	
2	Аналіз літературних даних. Характеристика готового продукту, сировини, матеріалів, напівпродуктів.	25.04.2026	
3	Розробка схем технологічного процесу виробництва. Технологічні розрахунки. Розробка технологічної схеми виробництва та специфікації обладнання.	01. 05.2026	
4	Контроль якості виробництва	08. 05.2026	
5	Техніко-економічні розрахунки	15. 05.2026	
6	Прикладна частина	22.05.2026	
7	Графічна частина	07.06.2026	

Здобувач



Бур`янов О М

Керівник проекту



Зубцов Є.І.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ БУДІВНИЦТВА.....	9
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБРАНОВОГО НАПРЯМКУ РОБОТИ.....	22
3. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	24
4. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ	48
5. ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОВОГО СЕРЕДОВИЩА.....	55
6. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	65
ВИСНОВКИ.....	69
АНОТАЦІЯ.....	71
ANNOTATION	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	75

РЕФЕРАТ

Випускна кваліфікаційна робота бакалавра містить: 83 сторінок машинописного тексту, 12 рисунків, 11 таблиць, 6 графічних листів.

Об'єкт дослідження – процес спорудження гірничо-капітальних виробок під час підземного розкриття літєвого родовища та забезпечення їхньої стійкості в умовах знакозмінного температурного режиму.

Мета роботи – розробка та науково-технічне обґрунтування проектних рішень щодо будівництва гірничо-капітальних виробок для безпечного освоєння літєвого родовища на основі комплексної оцінки складності умов.

Методи дослідження – у роботі застосовано комплексний підхід, що включає методи розрахунку параметрів буровибухових робіт, геомеханічні розрахунки напружено-деформованого стану масиву для вибору кріплення, графічне моделювання паспортів проходки, методи оцінки складності геологічних умов, а також техніко-економічне нормування та кошторисні розрахунки.

У роботі детально проаналізовано гірничотехнічні, інженерно-геологічні та мерзлотно-гідрогеологічні особливості ділянки будівництва модельного літєвого родовища. Визначено раціональні форми та розміри поперечних перерізів транспортного й вентиляційного похилів. Розроблено паспорт буровибухових робіт для руйнування міцних ефузивних порід. Важливою складовою роботи є розрахунок податливого комбінованого кріплення (залізобетонні анкери, сітка, торкрет-бетон), здатного витримувати деформації при поверхневому розтепленні мерзлих порід. Запропоновано комплекс інженерних рішень щодо забезпечення екологічної безпеки, управління відходами та охорони довкілля у вразливих умовах кріолітозони.

Проведено розрахунок основних техніко-економічних показників та складено кошториси, які підтверджують доцільність та високу

рентабельність впровадження прийнятих інженерних рішень для безпечного видобутку стратегічної літєвої сировини.

Ключові слова: ЛІТІЄВЕ РОДОВИЩЕ, РОЗКРИТТЯ, ГІРНИЧО-КАПІТАЛЬНІ ВИРОБКИ, ТРАНСПОРТНИЙ ПОХИЛ, СКЛАДНІ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ, БАГАТОРІЧНА МЕРЗЛОТА, ГЕОКРІОЛОГІЧНИЙ ФАКТОР, БУРОВИБУХОВІ РОБОТИ, КОМБІНОВАНЕ КРІПЛЕННЯ, ОЦІНКА СКЛАДНОСТІ, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку світової економіки характеризується глобальним енергетичним переходом від викопних видів палива до відновлюваних джерел енергії. У цьому контексті літій набув статусу стратегічного металу XXI століття, будучи критично важливим компонентом для виробництва літій-іонних акумуляторів, електромобілів та високотехнологічних систем накопичення енергії. Експоненціальне зростання попиту на літієву сировину змушує гірничодобувні компанії переходити до освоєння нових, глибокозалягаючих родовищ у регіонах зі складними кліматичними та гірничо-геологічними умовами, зокрема в субарктичній зоні суцільної багаторічної мерзлоти.

Найбільш відповідальним, капіталомістким і технічно складним етапом освоєння таких родовищ є їх розкриття та будівництво гірничо-капітальних виробок (похилів, стволів, квершлагів). Наявність багаторічномерзлих гірських порід (БМГП) створює унікальні інженерні виклики: масив, що має високу міцність у природному замороженому стані, різко втрачає несучу здатність і стійкість при розтепленні під впливом теплового режиму рудникової вентиляції. Це вимагає нестандартних підходів до проектування перерізів, розрахунку буровибухових робіт (БВР) та вибору типу кріплення. Тому тема кваліфікаційної роботи, спрямована на обґрунтування параметрів будівництва капітальних виробок з детальною оцінкою складності гірничо-геологічних умов літієвого родовища, є глибоко актуальною та має високе практичне значення.

Мета дослідження полягає у розробці та науково-технічному обґрунтуванні проектних рішень щодо будівництва гірничо-капітальних виробок (транспортного та вентиляційного похилів) для освоєння літієвого родовища на основі комплексної оцінки складності гірничо-геологічних умов.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано та вирішено такі основні завдання:

Проаналізувати географо-економічні, геологічні та гідрогеологічні умови району розташування модельного літійового родовища.

Обґрунтувати призначення, просторове розташування та параметри поперечних перерізів проєктованих гірничо-капітальних виробок.

Розрахувати параметри буровибухового комплексу робіт для ефективного руйнування міцних ефузивних порід.

Виконати розрахунок і вибір оптимального типу кріплення (комбінованого анкерно-бетонного) з урахуванням термомеханічних деформацій масиву.

Провести комплексну оцінку складності гірничо-геологічних і геокріологічних умов розкриття родовища (спеціальна частина роботи).

Розробити заходи з охорони навколишнього середовища, моніторингу екологічної безпеки та управління відходами.

Виконати техніко-економічний розрахунок кошторисної вартості прохідницьких робіт.

Об'єкт дослідження – процес будівництва гірничо-капітальних виробок (похилів) під час підземного розкриття рудних родовищ.

Предмет дослідження – параметри гірничо-геологічних умов, технологія буровибухових робіт, геомеханічні параметри кріплення та організація прохідницького циклу в складних кліматичних умовах.

Методи дослідження. У роботі використано комплексний підхід, що включає: аналіз та узагальнення геологічної інформації, методи аналітичного розрахунку параметрів БВР, інженерно-геомеханічні розрахунки напружено-деформованого стану масиву для вибору кріплення, графічне моделювання паспортів проходки, а також методи техніко-економічного та кошторисного нормування.

1. ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ БУДІВНИЦТВА

Рельєф району являє собою розчленоване низькогір'я з абсолютними відмітками 600–800 м і відносними перевищеннями 150–200 м. Стрімкість схилів вододілів становить 10–30°, зрідка понад 30°. Орієнтування вододілів переважно субмеридіональне. Район родовища розташовується в зоні багаторічної мерзлоти, глибина якої досягає 150 м у долинах річок і 400 м під вододілами. Суцільність зони багаторічномерзлих порід порушується окремими наскрізними таликовими зонами. Середня глибина сезонного (з червня по серпень) відтавання ґрунтів на непорушених ділянках становить 0,2–1,5 м.

Клімат району різко континентальний субарктичний. Він характеризується тривалою (7–8 міс.) зимою і коротким літом. Середньорічна температура повітря становить $-13,5^{\circ}\text{C}$. З грудня по лютий середньомісячна температура повітря тримається на рівні -30°C (мінімальна -65°C). У грудні – березні характерні полярні сніжові бурі, що супроводжуються магнітними бурями. Під час полярних сніжові ускладнюється робота магнітних приладів і радіотехнічних засобів. Взимку при сильних вітрах часті хуртовини. Звичайна тривалість хуртовини становить 1 добу (рідко до 3–5 діб).

Водотоки належать до басейну великої водної артерії регіону. Найбільшим водотоком є річка Швидка – ліва притока річки Глибокої. Річки мають широкі асиметричні долини коритоподібної форми. Ширина русел досягає 20–30 м, глибина – 1,5 м. Гідрологічний режим водотоків є типовим для субарктичних низькогірних областей і характеризується вкрай непостійністю: бурхливі паводки навесні і влітку змінюються різкими зниженнями рівня води восени і в посушливий час. Течія річок швидка (до 1,7 м/с), величини поздовжнього ухилу варіюються від 1–2 до 60 м на 1 км долин. Річки замерзають на початку жовтня, скресають на початку червня. Всі водотоки на площі літєвого родовища взимку промерзають до дна. Весняна повінь коротка (8–12 днів) та бурхлива. Рівень води піднімається на 1,5–2,5 м, швидкість течії зростає до 3 м/с. У цю пору року

розлиті річки важкоздоланні. У плані (рис. 1.1) гідромережі пір'ястий, гіллястий. У заплавах річок відзначаються болота.

Рослинність району бідна і є типовою для зони гіпоарктичних тундр. Вона представлена лишайниками, мохами, карликовою березою. Будівельний ліс відсутній.

Тваринний світ порівняно багатий. Тут мешкають північні олені, бурі ведмеді, вовки, лисиці, росوماхи, зайці; річки й озера рясніють рибою.

Постійне населення в районі родовища відсутнє. Основною кадровою базою є великі промислові центри регіону, де зосереджена достатня кількість вільного працездатного населення. Також здійснюється доставка кваліфікованого персоналу авіатранспортом з інших міст та регіонів.

Економічно район родовища освоєний слабо. Цілорічно функціонуючі дороги, що зв'язують літєве родовище з адміністративним центром регіону, відсутні. З початку грудня до кінця квітня діє автозимник. Відстань по автозимнику становить 298 км від найближчого великого населеного пункту, з них 168 км до проміжного селища, і далі 130 км до родовища. Вхідною базою літєвого гірничодобувного підприємства є найближчий морський порт. Доставка вантажів у морський порт здійснюється морським транспортом у період літньої навігації. До ділянки робіт вантажоперевезення виконуються в зимовий період автомобілями підвищеної прохідності по автозимнику протяжністю 430 км. У літній час наземне сполучення з родовищем можливе тільки з використанням гусеничного транспорту.

На руднику побудовано та введено в експлуатацію локальний аеропорт, що дозволяє приймати вантажопасажирські літаки середнього класу. Доставка вантажів і персоналу здійснюється безпосередньо чартерними рейсами з базових аеропортів регіону (рис. 1.1).

Енергетичним центром регіону є потужна електростанція, що функціонує з 1974 р. Вдовж основного автозимника прокладена ЛЕП. Виробничі потужності енергетичних об'єктів регіону використовуються лише на 20–30 відсотків. Місцеві паливні ресурси відсутні.

Зв'язок ділянки робіт з центральною базою здійснюється за допомогою систем супутникових комунікацій.



Рис. 1.1 Карта району

Геологічна характеристика району робіт наведена за матеріалами попередніх геологорозвідувальних робіт та «Схематичною геологічною картою літєвого родовища» масштабу 1:500 [3].

Стратифіковані утворення на площі рудного поля представлені вулканітами середньої та верхньої товщ верхньої крейди, покривами імовірно палеогенових базальтів, а також пухкими четвертинними відкладеннями різних генетичних типів.

Середня товща (K_2^2) оголена на всій площі рудного поля і розкрита всіма свердловинами та гірничими виробками. Вона складена середньопорфіровими андезитами, андезит-базальтами, їхніми туфами з прошарками туфопісковиків і туфоконгломератів. Підшва товщі в межах родовища не розкрита. Товща, як правило, має чітку двочленну будову з переважанням грубоуламкових туфів у нижній, і лав у верхній частинах розрізу.

Таблиця 1.1 Потужність верхньої крейди

Опис порід	Потужність, м
1. Туфи андезитів псамітові	понад 10
2. Андезити зеленувато-сірі з прошарками туфітів	30-90
3. Туфи андезитів агломератові з прошарками псамітових туфів і туфітів	20-50
4. Андезити зеленувато-сірі з прошарками псамітових туфів	30-165
5. Перешарування пластів туфів андезитів і андезибазальтів псефітових і псамітових з прошарками туфітів	5-15
6. Андезибазальти темно-коричнево-сірі	30-55
7. Туфи андезитів псефітові	понад 30
Загальна потужність	280 - 450 м

Верхня товща (K_2^3) представлена лавами флюїдальних афірових ріолітів жовтувато-світло-сірого забарвлення та їхніми туфами, з явним переважанням останніх. Потужність товщі не перевищує 50 м.

Палеогенові базальти складають субгоризонтальні покриви, що збереглися у вигляді окремих ізольованих ерозійних останців площею 0,01–0,05 км² у північно-східній частині рудного поля. Вони незгідно перекривають підстилаючі породи середньої та верхньої товщ верхньої крейди і представлені темно-сірими, до чорних, масивними олівіновими і піроксеновими базальтами. Потужність базальтових покривів не перевищує 10–15 м.

Сучасна ланка (Q_v) представлена алювієм водотоків, делювіально-соліфлюкційними, пролювіальними та елювіальними утвореннями. Пухкі четвертинні відкладення широко поширені на площі родовища, складаючи днища річкових долин, льодовикові форми рельєфу та схилів шлейфи.

Інтрузивні утворення на розглянутій площі належать до субвулканічної фації і представлені тілами, дайками ріолітів та брекчії. Вони відіграють важливу роль у локалізації та структурному контролі зруденіння.

До пізньокрейдових субвулканічних утворень (λK_2) віднесені тіла ріолітів, численні дайки, які на родовищі просторово асоціюють з рудоносними утвореннями. Протяжність дайок у плані від 0,1 до 1,0 км, потужності варіюють у широких межах від 0,1 до 20 м, за падінням простежені більш ніж на 300 м. Простягання їх, в основному, субмеридіональне, рідше північно-північно-східне; падіння в більшості випадків східне, під кутами 70-90°.

Тіла ріолітів мають ізометричну в плані форму і витягнуті в меридіональному напрямку, площі виходів становлять 0,1–0,3 км².

Брекчії складені уламками гідротермально-змінених андезитів, їх туфів, ріолітів незграбної і напівобкатаної форми, діаметром від перших сантиметрів до 0,5 м у базальному і поровому матриксі, складеному кислим вулканічним склом. Брекчії мають, судячи з усього, еруптивну природу і утворюють невитримані за простяганням тіла, близькі до ізометричних обрисів, подібні до товстих лінз або трубок, діаметром 0,5–5 м. Поблизу рудних тіл вони насичені уламками жильного кварцу і іноді несуть підвищені вмісти літію (у вигляді літієносних мінералів).

На ендоконтактах дайок і тіл часто зустрічаються лінзи чорних обсидіанів. У переважній більшості випадків контакти дайок зірвані, із зонами катаклазу потужністю від 0,1 до 5 м. Ріоліти в більшості випадків слабо аргілізовані, що виражається в присутності незначних кількостей каоліну і гідрослюд.

Просторове положення рудного поля контролюється зоною зчленування Головного регіонального розлому з дуговими розривами. Зона зчленування додатково ускладнена Східним розломом північно-східного напрямку (рис. 1.2). Поєднання і взаємодія цих структур зумовили розвиток інтенсивної прирозломної тріщинуватості, яка є вміщуючим середовищем для літієвого зруденіння.

Практично всі породи в межах рудного поля, за винятком базальтів, порушені гідротермально-метасоматичними змінами. Виділяються дорудна низько- і середньотемпературна пропілітизація хлорит-епідотової ступені, лінійні ореоли сінрудного гідрослюдисто-пірит-кварцового метасоматозу, пострудна аргілізація з новоутвореннями гідрослюд і каолініту.

Серед прожилково-жильних гідротермальних утворень виділяються жили і прожилки виконання літієносного (кварц-сподуменового) складу, карбонатні малопотужні жили (до 0,2 м) і прожилки, гіпс-ангідритові малопотужні жили (до 0,2 м) і прожилки. Прожилково-жильні гідротермальні та метасоматичні утворення згруповані в єдину зону субмеридіонального простягання протяжністю понад 3500 м і шириною в плані від перших метрів до 100 м.

Вміщуючі андезити, андезит-базальти, їхні туфи інтенсивно гідротермально змінені поблизу рудних тіл. Навколорудні метасоматити утворюють смугу субмеридіонального простягання, що охоплює всю рудовміщуючу структуру. Ширина ореолу метасоматичних змін коливається від перших метрів до 50-100 м.

Для родовища характерні наступні основні особливості структурної будови:

- центральна частина родовища представлена однією складно побудованою рудною жилою (з рідкісними апофізами) субмеридіонального простягання;
- у південній частині родовища відбувається розщеплення жильної системи на окремі кварцово-жильні тіла;
- по системі розломів північно-західного простягання північна частина родовища опущена вниз, тут рудні та потенційно рудні тіла не виходять на денну поверхню і рівень ерозійного зрізу тут надрудний;
- практично на всьому своєму протязі рудовміщуюча зона ускладнена пострудної свитою дайок ріолітів субмеридіонального простягання.

Основним продуктивним типом на літій на родовищі є жили та прожилки кварц-сподуменового та пегматитового складу, тому морфологія рудних тіл визначається характером цих жильних утворень. Зазвичай це жили протяжністю 50 - 2700 м, потужністю від перших десятків сантиметрів до 5,0 - 7,0 м (у роздувах – до 20,7 м). Жили супроводжуються метасоматичними змінами вміщуючих порід і зонами прожилкування.

Більшість рудних тіл на родовищі сконцентровано в межах єдиної крутопадаючої (75-90°) на схід прожилково-жильної зони, протяжністю за простяганням понад 4500 м і за падінням - понад 700 м.

У гірничих виробках встановлені пережими і роздуви рудних тіл, характерні також вигини, розгалуження і виклинювання. Крім цього, рудні тіла розбиті на окремі блоки пострудними дайками ріолітів. В цілому морфологію рудних тіл можна охарактеризувати як складну.

Рудне поле родовища прорване серією пострудних дайок ріолітового складу і більш пізніх базальтів.

У межах рудної зони родовища виділено шість ділянок (Південна-біс, Південна, Флексурна, Центральна, Північна, Північна-біс). Дані ділянки характеризуються індивідуальними особливостями структури, умовами залягання та морфологією рудних тіл.

Рудні тіла ділянки «Північна» (в інтервалі профілів № 91650 – 92830) є структурним продовженням основної рудної зони родовища Купол на північ. На ділянці збільшується кількість апофіз, що відходять від основного рудного тіла, з'являються нові рудні тіла, відбувається розщеплення основного рудного тіла за типом «кінського хвоста». Особливістю рудного поля ділянки «Північна» є відсутність пострудних дайок ріолітового складу, які відіграють істотну роль в інших частинах родовища (рис. 1.2).

Рудна зона тут занурюється на північ і є «сліпою», такою, що не виходить на поверхню. Вище горизонту 450 м рудна зона виражена надрудним ореолом інтенсивного метасоматозу потужністю 20 – 30 м. Південний фланг ділянки опущений вниз по пострудному розлому північно-західного простягання. Рудовміщуюча структура має субмеридіональне, з незначними підворотами на північний схід, простягання.

Рудні тіла ділянки «Північна» являють собою жильно-прожилкові зони кварц-сподуменового та пегматитового складу з масивними, брекчієвими, іноді смугастими текстурами. Потужність рудних тіл невитримана, переважно менше 3 м, відзначаються роздуви і пережими, розгалуження і апофізи. При

відпрацюванні таких рудних тіл планується застосування малогабаритної техніки відповідно до прийнятого в робочій документації рішення про переозброєння рудника.

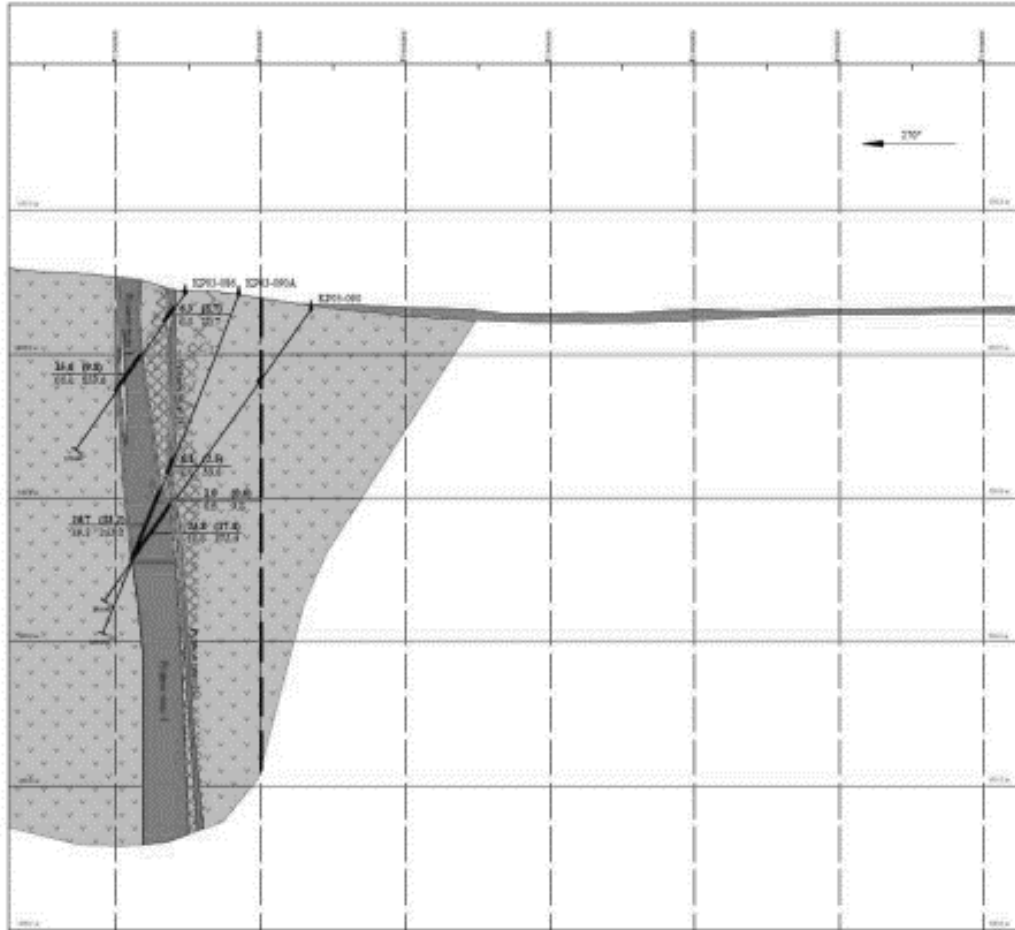


Рис. 1.3 Геологічний розріз по профілю №2950 N. Ділянка «Північна»

Руди описуваної ділянки, так само як і основні рудні тіла родовища Купол, відносяться до рідкіснометалевого мінерального типу літєвої (пегматитової) формації. Основними жильними мінералами є кварц, польовий шпат, слюди (мусковіт); рудними – сподумен, лепідоліт, петаліт та ін. Продуктивна мінералізація представлена переважно сподуменом та лепідолітом. Вміст оксиду літію (Li_2O) в рудах за даними бороздового та кернового випробування варіює від 0,1 до 4,5% (рідко вище), середній по родовищу – 1,2%; присутні також супутні цінні компоненти (рубідій, цезій, тантал).

Для рудних тіл ділянки «Північна» характерний досить складний розподіл корисних компонентів по потужності. Частка гірничих виробок (перерізів), в яких не спостерігалися некондиційні прошарки, становить 41%. В інших випадках (59%) в контурах жил вміст некондиційних (менше 0,4% Li_2O) прошарків може становити 10-30%. В середньому по рудних тілах некондиційні прошарки і ділянки жил складають до 27,5% від загального обсягу жильної маси. У місцях роздувів рудне тіло має складну будову. Як правило, воно представлене чергуванням зближених жил, нерідко з ксенолітами вміщуючих порід, насичених кварцовими і кварц-сподуменовими прожилками.

За мерзлотним районуванням територія родовища відноситься до третьої-четвертої температурної зони. Рудні тіла залягають у зоні суцільного поширення багаторічномерзлих порід. Положення нижньої межі мерзлої товщі змінюється від 100 м під руслом річки Швидкої, до 500-800 м і, можливо, більше, залежно від геоморфологічного рівня, досягаючи максимальних значень під вододілами. Глибина сезонного протаювання порід варіюється від 0,2-1,5 м у річкових долинах, до 2,4 м на вододілах, складених скельними породами. Межа ярусу річних теплооборотів не опускається нижче 10-13 м від денної поверхні. Температура гірських порід у підшві ярусу $-7,0^{\circ}\text{C}$.

Льодистість у пухких відкладеннях дуже висока, від 0,05 до 0,9, переходячи в чистий лід, у скельних масивах – 0,05 і менше. Кріотекстура в галечниках і вулканогенних породах масивна, рідше гніздова; в елювіальних відкладеннях і покривних суглинках – шарувата, шарувато-сітчаста, шлірова; у колювіальних і щебенево-покривних фаціях – базальна. Ґрунтово-крижані та крижані жили проникають на глибину до 5 м від денної поверхні. При видаленні ґрунтово-рослинного покриву з тонкодисперсних відкладень можлива активізація термокарстових процесів і утворення ярів у результаті дії термоерозії. Морозне здимання невелике через малу потужність сезонно-талого шару.

У межах мерзлої товщі комплексу мають широке поширення кріогенні здимання, деформації в стінках виробок, зрушення, обвалення покрівлі, вивали і куполування. Водоприпливи відсутні. Нижче кріогенної товщі в комплексі

рудовміщуючих порід можливі незначні водоприпливи за рахунок напірних підмерзлотних вод з дебітом до 3 - 4 м³/год.

Інженерно-геологічні особливості території обумовлені її розташуванням у зоні суцільного поширення багаторічномерзлих порід. У межах родовища виділяються два інженерно-геологічних райони: район вододілів і їх схилів.

У корінній основі родовища, під пухкими відкладеннями, залягає інженерно-геологічний комплекс, що складається з двох груп скельних рудовміщуючих порід - ефузивних і субвулканічних.

Ефузивна група (андезити, базальти та їхні туфи) порід має потужність близько 1300 м, пористість від 2,70 до 2,11%, вологість від 0,41 до 0,49%. Породи міцні, стійкі (коефіцієнт міцності за М. М. Протод'яконовим – XII - XVIII).

Інженерно-геологічна група субвулканічних порід (дайки, інтрузивні тіла) верхньокрейдового віку варіює за потужністю від декількох сантиметрів до 100 м. Ці породи мають щільність – 2,36 г/см³, вологість – 0,53%, водопоглинання – 1,71% і пористість 5,83%.

Для магматичних утворень характерне підвищення щільності від кислих різновидів до більш основних. Так, щільність ріолітів 2,36 г/см³, андезитів 2,58 г/см³, андезибазальтів 2,64 г/см³. Щільність туфів андезитів і андезибазальтів 2,50 – 2,57 г/см³. Гідротермально-змінені ефузиви характеризуються дещо зниженими значеннями щільності порівняно з незміненими породами - лави 2,58 г/см³, туфи 2,46 г/см³.

Комплекс рудовміщуючих порід корінної основи характеризується досить великою тріщинуватістю. Модуль тріщинуватості досягає 6-10 тріщин на 1 м, відстані між тріщинами 0,1 - 0,65 м. До цієї групи віднесені породи поблизу зон інтенсивного зім'яття і дроблення. Породи (табл. 1.2) за контуром рудовміщуючої структури слабо тріщинуваті, модуль тріщинуватості не перевищує 1-2.

Гірничо-геологічні умови розкриття літєвого родовища оцінюються як складні. Проектування гірничо-капітальних виробок повинно обов'язково враховувати необхідність суворого контролю теплового режиму шахти (для збереження стійкості багаторічномерзлого масиву), адаптацію перерізів виробок

під малогабаритну техніку (через невитриманість літєносних жил) та застосування надійних паспортів кріплення у зонах підвищеної тектонічної тріщинуватості.

Таблиця 1.2 – Характеристика гірських порід

Назва порід	Пористість, %	Вологість, %	Щільність, г/см ³	Водопоглинання, %
Андезити	2,7	0,41	-	-
Базальти та їхні туфи	2,11	0,49	-	-
Дайки, інтрузивні тіла	5,8	0,53	2,36	1,71
Ріоліти	-	-	2,36	-
Андезити	-	-	2,58	-
Андезибазальти	-	-	2,64	-
Туфи андезитів і андезибазальтів	-	-	2,50-2,57	-
Лави	-	-	2,58	-
Туфи	-	-	2,64	-

На основі аналізу географо-економічної характеристики та гірничо-геологічних умов родовища можна зробити наступні узагальнюючі висновки, які є визначальними для оцінки складності розкриття родовища та будівництва гірничо-капітальних виробок:

- Родовище розташоване у субарктичному регіоні з різко континентальним кліматом, тривалою зимою та екстремально низькими температурами. Відсутність цілорічного транспортного сполучення, залежність від автозимників та необхідність автономного енергозабезпечення суттєво ускладнюють логістику будівництва та вимагають підвищеної надійності гірничошахтного обладнання.

- Літєве зруденіння (кварц-сподуменові та пегматитові жили) характеризується вкрай невитриманою потужністю (від десятків сантиметрів до роздувів у понад 20 м), наявністю переживів, розгалужень та сліпим заляганням на окремих ділянках. Це зумовлює необхідність проходки розгалуженої мережі капітальних та підготовчих виробок, а також застосування малогабаритної маневреної самохідної техніки.

- Вміщуючі породи (ефузиви та субвулканічні утворення) загалом відзначаються високою міцністю та стійкістю. Однак, наявність густої мережі тектонічних порушень та прирозломної тріщинуватості (модуль тріщинуватості 6–10 на 1 м) у рудних зонах створює ризики обвалень покрівлі та вивалів, що вимагатиме посиленого та комбінованого кріплення під час проходки капітальних виробок.

- Суцільне поширення мерзлих порід (до глибини 500–800 м) має подвійний вплив на ведення гірничих робіт:

- практична відсутність водоприпливів у гірничо-капітальні виробки на основних робочих горизонтах, що здешевлює організацію водовідливу.

- високий ризик теплового руйнування масиву. Робота дизельної техніки та подача свіжого повітря можуть призвести до відтавання льоду в тріщинах, що спричинить різку втрату стійкості виробок, куполування та відшарування порід.

-

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБРАНОГО НАПРЯМКУ РОБОТИ

У сучасному світі літій визнано одним із найбільш критичних і стратегічно важливих металів. Глобальний енергетичний перехід, стрімкий розвиток індустрії електромобілів та систем накопичення відновлюваної енергії провокують експоненціальне зростання попиту на літєвмісну сировину. Виснаження легкодоступних поверхневих запасів у регіонах із традиційно сприятливим кліматом змушує гірничодобувні компанії переходити до освоєння глибокозалягаючих рудних тіл (пегматитових і кварц-сподуменових жил) у віддалених регіонах зі складними, зокрема субарктичними, кліматичними умовами.

Етап розкриття родовища та будівництва гірничо-капітальних виробок (похилів, стволів, квершлагів) є найбільш капіталомістким і технічно складним періодом життя будь-якого рудника. Для родовища, обраного об'єктом дослідження, ключовим фактором, що ускладнює будівництво, є не стільки міцнісні характеристики самих гірських порід, скільки їх перебування в зоні суцільної багаторічної мерзлоти (кріолітозоні).

Саме цим обґрунтовується наявність у роботі спеціальної частини, присвяченої оцінці складності гірничо-геологічних умов. Стандартні підходи до проектування тут не працюють: масив, що є надзвичайно міцним у замороженому стані завдяки льодовому цементу в тріщинах, миттєво втрачає свою стійкість при контакті з теплим рудниковим повітрям. Тому розрахунок параметрів виробок має спиратися не лише на класичну механіку гірських порід (система RMR), а й на теплофізику - прогнозування ореолу відтавання порід і управління тепловим режимом шахти.

Напрямок роботи також обумовлює вибір конкретних інженерних рішень, прийнятих у проекті:

- Спосіб розкриття: Вибір похилих виробок (транспортного та вентиляційного похилів) замість традиційних вертикальних стволів обґрунтований необхідністю швидкого доступу до рудних тіл та можливістю

застосування високопродуктивної самохідної техніки (наприклад, вантажно-доставних машин і підземних автоскидачів). Це дозволяє значно прискорити введення родовища в експлуатацію.

- Спосіб проходки: Оскільки вміщуючі породи (андезити, ріоліти) характеризуються високим коефіцієнтом міцності ($f = 12-18$), єдино можливим і економічно доцільним методом проведення виробок є буровибуховий спосіб.

- Тип кріплення: Відмова від жорсткого монолітного бетонного кріплення на користь податливого комбінованого (залізобетонні анкери, металева сітка, торкрет-бетон) є критично важливою адаптацією до геокріологічних умов. Анкерне кріплення "прошиває" та утримує породу навіть при поверхневому розтепленні стінок виробки, компенсуючи температурні деформації (стиснення взимку, розширення влітку), які неминуче зруйнували б жорсткий бетон.

Субарктична екосистема є надзвичайно вразливою до антропогенного впливу. Підземний спосіб розробки, на відміну від відкритого (кар'єрного), дозволяє мінімізувати площу відчуження земель і порушення тундрових ландшафтів. Водночас складні умови логістики (доставка вантажів лише автозимниками) та необхідність використання адаптованої до морозів техніки вимагають ретельного економічного обґрунтування кошторисної вартості будівництва, що також відображено у відповідному розділі роботи.

Таким чином, обраний напрямок кваліфікаційної роботи є глибоко актуальним, науково обґрунтованим і має виражене практичне спрямування. Він поєднує вирішення гострої потреби у стратегічній літєвій сировині з розробкою комплексу надійних інженерних рішень для безпечного будівництва підземної інфраструктури в екстремальних гірничо-геологічних і геокріологічних умовах.

3. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Згідно з технічними рішеннями, закладеними в Проектній документації [3], всі експлуатаційні ділянки літєвого родовища відпрацьовуються єдиним шахтним полем і мають єдину вентиляційну схему.

Розкриття шахтного поля родовища виконано двома похилами:

- транспортний похил, пройдений з порталу «Північний»;
- транспортний похил, пройдений з порталу «Південний».

Доступ до рудних тіл ділянки «Північна» здійснюється по транспортному похилу, пройденому з порталу «Північний», на якому розташована вся необхідна для виконання підземних гірничих робіт інфраструктура.

Ділянка «Північна» для зручності умовно розділена на три ділянки робіт (зони):

1. Ділянка «Північна Центральна» – зона NZ;
2. Ділянка «Північна Верхня» – зона NU;
3. Ділянка «Північна Біс» – зона NE.

Для забезпечення підготовленості балансових запасів зони NE до відпрацювання необхідно спорудити розкривні виробки:

- Транспортний похил NE – як основну транспортну виробку зони NE;
- Вентиляційний похил NU-NE – як основну повітроподавальну виробку зони NE, яка також буде використовуватися як запасний вихід.

Схема розкриття ділянки «Північна» наведена на рис. 3.1.

Вентиляційний похил NU-NE розташовуємо в лежачому боці рудної зони ділянки «Північна», протяжність виробки становитиме 1000 м з ухилом 15% на північ.

Транспортний похил NE 170-120 розташовуємо в лежачому боці рудної зони ділянки «Північна», протяжність виробки становитиме 1000 м з ухилом 15% на північ. Форму поперечного перерізу виробки обираємо таким чином, щоб мінімізувати витрати на її спорудження та підтримання в робочому стані на весь період експлуатації. У технічному плані форма поперечного перерізу виробки

визначається величиною гірського тиску, стійкістю порід, у яких проводиться виробка, типом і конструкцією застосовуваного кріплення.

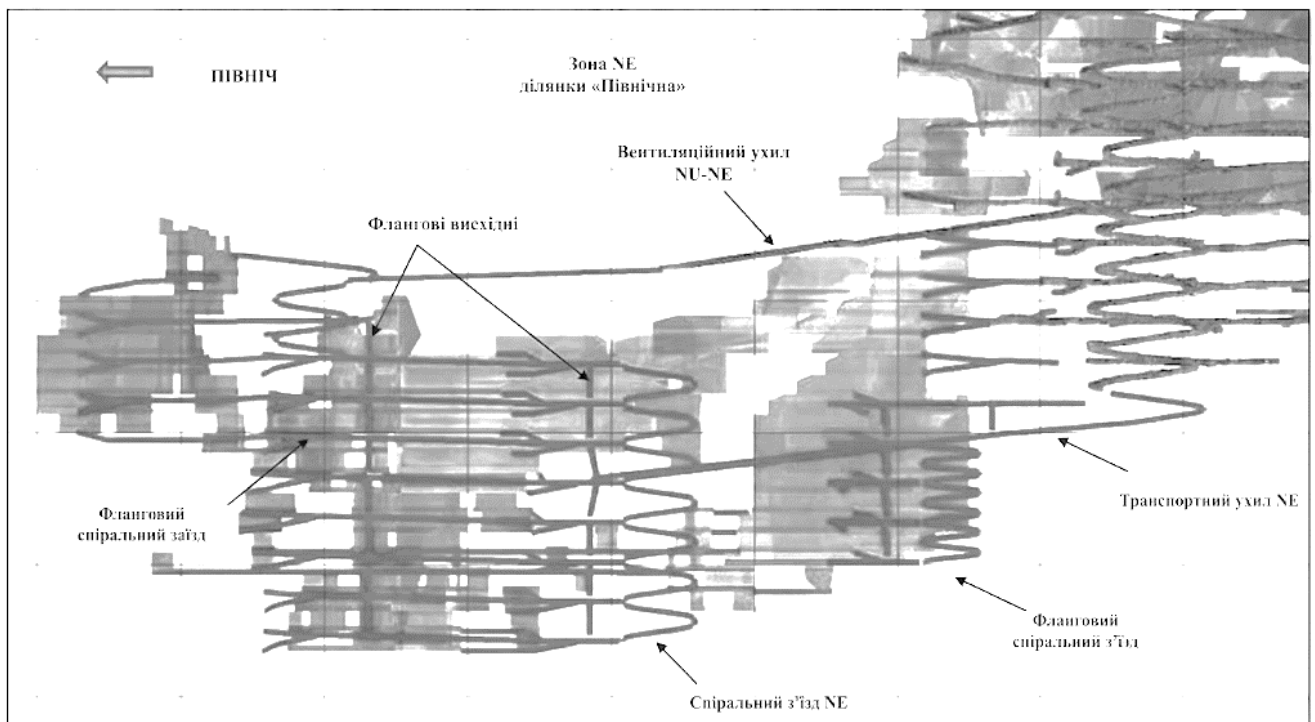


Рис. 3.1 Схема розкриття запасів зони NE ділянки «Північна»

Для вентиляційного похилу довжиною 1000 м, виходячи з фізико-механічних властивостей порід, приймаємо прямокутно-склепінчасту форму поперечного перерізу виробки.

Для транспортування гірничої маси застосовується наступне обладнання:

- навантажувально-доставочна машина Toro 1400D;
- автоскидач CAT AD45.

Найбільш великогабаритним самохідним обладнанням на руднику, що пересувається по виробках, є автоскидач CAT AD45. Його висота до завантаження становить 2898 мм. Вимоги щодо мінімально допустимої ширини та висоти виробки – 4000 мм та 4500 мм відповідно. Таким чином, розміри виробок повинні бути не менше 4 м × 4,5 м.

Переріз для вентиляційного похилу:

$$S_{\text{св}} = 22,2 \text{ м}^2 \text{ та } S_{\text{вч}} = 23,2 \text{ м}^2.$$

Згідно з нормативними документами щодо правил безпеки під час ведення гірничих робіт та переробки твердих корисних копалин [4]:

Максимальна швидкість не повинна перевищувати наступних норм:

- а) в очисних і підготовчих виробках – 4 м/с;
- б) у квершлагах, вентиляційних і головних відкатних штреках, капітальних похилах – 8 м/с;
- в) в інших виробках – 6 м/с;
- г) у головних вентиляційних штреках – 10 м/с.

Фактична швидкість обчислюється за формулою:

$$V_{\phi} = Q / S_{\text{св}}$$

де Q – кількість повітря, що проходить по виробці, м³/с [5].

Виконуємо перевірку:

$$V_{\phi} = 200 / 22,2 = 9 \text{ м/с}$$

Оскільки $9 \text{ м/с} > 8 \text{ м/с}$, швидкість перевищує допустиму норму. Тому збільшимо площу перерізу у світлі ($S_{\text{св}}$) до значення, що повністю задовольнятиме вимоги щодо швидкості руху повітря. З урахуванням перспективного розвитку гірничих робіт на нижчих горизонтах приймаємо площу перерізу такою, щоб вона відповідала вимогам безпеки.

Приймаємо $S_{\text{св}} = 25 \text{ м}^2$ та $S_{\text{вч}} = 26 \text{ м}^2$.

$$V_{\phi} = 200 / 25 = 8 \text{ м/с}$$

Оскільки $8 \text{ м/с} \leq 8 \text{ м/с}$, переріз виробки повністю задовольняє вимоги безпеки при розробці рудних родовищ підземним способом [4].

Переріз виробки наведено на рис. 3.2.

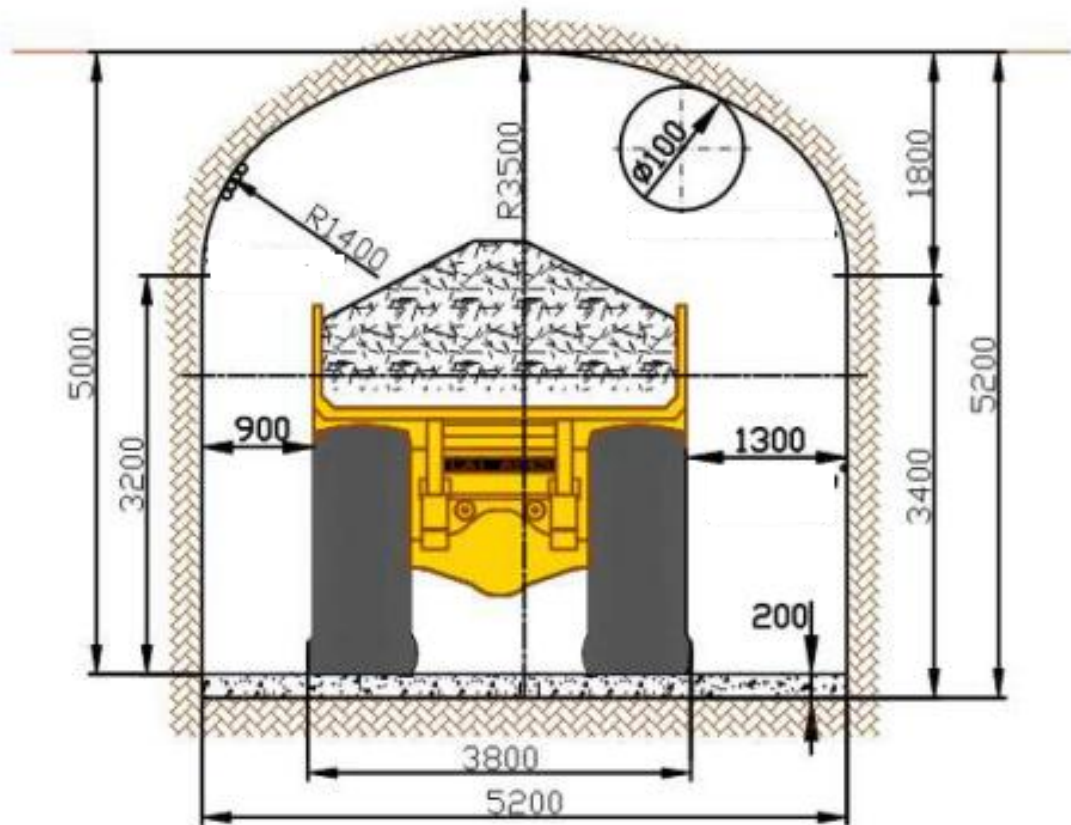


Рис. 3.2 Переріз виробки

Виробки будуть пройдені в породах, представлених андезитами. Породи переважно нестійкі через зближення пологих тріщин у покрівлі виробок та підвищену аргілізацію (глінізацію) окремих ділянок; схильні до утворення заколів, пластового відшарування вздовж пологих тріщин. У бортах виробок можливі вивали окремих блоків потужністю до 0,5 метра і навіть більше, що вимагає кріплення анкерами із затягуванням бортів металевою сіткою та металевими підхватами. Тим не менш, необхідно провести розрахунок для визначення основного типу кріплення на проєктованих виробках.

Попередньо необхідно визначити розрахунковий опір порід стиску в масиві та розрахункову глибину закладення виробки:

$$R_c = R * k_c * k_d$$

де R – середнє значення опору порід в зразку одновісному стиску, що встановлюється експериментально за результатами випробувань зразків порід, МПа [2]; k_c – коефіцієнт (табл. 3.1), що враховує усереднену по периметру виробки порушеність масиву порід поверхнями без зчеплення або з малою зв'язністю (дзеркала ковзання, тріщини, глинисті прошарки); k_d – коефіцієнт тривалої міцності, що приймається за результатами випробувань гірських порід, які мають суттєву повзучість.

Таблиця 3.1 Визначення значення коефіцієнта k_c за середньою відстанню між поверхнями ослаблення порід

Середня відстань між поверхнями ослаблення порід, м	Значення коефіцієнта k_c
Понад 1,5	0,9
Менш 1,5 до 1	0,8
Менш 1 до 0,5	0,6
Менш 0,5 до 0,1	0,4
Менш 0,1	0,2

$$R_c = 66 * 0,2 * 1 = 13,2 \text{ МПа}$$

Розрахункова глибина закладення виробки визначається з урахуванням відмінності напруженого стану даного масиву гірських порід від середніх умов, що приймалися під час узагальнення експериментально-аналітичних матеріалів, поза зоною розвантаження та довантаження масиву в області ведення очисних виробок.

Значення H_p визначають за значенням фактичної напруженості порід у масиві, включаючи значення коефіцієнта бічного тиску. Для такої диференційованої оцінки вихідного поля напружень у конкретних умовах слід використовувати сучасні дані геодинамічного районування та лабораторні методи визначення коефіцієнта бічного тиску порід у даному масиві на даній

глибині, що враховують геологічні зміни протягом попереднього часу та інші процеси.

Розрахункову глибину H_p визначають за формулою [1]:

$$H_p = H * k$$

де H – проектна глибина закладення виробки або її ділянки, м; k – коефіцієнт, що враховує відмінність фактичного напруженого стану масиву гірських порід від напруженого стану, викликаного власною вагою товщі порід до поверхні. Для звичайних гірничо-геологічних умов приймається $k = 1$; для районів, схильних до рухів земної кори, і в зонах тектонічних порушень (за відсутності експериментальних даних) k приймається рівним 1,5.

$$H_p = 220 * 1 = 220 \text{ м}$$

Вибір типу та розрахунок параметрів кріплення слід виконувати залежно від категорій стійкості порід з урахуванням ступеня впливу очисних робіт та інших виробок [6].

Як критерій стійкості порід слід приймати значення їх зсувів U на контурі поперечного перерізу виробки за весь термін її експлуатації без кріплення відповідно до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Зсуви порід на контурі поперечного перерізу виробки за весь термін її експлуатації без кріплення

Категорія стійкості порід	Оцінка стану стійкості порід	Зсув U , мм
I	Стійкі	До 50
II	Середньої стійкості	Від 50 до 200
III	Нестійкі	Від 200 до 500
IV	Сильно нестійкі	Понад 500

Віднесення виробки до тієї чи іншої категорії стійкості слід проводити за абсолютним значенням максимальних зсувів порід на контурі поперечного перерізу, яке визначають диференційовано в покрівлі, підшві та боках виробки. Значення зсуву U для горизонтальних і похилих виробок, розташованих в осадових і вивержених породах та поза зоною впливу очисних робіт, слід визначати за формулою:

$$U = k_{\theta} \cdot k_{\alpha} \cdot k_s \cdot k_E \cdot k_T \cdot U_T$$

де U_T – зсув порід, мм, прийнятий за типовий, що визначається за графіками, наведеними на рис. 3.3, залежно від розрахункового опору порід стиску R_c та розрахункової глибини розташування виробки H_p . k_{α} – коефіцієнт впливу кута падіння порід і напрямку проходки виробки відносно простягання порід або основних площин тріщинуватості (табл. 3.3)

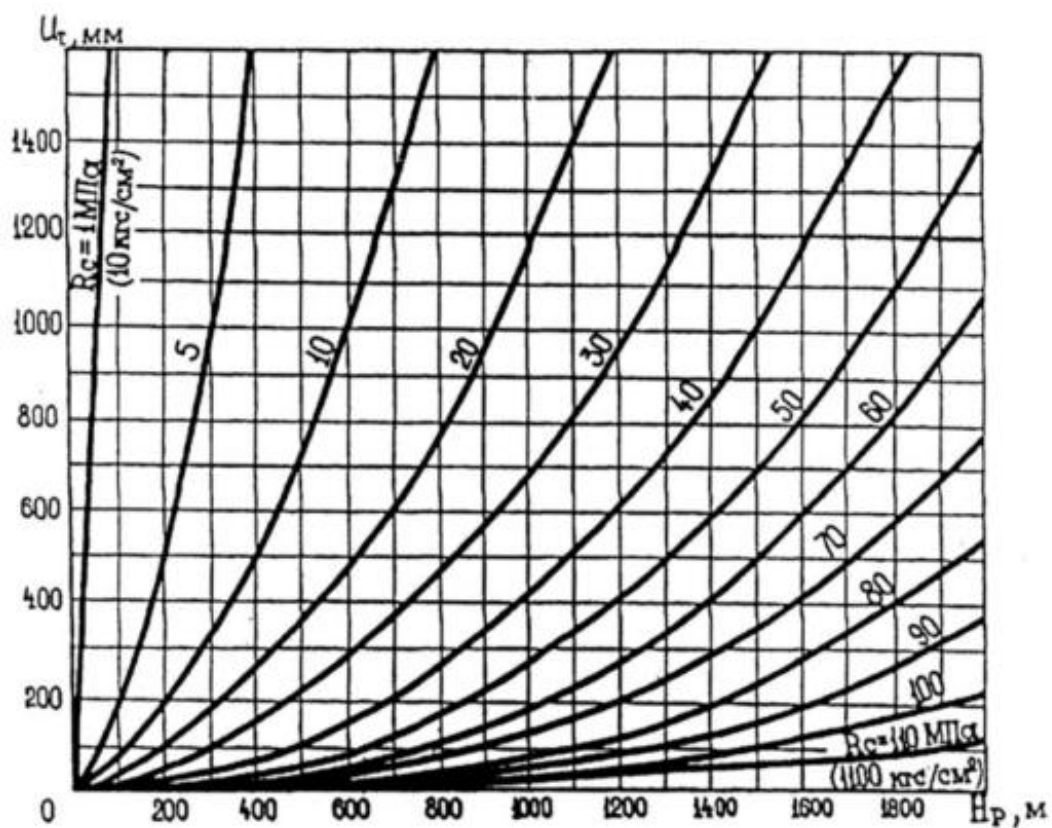


Рис. 3.3 Графік визначення типового зміщення порід

Таблиця 3.3 Коефіцієнти впливу напрямку зсуву порід k_α та бічних зсувів k_θ

Напрямок проходки виробки	Коефіцієнт	До 20	30	40	50	60	Понад 70
За простяганням	k_α	1,00	0,95	0,80	0,65	0,60	0,60
	k_θ	0,35	0,55	0,80	1,20	1,70	2,25
Ухрест простягання	k_α	0,70	0,60	0,45	0,25	0,20	0,15
	k_θ	0,55	0,80	0,95	0,95	0,80	0,55
Під кутом до простягання	k_α	0,85	0,80	0,65	0,45	0,35	0,35
	k_θ	0,45	0,65	0,90	1,05	1,10	0,95

k_θ – коефіцієнт напрямку зсуву порід (табл. 3.3) при визначенні зсувів з боку покрівлі або підосви (у вертикальному напрямку) k_θ дорівнює 1; при визначенні бічних зсувів порід (у горизонтальному напрямку); k_s – коефіцієнт впливу розміру виробки, що визначається за формулою:

$$k_s = 0,1(b - 1)$$

де b – ширина виробки у проходці (у чорні), м;

$$k_s = 0,1(5 - 1) = 0,4$$

k_b – коефіцієнт впливу інших виробок, що приймається: для поодиноких виробок і камер рівним 1,0; для сполучень з одностороннім примиканням виробки – 1,4; для складних сполучень із примиканням виробок у вигляді двостороннього заїзду або виробок, що перетинаються – 2,6; k_t – коефіцієнт впливу часу зведення кріплення. Для виробок, термін служби t яких становить понад 15 років, k_t дорівнює 1.

Виконуємо розрахунок максимального зсуву порід (приймаючи $U_T = 140$ мм згідно з розрахунковими графіками для даних умов):

$$U = 0,35 * 1 * 0,4 * 1 * 1 * 140 = 19,6 \text{ мм}$$

Згідно з виконаними розрахунками, очікувана величина максимального зсуву порід на контурі поперечного перерізу проєктованих гірничо-капітальних виробок становить $U = 19,6$ мм. Оскільки отримане значення є значно меншим за граничний рубіж у 50 мм (табл. 3.2), рудовміщуючі породи (андезити) за фактором напружено-деформованого стану масиву відносяться до I категорії стійкості (стійкі породи).

Це свідчить про те, що на розрахунковій глибині $H_p = 220$ м загальний прояв гірського тиску є помірним, і масив не схильний до масштабних конвергенцій чи значного зменшення площі перерізу ($S_{св} = 25$ м²) з часом.

Однак, зважаючи на складні гірничо-геологічні умови родовища, а саме: наявність інтенсивної прирозломної тріщинуватості, схильність порід до утворення заколів та пластового відшарування, а також вплив багаторічної мерзлоти (ризик теплового руйнування та куполування при контакті з рудниковим повітрям), - залишати виробки повністю без кріплення є технологічно неприпустимим.

Враховуючи загальну глобальну стійкість масиву (I категорія) та одночасну локальну нестійкість окремих структурних блоків у бортах і покрівлі, для вентиляційного та транспортного похилів недоцільно використовувати важкі та дорогі види кріплення (наприклад, суцільне монолітне бетонне). Оптимальним інженерним рішенням є застосування анкерного кріплення у поєднанні із затягуванням поверхні металевою сіткою та металевими підхватами. Такий тип кріплення дозволить:

1. Надійно "сшити" шаруваті та потріскані породи, запобігаючи локальним вивалам шматків породи розміром до 0,5 м.
2. Забезпечити необхідний рівень безпеки для руху великогабаритної техніки (автоскидачів CAT AD45).
3. Зберегти високі темпи проходки та економічну ефективність будівництва інфраструктури літєвого рудника.

Відповідно до чинних нормативних документів щодо проєктування підземних гірничих виробок [1], рекомендується застосовувати у виробках,

розташованих поза зоною впливу очисних робіт, наступний вид кріплення: у породах I категорії стійкості – анкерне кріплення. У місцях геологічних порушень застосовується додаткове кріплення торкрет-бетоном товщиною не менше 30 мм. У зонах інтенсивної тріщинуватості та порожнистих тріщинах з льодом (що характерно для кріогенної товщі родовища) додаткове кріплення здійснюється металевими підхватами (пластинами).

Тип анкера приймається залежно від коефіцієнта міцності порід f за таблицею 3.4.

Таблиця 3.4 Вибір типу анкера

Тип анкера	Коефіцієнт міцності порід, f	Несуча здатність, кН	Примітка
Клино-щілинний	6-10	Не більше 60-70	При $10 < f < 6$ міцність закріплення замка різко зменшується
Розпірно-конусний та розпірно-клиновий	< 4 > 4	Більше 60-100 Не більше 5-20	Несуча здатність замка при $f > 4$ становить 60-80 кН; повне зчеплення замків з породою досягається при натягуванні 40-50 кН
Залізобетонний	2-3 10-15 і більше	Близько 100 Не більше 200-250	Несуча здатність дана при повному заповненні шпуру бетоном
Сталеполімерний	Будь-який	140 (середня)	Заповнення шпуру полімерним бетоном 0,25-0,3 м; початковий натяг 35-60 кН

Оскільки міцність рудовміщуючих порід родовища висока ($f > 12$), для подальших розрахунків приймається залізобетонний анкер.

Визначення максимальних напружень, що діють на контур виробки:

$$\delta_{\max} = K_1 * \gamma * H * 10$$

де K_1 – коефіцієнт концентрації стискаючих напружень у боках виробки (табл. 3.5 $K_1 = 2$); γ – густина породи, кг/м^3 (приймаємо 2420 кг/м^3); H – розрахункова глибина розміщення виробки, м; 10 – прискорення вільного падіння ($g = 10 \text{ м/с}^2$) для переведення в Паскалі.

$$\delta_{\max} = 2 * 2420 * 220 * 10 = 10648000 \text{ Па} = 10,65 \text{ МПа}$$

Таблиця 3.5 Визначення коефіцієнта концентрації напружень виробки

Форма виробки	Коефіцієнти концентрації напружень		Примітка
	Стискаючих у боках K_1 (у частках від γH)	Розтягуючих у покрівлі K_2 (у частках від $\lambda_0 \gamma H$)	
Прямокутно-склепінчаста	2	0,4	$f > 12$
	2	0,3	$f < 12$

Мінімальні напруження, що діють на контур виробки, визначаються за формулою:

$$\delta_{\min} = K_2 * \lambda_1 * \gamma * H * 10$$

де K_2 – коефіцієнт концентрації розтягуючих напружень у покрівлі виробки (табл. 3.5 $K_2 = 0,4$); λ_1 – коефіцієнт бічного розпору (приймаємо $0,3$).

$$\delta_{\min} = 0,4 * 0,3 * 2420 * 220 * 10 = 638880 \text{ Па} = 0,64 \text{ МПа}$$

Отримуємо дані значення напружень:

$$\delta_{\max} = 10,65 \text{ МПа}$$

$$\delta_{\min} = 0,64 \text{ МПа}$$

Коефіцієнти запасу міцності порід по контуру виробки:

$$n_{\delta} = R_{\text{сж}} / \delta_{\text{max}}$$

$$n_{\kappa} = R_p / \delta_{\text{min}}$$

де $R_{\text{сж}}$ – межа міцності порід масиву на стиск; R_p – межа міцності порід масиву на розтяг.

$$n_{\delta} = 13,2 / 10,65 = 1,24$$

$$n_{\kappa} = 1,3 / 0,64 = 2,03$$

На основі запасу міцності запропонована класифікація режимів заданого навантаження для вибору розрахункової схеми гірського тиску в скельних породах, які не зазнають перед руйнуванням помітних пластичних деформацій.

Покрівля і боки відносно стійкі, але запаси міцності недостатні.

Коефіцієнт і кут внутрішнього тертя порід:

$$\text{tg}\varphi = (R_{\text{сж}} - R_p) / (R_{\text{сж}} + R_p)$$

де φ – кут внутрішнього тертя порід $\varphi = 40^\circ$;

$$\text{tg}\varphi = (13,2 - 1,3) / (13,2 + 1,3) = 0,82$$

Висота зони обвалення з урахуванням запасу міцності порід покрівлі:

$$b'_{\kappa} = \frac{a + h_1 \text{ctg}(45^\circ + \varphi / 2)}{n_{\kappa} \text{tg}\varphi} - h_0,$$

де a – напівпроліт виробки, м; h_1 – висота вертикальної стінки, м; h_0 – проектна висота склепіння, м; n_{κ} – коефіцієнт запасу міцності покрівлі; φ – кут внутрішнього тертя порід, град.

$$b'_{\kappa} = \frac{2,5 + 3,03 \cdot \text{ctg}(45^\circ + 40 / 2)}{2,03 \cdot 0,82} - 1,567 = 0,094 \text{ м}$$

$$b'_1 = b'_{\kappa} + h_0, \text{ м}$$

b'_1 – загальна висота зони обвалення з урахуванням запасу міцності порід покрівлі.

$$b_1' = 0,094 + 1,567 = 1,66 \text{ м}$$

Інтенсивність тиску з боку покрівлі:

$$q_2' = b_1' \gamma, \text{ кПа}$$

$$q_2' = 1,66 * 2420 * 10 = 40172 \text{ Па} = 40,172 \text{ кПа}$$

Інтенсивність бічного тиску порід виробки з урахуванням $n_6 = 1,24$:

$$q_n = (b_1' + h_1) \gamma \lambda_2 / n_6, \text{ кПа}$$

де λ_2 – коефіцієнт бічного розпору; n_6 – коефіцієнт запасу міцності боків.

$$q_n = (1,66 + 3,03) * 2420 * 0,217 * 10 / 1,24 = 19864 \text{ Па} = 19,86 \text{ кПа}$$

$$\lambda_2 = \text{tg}^2(45^\circ - 40/2) = 0,217$$

Стрижень із круглої гладкої сталі класу А-1 діаметром $d_c = 0,016 \text{ м}$; розрахунковий опір сталі $R_p = 210 \text{ МПа}$; бетон М400, що має зчеплення зі стрижнем $\tau_1 = 11 \text{ МПа}$; розрахункова довжина закладення $l_3 = 0,4 \text{ м}$; діаметр шпuru $d_{ш} = 0,036 \text{ м}$; питоме зчеплення бетону з породою $\tau_2 = 1 \text{ МПа}$; шпури сухі $m_1 = 0,75$.

Розрахункова несуча здатність стрижня анкера (Н) з умови його міцності на розрив:

$$P_{\text{с}} = F R_p m = 3,8 * 10^4 \text{ Н},$$

де F – площа поперечного перерізу стрижня, м^2 ; R_p – розрахунковий опір матеріалу стрижня розтягуванню, МПа ; m – коефіцієнт умов роботи стрижня анкера.

Розрахункова несуча здатність стрижня анкера (Н) з умови його закріплення в бетоні:

$$P_3 = \pi d_c \tau_1 l_3 k_1 m_1 = 3,14 * 0,016 * 11 * 10^6 * 0,4 * 0,55 * 0,75 = 9,1 * 10^4 \text{ Н}$$

де d_c – діаметр арматурного стрижня, м; τ_1 – питоме зчеплення стрижня з бетоном, Па; l_3 – розрахункова довжина закладення, м; m_1 – коефіцієнт умов роботи замка.

Розрахункова несуча здатність замка (Н) з умови його закріплення в бетоні:

$$P'_3 = \pi d_{ш} \tau_2 l_3 k_1 m_1 = 3,14 * 0,036 * 10^6 * 0,4 * 0,75 = 4,2 * 10^4 \text{ Н}$$

де $d_{ш}$ – діаметр шпуру, м; τ_2 – питоме зчеплення бетону з породою, Па; l_3 – розрахункова довжина закладення, м; m_1 – коефіцієнт умов роботи замка.

Як розрахункова несуча здатність анкера P_a приймається найменше значення з P_c , P_3 або P'_3 .

$$P_a = P_c = 3,8 * 10^4 \text{ Н}$$

Довжина анкера визначається з урахуванням зон можливого обвалення або відшарування порід, що залежать від запасу міцності порід покрівлі та боків, форми виробки і розрахункової схеми гірського тиску.

$$l_a = \frac{B}{\sqrt{f}} + K \text{ м,}$$

де B – ширина виробки у чорні, м; K – коефіцієнт, що приймається рівним 0,4-0,5 при ширині виробки $B < 3,5$ м і 0,15-0,2 при $B > 3,5$ м; f – коефіцієнт міцності порід за М. М. Протод'яконовим.

$$l_a = \frac{5}{\sqrt{12}} + 0,2 = 1,64 \text{ м}$$

Довжина анкера в покрівлі виробки приймається рівною не менше 1,0 м і не більше 2,5 м (рідко 3 м).

Приймаємо довжину анкера 1,7 м.

Щільність розташування анкерів у покрівлі за формулою:

$$S = q'_2 n_n / P_a, \text{ шт/м}^2$$

$$S = 40,172 \cdot 10^3 * 1,2 / (3,8 \cdot 10^4) = 1,27 \text{ шт/м}^2$$

Відстань між анкерами в покрівлі:

$$a_1 = (1/S)^{1/2} = (1/1,27)^{1/2} = 0,88 \text{ м}$$

Приймаємо встановлення анкерів у покрівлі за сіткою 0,9 х 0,9 м.

Розрахунок щільності розташування анкерів у боку виробки:

$$S' = q_n n_n / P_a, \text{ шт/м}^2$$

$$S' = 19,86 \cdot 10^3 * 1,2 / (3,8 \cdot 10^4) = 0,63 \text{ шт/м}^2$$

Відстань між анкерами у боку при розташуванні їх за квадратною сіткою:

$$a_2 = (1/S')^{1/2} = 1,26 \text{ м}$$

Сітка розташування анкерів у боках приймається 1,3 х 1,3 м.

Кількість анкерів у виробці розраховується для кожної виробки залежно від ширини прольоту.

Товщина торкрет-бетону (набризг-бетону) при комбінованому кріпленні:

$$\delta = 0,35 \sqrt{\frac{q \cdot m}{n_y \cdot R_p}}, \text{ м},$$

де q – інтенсивність нормативного тиску з боку покрівлі, кПа; m – коефіцієнт перевантаження, рівний 1,2; n_y – коефіцієнт умов роботи, рівний 0,85 для неармованого торкрет-бетону і 1 для армованого; R_p – розрахунковий опір

торкрет-бетону розтягуванню для проектних марок бетону В30, В40, В50 відповідно 1200, 1400, 1600 кПа за наявності армування і 1000, 1200, 1350 кПа за відсутності армування.

$$\delta = 0,35 \sqrt{\frac{9,4 \cdot 1,2}{1 \cdot 1400}} = 0,031 \text{ м}$$

Товщина торкрет-бетону приймається рівною 0,05м.

Площа виробки у чорні становить $S_{\text{ч}} = 26 \text{ м}^2$, у проходці $S_{\text{пр}} = 26,8 \text{ м}^2$.

Комбіноване анкерне кріплення представлено на рис. 3.4.

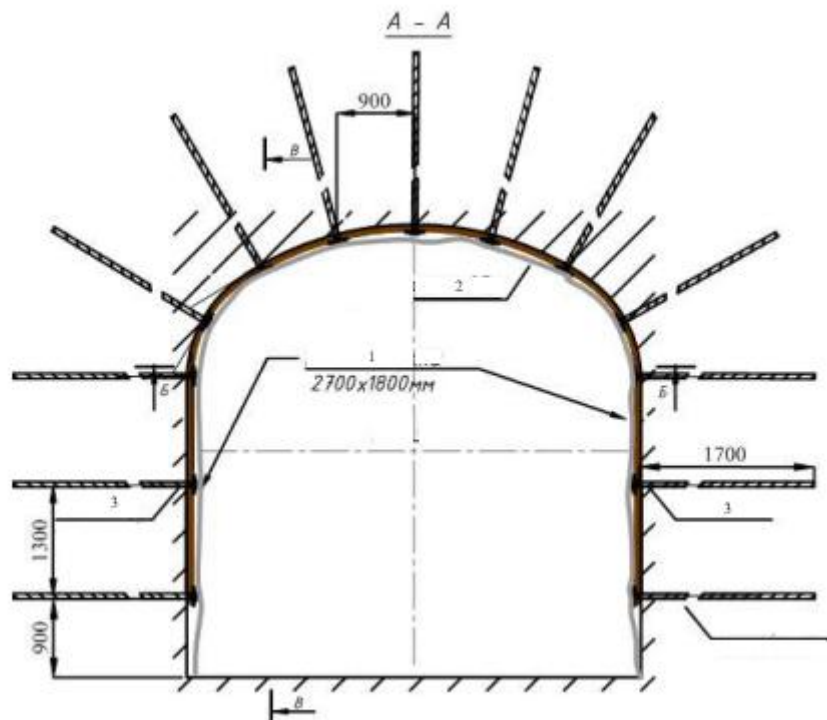


Рис. 3.4 Комбіноване анкерне кріплення :

1 - металева сітка; 2 - опорна шайба; 3 - анкер арматурний ($d=16 \text{ мм}$)

Для проходки виробки прямокутно-склепінчастої форми застосовують прямий вруб. Прямі вруби утворюють шпурами, пробуреними перпендикулярно до поверхні вибою. При цих врубах, як правило, один або кілька шпурів

залишають незарядженими для створення додаткової відкритої поверхні, що полегшує прояв руйнівної дії інших шпурів.

Кількість врубових шпурів становить від двох до десяти. Раціональна глибина заходки 2,1 м. Довжина врубових шпурів 2,3 м.

Оббурювання вибою здійснюється згідно з паспортом БВР (буровибухових робіт). Спочатку буряться врубові шпури, потім допоміжні та оконтурювальні.

Допоміжні шпури призначені для розширення порожнини, утвореної вибухом зарядів врубових шпурів. Заряди в цих шпурах підривають відразу ж після вибуху зарядів у врубових шпурах. Допоміжні шпури розташовують рівномірно по площі вибою між врубовими та оконтурювальними шпурами.

Оконтурювальні шпури слугують для відбійки гірничої маси до проектного контуру поперечного перерізу виробки. Розташовуються вони по периметру вибою виробки на відстані 0,2-0,25 м від контуру виробки. Заряд ВР (вибухової речовини) в них підривають останніми.

Підошовні шпури слугують для вирівнювання підошви вибою. У процесі буріння підошовні шпури заливає водою, і для запобігання відмовам ВР та прострілам, шпури заряджають патронованим водостійким амонітом.

Розрахунок проводиться за загальноприйнятою нормативною методикою [7].

Як основний тип ВР приймаємо промислову гранульовану вибухову речовину (типу ANFO / ігданіт). Її параметри: працездатність (P) = 330 см³, щільність заряджання (Δ) = 1,1 г/см³.

Як патрон-бойовик приймаємо патронований водостійкий амоніт. Його параметри: d_p = 32 мм; маса патрона – 230 г; довжина патрона – 200 мм.

Загальна кількість шпурів у вибої:

$$N = \frac{12,7 \cdot q_{\text{в}} \cdot S}{\Delta \cdot d_n^2 \cdot K_3}$$

де $q_{вр}$ – питома витрата ВР оббуреної породи, кг/м³; d_n – діаметр патрона ВР, см; S – переріз виробки в проходці, м²; Δ – щільність ВР, г/см³; K_3 – коефіцієнт заповнення шпурів, частки од.

$$N = \frac{12,7 \cdot 1,66 \cdot 26,8}{1,1 \cdot 3,6^2 \cdot 0,6} = 66 \text{ шт.}$$

Питома витрата ВР:

$$q_{вр} = 0,1 f f_0 U m e$$

$$q_{вр} = 0,1 \cdot 12 \cdot 1,3 \cdot 1,3 \cdot 0,88 \cdot 0,93 = 1,66 \text{ кг/м}^3$$

де f – коефіцієнт міцності порід за шкалою проф. М. М. Протод'яконова; f_0 – коефіцієнт структури породи; U – коефіцієнт затиснення, що враховує величину площі вибою виробки та кількість оголених площин; m – коефіцієнт, що враховує діаметр коронки; e – коефіцієнт працездатності ВР, що дорівнює відношенню працездатності 62%-го еталонного динаміту та працездатності застосовуваної ВР.

$$U = 6,5/\sqrt{S}$$

$$U = 6,5/\sqrt{26,8} = 1,3$$

Приймаємо прямий вруб.

Кількість врубових шпурів:

$$N_{вр} = (h_k / a) + 2$$

$$N_{вр} = (1,4 / 0,4) + 2 = 6 \text{ шт.}$$

де $a = 0,4$ – відстань між парами суміжних шпурів, м; h_k – висота прямого врубу, м.

Висота врубу визначається за формулою:

$$h_k = W_{отб} = 47 \cdot d_3 \cdot \sqrt{\frac{\Delta}{\gamma \cdot e \cdot U_{отб}}}$$

$$h_k = W_{отб} = 47 \cdot 0,036 \cdot \sqrt{\frac{1,1}{2,42 \cdot 0,93 \cdot 0,73}} = 1,4 \text{ м}$$

Кількість оконтурювальних шпурів розраховується за формулою:

$$N_{ок} = 4,1 \sqrt{S \cdot b}$$

$$N_{ок} = 4,1 \sqrt{26,8 \cdot 0,5} = 15 \text{ шт.}$$

Кількість допоміжних шпурів розраховується за формулою:

$$N_{доп} = N - N_{вр} - N_{ок},$$

$$N_{доп} = 66 - 6 - 15 = 45 \text{ шт.}$$

Перевірка розрахункової кількості шпурів виконується методом графічного побудови. При розташуванні шпурів враховують зручність розміщення бурового обладнання, а також відстані між суміжними шпурами та між суміжними рядами шпурів.

Оконтурювальні шпури, залежно від міцності порід, бурять на відстані 0,4-1,0 м один від одного.

Графічно вийшло 69 шпурів (рис. 2.5).

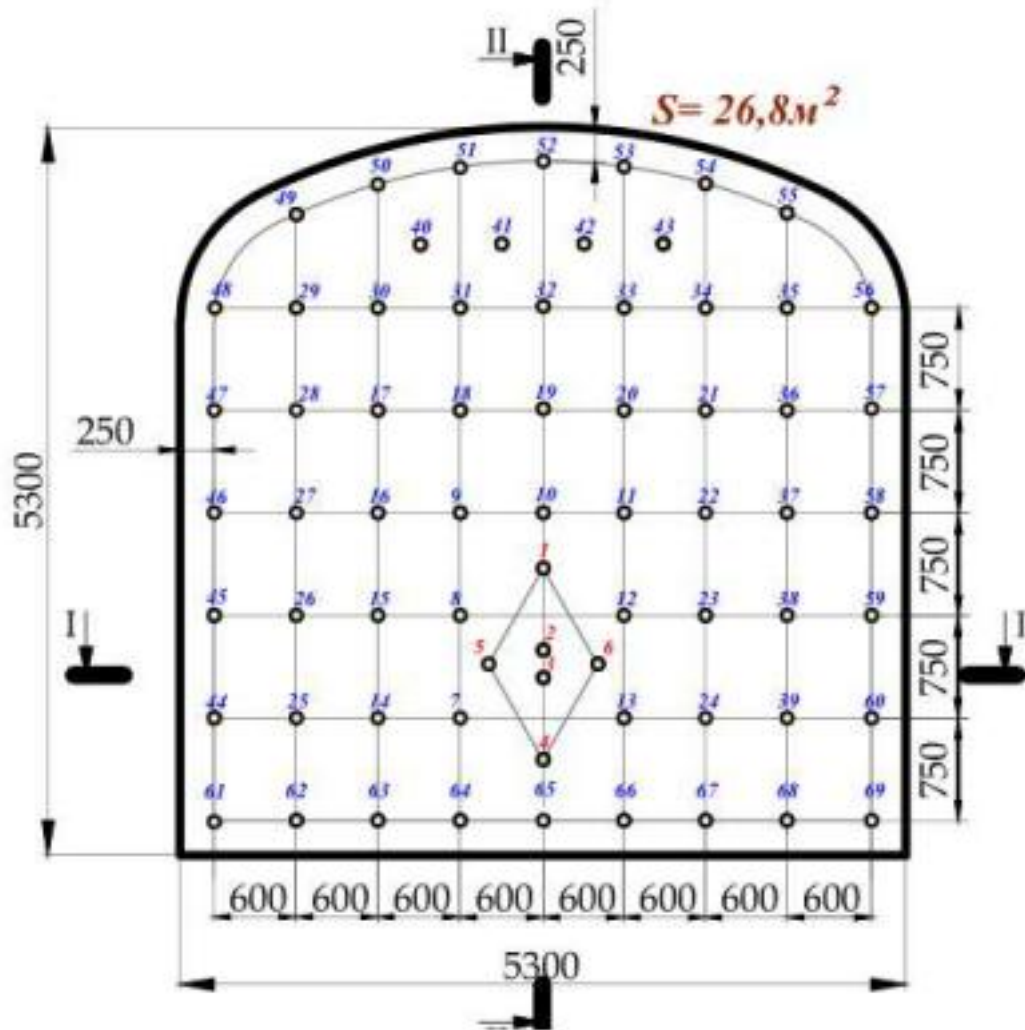


Рисунок 2.5 – Схема розташування шпурів.

Комплексна норма часу (H_k) необхідна для розрахунку потреби в трудовитратах при проектуванні організації робіт у вибої, розрахунку довжини заходки, а також розрахунку оплати праці прохідників. Розрахунок комплексної норми часу виконується в наступному порядку:

1. За технологічними вимогами та гірничо-геологічними умовами проектується поперечний переріз виробки у світлі та в чорні, вид і конструкція кріплення, спосіб і схема проведення, необхідне прохідницьке обладнання та комплекс БВР. Підраховуються обсяги робіт за кожним процесом на проведення 1 м виробки.

2. За чинними нормативними документами з нормування праці в гірничій промисловості [8] відповідно до проектних рішень для кожного процесу

обираються табличні попроцесні норми часу (H_t) та поправкові коефіцієнти до них. Необхідна "встановлена" попроцесна норма (H_y) обчислюється з урахуванням відповідних поправкових коефіцієнтів.

3. Розрахунок комплексної норми часу (H_k) виконують у формі таблиці (табл. 2.6). При цьому під час визначення трудовитрат за процесом слід враховувати кількість прохідників, якщо норма часу дається в людино-годинах – тобто розділити (T) на кількість робітників (n). Якщо норма наводиться в машино-годинах або на ланку робітників, то (T) за процесом необхідно розділити на кількість машин (n) або кількість ланок робітників (n), зайнятих на даному процесі.

Кількість робітників у ланці (зміні) приймається виходячи з необхідної швидкості проходки та з можливості розміщення їх у виробці. При несамохідній техніці та швидкості проходки до 150 м/міс. чисельність ланки становить з розрахунку 2,5-3,0 м² площі вибою на людину, а при більш високих швидкостях – 1,5-2,0 м²/люд. При самохідній техніці чисельність ланки становить з розрахунку 6-20 м²/люд.

Глибина шпурів визначається, виходячи з трудомісткості гірничопрохідницького циклу, з наступних положень.

Тривалість циклу складається з часу виконання окремих процесів і операцій: розмітки шпурів, підготовчих і заключних робіт під час буріння шпурів; безпосередньо буріння шпурів; заряджання і підривання зарядів; провітрювання; підготовчо-заключних робіт під час навантаження породи; навантаження породи; зведення постійного та тимчасового кріплення, настилання рейкової колії, монтажу трубопроводів та інших допоміжних робіт. Глибину шпурів визначають через комплексну норму часу. Для складання комплексної норми часу (H_k) обчислюють обсяги робіт для кожного процесу на один метр посусування вибою.

При цьому визначається можливість суміщення окремих процесів у часі (наприклад, встановлення анкерного кріплення та буріння шпурів, зведення постійного бетонного кріплення з бурінням шпурів тощо), а також можливість

здійснення окремих процесів під час міжзмінного перерви (наприклад, заряджання, підривання і провітрювання можна виконувати в перерву між змінами).

Тим самим збільшується час на бурові роботи та відвантаження відбитої породи, а отже, збільшується і довжина заходки за зміну (табл. 3.6).

Таблиця 3.6– Розрахунок комплексної норми часу

Найменування процесу	Норма часу (люд.год/од)			Обсяг робіт на 1 м виробки, V_i	Кількість робітників, люд.	Трудовитрати за процесом T_i , люд.год/пог.м
	Таблична H_t	Коеф. складності	Встановлена H_u			
Буріння	0,04	1	0,04	71,9	1	2,8
Заряджання	0,039	1	0,039	41,25	3	0,54
Навантаження	0,053	/ 0,85	0,062	28,14	1	1,75
Кріплення залізобетонними анкерами	0,19	1	0,19	14	2	1,33
Разом						6,4

До основних показників БВР відносять: об'єм гірничої маси, відбитої за вибух; загальну та питому витрату шпурометрів, вибухових матеріалів, а також швидкість і тривалість спорудження виробки.

Об'єм гірничої маси, відбитої за вибух:

$$V_{ц} = S l_{ц}$$

$$V_{ц} = 26,8 * 4,3 = 115,24 \text{ м}^3$$

Витрата шпурометрів на цикл:

$$L_{ц} = l_{вр} N_{вр} + l_{от} N_{от} + l_{ок} N_{ок}$$

$$L_{ц} = 2,3 * 6 + 2,1 * 26 + 2,1 * 37 = 141,6 \text{ м}$$

Витрата шпурометрів на 1 пог. м виробки:

$$L_{1M} = L_{\text{ц}} / l_{\text{ц}}$$

$$L_{1M} = 143,1 / 2 = 71,55 \text{ м/м}$$

Витрата шпурометрів на 1 м³ виробки:

$$L_{1M3} = L_{\text{ц}} / V_{\text{ц}}$$

де $l_{\text{вр}}$, $l_{\text{от}}$, $l_{\text{ок}}$ -глибина відповідно врубових, відбійних та оконтурювальних шпурів у комплекті, м.

$$L_{1M3} = 253,05 / 115,24 = 1,24 \text{ м/м}^3$$

Витрата засобів ініціювання (ЗІ) визначається на цикл та на 1 м проходки виробки.

Витрата електричних проводів при електричному способі підривання дорівнює довжині магістрального проводу, що пошкоджується шматками породи, які розлітаються під час вибуху (до 25 - 35 м).

Фактична місячна швидкість проходки виробки, м/міс.:

$$E_{\text{ф}} = l_{\text{ц}} n_{\text{рд}} n_{\text{см}} n_{\text{ц}}$$

де $n_{\text{рд}}$ $n_{\text{см}}$ $n_{\text{ц}}$ - відповідно кількість робочих днів у місяці, кількість прохідницьких змін на добу та кількість циклів у зміні, шт.

$$E_{\text{ф}} = 2 * 30 * 2 * 1 = 120 \text{ м/міс.}$$

Тривалість спорудження виробки, міс.:

$$T = L / E_{\text{ф}}$$

де L - довжина гірничої виробки, м.

$$T = 1000 / 120 = 8,3 \text{ міс.}$$

Таблиця 3.7 Основні показники буровибухових робіт

Найменування показника	Одиниця виміру	Значення
Переріз виробки в проходці	м ²	26,8
Довжина виробки	м	1000
Кількість шпурів на цикл	шт.	69
Глибина шпурів у комплекті	м	141,6
Коефіцієнт використання шпура (КВШ)	частки од.	0,96
Посування вибою за вибух	м	3,5
Об'єм гірничої маси, відбитої за вибух	м ³	115,24
Витрата шпуromетрів:		
– на цикл	м	141,6
– на 1 пог. м виробки	м	71,55
– на 1 м ³	м	1,24
Витрата вибухових речовин (ВР):		
– на цикл	кг	84,5
– на 1 пог. м виробки	кг	24,1
– на 1 м ³	кг	0,73
Витрата засобів ініціювання (ЗІ) на цикл / на 1 пог. м:		
– Патронована ВР (бойовик)	кг	16 / 8
– Детонуючий шнур (ДШ)	м	5 / 2,5
– Неелектрична система ініціювання (НСІ)	шт.	69 / 34,5
– Електродетонатори	шт.	1 / 0,5
Прохідницькі показники:		
Місячна швидкість проходки виробки	м/міс.	120
Тривалість спорудження виробки	міс.	8,3

4. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

Розкриття родовища є одним із найвідповідальніших і найвитратніших етапів освоєння. Для літєвих родовищ, які набувають стратегічного значення в контексті глобального переходу до електромобілів, питання правильної оцінки гірничо-геологічних умов набуває особливої актуальності.

Родовище розташоване в субарктичному регіоні зі складними кліматичними та логістичними умовами. Рельєф місцевості являє собою розчленоване низькогір'я з абсолютними відмітками 600–800 м над рівнем моря. Район розташовується в зоні суцільної багаторічної мерзлоти.

Промислове зруденіння літію приурочене до субмеридіональних зон, складених кварц-сподуменовими та пегматитовими жилами. Головним рудним мінералом є сподумен ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$) із вмістом Li_2O 1,8–4,5%. Підпорядковане значення має лепідоліт. Вміщуючими породами виступають крейдові андезити, їхні туфи та палеогенові ріоліти.

Морфологія рудних тіл ускладнена пострудними тектонічними порушеннями. Загальна протяжність рудної зони понад 4,5 км, за падінням – до 700 м.

Таблиця 4.1 Параметри рудних тіл літєвого родовища

Параметр	Рудне тіло №1	Рудне тіло №2 (Північна ділянка)
Потужність, м	5,0–20,7	3,0–12,5
Кут падіння, °	75–90	70–85
Протяжність за простяганням, м	2700	1000
Вміст Li_2O , %	1,8–4,5	1,2–3,1

Масив гірських порід контролюється зоною зчленування Головного регіонального розлому з дуговими розривами. Тріщинуватість масиву порід

оцінюється як підвищена: модуль тріщинуватості досягає 6–10 тріщин на 1 м у рудній зоні.

На площі родовища гірничо-геологічні умови цілком визначаються наявністю суцільної багаторічної мерзлоти. Положення нижньої межі мерзлоти товщі досягає 500–800 м.

У межах мерзлоти товщі комплексу вільна гравітаційна вода відсутня, вона перебуває у вигляді льоду, заповнюючи тріщини. Глибина сезонного відтавання становить 0,2–1,5 м. Нижче кріогенної товщі можливі незначні напірні підмерзлотні води.

Оскільки основні гірничо-капітальні виробки (вентиляційний та транспортний похили) проходяться в багаторічномерзлому масиві (до горизонту 200–300 м), прямі водопріпливи практично відсутні. Незначні надходження води (до 3–4 м³/год) можливі лише при перетині глибоких підмерзлотних розломів на нижніх горизонтах.

Головною проблемою замість відкачування води є ризик розтавлення мерзлих порід. При надходженні теплого вентиляційного повітря влітку лід у тріщинах тоне, що призводить до куполування та обвалів. Для запобігання цьому передбачається:

1. Охолодження (кондиціонування) повітря, що подається в шахту в літній період.
2. Застосування посиленого комбінованого анкерного кріплення з металевою сіткою для утримання блоків породи при поверхневому відтаванні.

У межах розкривної зони родовища виділяються міцні ефузивні та субвулканічні породи (табл. 4.2):

- Андезити та базальти ($f = 12–18$). Міцні, стійкі породи, що складають основу масиву.
- Ріоліти та дайки ($f = 10–12$). Субвулканічні породи, що часто супроводжують рудні зони.
- Гідротермально-змінені породи та мілоніти ($f = 4–8$) у зонах тектонічних порушень. Схильні до деформування.

Таблиця 4.2 Фізико-механічні властивості гірських порід (в мерзлому стані)

Властивість	Андезити	Ріоліти / Кварц-сподуменові руди	Тектонічні брекчії / мілоніти
Об'ємна маса, т/м ³	2,58	2,36	2,20–2,35
Межа міцності на стиск, МПа	120–160	90–110	30–50
Коефіцієнт міцності за Протод'яконовим	12–18	10–12	4–8
Кут внутрішнього тертя, °	45–50	40–45	28–32
Пористість, %	2,7	5,8	до 10

За класифікацією RMR масив андезитів має клас II (хороша стійкість, RMR 65-75). Однак зони інтенсивної тріщинуватості з льодом при розтепленні переходять у клас IV (слабка стійкість, RMR 30-40), що вимагає оперативного зведення анкерного кріплення та торкрет-бетону.

Літієве родовище відноситься до категорії негазоносних. Однак усі ефузивні породи містять вільний діоксид кремнію (SiO₂ від 20% до 70%), що відносить їх до силікозонебезпечних. Особливістю мерзлих порід є підвищене пилоутворення при руйнуванні через їхню крихкість, що вимагає використання спеціальних незамерзаючих розчинів для пилоподавлення.

Температура гірських порід у масиві становить -7,0°C. Завданням під час будівництва є недопущення переходу температури стінок виробок через 0°C.

Для комплексної оцінки складності гірничо-геологічних умов розкриття літієвого родовища в субарктичній зоні використано інтегровану методику. Вона базується на нормативних документах щодо спорудження підземних виробок у складних умовах, адаптованих до специфіки кріолітозони (багаторічної мерзлоти).

Загальний показник складності (ПС) розраховується як зважена сума балів за сімома основними категоріями факторів, кожен з яких безпосередньо впливає на безпеку, технологію проходки та економіку будівництва. Діапазон можливих значень становить від 0 до 100 балів.

Ухвалено таку нормативну градацію:

- I категорія (прості умови) – ПС = 0–25 балів;
- II категорія (середня складність) – ПС = 26–50 балів;
- III категорія (складні умови) – ПС = 51–75 балів;
- IV категорія (особливо складні умови) – ПС = 76–100 балів.

Кожен геологічний та кліматичний фактор оцінювався з урахуванням його дестабілізуючого впливу на гірничий масив під час проведення вентиляційного та транспортного похилів.

Таблиця 4.3 Матриця комплексної оцінки складності гірничо-геологічних умов

Фактор оцінки	Макс. вага (бали)	Фактичний бал	Інженерно-геологічне обґрунтування оцінки
1. Геокріологічний фактор (мерзлота)	25	22	Наявність суцільної мерзлоти до глибини 800 м створює постійний ризик деградації льодоцементу у тріщинах під час подачі теплого рудникового повітря. Це вимагає застосування дороговартісних систем термостабілізації та спеціального анкерного кріплення для утримання приконтурного шару порід при їхньому розтепленні.
2. Температурний та кліматичний режим	15	13	Екстремальні перепади температур (від -65°C на поверхні взимку до $+5...+8^{\circ}\text{C}$ у шахті влітку) призводять до знакозмінних температурних деформацій масиву та кріплення. Зимові умови критично ускладнюють наземну логістику, спричиняють перемерзання трубопроводів та вимагають підігріву повітря в зимовий період.

Фактор оцінки	Макс. вага (бали)	Фактичний бал	Інженерно-геологічне обґрунтування оцінки
3. Міцність і стійкість масиву	20	12	Переважає більшість масиву складена міцними андезитами та ріолітами ($f=10-18$), що відносяться до II класу за RMR. Однак бал знижено через наявність зон тектонічних брекчій та мілонітів, стійкість яких різко падає (до IV класу) при відтаванні льодового заповнювача.
4. Тектонічна порушеність	15	11	Масив має складну блокову будову, розбитий регіональними та локальними розломами. Висока густота тріщин (до 10 на 1 пог. м) збільшує витрати бурового інструменту та ризики локальних вивалів у покрівлі виробок.
5. Пиловий фактор та складність буріння	10	7	Високий вміст кристалічного діоксиду кремнію (SiO_2) в ефузивних породах створює серйозну силікозонебезпеку. Оскільки в умовах мерзлоти застосування класичного мокрого пилоподавлення обмежене, необхідно використовувати розчини хлористого натрію, що ускладнює технологію і підвищує корозію обладнання.
6. Водонасиченість	10	2	Фактор відіграє позитивну роль: гравітаційна вода в мерзлоті відсутня. Високі водоприпливи не прогножуються, що значно спрощує та здешевлює схему водовідливу
7. Газодинамічна небезпека	5	1	Родовище негазоносне, загрози раптових викидів газу або вугільного пилу немає.

За результатами проведеної багатофакторної комплексної оцінки (ПС = 68 балів), гірничо-геологічним умовам розкриття модельного літєвого родовища присвоюється III категорія (складні гірничо-геологічні умови).

Отримана оцінка дозволяє зробити наступні концептуальні висновки, які є визначальними для подальшого проектування та експлуатації родовища:

1. Домінанта геокріологічного фактору: Складність умов продиктована не слабкістю самих гірських порід, а їхнім перебуванням у замороженому стані. Механіка багаторічномерзлого масиву кардинально відрізняється від звичайних умов: стійкість виробки напряду залежить від теплового балансу. Навіть найміцніші гранітоїди та андезити за наявності льоду в тріщинах швидко втрачають несучу здатність при локальному відтаванні (так звана «температурна повзучість»).

2. Необхідність адаптивних технологій кріплення: Традиційне жорстке кріплення (монолітний бетон) у таких умовах може руйнуватися через знакозмінні сезонні коливання стінок виробки (стиснення взимку, розширення/осідання влітку). Обґрунтованим є перехід до гнучкого, податливого комбінованого кріплення (глибокі залізобетонні анкери, що кріпляться у нерозтепленому масиві, у поєднанні з металевією сіткою та торкрет-бетоном), яке здатне витримувати деформації приконтурного шару.

3. Логістичні та кліматичні виклики: Будівництво капітальних виробок (транспортного та вентиляційного похилів) вимагатиме застосування спеціалізованої самохідної техніки (в арктичному виконанні), стійких до низьких температур вибухових речовин та реагентів для пилоподавлення.

4. Мінімізація гідрогеологічних ризиків: Єдиним пом'якшувальним фактором, що не дозволив перевести родовище до IV категорії (особливо складні умови), є відсутність інтенсивних водопритоків, що позбавляє підприємство необхідності будувати надпотужні насосні станції та проводити суцільну цементацію масиву.

Отже, успішне спорудження гірничо-капітальних виробок на даному об'єкті вимагає нестандартного підходу, де управління гірським тиском здійснюється паралельно з жорстким управлінням тепловим режимом шахти.

Виходячи зі складності умов, прийнято рішення про розкриття родовища похилими виробками (транспортний та вентиляційний похили).

Для забезпечення стійкості виробок у мерзлих породах передбачено:

- використання комбінованого кріплення (залізобетонні анкери + металева сітка + торкрет-бетон 50 мм);
- дотримання теплового режиму провітрювання, що запобігає глибокому відтаванню стінок виробок;
- використання спеціальної самохідної прохідницької техніки, адаптованої до низьких температур.

.

5. ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Ведення гірничодобувних робіт на родовищі супроводжується несприятливим впливом на виробниче та природне середовище.

Розвиток несприятливих техногенних впливів спостерігається в межах контуру земельного відводу підприємства, а також на прилеглих до нього землях. Для зниження, мінімізації та нормування ступеня несприятливих техногенних впливів на компоненти навколишнього природного середовища в рамках проектних рішень передбачені різні організаційні та технічні природоохоронні заходи.

Шумові впливи та вібрація

Основними джерелами вібрації та шуму є бурове обладнання, гірнична техніка, головні вентиляторні установки (ГВУ) та вентилятори місцевого провітрювання, а також вибухові роботи в підземних гірничих виробках. Для розбивання негабаритів використовуються накладні заряди. Заходів щодо зниження шумового впливу вибухових робіт на поверхні не передбачено.

Для зниження механічного шуму від гірничого обладнання передбачаються наступні заходи:

- використання шумопоглинаючих матеріалів, перегородок, вібро- та шумопоглинаючих прокладок і еластичних муфт;
- використання приєднаних або вбудованих глушників.

Обладнання, що використовується на гірничих роботах, сертифікується, в тому числі, за умовами шумоутворення та вібраційного впливу. Шумовий вплив гірничодобувного підприємства на родовищі не перевищує шумовий вплив аналогічних гірничодобувних підприємств. Мала щільність тваринного світу в районі родовища забезпечує мінімальний вплив шумів на представників тваринного світу.

Викиди шкідливих (забруднюючих) речовин в атмосферне повітря

Основними джерелами виділення забруднюючих речовин в атмосферу від об'єктів гірничодобувного комплексу є:

- буровибухові роботи в кар'єрі, штольнях;
- підземна вантажно-транспортна техніка;
- гірнича техніка поверхневого комплексу - бульдозери, навантажувачі, самоскиди;

- процес транспортування руди на склад;
- процес роботи з формування складу руди та пустих порід.

Основними забруднюючими речовинами атмосферного повітря є:

- оксид вуглецю (клас небезпеки - 4) – 366,38796 т/рік;
- пил неорганічний, 20-70% SiO_2 (клас небезпеки - 3) – 302,24634 т/рік;

- діоксид азоту (клас небезпеки - 3) – 341,26111 т/рік;
- оксид азоту (клас небезпеки - 3) – 54,00242 т/рік;
- сірки діоксид (клас небезпеки - 3) – 151,52008 т/рік;
- сажа (клас небезпеки - 3) – 20,18824 т/рік.

Передбачено виконання комплексу заходів щодо охорони та раціонального використання атмосферного повітря:

- пилоподавлення при бурових роботах у кар'єрі та підземних гірничих виробках;
- застосування каталітичних установок очищення продуктів згоряння дизельного палива для генераторів дизельних електростанцій (ДЕС), автотранспорту та самохідної гірничої техніки;
- планове обслуговування та ремонт ДЕС, гірничої та транспортної техніки з регулюванням вузлів паливної апаратури;
- зрошення в літній період ділянок вантажно-розвантажувальних робіт та складування руди і пустої породи;
- систематичний полив технологічних та під'їзних доріг;
- оперативна інженерно-біологічна рекультивація та консервація площинних техногенних джерел пилоутворення;

- виробничий контроль дотримання нормативів гранично допустимих викидів (ГДВ) та відповідності нормативам якості повітря робочої зони і атмосферного повітря.

Заходи щодо регулювання викидів шкідливих речовин в атмосферу в період несприятливих метеорологічних умов (НМУ) передбачають короточасне скорочення викидів, що призводять до формування рівня забруднення повітря, до рівня, що спостерігається за відсутності НМУ. Регулювання викидів здійснюється з урахуванням прогнозу НМУ на основі попереджень про можливе небезпечне зростання концентрацій домішок у повітрі з метою його запобігання.

У разі отримання керівництвом підприємства інформації про несприятливий метеорологічний прогноз, передбачаються заходи організаційного характеру, що відповідають 1 режиму роботи в періоди НМУ:

- контроль за точним веденням технологічного процесу роботи підприємства;
- контроль за точним дотриманням технологічного регламенту запуску та прогріву двигунів автотранспорту;
- контроль за точним дотриманням технологічного регламенту спалювання палива в дизельних генераторах.

Охорона поверхневих та підземних вод

Поверхневі водні об'єкти.

Річкова мережа району (річки III порядку) з притоками (струмки I-II порядків) дренає майданчики розміщення наступних об'єктів видобувного комплексу підприємства:

- кар'єр;
- підземний рудник;
- полігони складування пустих порід.

Хімічний склад та властивості води в контрольному створі основної річки, що є замикаючим створом ділянки водокористування підприємства, формується здебільшого під впливом стоку притоки, що впадає в неї вище контрольного створу. Хімічний склад води цієї притоки зумовлений дренажем порід рудного

поля родовища, що являє собою природну геохімічну аномалію з високим вмістом сульфідів металів. Аналогічний хімічний склад і властивості води характерні і для інших приток.

Підземні водні об'єкти.

Водозабір представлений групою гідрогеологічних свердловин, що каптують алювіальний горизонт (свердловина спостережна) та водоносну зону тріщинуватості вулканогенних корінних порід (робоча та резервна свердловини). Глибина алювіального горизонту становить 27,4 м; водоносна зона тріщинуватості знаходиться в інтервалі 27,4 – 60,0 м. Експлуатаційні запаси родовища підземних вод становлять 2,88 тис. м³/добу.

За хімічним складом води прісні, сульфатно-гідрокарбонатні, натрієво-кальцієві, мінералізація води не перевищує 120 мг/дм³. Якість підземних вод за результатами хімічних та бактеріологічних аналізів відповідає нормативним вимогам.

Заходи щодо охорони водних ресурсів

Гірничі роботи передбачається супроводжувати з виконанням комплексу спеціальних заходів щодо охорони та раціонального використання водних ресурсів. Основними заходами, спрямованими на запобігання та/або мінімізацію наднормативного техногенного впливу на водні ресурси, є:

- розміщення об'єктів видобувного комплексу за межами водоохоронних зон та прибережних захисних смуг водотоків;
- мінімізація використання природних вод у технологічних процесах за рахунок використання оборотного водопостачання;
- відведення від майданчиків підприємства природного поверхневого стоку та запобігання його забрудненню;
- повне виключення скидання виробничих, господарсько-побутових, зливових та кар'єрних стоків у навколишнє середовище. Всі стоки збирають і накопичують у хвостосховищі рудника;
- організація зон санітарної охорони джерела водопостачання;

- виконання виробничого контролю (екологічного моніторингу) природних водних об'єктів, активних та потенційних джерел їх забруднення.

Управління відходами

Діяльність підприємства на родовищі супроводжується утворенням типових для гірничодобувної промисловості відходів виробництва та споживання, структура і маса яких визначається способом розробки родовища та технологією переробки руд, складом і кількістю використовуваних матеріалів, речовин та обладнання.

Управління відходами, що утворюються на підприємстві, проводиться у встановленому порядку відповідно до нормативних документів у сфері поводження з відходами та розробленими нормативами їх утворення і лімітами розміщення. Нормативи та обсяги утворюваних відходів визначені за розрахунковими програмами, питомими нормативами та фактичними обсягами утворення.

Відповідно до застосовуваних технологій ведення гірничих робіт та виробничих операцій допоміжного комплексу на підприємстві утворюються виробничі відходи I-V класів небезпеки, а також побутові відходи IV і V класів небезпеки.

Заходи щодо управління відходами

З метою запобігання негативному впливу відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини, на території родовища планується здійснювати необхідні заходи, які включають кількісний та якісний облік утворення і накопичення відходів, використання відходів як вторинного джерела сировини, передачу іншим організаціям, забезпечення збору та розміщення відходів у спеціально відведених місцях.

Заходи попереднього характеру щодо руху відходів виробництва і споживання спрямовані на забезпечення безпечного порядку поводження з відходами, зокрема:

- облаштування майданчиків/ділянок тимчасового зберігання забезпечує організований збір відходів у визначеному місці та поділ за ступенем небезпеки;
- зберігання небезпечних відходів – першого, другого і третього класу небезпеки в герметичних ємностях з обмеженням вільного доступу та організованою задачею для утилізації;
- передача небезпечних відходів стороннім організаціям або використання в технологічному процесі як вторинної сировини;
- спалювання відходів у спеціальній сміттеспалювальній установці;
- поховання на власних об'єктах розміщення малонебезпечних і практично безпечних відходів.

Заходи щодо розміщення відходів

- розміщення відходів збагачення руди в спеціальних сховищах, обладнаних протифільтраційним екраном, що забезпечує захист поверхневих і підземних вод навколишнього природного середовища від забруднення;
- пошарове захоронення маси твердих побутових і виробничих відходів у земляних траншеях полігону твердих побутових та промислових відходів;
- спорудження системи водовідвідних і нагірних каналів для запобігання підтопленню та розмиву майданчиків накопичувачів поверхневими стоками атмосферних опадів.

Виробничий контроль відходів

Перераховані вище технічні заходи загалом достатні для нормативного забезпечення безпечного утворення та поводження з відходами на підприємстві. До них слід також додати здійснення виробничого лабораторно-аналітичного, санітарно-гігієнічного та екологічного контролю, до складу якого входять наступні режимні спостереження, що здійснюються в рамках цілісного екологічного моніторингу підприємства і навколишнього природного середовища:

- складу і властивостей стічних, природних поверхневих і підземних вод у системі: «полігон, ділянка розміщення та утворення відходів – контрольна свердловина – водоприймач»;
- складу і властивостей повітря приземної атмосфери, ґрунтів і рослинності в межах санітарно-захисної зони полігону розміщення і зберігання відходів;
- здійснення регламенту безпечної та безаварійної роботи полігону та ділянок розміщення, спеціального обладнання та агрегатів, споруд і машин з доставки, знешкодження та утилізації відходів;
- порядку передачі на утилізацію відходів виробництва (відпрацьованих ртутних ламп, відпрацьованих акумуляторів, брухту чорних металів, пластикової крихти);
- безпечного, нормативного санітарного та екологічного утримання територій виробничих, житлових і навколишніх сельбищних зон родовища.

Охорона тваринного світу

Технічні рішення несуть у собі аспекти як загального природоохоронного характеру, так і цілеспрямованої охорони тваринного світу суші та водойм району родовища. Це стосується, зокрема, розміщення об'єктів підприємства на порушених землях, переважно в поясах гольців і гірських тундр, розташування їх у безпосередній близькості один до одного.

Підприємством регулярно здійснюються компенсаційні платежі за нормовані впливи на природні об'єкти, в тому числі, в частині прямого або непрямого техногенного (негативного) впливу на тварин суші і водойм. Крім того, як додаткові заходи, для зниження факторів занепокоєння і повного недопущення фактів браконьєрства передбачено здійснення низки основних і додаткових технічних та організаційних заходів, включаючи підтримання на підприємстві жорсткої виробничої та громадянської дисципліни.

Заходи загального характеру щодо охорони тваринного світу суші

Заходи передбачають:

- обмеження площі та глибини техногенних впливів на земельні ділянки, що вибувають підприємством під освоєння, збереження на них і прилеглих ділянках природних рослинних і ґрунтових покривів;
- застосування технічних засобів (піддонів, герметичних ємностей, стійких до роз'їдання ущільнювачів, швидкодіючих сорбційних матеріалів тощо), що перешкоджають забрудненню ґрунтів паливно-мастильними матеріалами і хімічними реагентами, які застосовуються в процесі роботи пересувної техніки;
- дотримання правил протипожежної безпеки з метою запобігання пожежам рослинного покриву як середовища існування тварин;
- виробничий контроль техногенних впливів на землі, ґрунти та рослинний покрив.

Заходи спеціального характеру щодо охорони тваринного світу суші

Заходи включають:

- протипаводкові заходи для запобігання змиву та обвалів ґрунту в паводкові періоди;
- усунення вогнищ ерозії та ліквідація її проявів;
- усунення вогнищ термокарсту;
- застосування попереджувальних протиерозійних загороджень з натуральних і синтетичних матеріалів;
- регулярна санація виробничих майданчиків від відходів виробництва і споживання;
- ліквідація проливів паливно-мастильних матеріалів, розсипів хімічних реагентів, аміачної селітри та інших речовин;
- застосування сорбуючих матеріалів для локалізації та очищення місць аварійних розливів і розсипів нафтопродуктів, хімічних реагентів і вибухових матеріалів;
- проведення місцевої рекультивації еродованих і забруднених земельних ділянок.

Впливи на земельні ресурси та їх охорона

Прямі впливи на земельні ресурси під час освоєння родовища відбуваються переважно у вигляді механічних впливів на поверхні та природні компоненти земельних ділянок розміщення та діяльності об'єктів підприємства. Наслідком прямих впливів є формування техногенного рельєфу, часткове і повне знищення природного рослинного і ґрунтового покривів.

Непрямі порушення земельних ресурсів формуються переважно під впливом викидів мінеральних пиловатих частинок (пил неорганічний, що складається на 70-20% з SiO_2) від об'єктів підприємства в атмосферу. Мінеральний пил після розсіювання в атмосфері осідає на денну поверхню (на ґрунти і рослинність влітку, сніговий покрив – взимку) як у межах земельних ділянок підприємства, так і на прилеглі території.

Передбачено виконання наступного комплексу організаційних і технічних заходів, що забезпечують зниження негативних техногенних впливів на земельні ресурси, раціональне їх використання та охорону:

- мінімізація площ порушених земель;
- запобігання забрудненню земель;
- охорона і раціональне використання ґрунтів і потенційно-родючих порід;
- рекультивація порушених земель;
- виробничий контроль (моніторинг) раціонального використання земельних ділянок.

Екологічний моніторинг при виконанні робіт

Основні об'єкти моніторингу навколишнього середовища:

- атмосферне повітря;
- водні об'єкти;
- процеси поводження з відходами виробництва і споживання;
- рослинні та тваринні біоценози;
- земельні ресурси.

Моніторинг водних об'єктів буде здійснено за допомогою регулярного відбору проб води та спостереження за якісним хімічним складом води. Буде здійснено регулярний візуальний моніторинг за станом водоохоронних зон і зон санітарної охорони.

Моніторинг атмосферного повітря буде здійснено за допомогою регулярних вимірів на джерелах викидів шкідливих (забруднюючих) речовин. У межах житлового селища буде здійснено контроль якості повітря в приземному шарі.

Контроль і моніторинг за станом ґрунтів і земельних ресурсів буде здійснено за допомогою візуального спостереження та відбору проб ґрунтів у зонах потенційного впливу виробничих процесів на навколишнє середовище.

У рамках щорічного інженерно-екологічного обстеження району розміщення гірничодобувного підприємства на родовищі буде виконано моніторинг і оцінку впливу на рослинні та тваринні біоценози.

Буде здійснено контроль над обсягами утворення і розміщення відходів виробництва і споживання. Для підтвердження класу небезпеки будуть відібрані проби відходів при видобутку рудних корисних копалин (пульпа і порода), золи від сміттєспалювальної установки.

6. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Складено кошториси у базових цінах на будівництво вентиляційного та транспортного похилів.

У даному розділі представлені зведені локальні кошториси на будівництво вентиляційного та транспортного похилів (табл. 6.1 і 6.2), а також їх техніко-економічні показники (табл. 6.3 і 6.4).

Таблиця 6.1 Кошторисна вартість будівництва вентиляційного похилу

Найменування робіт	Одиниця виміру	Кількість	Прямі витрати, млн. грн
Проходження похилих виробок (до 13°) буровибуховим способом зверху вниз та знизу вгору, переріз 20-40 м², f= 10-12	100 м³	268	10, 531
Установка металевих анкерів у породах з коеф. міцності 10-12, довжина штанг до 1,5 м	100 компл.	78	0,395
Установка залізобетонних штанг у стінках, коеф. міцності 10-12	100 компл.	46	0,201
Штанги (анкери) металеві	т	22,32	0,091
Навішування вентиляційних поліхлорвінілових труб діаметром 0,8 м	100 м	10	0,007
Разом прямі витрати у базових цінах			11, 225
У тому числі фонд оплати праці (ФОП)			0,566
Накладні витрати (95% від ФОП)			0,538
Кошторисний прибуток (50% від ФОП)			0,283
Кошторисна вартість у базових цінах			12,047
Кошторисна вартість у поточних цінах			88,664
Всього з урахуванням ПДВ (20%)			106, 397

Вартість гірничопрохідницьких робіт у локальних кошторисах визначена за усередненими кошторисними нормами. Виконано перерахунок у поточний рівень цін розрахункового року (індекс переведення для субарктичного регіону прийнято на рівні 7,36).

Таблиця 6.2 Кошторисна вартість будівництва транспортного похилу

Найменування робіт	Одиниця виміру	Кількість	Прямі витрати, млн. грн
Проходження похилих виробок (до 13°) буровибуховим способом зверху вниз та знизу вгору, переріз 20-40 м², f= 13-15	100 м³	255	11, 698
Зведення кріплення з бетону при нерухомій дерев'яній опалубці (стіна товщиною до 200 мм)	100 м³	14	1,601
Зведення кріплення з бетону при нерухомій дерев'яній опалубці (склепіння товщиною до 170 мм)	100 м³	19	2,473
Навішування вентиляційних поліхлорвінілових труб діаметром 0,8 м	100 м	10	0,007
Разом прямі витрати у базових цінах			15, 779
У тому числі фонд оплати праці (ФОП)			0,822
Накладні витрати (95% від ФОП)			0,781
Кошторисний прибуток (50% від ФОП)			0,411
Кошторисна вартість у базових цінах			16,972
Кошторисна вартість у поточних цінах			124, 917
Всього з урахуванням ПДВ (20%)			149.900

Накладні витрати прийняті за видами будівництва від фонду оплати праці робітників-будівельників та механізаторів згідно з галузевими методичними вказівками щодо визначення величини накладних витрат у гірничому будівництві

і становлять 95%. Кошторисний прибуток обчислюється від фонду оплати праці робітників і механізаторів за укрупненими нормативами для нового будівництва і становить 50%.

Таблиця 6.3 Техніко-економічні показники вентиляційного похилу

Найменування показника	Значення
1. Переріз виробки у світлі, м ²	25,0
2. Переріз виробки у чорні, м ²	26,0
3. Переріз виробки у проходці, м ²	26,8
4. Довжина виробки, м	1000
5. Загальна кількість шпурів, шт.	69
6. Посування вибою за цикл, м	2,0
7. Коефіцієнт використання шпура (КВШ), частки од.	0,96
8. Тривалість циклу, год.	14
9. Кількість циклів за зміну, шт.	1
10. Кількість циклів за добу, шт.	2
11. Швидкість посування вибою, м/міс.	120
12. Вартість проведення всієї виробки, грн	106 397 446
13. Вартість проведення 1 пог. метра виробки, грн	106 397
14. Вартість проведення 1 м ³ виробки, грн	3 970
15. Тривалість проходки виробки, міс.	8,3

Таблиця 6.4 Техніко-економічні показники транспортного похилу

Найменування показника	Значення
1. Переріз виробки у світлі, м ²	22,2
2. Переріз виробки у чорні, м ²	25,4
3. Переріз виробки у проходці, м ²	25,5
4. Довжина виробки, м	1000
5. Загальна кількість шпурів, шт.	61
6. Посування вибою за цикл, м	3,5
7. Коефіцієнт використання шпура (КВШ), частки од.	0,96
8. Тривалість циклу, год.	36
9. Кількість циклів за зміну, шт.	0,33
10. Кількість циклів за добу, шт.	0,66
11. Швидкість посування вибою, м/міс.	69,3
12. Вартість проведення всієї виробки, грн	149 900 000
13. Вартість проведення 1 пог. метра виробки, грн	149 900
14. Вартість проведення 1 м ³ виробки, грн	5 878
15. Тривалість проходки виробки, міс.	14,4

.

ВИСНОВКИ

У випускній кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено проект будівництва гірничо-капітальних виробок під час підземного розкриття літєвого родовища, що відповідає стратегічним завданням із забезпечення світової та національної промисловості критично важливою сировиною для високотехнологічних галузей.

Ділянка будівництва гірничого підприємства характеризується складними гірничо-геологічними та геокріологічними умовами: розташуванням у зоні суцільної багаторічної мерзлоти, наявністю тектонічних розломів та високою тріщинуватістю порід. Це зумовило необхідність впровадження нестандартних інженерних рішень для управління геомеханічним станом масиву та забезпечення теплового режиму шахти.

У результаті аналізу сучасного вітчизняного та зарубіжного досвіду підземного будівництва прийнято буровибуховий спосіб проходки капітальних виробок у міцних ефузивних породах. Для спорудження похилів (площею перерізу у світлі 22,2–25 м²) розроблено паспорти БВР на 61–69 шпурів. Для ефективного відвантаження гірничої маси обрано сучасну самохідну техніку - навантажувально-доставні машини Toro 1400D та підземні автоскидачі САТ AD45, що дозволяє забезпечити швидкість посування вибою на рівні 69–120 м/міс. Провітрювання виробок розраховано з урахуванням швидкості руху повітряного струменя (8 м/с).

У спеціальній частині роботи успішно вирішено завдання щодо комплексної оцінки складності гірничо-геологічних умов розкриття родовища. На основі розробленої матриці оцінки факторів (геокріологічних, тектонічних, гідрогеологічних тощо) об'єкту присвоєно III категорію складності. Доведено, що ключовим дестабілізуючим фактором є ризик розтеплення мерзлих порід, що призводить до різкої втрати їхньої стійкості. З огляду на це, обґрунтовано застосування податливого комбінованого кріплення, що складається із залізобетонних анкерів (довжиною 1,7 м), металевої сітки та шару торкрет-

бетону (товщиною 50 мм). З метою мінімізації негативного впливу гірничих робіт на вразливу субарктичну екосистему розроблено комплекс заходів з охорони навколишнього середовища. Передбачено заходи з пилоподавлення, управління відходами, запобігання забрудненню поверхневих та підземних вод, а також спеціальні рішення для захисту ґрунтів і тваринного світу від техногенного впливу. Окрему увагу приділено екологічному моніторингу на всіх етапах будівництва.

Економічна частина роботи підтверджує фінансову доцільність прийнятих інженерних та технологічних рішень. Складено локальні кошториси на будівництво вентиляційного та транспортного похилів, перераховані в поточний рівень цін з урахуванням індексів складності субарктичного регіону. Розраховані техніко-економічні показники доводять, що впровадження розробленої системи комбінованого кріплення та застосування продуктивної самохідної техніки гарантують надійність підземної інфраструктури та рентабельне освоєння літєвого родовища.

АНОТАЦІЯ

Випускна кваліфікаційна робота спрямована на вирішення актуальних завдань із забезпечення вітчизняної та світової промисловості стратегічною сировиною шляхом розробки проєкту безпечного розкриття літєвого родовища.

Проаналізовано інженерно-геологічну та гідрогеологічну характеристику ділянки будівництва гірничого підприємства, а також проведено детальний опис основних та допоміжних технологічних процесів, що супроводжують проходку та спорудження підземних виробок у складних умовах. Представлено обґрунтований розрахунок та визначено оптимальну технологічну схему відвантаження гірничої маси при спорудженні транспортного та вентиляційного похилів. Важливою складовою проєкту є проведення аналітичних розрахунків теплового режиму та оцінка геомеханічної стійкості масиву. Окрім безпосередньо технологічних аспектів, у роботі ґрунтовно опрацьовано питання екології, промислової безпеки гірничого виробництва та створення безпечних умов праці для персоналу під час роботи сучасного прохідницького комплексу.

При проєктуванні вентиляційного та транспортного похилів із площею поперечного перерізу у світлі від 22,2 до 25,0 м² було прийнято та обґрунтовано вдосконалене комбіноване кріплення, що відповідає вимогам спеціальної частини щодо роботи у складних гірничо-геологічних умовах кріолітозони. Дане кріплення включає систему залізобетонних анкерів довжиною 1,7 м, металеву сітку та шар торкрет-бетону (набризк-бетону) товщиною 50 мм. Для забезпечення ефективного руйнування міцного гірського масиву (андезитів) розраховано та складено паспорти буровибухових робіт на 61–69 шпурів. Провітрювання виробок розраховано з урахуванням нормативної швидкості руху повітряного струменя, а для транспортування породи обрано сучасну вантажно-доставну машину Того 1400D та підземний автоскидач CAT AD45. Організація робіт та взаємозв'язок процесів відображені у розробленій циклограмі проходки похилів.

Спеціальна частина дослідження присвячена комплексній оцінці складності гірничо-геологічних умов розкриття родовища, де на основі розробленої

багатофакторної матриці об'єкту присвоєно III категорію складності. На основі проведених досліджень та розрахунків остаточно визначено технологічну схему будівництва похилів, що мінімізує ризики розтеплення багаторічномерзлих порід та забезпечує надійність і сталість функціонування підземної інфраструктури.

Таким чином вирішено поставлене завдання, в ході виконання випускної кваліфікаційної роботи бакалавра закріплено знання та навички, отримані за час навчання за освітньо-професійною програмою 184 Гірництво на першому (бакалаврському) рівні вищої освіти, та підтверджено готовність до роботи в галузі знань 18 Виробництво та технології.

Ключові слова: ЛІТІЄВЕ РОДОВИЩЕ, РОЗКРИТТЯ, ГІРНИЧО-КАПІТАЛЬНІ ВИРОБКИ, ТРАНСПОРТНИЙ ПОХИЛ, СКЛАДНІ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ, БАГАТОРІЧНА МЕРЗЛОТА, КОМБІНОВАНЕ КРІПЛЕННЯ, АНКЕРНЕ КРІПЛЕННЯ, ТОРКРЕТ-БЕТОН, ОЦІНКА СКЛАДНОСТІ, ВАНТАЖНО-ДОСТАВНІ МАШИНИ, БУРОВИБУХОВІ РОБОТИ

ANNOTATION

The bachelor's thesis is aimed at solving the urgent tasks of providing the domestic and global industry with strategic raw materials through the development of a project for the safe opening of a lithium deposit.

The engineering-geological and hydrogeological characteristics of the mining enterprise construction site are analyzed, and a detailed description of the main and auxiliary technological processes accompanying the driving and construction of underground workings in complex conditions is provided. A substantiated calculation is presented, and the optimal technological scheme for the loading of rock mass during the construction of the transport and ventilation inclines is determined. An important component of the project is carrying out analytical calculations of the thermal regime and evaluating the geomechanical stability of the rock mass. In addition to the direct technological aspects, the work thoroughly addresses the issues of ecology, industrial safety of mining operations, and the creation of safe working conditions for personnel during the operation of a modern tunneling complex.

When designing the ventilation and transport inclines with a clear cross-sectional area of 22.2 to 25.0 m², an improved combined support was adopted and justified, which meets the requirements of the special section regarding work in the complex mining and geological conditions of the permafrost zone. This support includes a system of reinforced concrete rock bolts 1.7 m long, a metal mesh, and a layer of shotcrete 50 mm thick. To ensure the effective breaking of the strong rock mass (andesites), passports for drilling and blasting operations for 61–69 blastholes have been calculated and compiled. The ventilation of the workings is calculated taking into account the standard air flow velocity, and the modern load-haul-dump (LHD) machine Toro 1400D and the underground dump truck CAT AD45 were selected for rock transportation. The organization of works and the interconnection of processes are reflected in the developed cyclogram of the inclines driving.

The special part of the study is devoted to a comprehensive assessment of the complexity of the mining and geological conditions for opening the deposit, where, based on the developed multi-factor matrix, the object is assigned to complexity category III. Based on the studies and calculations conducted, the technological scheme for the construction of inclines was finally determined, minimizing the risks of permafrost thawing and ensuring the reliability and sustainability of the underground infrastructure.

Thus, the set task was solved; in the course of completing the bachelor's thesis, the knowledge and skills acquired during studies under the educational and professional program 184 Mining at the first (bachelor's) level of higher education were consolidated,

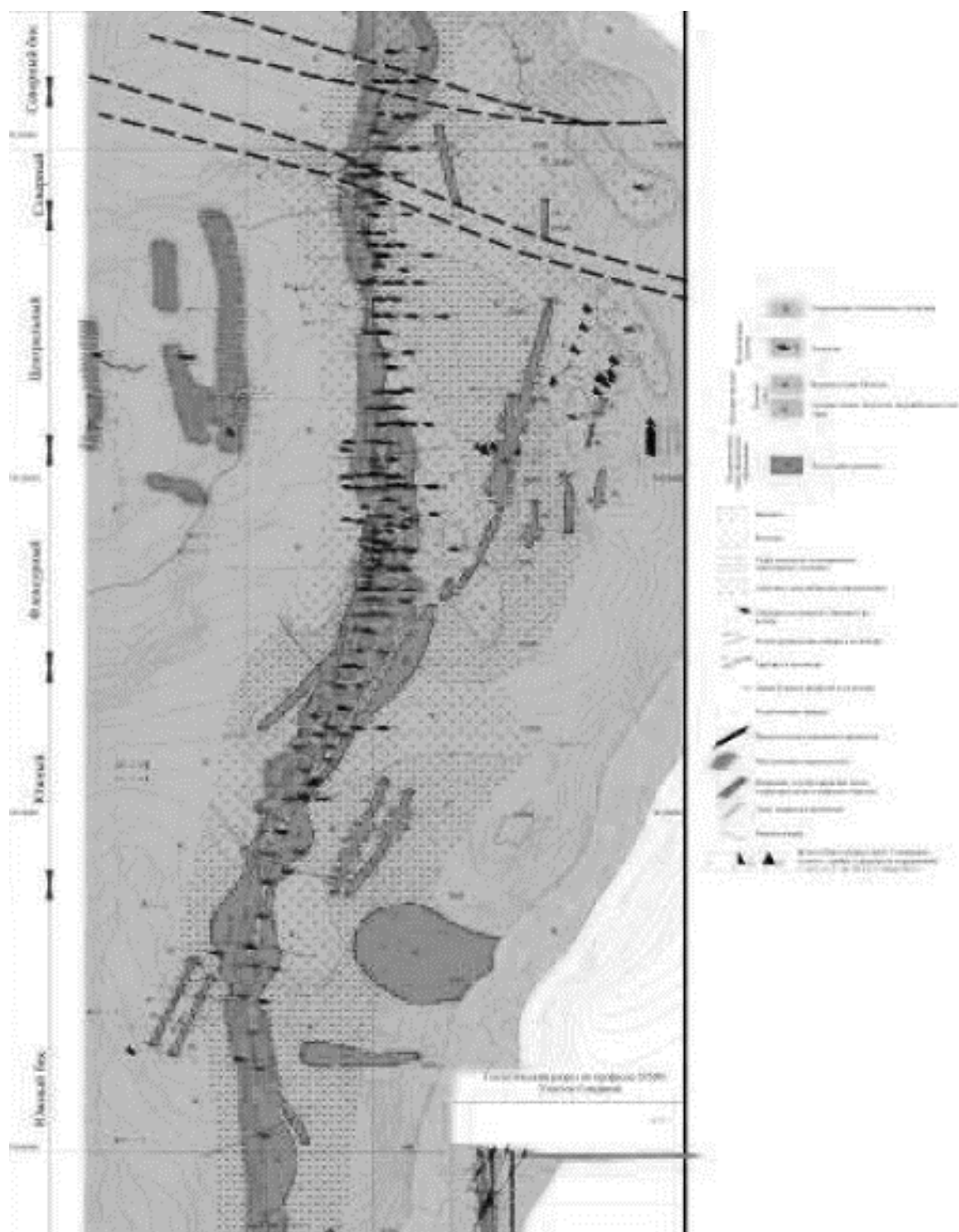
and readiness for work in the field of knowledge 18 Manufacturing and Technologies was confirmed.

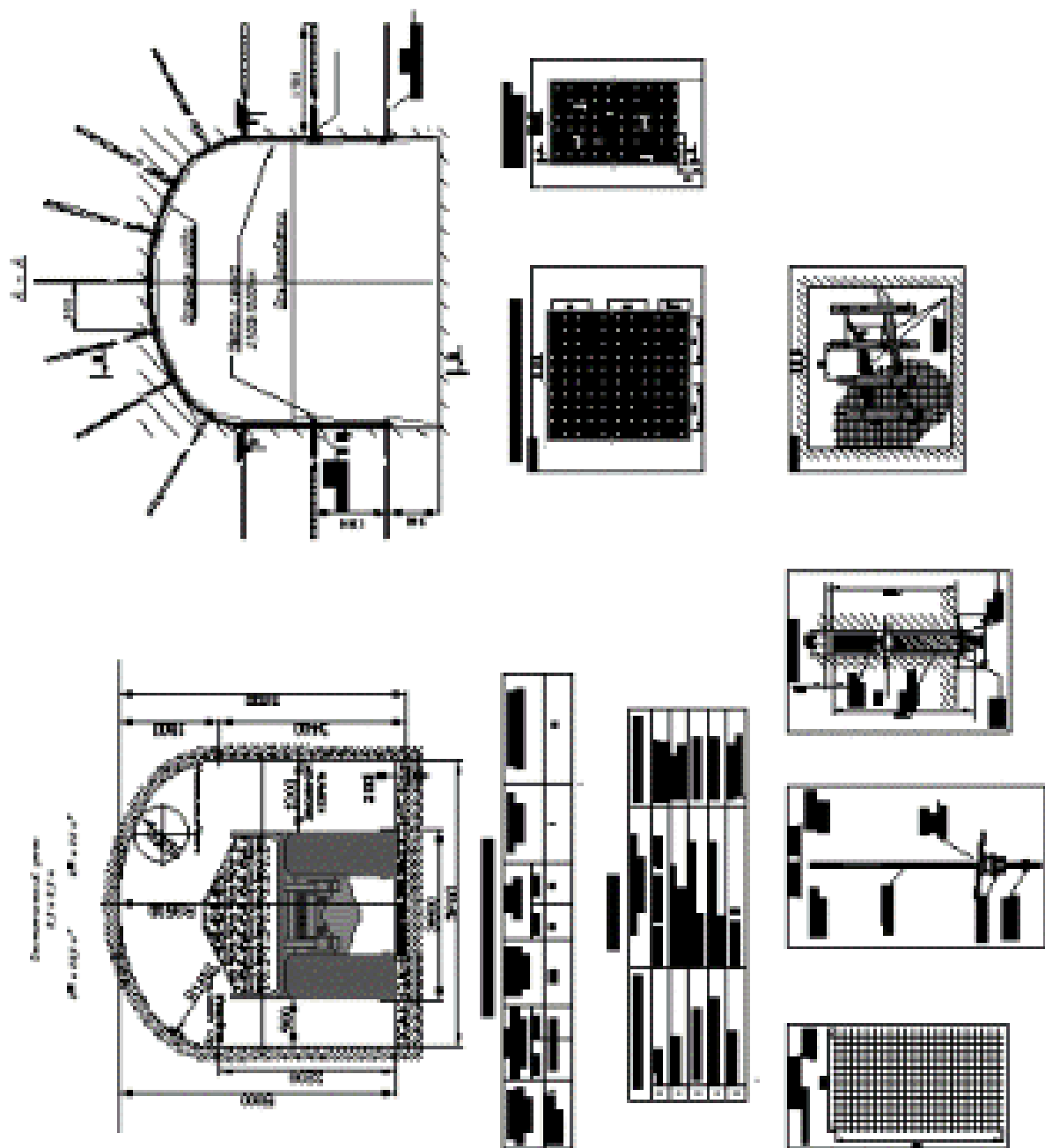
Keywords: LITHIUM DEPOSIT, MINE DEVELOPMENT, MINE CAPITAL WORKINGS, TRANSPORT INCLINE, COMPLEX MINING AND GEOLOGICAL CONDITIONS, PERMAFROST, COMBINED SUPPORT, ROCK BOLTING, SHOTCRETE, COMPLEXITY ASSESSMENT, LOAD-HAUL-DUMP MACHINES, DRILLING AND BLASTING OPERATIONS

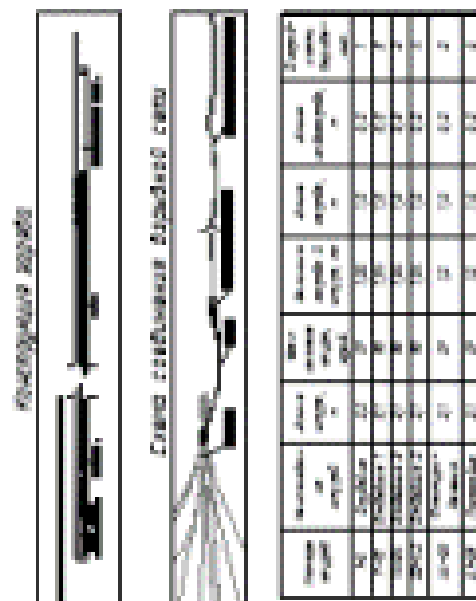
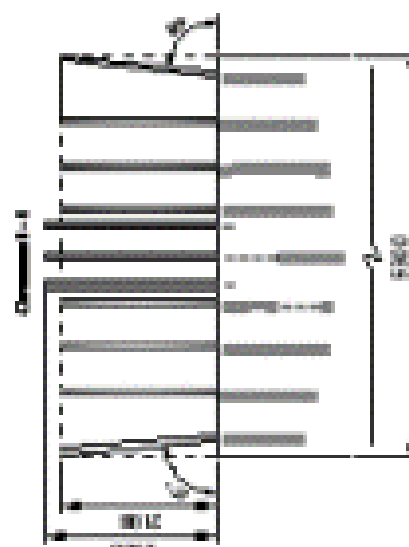
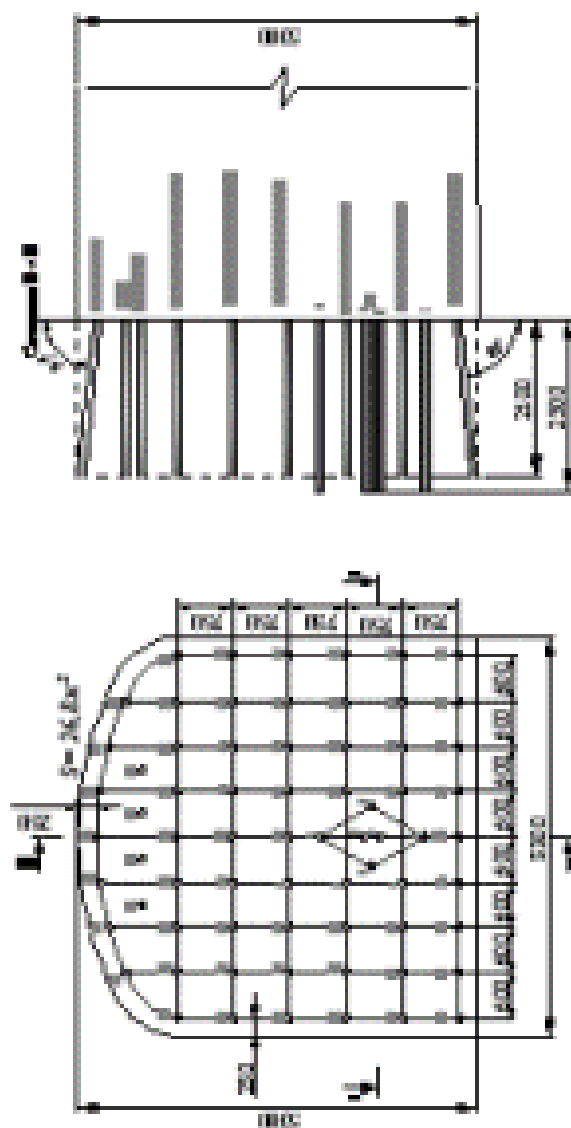
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гірничий закон України : Закон України від 06.10.1999 № 1127-IV. Дата оновлення: 16.10.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1127-14> (дата звернення: 10.05.2024).
2. ДБН В.2.4-6:2010. Спорудження підземних виробок і тунелів. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 96 с.
3. НПАОП 0.00-1.24-10. Правила безпеки під час розробки родовищ корисних копалин підземним способом. Київ : Держгірпромнагляд, 2010. 182 с.
4. ДБН А.2.2-1-2003. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Київ : Держбуд України, 2004. 19 с.
5. Білецький В. С., Смирнов В. О., Маценко Г. О. Основи проектування гірничих підприємств : підручник. Харків : НТУ «ХП», 2015. 410 с.
6. Гайко Г. І., Петренко В. Д., Булгаков Ю. Ф. Проектування гірничих підприємств : підручник. Київ : Либідь, 2005. 368 с.
7. Голінько В. І., Лебедєв Я. Я., Муха О. А. Вентиляція шахт і рудників : навч. посібник. Дніпро : НТУ «ДП», 2019. 268 с.
8. Іщенко К. С., Кратковський І. Л., Кравець В. Г. Буровибухові роботи : підручник. Київ : НТУУ «КП», 2014. 384 с.
9. Круковський О. П., Земляний А. О., Полулях В. О. Технології підземного видобутку корисних копалин у складних гірничо-геологічних умовах. Дніпро : НАН України, ІГТМ, 2018. 245 с.
10. Кузьменко О. М., Петля В. О. Проведення та кріплення гірничих виробок : навч. посіб. Кривий Ріг : КНУ, 2017. 312 с.
11. Литвинський Г. Г., Кіяшко Ю. І., Федоренко Е. А. Кріплення гірничих виробок : довідник. Донецьк : Східний видавничий дім, 2010. 296 с.

12. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. Донецьк : Східний видавничий дім, 2004–2013.
13. Оцінка складності гірничо-геологічних умов при проектуванні гірничих підприємств / В. В. Руденко, Д. І. Боровський та ін. // Гірничий вісник. 2018. Вип. 103. С. 45–52.
14. Савик В. М., Козловський В. С. Проведення гірничих виробок буровибуховим способом : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2016. 198 с.
15. Сидоренко В. Д., Ковальчук О. С. Екологія гірничого виробництва. Охорона навколишнього середовища : підручник. Київ : Основа, 2015. 280 с.
16. Шашенко О. М., Сдвіжкова О. О., Гапесєв С. М. Геомеханіка : підручник. Дніпропетровськ : НГУ, 2012. 502 с.
17. Barton N., Lien R., Lunde J. Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. Rock Mechanics. 1974. Vol. 6, No. 4. P. 189–236.
18. Bieniawski Z. T. Engineering Rock Mass Classifications: A Complete Manual for Engineers and Geologists in Mining, Civil, and Petroleum Engineering. New York : John Wiley & Sons, 1989. 251 p.
19. Hoek E., Brown E. T. Underground Excavations in Rock. London : Institution of Mining and Metallurgy, 1980. 527 p.
20. Roskill Information Services. Lithium: Global Industry, Markets & Outlook. London : Roskill, 2022. 320 p..

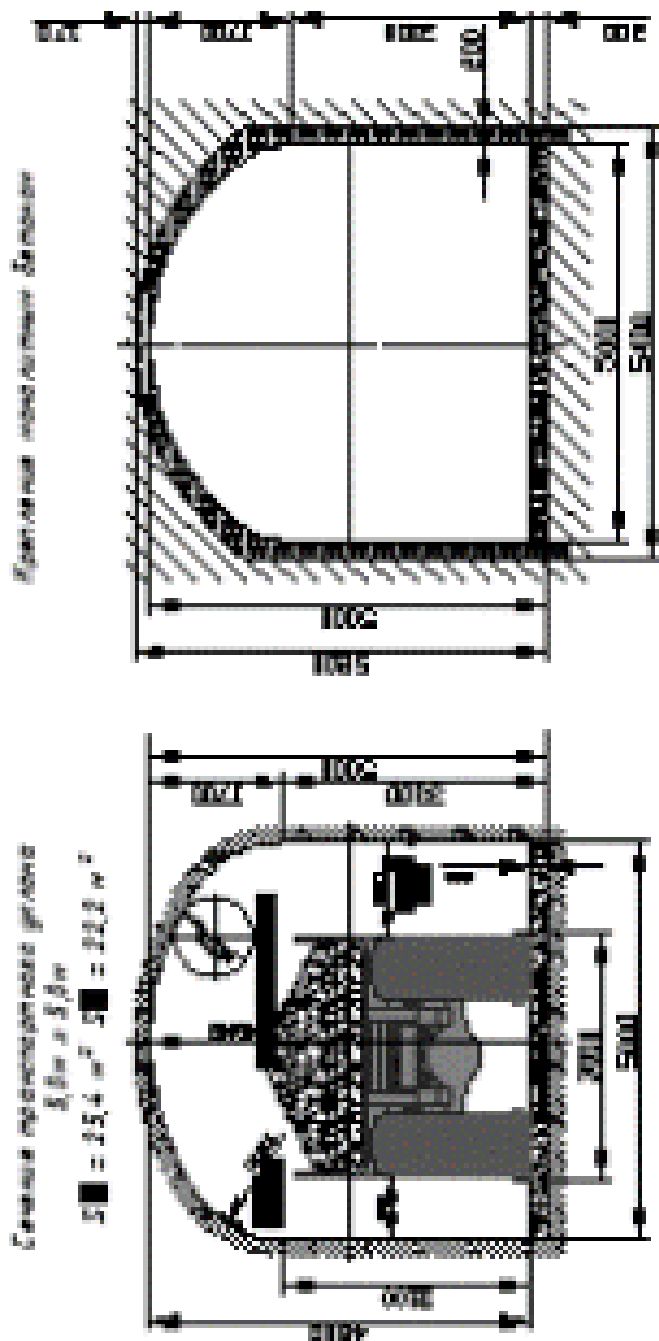






Non-conditional measurement		Est. value
1. Measure length between 2 specimens in		40.0
2. Place length in μ		500
3. Measure width between 2 specimens in		50
4. Place width in μ		500
5. Measure perimeter of specimen in μ		100
6. Measure area of specimen in μ^2		100
7. Measure volume of specimen in μ^3		100
8. Measure mass of specimen in mg		100
9. Measure density of specimen in g/cm^3		100
10. Measure temperature of specimen in $^\circ\text{C}$		100
11. Measure pH of specimen		100
12. Measure conductivity of specimen in S/cm		100
13. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
14. Measure refractive index of specimen		100
15. Measure optical density of specimen		100
16. Measure surface area of specimen in cm^2		100
17. Measure volume of specimen in cm^3		100
18. Measure mass of specimen in g		100
19. Measure density of specimen in g/cm^3		100
20. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
21. Measure refractive index of specimen		100
22. Measure optical density of specimen		100
23. Measure surface area of specimen in cm^2		100
24. Measure volume of specimen in cm^3		100
25. Measure mass of specimen in g		100
26. Measure density of specimen in g/cm^3		100
27. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
28. Measure refractive index of specimen		100
29. Measure optical density of specimen		100
30. Measure surface area of specimen in cm^2		100
31. Measure volume of specimen in cm^3		100
32. Measure mass of specimen in g		100
33. Measure density of specimen in g/cm^3		100
34. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
35. Measure refractive index of specimen		100
36. Measure optical density of specimen		100
37. Measure surface area of specimen in cm^2		100
38. Measure volume of specimen in cm^3		100
39. Measure mass of specimen in g		100
40. Measure density of specimen in g/cm^3		100
41. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
42. Measure refractive index of specimen		100
43. Measure optical density of specimen		100
44. Measure surface area of specimen in cm^2		100
45. Measure volume of specimen in cm^3		100
46. Measure mass of specimen in g		100
47. Measure density of specimen in g/cm^3		100
48. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
49. Measure refractive index of specimen		100
50. Measure optical density of specimen		100
51. Measure surface area of specimen in cm^2		100
52. Measure volume of specimen in cm^3		100
53. Measure mass of specimen in g		100
54. Measure density of specimen in g/cm^3		100
55. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
56. Measure refractive index of specimen		100
57. Measure optical density of specimen		100
58. Measure surface area of specimen in cm^2		100
59. Measure volume of specimen in cm^3		100
60. Measure mass of specimen in g		100
61. Measure density of specimen in g/cm^3		100
62. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
63. Measure refractive index of specimen		100
64. Measure optical density of specimen		100
65. Measure surface area of specimen in cm^2		100
66. Measure volume of specimen in cm^3		100
67. Measure mass of specimen in g		100
68. Measure density of specimen in g/cm^3		100
69. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
70. Measure refractive index of specimen		100
71. Measure optical density of specimen		100
72. Measure surface area of specimen in cm^2		100
73. Measure volume of specimen in cm^3		100
74. Measure mass of specimen in g		100
75. Measure density of specimen in g/cm^3		100
76. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
77. Measure refractive index of specimen		100
78. Measure optical density of specimen		100
79. Measure surface area of specimen in cm^2		100
80. Measure volume of specimen in cm^3		100
81. Measure mass of specimen in g		100
82. Measure density of specimen in g/cm^3		100
83. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
84. Measure refractive index of specimen		100
85. Measure optical density of specimen		100
86. Measure surface area of specimen in cm^2		100
87. Measure volume of specimen in cm^3		100
88. Measure mass of specimen in g		100
89. Measure density of specimen in g/cm^3		100
90. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
91. Measure refractive index of specimen		100
92. Measure optical density of specimen		100
93. Measure surface area of specimen in cm^2		100
94. Measure volume of specimen in cm^3		100
95. Measure mass of specimen in g		100
96. Measure density of specimen in g/cm^3		100
97. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
98. Measure refractive index of specimen		100
99. Measure optical density of specimen		100
100. Measure surface area of specimen in cm^2		100
101. Measure volume of specimen in cm^3		100
102. Measure mass of specimen in g		100
103. Measure density of specimen in g/cm^3		100
104. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
105. Measure refractive index of specimen		100
106. Measure optical density of specimen		100
107. Measure surface area of specimen in cm^2		100
108. Measure volume of specimen in cm^3		100
109. Measure mass of specimen in g		100
110. Measure density of specimen in g/cm^3		100
111. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
112. Measure refractive index of specimen		100
113. Measure optical density of specimen		100
114. Measure surface area of specimen in cm^2		100
115. Measure volume of specimen in cm^3		100
116. Measure mass of specimen in g		100
117. Measure density of specimen in g/cm^3		100
118. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
119. Measure refractive index of specimen		100
120. Measure optical density of specimen		100
121. Measure surface area of specimen in cm^2		100
122. Measure volume of specimen in cm^3		100
123. Measure mass of specimen in g		100
124. Measure density of specimen in g/cm^3		100
125. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
126. Measure refractive index of specimen		100
127. Measure optical density of specimen		100
128. Measure surface area of specimen in cm^2		100
129. Measure volume of specimen in cm^3		100
130. Measure mass of specimen in g		100
131. Measure density of specimen in g/cm^3		100
132. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
133. Measure refractive index of specimen		100
134. Measure optical density of specimen		100
135. Measure surface area of specimen in cm^2		100
136. Measure volume of specimen in cm^3		100
137. Measure mass of specimen in g		100
138. Measure density of specimen in g/cm^3		100
139. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
140. Measure refractive index of specimen		100
141. Measure optical density of specimen		100
142. Measure surface area of specimen in cm^2		100
143. Measure volume of specimen in cm^3		100
144. Measure mass of specimen in g		100
145. Measure density of specimen in g/cm^3		100
146. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
147. Measure refractive index of specimen		100
148. Measure optical density of specimen		100
149. Measure surface area of specimen in cm^2		100
150. Measure volume of specimen in cm^3		100
151. Measure mass of specimen in g		100
152. Measure density of specimen in g/cm^3		100
153. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
154. Measure refractive index of specimen		100
155. Measure optical density of specimen		100
156. Measure surface area of specimen in cm^2		100
157. Measure volume of specimen in cm^3		100
158. Measure mass of specimen in g		100
159. Measure density of specimen in g/cm^3		100
160. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
161. Measure refractive index of specimen		100
162. Measure optical density of specimen		100
163. Measure surface area of specimen in cm^2		100
164. Measure volume of specimen in cm^3		100
165. Measure mass of specimen in g		100
166. Measure density of specimen in g/cm^3		100
167. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
168. Measure refractive index of specimen		100
169. Measure optical density of specimen		100
170. Measure surface area of specimen in cm^2		100
171. Measure volume of specimen in cm^3		100
172. Measure mass of specimen in g		100
173. Measure density of specimen in g/cm^3		100
174. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
175. Measure refractive index of specimen		100
176. Measure optical density of specimen		100
177. Measure surface area of specimen in cm^2		100
178. Measure volume of specimen in cm^3		100
179. Measure mass of specimen in g		100
180. Measure density of specimen in g/cm^3		100
181. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
182. Measure refractive index of specimen		100
183. Measure optical density of specimen		100
184. Measure surface area of specimen in cm^2		100
185. Measure volume of specimen in cm^3		100
186. Measure mass of specimen in g		100
187. Measure density of specimen in g/cm^3		100
188. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
189. Measure refractive index of specimen		100
190. Measure optical density of specimen		100
191. Measure surface area of specimen in cm^2		100
192. Measure volume of specimen in cm^3		100
193. Measure mass of specimen in g		100
194. Measure density of specimen in g/cm^3		100
195. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
196. Measure refractive index of specimen		100
197. Measure optical density of specimen		100
198. Measure surface area of specimen in cm^2		100
199. Measure volume of specimen in cm^3		100
200. Measure mass of specimen in g		100
201. Measure density of specimen in g/cm^3		100
202. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
203. Measure refractive index of specimen		100
204. Measure optical density of specimen		100
205. Measure surface area of specimen in cm^2		100
206. Measure volume of specimen in cm^3		100
207. Measure mass of specimen in g		100
208. Measure density of specimen in g/cm^3		100
209. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
210. Measure refractive index of specimen		100
211. Measure optical density of specimen		100
212. Measure surface area of specimen in cm^2		100
213. Measure volume of specimen in cm^3		100
214. Measure mass of specimen in g		100
215. Measure density of specimen in g/cm^3		100
216. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
217. Measure refractive index of specimen		100
218. Measure optical density of specimen		100
219. Measure surface area of specimen in cm^2		100
220. Measure volume of specimen in cm^3		100
221. Measure mass of specimen in g		100
222. Measure density of specimen in g/cm^3		100
223. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
224. Measure refractive index of specimen		100
225. Measure optical density of specimen		100
226. Measure surface area of specimen in cm^2		100
227. Measure volume of specimen in cm^3		100
228. Measure mass of specimen in g		100
229. Measure density of specimen in g/cm^3		100
230. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
231. Measure refractive index of specimen		100
232. Measure optical density of specimen		100
233. Measure surface area of specimen in cm^2		100
234. Measure volume of specimen in cm^3		100
235. Measure mass of specimen in g		100
236. Measure density of specimen in g/cm^3		100
237. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
238. Measure refractive index of specimen		100
239. Measure optical density of specimen		100
240. Measure surface area of specimen in cm^2		100
241. Measure volume of specimen in cm^3		100
242. Measure mass of specimen in g		100
243. Measure density of specimen in g/cm^3		100
244. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
245. Measure refractive index of specimen		100
246. Measure optical density of specimen		100
247. Measure surface area of specimen in cm^2		100
248. Measure volume of specimen in cm^3		100
249. Measure mass of specimen in g		100
250. Measure density of specimen in g/cm^3		100
251. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
252. Measure refractive index of specimen		100
253. Measure optical density of specimen		100
254. Measure surface area of specimen in cm^2		100
255. Measure volume of specimen in cm^3		100
256. Measure mass of specimen in g		100
257. Measure density of specimen in g/cm^3		100
258. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
259. Measure refractive index of specimen		100
260. Measure optical density of specimen		100
261. Measure surface area of specimen in cm^2		100
262. Measure volume of specimen in cm^3		100
263. Measure mass of specimen in g		100
264. Measure density of specimen in g/cm^3		100
265. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
266. Measure refractive index of specimen		100
267. Measure optical density of specimen		100
268. Measure surface area of specimen in cm^2		100
269. Measure volume of specimen in cm^3		100
270. Measure mass of specimen in g		100
271. Measure density of specimen in g/cm^3		100
272. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
273. Measure refractive index of specimen		100
274. Measure optical density of specimen		100
275. Measure surface area of specimen in cm^2		100
276. Measure volume of specimen in cm^3		100
277. Measure mass of specimen in g		100
278. Measure density of specimen in g/cm^3		100
279. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
280. Measure refractive index of specimen		100
281. Measure optical density of specimen		100
282. Measure surface area of specimen in cm^2		100
283. Measure volume of specimen in cm^3		100
284. Measure mass of specimen in g		100
285. Measure density of specimen in g/cm^3		100
286. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
287. Measure refractive index of specimen		100
288. Measure optical density of specimen		100
289. Measure surface area of specimen in cm^2		100
290. Measure volume of specimen in cm^3		100
291. Measure mass of specimen in g		100
292. Measure density of specimen in g/cm^3		100
293. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
294. Measure refractive index of specimen		100
295. Measure optical density of specimen		100
296. Measure surface area of specimen in cm^2		100
297. Measure volume of specimen in cm^3		100
298. Measure mass of specimen in g		100
299. Measure density of specimen in g/cm^3		100
300. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
301. Measure refractive index of specimen		100
302. Measure optical density of specimen		100
303. Measure surface area of specimen in cm^2		100
304. Measure volume of specimen in cm^3		100
305. Measure mass of specimen in g		100
306. Measure density of specimen in g/cm^3		100
307. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
308. Measure refractive index of specimen		100
309. Measure optical density of specimen		100
310. Measure surface area of specimen in cm^2		100
311. Measure volume of specimen in cm^3		100
312. Measure mass of specimen in g		100
313. Measure density of specimen in g/cm^3		100
314. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
315. Measure refractive index of specimen		100
316. Measure optical density of specimen		100
317. Measure surface area of specimen in cm^2		100
318. Measure volume of specimen in cm^3		100
319. Measure mass of specimen in g		100
320. Measure density of specimen in g/cm^3		100
321. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
322. Measure refractive index of specimen		100
323. Measure optical density of specimen		100
324. Measure surface area of specimen in cm^2		100
325. Measure volume of specimen in cm^3		100
326. Measure mass of specimen in g		100
327. Measure density of specimen in g/cm^3		100
328. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
329. Measure refractive index of specimen		100
330. Measure optical density of specimen		100
331. Measure surface area of specimen in cm^2		100
332. Measure volume of specimen in cm^3		100
333. Measure mass of specimen in g		100
334. Measure density of specimen in g/cm^3		100
335. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
336. Measure refractive index of specimen		100
337. Measure optical density of specimen		100
338. Measure surface area of specimen in cm^2		100
339. Measure volume of specimen in cm^3		100
340. Measure mass of specimen in g		100
341. Measure density of specimen in g/cm^3		100
342. Measure viscosity of specimen in $\text{Pa}\cdot\text{s}$		100
343. Measure refractive index of specimen		100
344. Measure optical density of specimen		100
345. Measure surface area of specimen in cm^2		100
346. Measure volume of specimen in $\$		

Variable	Sample Size (n)	Frequency										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Frequency	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	55
Percentage	10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100
Mean	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	5.5
Standard Deviation	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2.5
Skewness	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.5
Kurtosis	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1.5
Shapiro-Wilk Test	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Normality Test	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Chi-Square Test	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
F-Test	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Levene's Test	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Breusch-Pagan Test	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
White Test	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Goldfeld-Quandt Test	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
RESET Test	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
McLeod-Ljung-Box Test	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Box-Pierce Test	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Portmanteau Test	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Q-Statistic	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Ljung-Box Q	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Box-Cox Lambda	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Anderson-Darling	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0.95
Shapiro-Wilk	10	1	2	3	4							

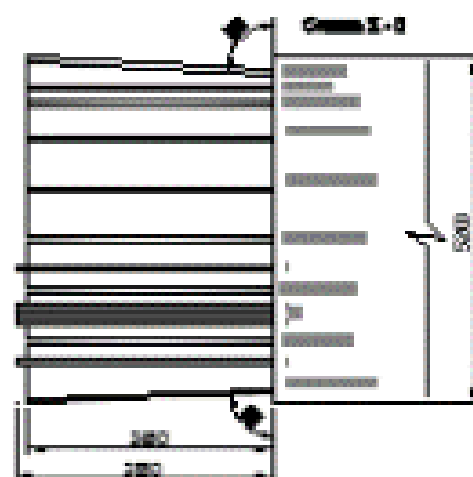
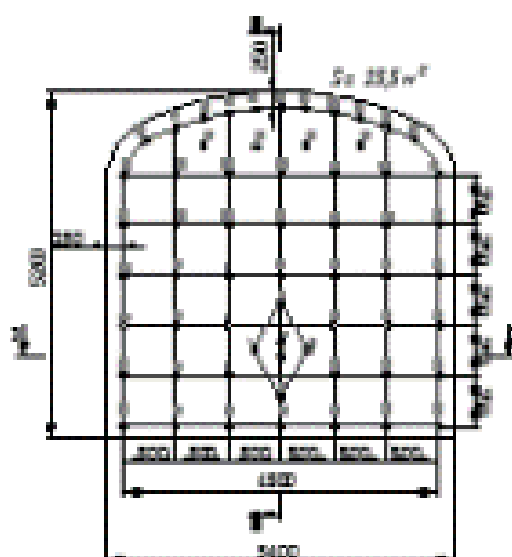


Характеристика нарий Батюки

Назва	Матеріал	Кількість	Вартість	Всього
Бетон	Бетон	100	100	100
Кирпич	Кирпич	100	100	100
Дерево	Дерево	100	100	100
Метал	Метал	100	100	100
Інше	Інше	100	100	100

Циклограм нарядів транспортних уклонів

Назва	Матеріал	Кількість	Вартість	Всього
Бетон	Бетон	100	100	100
Кирпич	Кирпич	100	100	100
Дерево	Дерево	100	100	100
Метал	Метал	100	100	100
Інше	Інше	100	100	100



Nonlinear noncommensurate sigmoidal-like pattern

Financial statement				Amount
Income before income tax expense				100
Income tax expense				(20)
Net income				80
Preferred stock dividend				(10)
Common stock dividend				(10)
Retained earnings				60
Total				130
Income before income tax expense				100
Income tax expense				(20)
Net income				80
Preferred stock dividend				(10)
Common stock dividend				(10)
Retained earnings				60
Total				130
Income before income tax expense				100
Income tax expense				(20)
Net income				80
Preferred stock dividend				(10)
Common stock dividend				(10)
Retained earnings				60
Total				130
Income before income tax expense				100
Income tax expense				(20)
Net income				80
Preferred stock dividend				(10)
Common stock dividend				(10)
Retained earnings				60
Total				130



Staphylococcus epidermidis and *S. aureus* were used as

Age group (years)	Number of children with epilepsy	Annual seizure rate (per 1000 children)	Annual seizure rate (per 1000 children)	Annual seizure rate (per 1000 children)	Annual seizure rate (per 1000 children)	Annual seizure rate (per 1000 children)	Annual seizure rate (per 1000 children)
0-1	10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2-3	10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4-5	10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
6-7	10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
8-9	10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
10-11	10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
12-13	10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Техніко-економічні показники транспортного похилу

Найменування показника	Значення
1. Переріз виробки у світлі, м ²	22,2
2. Переріз виробки у чорні, м ²	25,4
3. Переріз виробки у проходці, м ²	25,5
4. Довжина виробки, м	1000
5. Загальна кількість шпурів, шт.	61
6. Посування вибою за цикл, м	3,5
7. Коефіцієнт використання шпура (КВШ), частки од.	0,96
8. Тривалість циклу, год.	36
9. Кількість циклів за зміну, шт.	0,33
10. Кількість циклів за добу, шт.	0,66
11. Швидкість посування вибою, м/міс.	69,3
12. Вартість проведення всієї виробки, грн	149 900 000
13. Вартість проведення 1 пог. метра виробки, грн	149 900
14. Вартість проведення 1 м ³ виробки, грн	5 878
15. Тривалість проходки виробки, міс.	14,4