




**ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»**



**РОЗРОБКА РОДОВИЩ У СКЛАДНИХ
ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ:**

**методичні рекомендації
до виконання практичних робіт**

Запоріжжя 2026



УДК 622.273:622.831 (072)

P64

Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол №7 від 04.06.2026 р)

Укладач

Козій Є.С. канд. геол. наук

Рецензент:

Богомаз О.П., Ph.D., доцент

P64 Розробка родовищ у складних гірничо-геологічних умовах : методичні рекомендації до виконання практичних робіт / уклад. Є. С. Козій. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2026. 61 с.

Методичні рекомендації містять пояснення щодо виконання практичних робіт, а також варіанти завдань для кожного здобувача освіти. У документі наведені вимоги до оформлення робіт, приклад титульного аркуша та перелік рекомендованих джерел. Методичні рекомендації призначені для студентів технічних спеціальностей, рівень освіти – бакалавр, які опановують навчальну дисципліну «Розробка родовищ у складних гірничо-геологічних умовах».

УДК 622.273:622.831 (072)

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2026



ЗМІСТ

ВСТУП	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА 1. Побудова геологічного розрізу до геологічної карти складчастого залягання гірських порід.....	5
ПРАКТИЧНА РОБОТА 2. Визначення амплітуд переміщень розірваних блоків гірських порід.....	14
ПРАКТИЧНА РОБОТА 3. Побудова діаграм тріщинуватості гірських порід.....	21
ПРАКТИЧНА РОБОТА 4. Розрахунок стійкості зсувного схилу.....	35
ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТІВ З ПРАКТИЧНИХ РОБІТ	58
РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА	59
ДОДАТОК А. Приклад оформлення титульної сторінки практичної роботи.....	60



ВСТУП

Сучасний розвиток гірничодобувної галузі та інженерної геології супроводжується необхідністю глибокого розуміння складних природних процесів, що відбуваються в земній корі під впливом як ендегенних, так і антропогенних факторів. Інтенсивне освоєння надр, розширення масштабів промислового будівництва та ускладнення умов експлуатації родовищ корисних копалин ставлять перед майбутніми фахівцями високі вимоги щодо точності прогнозування стану геологічного середовища та забезпечення стабільності техногенних об'єктів.

Дисципліна «Розробка родовищ у складних гірничо-геологічних умовах» спрямована на формування у студентів фундаментальних знань про просторові форми залягання гірських порід, механізми їх деформації та закономірності розвитку небезпечних геологічних процесів. Вивчення структурних особливостей масивів, таких як складчастість, розривні порушення та тріщинуватість, є критично важливим для оцінки механічних властивостей порід, фільтраційних характеристик та загальної стійкості геологічних структур у межах промислових територій.

Метою виконання практичних робіт є закріплення теоретичних знань щодо морфології та кінематики геологічних структур, а також набуття студентами професійних навичок графічної та математичної інтерпретації геолого-структурних даних. Важливим аспектом є опанування методик побудови графічних моделей та проведення розрахунків, що дозволяють кількісно оцінити параметри стійкості геологічного середовища та ризики виникнення деформаційних процесів.

Запропонований комплекс завдань охоплює ключові аспекти структурного аналізу та інженерної оцінки територій. Зокрема, студенти вивчають методику побудови геологічних розрізів для складчастих структур, проводять визначення типів та амплітуд переміщень по розривних порушеннях, здійснюють статистичну обробку даних тріщинуватості масиву шляхом побудови відповідних діаграм та виконують розрахунки стійкості схилів при загрозі розвитку зсувних процесів.

Виконання практичних робіт сприятиме формуванню у студентів умінь візуалізувати тривимірну структуру геологічних тіл за даними карт, проводити геодинамічний аналіз територій, застосовувати нормативні методики інженерних розрахунків та приймати обґрунтовані рішення щодо безпечного ведення гірничих робіт і захисту інфраструктурних об'єктів від небезпечних природних явищ.



ПРАКТИЧНА РОБОТА 1

ПОБУДОВА ГЕОЛОГІЧНОГО РОЗРІЗУ ДО ГЕОЛОГІЧНОЇ КАРТИ СКЛАДЧАСТОГО ЗАЛЯГАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Мета: закріпити теоретичні знання про тектонічні рухи земної кори та морфологію складчастих структур; опанувати методику побудови геологічних розрізів на основі аналізу геологічних карт складчастого залягання гірських порід.

Тривалість: 2 години.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з теоретичними відомостями щодо класифікації тектонічних рухів, механізмів формування складок та особливостей відображення складчастих структур на геологічних картах.
2. Проаналізувати геологічну карту складчастого залягання гірських порід, визначити послідовність нашарування товщ та обрати напрямок лінії розрізу, що проходить впоперек простягання основних структур.
3. Побудувати топографічний профіль за обраною лінією розрізу, перенести геологічні межі з карти на профіль з урахуванням кутів падіння пластів.
4. Оформити геологічний розріз, виконати розфарбовування згідно зі стратиграфічною шкалою та побудувати супутню стратиграфічну колонку.
5. Дати відповіді на контрольні питання.

На протязі своєї геологічної історії земна кора зазнавала складних просторових перетворень, де гірські породи зминалися в складки, розривалися та насувалися одна на одну, що докорінно змінювало рельєф земної поверхні, утворюючи гори та глибоководні западини під впливом тектонічних рухів. Ці рухи, спричинені внутрішніми силами геосфер Землі, є надзвичайно різноманітними, що ускладнює їх класифікацію, проте за напрямком переміщення порід їх поділяють на суттєво вертикальні та горизонтальні. За областю проявлення виділяють поверхневі (покривні) рухи в осадовому чохлі, корові рухи в межах усієї кори та глибинні рухи, зумовлені процесами у верхній мантії, які, у свою чергу, бувають складчастими, блоковими або бриловими. Відповідно до масштабів проявлення, усі тектонічні процеси класифікують на внутрішньокорові, що поширюються на окремі ділянки, та загальнокорові (глибинні), що призводять до руху всієї товщі кори. Внутрішньокорові рухи поділяються на складчасті та розривні, тоді як загальнокорові - на коливальні та розривні, що спричиняють утворення плікативних (від латинського «пліко» - складати) та диз'юнктивних (від «диз'юнго» -

розділяти) дислокацій різних продуктів, які і є основним результатом тектонічної активності. Основним проявленням плікативних порушень у природі є складки - будь-які вигини пластів гірських порід без порушення їхньої суцільності (рис. 1.1). У морфологічній структурі складки розрізняють крила, що складають її бокові частини по обидва боки згину, та ядро - внутрішню частину, обмежену верстами порід. Важливими елементами є також замок (склепіння) як місце вигину пластів, кут при вершині, утворений продовженням крил до їхнього перетину, та осьова поверхня, що ділить цей кут навпіл. Точка перегину в замку називається шарніром, а лінія перетину осьової поверхні з покрівлею пласта - шарнірною лінією. Окрім того, виділяють осьову лінію (вісь) як проекцію осьової поверхні на горизонтальну площину та гребінь - найвищу точку складки, яка у випадку нахилених або лежачих структур може не збігатися з шарніром, що завершує повну геометричну характеристику складчастих порушень.

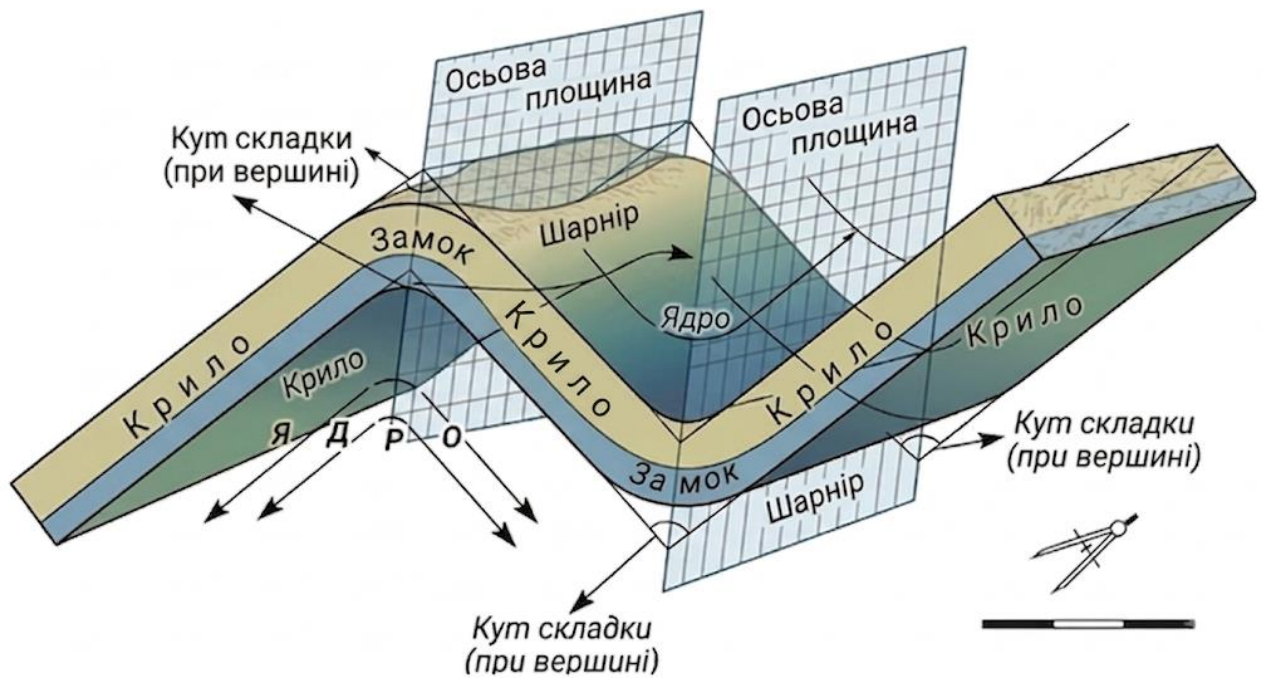



Рисунок 1.1 – Схема основних структурних елементів складки

Основні термінологічні визначення

(Згідно Малої гірничої енциклопедії, за редакцією В.С.Білецького)

СКЛАДКА (fold) - вигин шарів гірських порід із чергуванням випуклих (антикліналі) та ввігнутих (синкліналі) форм. Складки найбільш поширені та яскраво виражені в межах складчастих систем (гірських споруд, напр., Карпати, Урал, Кавказ, Тянь-Шань) і більш пологі та рідкісні на платформах. У тектоніці - структурна форма земної кори будь-яких порядків, вигин або викривлення (до зворотного падіння) шару гірських




порід, площин нашарування, сланцюватості. Складка – результат тектонічної деформації без порушення суцільності складових гірських порід (див. також плікративні порушення). Складки бувають як глибинні, так і приповерхневі, обмежені плавними контурами. Виділяють такі елементи складки: **крила** – верстви (пласти) бокових частин складки; **ядро** – внутрішню частину складки; **замок (склепіння)** – згин пластів; **осьову поверхню** – поверхню, яка ділить кут при вершині складки навпіл; **вісь (осьова лінія)** – лінію перетину осьової поверхні складки з горизонтальною поверхнею; **шарнір** – точку перегину в замку або склепінні складки; **шарнірну лінію** – лінію перетину осьової поверхні з покрівлею або подошвою верстви в замку або склепінні складки; **гребінь** – найвищу точку складки, яка не співпадає з шарніром у випадку нахилених або лежачих складок. Ширина складки – відстань між осями сусідніх синклінальних або антиклінальних складок; амплітуда складки – найкоротша відстань між дотичними площинами до верхнього та нижнього замків того самого шару двох сусідніх складок, виміряна по осьовій площині складки. Складки класифікують за ознаками форми та положення в просторі, походженням тощо. Складки I порядку – найбільші, протяжністю в сотні й шириною в десятки км (напр., антикліналі, синкліналі). Складки II порядку – дрібні складки, що ускладнюють більші. Геометричні параметри складки – кутові та лінійні величини, які кількісно характеризують елементи залягання, форму, розмір і положення складок у надрах [1].

ГЕОЛОГІЧНИЙ РОЗРІЗ / ГЕОЛОГІЧНИЙ ПРОФІЛЬ (geological section, geologic profile) - графічне зображення вертикального профілю геологічної будови певної місцевості, на якому показано вік, склад і потужність гірських порід [1].

КАРТИ ГЕОЛОГІЧНІ (geological maps) - карти, що відображають геологічну будову території або якісь її особливості. Складаються на географічній або топографічній основі. На геологічних картах певними кольорами і доповнюючими їх буквено-цифровими індексами у відповідності із загальною (міжнародною) стратиграфічною шкалою виділяють поширені на території і розчленовані за віком стратифіковані гірські породи. Для показу структури району, морфології складок, різних типів розломів, віку тектонічних деформацій і структур - структурні карти, структурно-геологічні, фаціальні, новітньої тектоніки, сучасних вертикальних рухів земної кори і ін. [1].

СТРАТИГРАФІЧНА ШКАЛА (stratigraphic scale) – шкала відносної геологічної хронології гірських порід, кожний підрозділ якої відповідає певному етапові розвитку земної кори. Розчленування й порівняння підрозділів проводять за допомогою біостратиграфічного, ізотопного,

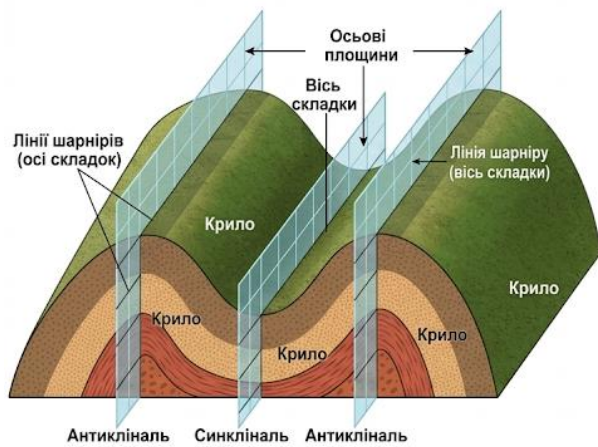


геохімічного, геофізичного та ін. методів. Виділяють загальні (міжнародні), регіональні та місцеві стратиграфічні шкали, які є засобом для міжрегіональної, міжконтинентальної і глобальної кореляції геологічних тіл [1].

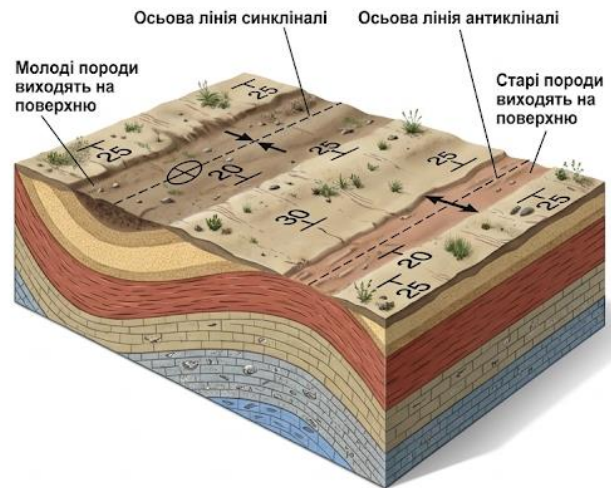
Загальна (міжнародна) стратиграфічна шкала – це стратиграфічна послідовність хроностратиграфічних підрозділів, де вихідним стратоном є ярус. Обсяг, межі і характеристика цієї категорії стратиграфічних шкал належать до компетенції Міжнародного геологічного конгресу. Нова редакція стратиграфічної шкали прийнята 31-ю сесією Міжнародного геологічного конгресу в 2000 р. У практиці геологічних робіт використовують варіант глобальної стратиграфічної шкали, затверджений Національним стратиграфічним комітетом України і відображений у Стратиграфічному кодексі України. Регіональна стратиграфічна шкала є стратиграфічною послідовністю стратонів геологічного регіону, де вихідним стратоном виступає регіоярус (стратиграфічний горизонт). Місцеві стратиграфічні шкали – це стратиграфічна послідовність місцевих стратонів різних категорій певного структурно-фаціального району, де вихідним стратоном є світа геологічна. Регіональні і місцеві шкали затверджує Національний стратиграфічний комітет (НСК) України [1].

ТЕКТОНІЧНЕ ПОРУШЕННЯ / ТЕКТОНІЧНІ ДИСЛОКАЦІЇ (tectonic dislocation) - порушення залягання гірських порід у результаті дії тектонічних процесів. Тектонічні порушення поділяють на плікативні та диз'юнктивні (розривні). До плікативних відносять складки різноманітних форм, масштабів та походження. До диз'юнктивних – порушення, які супроводжуються розривом суцільності гірських порід [1].

Розрізняють два ключові типи складчастих структур: антиклінальні, центральна частина (ядро) яких представлена давнішими відкладами, та синклінальні, де ядро формують молодші породи порівняно з їхніми периферійними частинами - крилами (рис. 1.2). Дана класифікація залишається незмінною навіть для перекинутих форм залягання. У ситуаціях, коли через інтенсивний метаморфізм не вдається встановити послідовність нашарування (підшову чи покрівлю), використовують терміни «антиформа» для вигинів, спрямованих опуклістю вгору, та «синформа» для вигинів, спрямованих опуклістю вниз.



а



б

Рисунок 1.2 – Просторова модель синклінальної та антиклінальної складок (а) та особливості їхнього відображення на геологічній карті (б).

Завдання до практичної роботи 1

На основі фрагмента схематичної геологічної карти (рис. 1.3) виконати побудову геологічного розрізу ділянки зі складчастим заляганням пластів, використовуючи індивідуальні (згідно варіанту академічної групи) показники кутів падіння крил шарів гірських порід із таблиці 1.1.

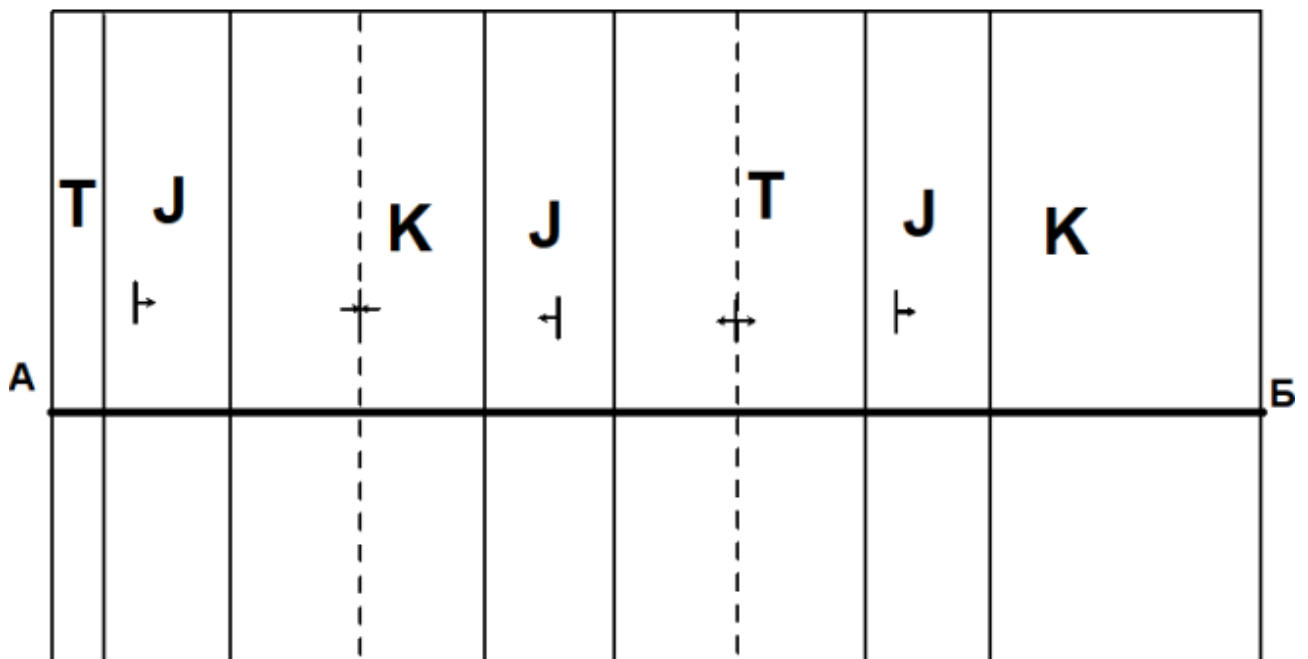


Рисунок 1.3 – Фрагмент схематичної геологічної карти складчастого залягання гірських порід (з лінією А-Б для побудови геологічного розрізу)

Таблиця 1.1 – Вихідні дані значень кутів нахилу крил шарів гірських порід

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Кут падіння	35	30	40	45	50	35	55	60	55	57	48	43	52	57	60	43	47	52	48	40

Етапи виконання практичного завдання:

Беручи до уваги натурну візуалізацію складчастого залягання як у плані так і в розрізі

1. Перенести показники кутів падіння шарів гірських порід з табл. 1 на відповідні ділянки схематичної геологічної карти.
2. Прокласти профільну лінію розрізу та зафіксувати на ній точки перетину з границями стратиграфічних підрозділів і осями структур.
3. Використовуючи транспортир, накреслити геологічні межі під заданими кутами, враховуючи вектор нахилу пластів, до їхнього взаємного контакту.
4. Виконати плавне закруглення ліній у замках складок для надання їм природної форми.
5. Для антикліналей зобразити пунктиром їхню частину, що була розмита (повітряну частину).
6. Провести кольорове оформлення розрізу та індексацію порід відповідно до міжнародних стандартів стратиграфічної шкали. Зразок оформлення представлено на рис. 5.

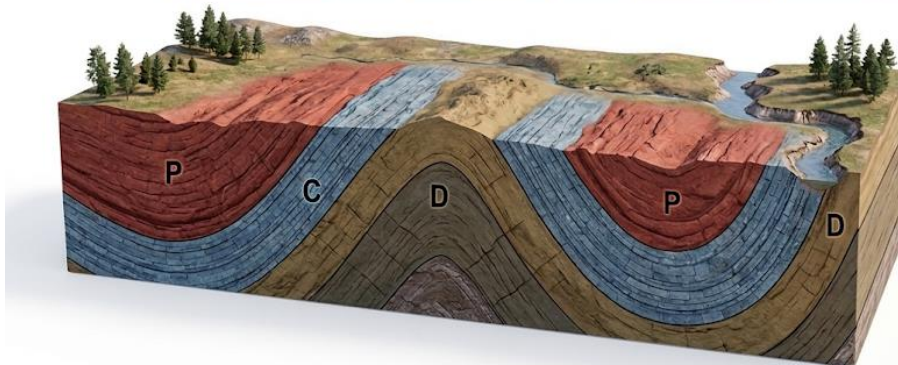
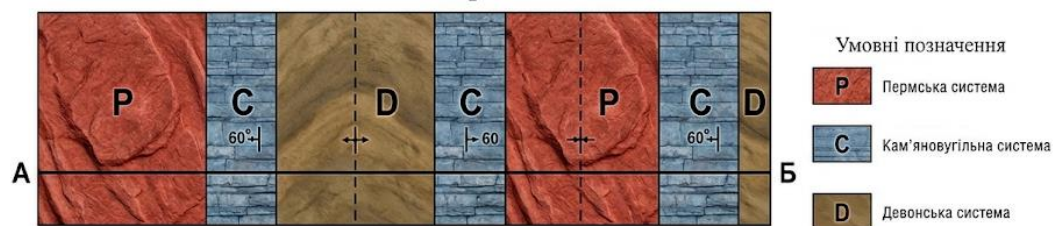
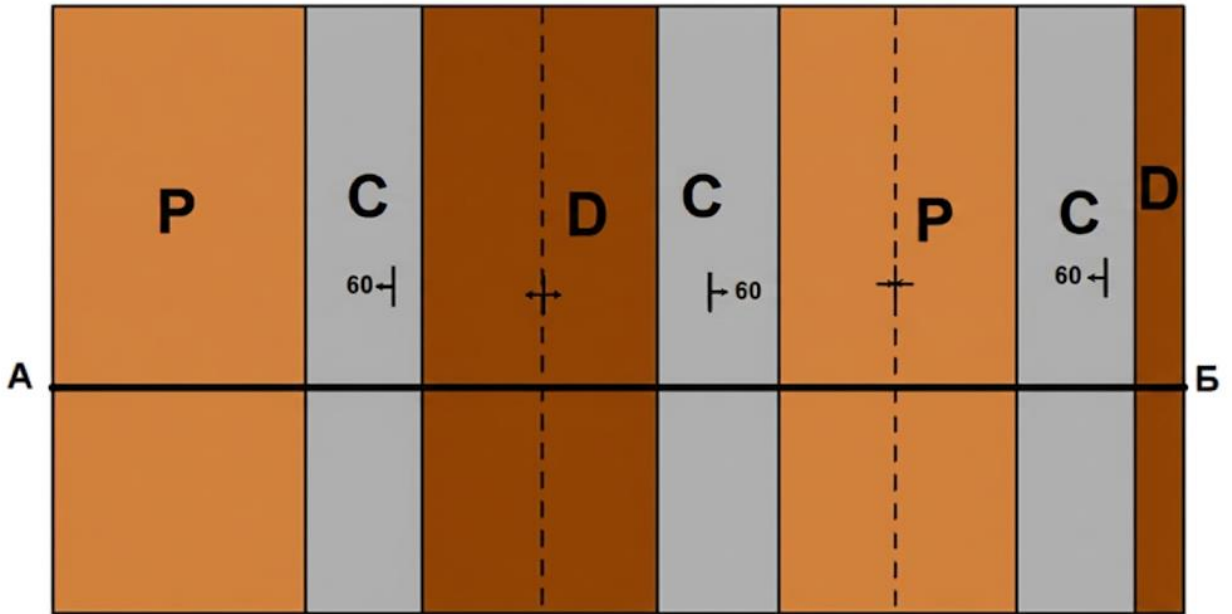


Рисунок 1.4 – Натурна візуалізація складчастого залягання у плані та розрізі



Геологічна карта



Геологічний розріз по лінії А-Б

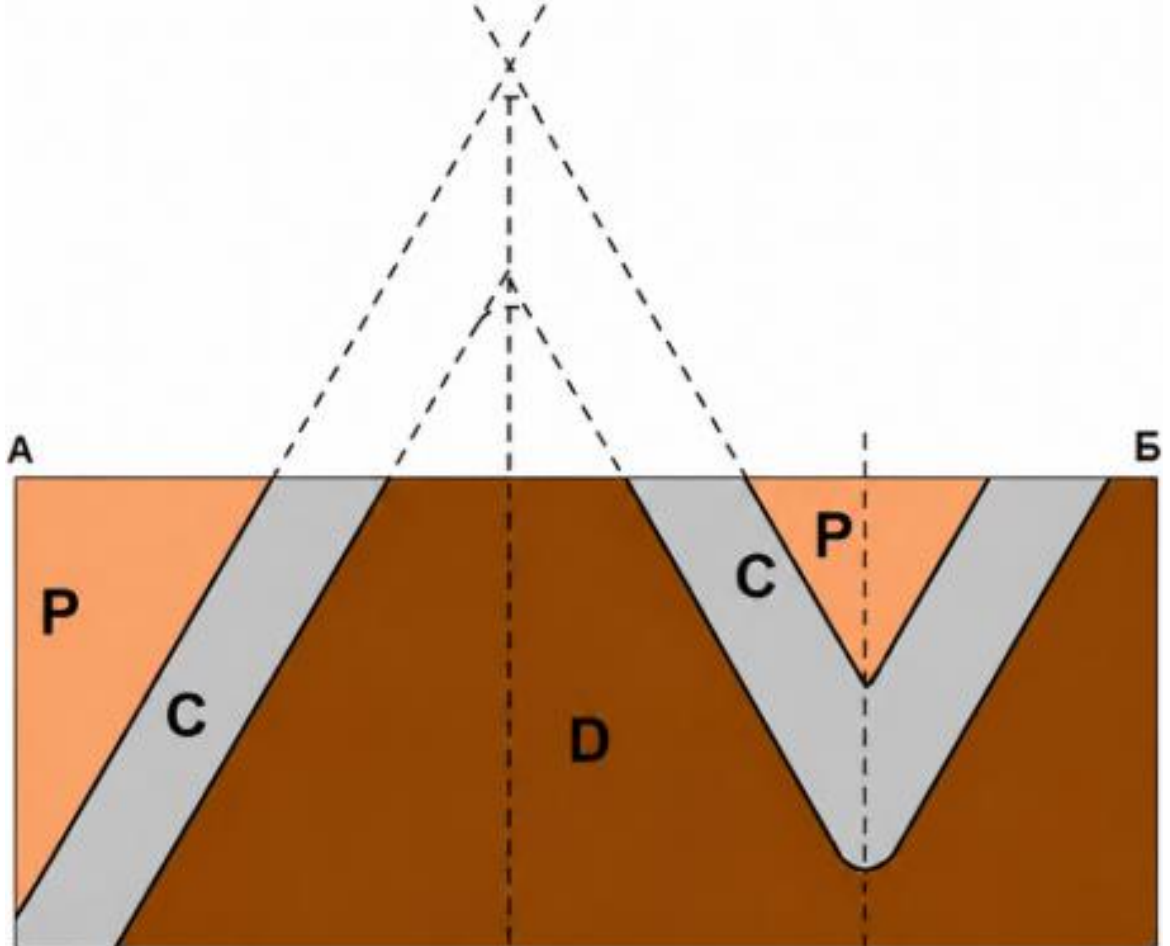


Рисунок 1.5 – Приклад виконання практичного завдання 1 (Геологічна карта+ Геологічний розріз по лінії А-Б)



Контрольні питання

1. Яка класифікація складок за нахилом осьової поверхні?
2. Яким чином встановлюються кут складки?
3. Чим відрізняється синклінальна складка від антиклінальної?
4. Який кут нахилу осьової поверхні у лежачій складки?

Стратиграфічна шкала

Еон (еонотема)	Ера (група)	Період (Система)	Індекс	Епоха (відділ)		Вік, млн. років	Умовний колір	
Фанерозойський РН	Кайнозойська КЗ	Четвертичний	Q	Q ₂	Голоценова	1.8	Сірувато-жовтий	
				Q ₁	Плейстоценова			
		Неогеновий	N	N ₂	Пліоценова	23±1	Жовтий	
				N ₁	Міоценова			
		Палеогеновий	P	P ₃	Олігоценова	65±3	Помаранчевий	
				P ₂	Еоценова			
				P ₁	Палеоценова			
		Мезозойська МЗ	Крейдовий	K	K ₂	Пізньюкрейдова	135±5	Зелений
					K ₁	Ранньокрейдова		
	Юрський		I	I ₃	Пізньюорська	205±5	Синій	
				I ₂	Середньюорська			
				I ₁	Ранньюорська			
	Триасовий		T	T ₃	Пізньютріасова	245±10	Фіолетовий	
		T ₂		Середньютріасова				
		T ₁		Ранньютріасова				
	Палеозойська ПЗ	Пермський	P	P ₂	Пізньюпермська	290±10	Оранжево-коричневий	
				P ₁	Ранньюпермська			
		Кам'яновугільний	C	C ₃	Пізня Кам'яновугільна	350±10	Сірий	
				C ₂	Середня Кам'яновугільна			
				C ₁	Рання Кам'яновугільна			
		Девонський	D	D ₃	Пізньюдевонська	405±10	Коричневий	
				D ₂	Середньудевонська			
				D ₁	Ранньудевонська			
		Силурійський	S	S ₂	Пізньюсилурійська	435±15	Коричнево-зелений	
S ₁				Ранньосилурійська				
Ордовикський		O	O ₃	Пізньюордовикська	480±20	Темно-зелений		
			O ₂	Середньюордовикська				
	O ₁		Ранньюордовикська					
Кембрійський	Є	Є ₃	Пізньюкембрійська	570±20	Синьо-зелений			
		Є ₂	Середньюкембрійська					
		Є ₁	Ранньюкембрійська					
Протерозойський PR	Пізній PR ₂	Вендський	V		680±20	Рожевий		
		Рифей	R		1650±50			
Архейський AR	Ранній PR	-	PR₁		2600±100	Малиновий		
	Пізній AR	-	AR₂		3600±100			
	Ранній AR	-	AR₁		>4500			



ПРАКТИЧНА РОБОТА 2

ВИЗНАЧЕННЯ АМПЛІТУД ПЕРЕМІЩЕНЬ РОЗІРВАНИХ БЛОКІВ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Мета: ознайомитися з основними елементами розривних (диз'юнктивних) порушень, навчитися визначати їхні типи за взаємним розташуванням блоків гірських порід, а також опанувати методику розрахунку амплітуд переміщень розірваних блоків гірських порід.

Тривалість: 2 години

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з теоретичною базою: визначення розривних порушень, їхніх основних елементів (зміщувач, крила, блоки) та класифікації (скид, підкид, зсув тощо). Визначення елементів розриву: ідентифікація висячого та лежачого крил, а також піднятого й опущеного блоків за положенням покрівлі та подошви шару відносно зміщувача.

2. Побудувати бланки міні-розрізів на основі прикладів, наведених на рисунку 2.3. Для цього потрібно використати вихідні дані із таблиці 2.1 для визначення амплітуд переміщень по розриву (згідно варіанту виконання).

3. Визначити вид розривного порушення для кожного конкретного варіанта.

4. Дати відповіді на контрольні питання.

Диз'юнктивні (розривні) порушення - це деформації гірських порід, що супроводжуються втратою їхньої цілісності. Таке явище виникає, коли механічна напруга в пластах стає вищою за межу їхньої міцності. Подібно до складчастих структур, тектонічні розриви класифікують за сукупністю параметрів: морфологією, масштабом, амплітудою зміщення та специфічними елементами будови.

Будь-яке розривне порушення структури гірських порід складається з площини розриву, відомої як зміщувач, та розірваних блоків або крил. Зміщувач, який на геологічних картах традиційно позначають червоним кольором, є поверхнею безпосереднього переміщення мас гірських порід. Блоки, що розташовані по обидва боки від нього, називаються крилами розриву: той, що знаходиться вище площини зміщувача, визначається як підняте крило, а той, що нижче - як опущене. Окрім цього, розрізняють висяче та лежаче крила залежно від взаємного розташування покрівлі та подошви шару щодо площини розриву. У лежачому крилі подошва розірваного шару віддалена від зміщувача більше, ніж покрівля, тоді як у висячому крилі спостерігається зворотна ситуація, де далі від площини зміщення розташована саме покрівля шару (рис. 2.1).

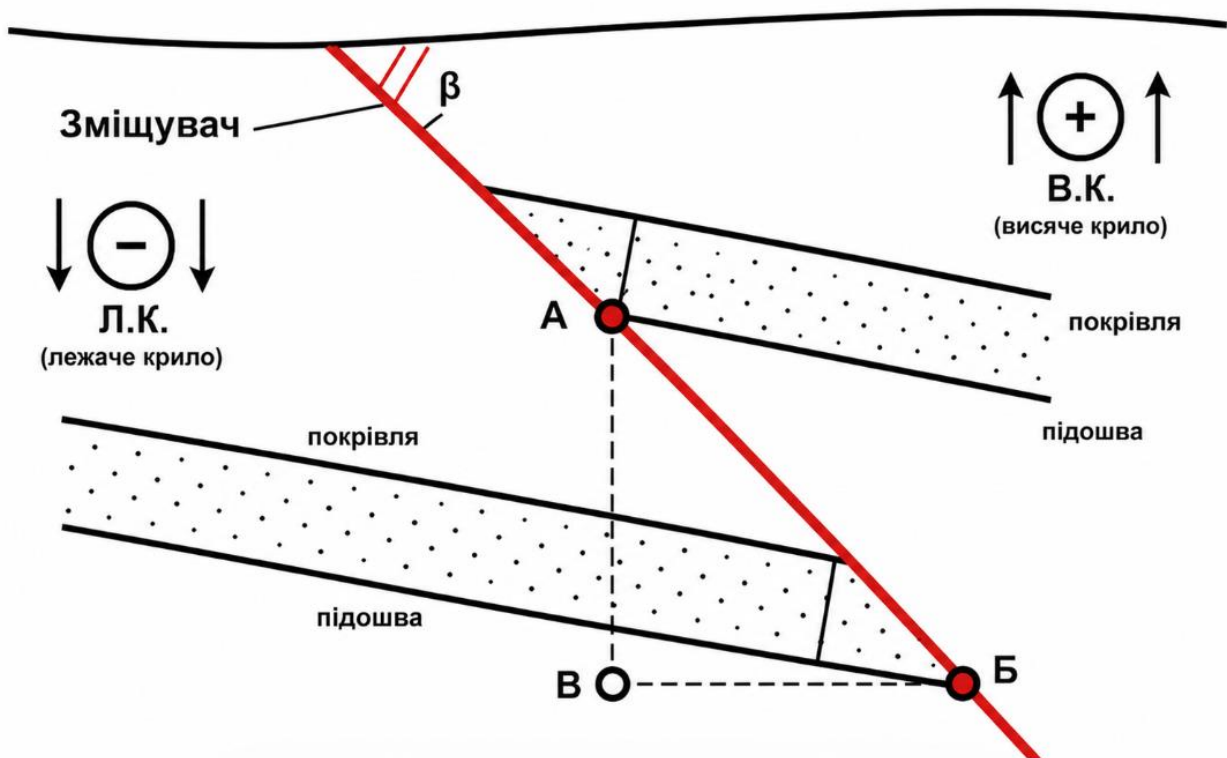



Рисунок 2.1 – Схематичне зображення елементів розривного порушення у вертикальному розрізі

На представленому геологічному розрізі виділено основні геометричні елементи розриву, де Л.К. позначає лежаче крило - блок порід, у якого підшва шару біля зміщувача розташована на більшій відстані, ніж його покрівля. На противагу йому, В.К. є висячим крилом, що характеризується віддаленістю покрівлі шару від зміщувача порівняно з його підшвою. Динаміку руху блоків відображено символами у колах: знак «плюс» вказує на піднятий масив гірських порід, а «мінус» - на відносно опущений. Просторова орієнтація поверхні розриву визначається через β - кут нахилу зміщувача до горизонтальної площини. Кількісні показники дислокації представлені амплітудами переміщення: відрізок АБ визначає істинну величину зміщення порід, тоді як його проєкції АВ та БВ відповідають вертикальній та горизонтальній складовим амплітуди відповідно.

Одним із ключових параметрів розривного порушення є його амплітуда, яка визначає відстань між однойменними границями пласта (його покрівлю або підшвою) у лежачому та висячому крилах, виміряну безпосередньо вздовж площини розриву. У геологічній практиці виділяють кілька видів цього показника: істинну амплітуду, що відповідає фактичній відстані між роз'єднаними частинами шару по зміщувачу, а також її проєкції - вертикальну амплітуду, що відображає зміщення у вертикальній




площині, та горизонтальну амплітуду, яка вказує на величину розсуву по горизонталі (рис. 2.1).

Основні види тектонічних розривів класифікують за характером зміщення блоків:

СКИД (fault, downthrow, break) – різновид розривних тектонічних порушень (тектонічний розрив) земної кори зі зміщенням розірваних частин геологічного тіла одне відносно одного вниз уздовж тріщини (рис. 2.2). При скиді переміщення гірських порід відбувається або по вертикальній (вертикальний скид), або по нахиленій (крутоспадний скид) поверхні таким чином, що висяче крило відносно зміщується вниз, а лежаче крило – вгору. Таким чином скид утворюється вздовж вертикальної чи похилої (часто круто) тріщини, яка нахилена в бік опущеного крила структури, утворюється в умовах її розтягання і виражений в опусканні одного блока кори вздовж поверхні розриву, вертикальної або похилої під відносно опущений блок. Скид часто комбінуються попарно, утворюючи скидові западини – ґрабени, або виступи – горсти. Розповсюдженими є також ступінчасті скиди. Амплітуда киду може досягати перших км (у рифтах). Скиди зустрічаються в різноманітних структурних зонах земної кори (як на континентах, так і в океанах) [1].

ПІДКИД (upthrow fault, upthrust, reversed fault) – одна з форм розривних тектонічних зміщень гірських порід (рис. 2.2). При підкиді рух порід відбувається по тріщині, нахиленій до горизонту. Породи висячого боку при цьому, які лежать вище поверхні зміщення, пересуваються по ній угору по лінії розриву, а породи лежачого боку зазнають відносного зміщення вниз. В основному підкиди утворюються в умовах тангенціального стиснення, часто в зв'язку зі складчастістю. Геометричний ефект підкиду полягає в скороченні земної поверхні [1].

ЗСУВ (slip, jump, down-throw, strike-slip fault) – порушення природної рівноваги залягання верств гірських порід з розривом їх суцільності і переміщенням у горизонтальному або близькому до нього напрямі (рис. 2.2). Зсуви виникають під час горотворення, внаслідок зволоження ґрунту, а також діяльності людини (техногенні - при гірничих та будівельних роботах тощо). Очікувані зсуви - зсуви, які визначаються попередніми розрахунками згідно з календарними планами розвитку гірничих робіт. Розрізняють такі стадії розвитку зсуву: прихована - від початку мікрозсування до появи видимих ознак формування зсуву (тріщин на земній поверхні, випирання порід в основі борта кар'єру тощо); швидкість посування наприкінці прихованої стадії 1-10 мм/добу; початкова - з моменту появи видимих ознак до переходу в сталу чи активну стадію;



стала - період, в який посування характеризується постійною швидкістю; проявляється на пологих бортах лежачого боку, може зупинитися до переходу в активну стадію; активна - період, коли швидкість переміщення безперервно збільшується; затухання - період, коли швидкість посування зсунутих мас зменшується до повної їх зупинки [1].

НАСУВ (overthrust, thrust, overlap, overfault, thrust-fault) – розривне руйнування звичайно з пологим нахилом зміщувача, по якому висячий бік піднятий відносно лежачого і насунутий на нього. Насуви виникають у процесі тектонічних рухів, звичайно супроводжуються лінійними складками, розвиваючись в обстановці інтенсивного горизонтального стиснення з пластичним перерозподілом гірських порід і їх видавлюванням з крил у замки складок. Пластичні деформації на певній стадії тектонічного процесу переходять у розривні і в сколювання, що розвиваються вздовж перетиснених і потоншених крил складок. У зв'язку з цим більш древні шари ядер антикліналей, як правило, насуваються на більш молоді шари замків синкліналей. Дуже пологі насуви з великою амплітудою перекриття (десятки-сотні км) називаються покривалами тектонічними або шар'яжами [1].

РОЗСУВ (tension crack, gaping fault) – вид розривних тектонічних порушень земної кори, що виникають в умовах її розтягнення і виражені у відсуванні одних її блоків від інших. Тріщина, що виникає, може залишатися зячою або заповнюється продуктами дроблення порід блоків, які розсуваються, а при великій ширині – осадами або (і) продуктами вулканічних вивержень. Глибинні розсуви великого масштабу – ґрабени шириною в десятки, довжиною в сотні км і більше називаються рифтами. Явище розсув нерідко комбінується зі зміщенням порід паралельно розриву, наприклад, зі скидами, які часто обумовлені розтягненням земної кори. Найбільший достовірний розсув шириною 10 км і довжиною понад 500 км заповнений застиглою магмою (Велика Дайка у Південній Африці) [1].

Комбіновані типи: поєднання декількох видів рухів, як-от наприклад, зсуво-скиди чи підкидо-зсуви.

Напрямок переміщення блоків земної кори позначено червоними стрілками.

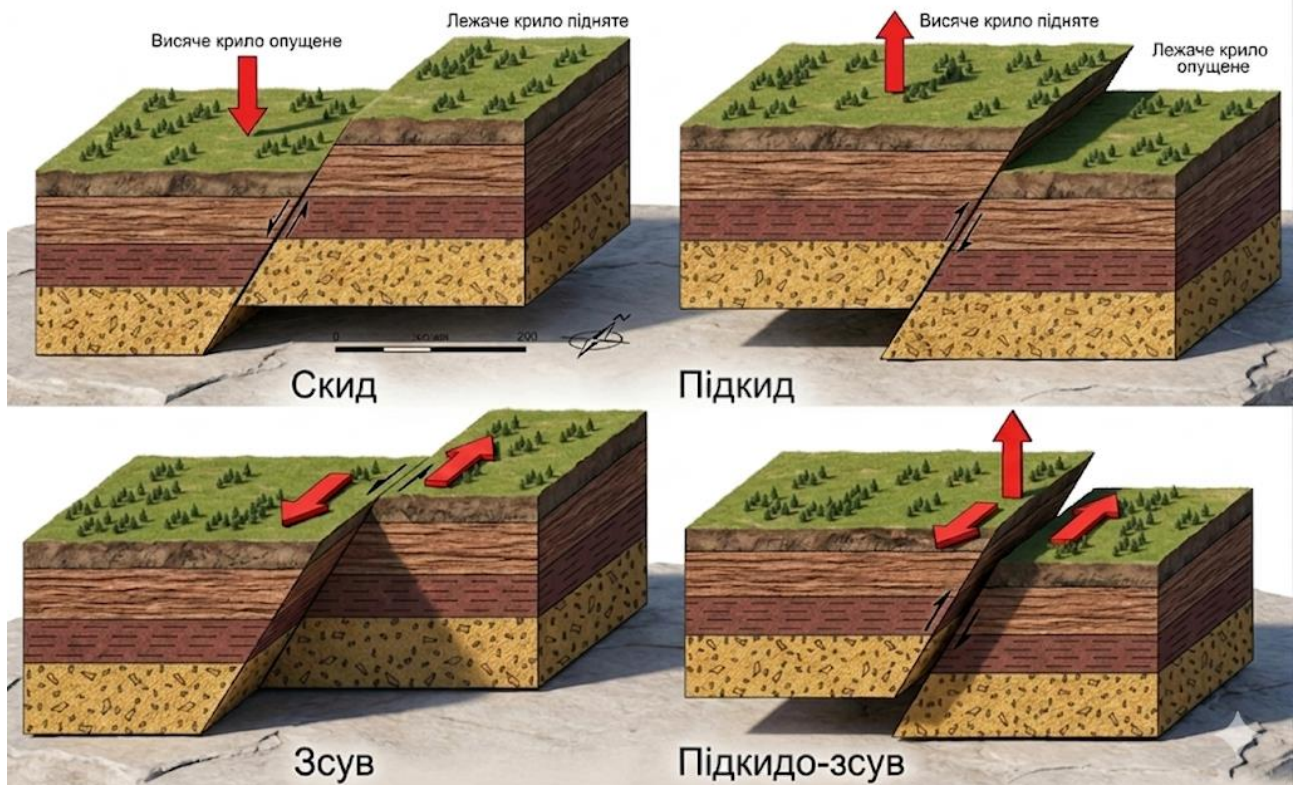


Рисунок 2.2 – Схематичне зображення блок-діаграми деяких типів тектонічних розривів. Напрямок переміщення блоків земної кори позначено червоними стрілками

Завдання до практичної роботи 2

Використовуючи дані з таблиці 2.1, накресліть схематичні міні-розрізи (рис. 2.3). На їхній основі встановіть вид розривного порушення та обчисліть величини горизонтального й вертикального зміщення блоків відповідно до масштабу розрізів 1:1000.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку амплітуд переміщення блоків по розриву

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кут нахилу зміщувача, в град.	55	60	50	63	55	64	62	52	57
Істинна амплітуда переміщень, м	200	150	150	100	120	140	100	125	130
Потужність шару, м	150	100	110	80	120	150	120	160	170
Кут нахилу шару, в град.	30	25	27	28	32	35	30	36	28

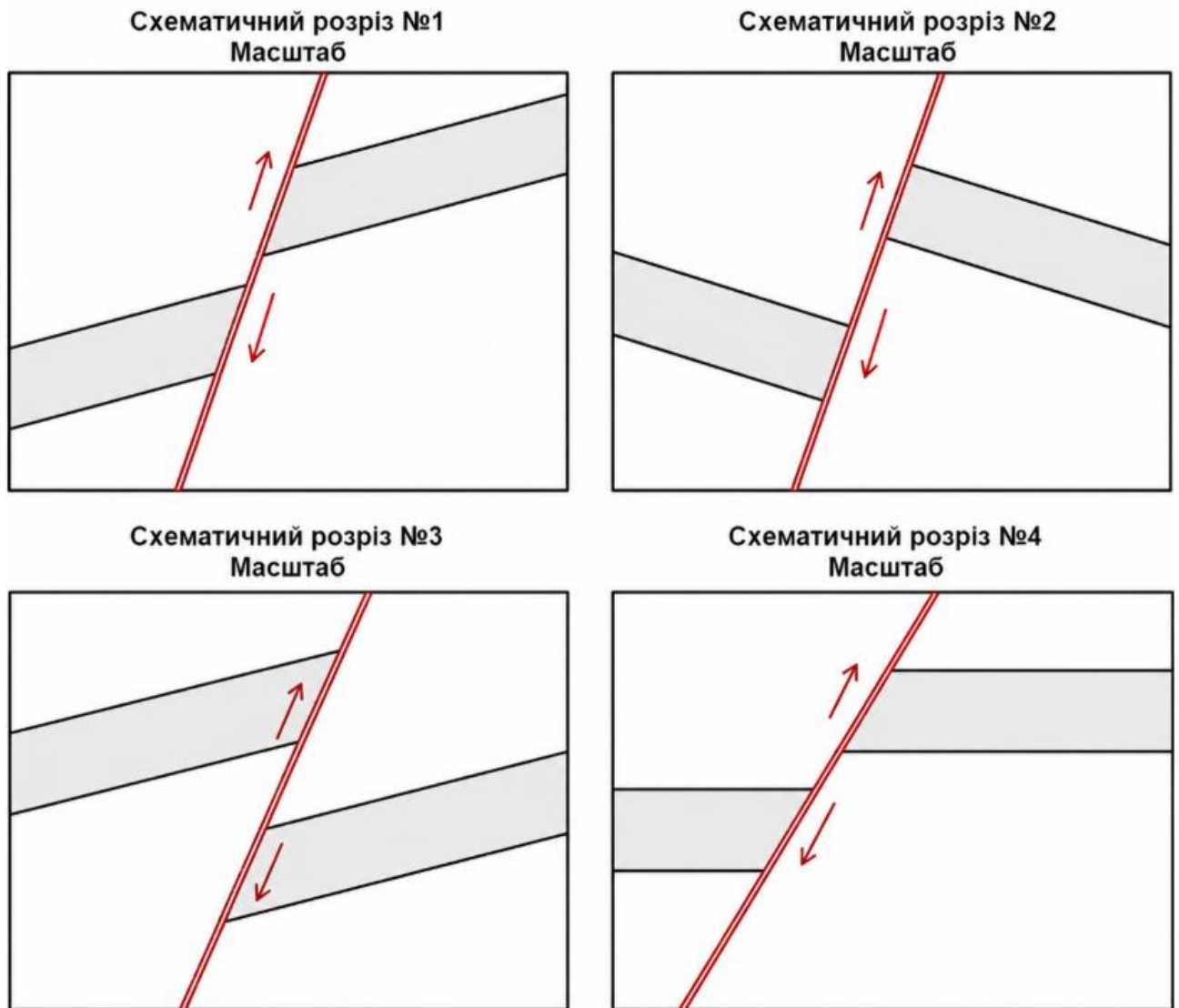


Рисунок 2.3 – Схематичні розрізи розривних дислокацій у гірських породах

Контрольні питання

1. Які типи розривних порушень розрізняються за положенням лежачого та висячого крил?
2. Які розривні порушення мають переміщення крил у горизонтальному напрямку по простяганню зміщувача?
3. Який кут нахилу зміщувача має насув?
4. Який кут нахилу зміщувача має скид?



ПРАКТИЧНА РОБОТА 3

ПОБУДОВА ДІАГРАМ ТРІЩИНУВАТОСТІ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Мета: ознайомитися з методикою статистичної обробки результатів масових вимірів тріщинуватості гірських порід, навчитися будувати комбіновану троянду-діаграму та визначати за її допомогою головні системи тріщин для розв'язання практичних геологічних та інженерних завдань.

Тривалість: 2 години

Тріщини та тріщинуватість гірських порід відіграють надзвичайно важливу практичну роль, оскільки вони не лише виступають природними провідниками й колекторами для нафти та різноманітних рудоносних розчинів, зумовлюючи формування численних жильних родовищ, а й часто стають зонами накопичення підземних вод у місцях дроблення породи.


Вимірювання та статистичний аналіз елементів залягання тріщин є критично важливими для комплексного вивчення геологічного середовища, оскільки дозволяють не лише розшифрувати тектонічну структуру осадових товщ чи магматичних масивів, а й розв'язати низку прикладних завдань. Зокрема, ці дані необхідні для прогнозування напрямків залягання рудних тіл, пов'язаних із певними системами тріщин, та вибору оптимальних методів розробки родовищ корисних копалин (таких як граніт чи вапняк), де інтенсивність розсічення породи впливає на технологію видобутку.

Крім того, детальне вивчення тріщинуватості є основою для оцінки інженерно-геологічних властивостей масивів при будівництві, аналізу колекторського потенціалу нафтогазоносних горизонтів, а також визначення найбільш ефективної техніки та режиму буріння свердловин залежно від фізичного стану гірських порід.

Для характеристики будь-якої геологічної структури - від монокліналей та розривних порушень до тектонічних тріщин, кліважу, сланцюватості метаморфічних товщ або елементів інтрузивних тіл і рудних жил - критично важливо мати точне уявлення про їхнє просторове залягання відносно сторін світу та горизонту.

Вивчення просторової орієнтації геологічних тіл передбачає застосування комплексу методів, найбільш доступним і поширеним серед яких є безпосереднє вимірювання елементів залягання тріщин у природних або штучних відслоненнях за допомогою гірничого компаса.

Просторове положення тріщин у просторі визначається їхніми елементами залягання: *лінією простягання*, *лінією падіння* та *кутом падіння*. Зокрема, під *лінією простягання* (або просто простяганням) розуміють уявну лінію, яка утворюється внаслідок перетину площини тріщини з горизонтальною поверхнею (рис.3.1-а).



Лінією падіння, або просто падінням, називають лінію максимального нахилу тріщин до горизонту, яка завжди перпендикулярна до лінії простягання, тоді як протилежно спрямована вгору та також перпендикулярна до простягання лінія визначається як лінія *підняття шару*.

Кутом падіння загалом називають двогранний кут між поверхнею тріщини та горизонтальною площиною, який умовно позначається грецькою літерою α (альфа) і може змінюватися в межах від 0° до 90° . При цьому кут, що утворюється безпосередньо між лінією падіння та її проекцією на горизонтальну площину, визначається як *істинний кут падіння*.

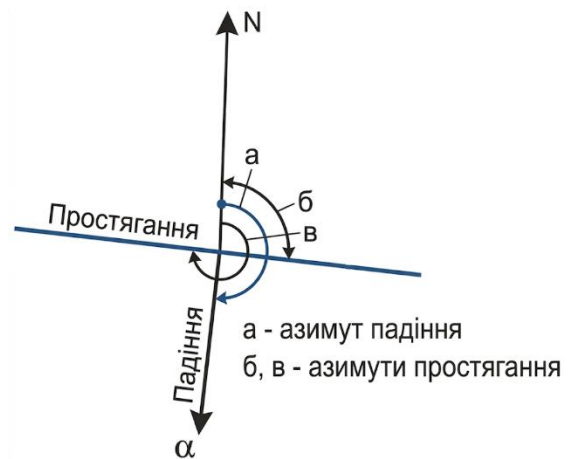
Азимутом простягання називають вимірний за ходом годинникової стрілки горизонтальний кут між північним напрямком географічного меридіану та лінією простягання, причому через наявність двох діаметрально протилежних напрямків лінії простягання вона завжди має два значення азимуту, які відрізняються між собою на 180° (рис.3.1-б).

Азимутом падіння (direction of dip, true dip direction) називають горизонтальний кут, який відліковується за годинниковою стрілкою від 0 до 360° між північним напрямком меридіану в точці вимірювання і додатним напрямком проекції лінії падіння (пласта, шару, поверхні скиду тощо) на горизонтальну площину. За додатний напрямок проекції лінії падіння приймається напрямок зменшення її висотних відміток [1]. Азимутом падіння умовно позначається відповідним знаком Q і супроводжується літерним позначенням сторін світу у вигляді румбів (ПнСх, ПдСх, ПнЗх, ПдЗх).

Оскільки лінії падіння і простягання є взаємно перпендикулярними, їхні азимуты відрізняються рівно на 90° . Це дозволяє легко обчислити азимут простягання на основі відомого азимута падіння шляхом додавання або віднімання 90° , причому кінцевий результат має перебувати в межах від 270° через 0° до 90° , адже в північній півкулі традиційно застосовують саме північні румби. Самі ж елементи залягання пласта можна визначити як безпосередньо у відслоненнях за допомогою гірничого компаса, так і опосередковано — за допомогою графічних побудов чи аналітичних розрахунків.



а



б

Рисунок 3.1– Графічне зображення елементів залягання тріщин у відслоненні(а) і на плані (б)

Короткі теоретичні відомості


Тріщини представляють собою розривні порушення середнього рангу з умовними розмірами від 10 см до 100 м, які характеризуються відсутністю суттєвих зміщень розділених ними блоків геологічних тіл. Їхня сукупність у межах конкретної ділянки земної кори визначає її тріщинуватість, яка зазвичай представлена кількома системами — групами паралельних тріщин із відхиленням у просторовій орієнтації не більше 10° .

Для кількісної оцінки інтенсивності тріщинуватості використовують показник густини тріщин (або питомої тріщинуватості), який визначається кількістю тріщин, що припадає на один квадратний метр площі досліджуваного розрізу.

За ступенем прояву тріщини поділяють на три основні групи: відкриті, закриті та приховані. Відкриті тріщини мають чітко виражену й видиму неозброєним оком порожнину між стінками. У закритих тріщинах сам розрив залишається добре помітним, проте їхні стінки зближені настільки щільно, що зафіксувати порожнину вздовж лінії розлому неможливо. Приховані тріщини є надзвичайно тонкими і під час звичайного візуального огляду непомітні, але вони легко проявляються у процесі механічного розбивання або при штучному фарбуванні поверхонь гірських порід.

Класифікацію тріщин у гірських породах можна здійснювати на основі їхнього просторового положення відносно структурних особливостей масиву, таких як шаруватість, сланцюватість, орієнтація лінійних чи пластинчастих мінералів, відносно сторін світу або ж виходячи з умов їхнього формування.

У першому випадку, коли оцінюється виключно орієнтування тріщин у просторі та їхній зв'язок із текстурними елементами порід, класифікація



є геометричною. У другому випадку, коли аналізуються чинники та обстановка виникнення деформацій, вона має генетичний характер. Ці класифікаційні підходи не виключають один одного, оскільки розглядають тріщинуватість з різних точок зору і взаємно доповнюють загальну картину дослідження масиву.

Під геометричною класифікацією розуміють систематизацію тріщин за просторовим орієнтуванням їхніх систем відносно сторін світу, а також відносно текстурно-структурних елементів вміщуючих порід, таких як шаруватість, смугастість чи сланцюватість.

Прості геометричні класифікації здійснюються за кутом або азимутом падіння та простягання тріщин. Зокрема, за величиною кута падіння виділяють вертикальні ($75-90^\circ$), круті ($45-75^\circ$), пологі ($15-45^\circ$) та горизонтальні ($0-15^\circ$) тріщини. За напрямком їхнього простягання відносно сторін світу виділяють меридіанальні, широтні, а також діагональні (північно-західного та північно-східного румбів) системи.

Кінематична класифікація підрозділяє системи тріщин за характером рухів і переміщень у деформованому блоці порід, які безпосередньо призвели до зародження та розвитку цих розривів.

Польові спостереження за тріщинуватістю полягають у детальному визначенні елементів залягання тріщин, реєстрації частоти їхнього прояву, фіксації просторового положення, а також в оцінці ступеня їхнього обводнення та рудоносності (зруденіння). Головною методичною умовою таких досліджень є масовість замірів та визначень. Навіть у межах невеликої ділянки, наприклад у кар'єрі чи природному відслоненні, необхідно виконувати сотні вимірювань, реєструючи фактично кожен наявну тріщину для отримання репрезентативної вибірки.

Методика опрацювання зібраного матеріалу полягає насамперед у його статистичній обробці, що передбачає побудову спеціалізованих діаграм тріщинуватості. Серед кількох існуючих типів таких графічних моделей найбільш простими та поширеними є точкова кругова діаграма та троянда -діаграма (rose diagram) простягання чи падіння тріщин. Троянда-діаграма - це різновид кругової векторної діаграми, яка використовується для наочного відображення розподілу циклічних або орієнтованих у просторі даних (наприклад, напрямків, кутів або часу).

Графічні методи візуалізації замірів тріщинуватості (точкова кругова діаграма, троянда-діаграма)

Побудова точкової кругової діаграми

Цей спосіб є зручним завдяки можливості нанесення на одну діаграму за допомогою кольорових тонів вимірів тріщин, елементів залягання порід та жил різного складу, що дозволяє легко зіставити їх між собою, а безпосередню роботу починають із підготовки сітки-трафарету, зображеної на рис. 3.2.

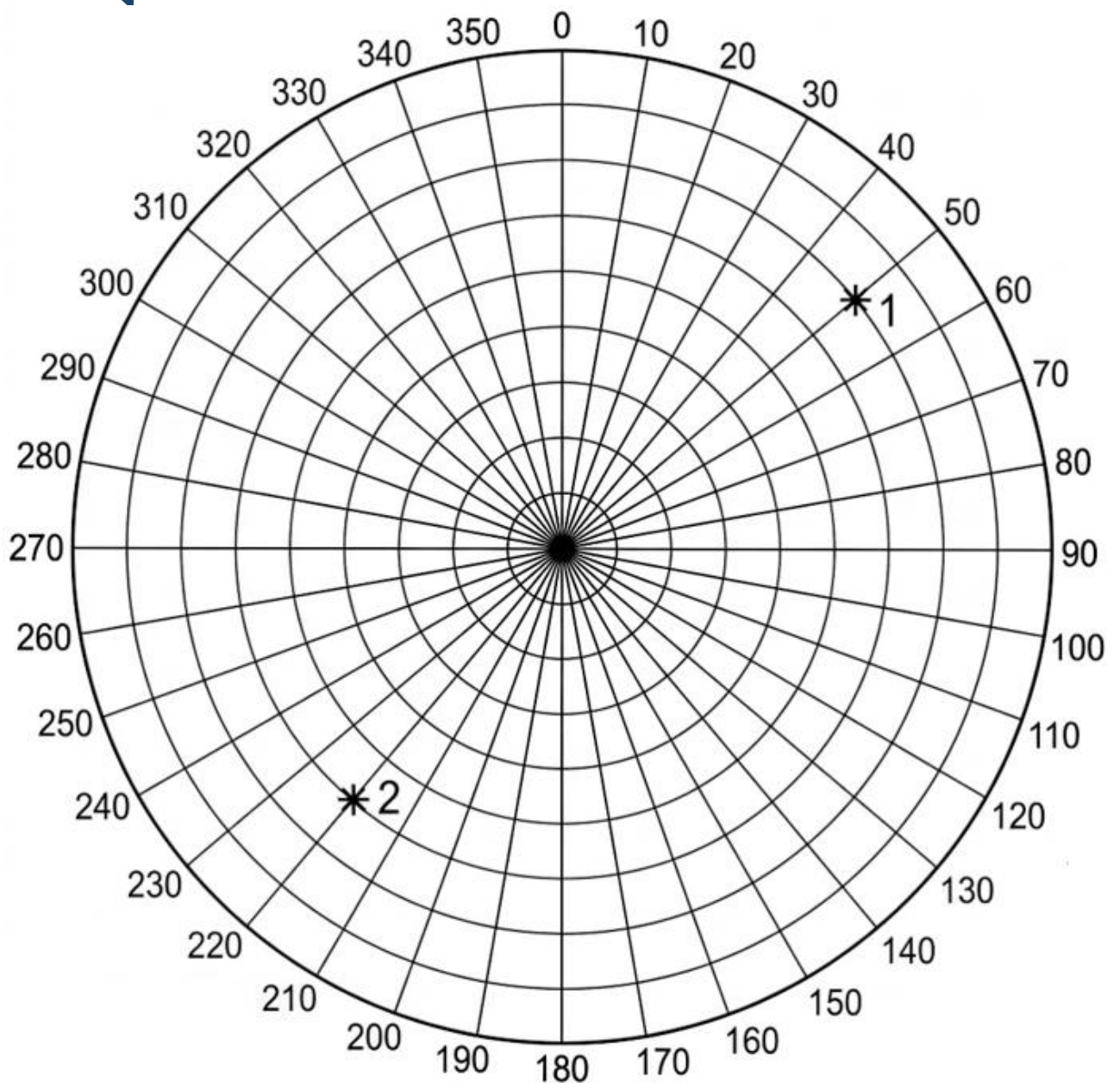


Рисунок 3.2 – Зразок побудови точкової діаграми

Спочатку креслять коло радіусом 90 мм, яке розділяють на 36 секторів шляхом проведення радіусів через кожні 10° - ці поділки використовуватимуться для відкладання азимутів падіння тріщин. Потім із того самого центра всередині базового кола проводять концентричні кола з кроком 10 мм, які градуюють уздовж північного радіуса від 0° у центрі до 90° на периферії з інтервалом у 10° .

Усі результати замірів елементів залягання тріщин відображають на сітці точками, при цьому азимуті ліній падіння відкладають уздовж відповідних радіусів, а кути падіння — за концентричними колами.

Наприклад, нанесена на рисунку 2 точка 1 відображає замір із азимутом падіння 50° та кутом 70° , тоді як точка 2 відповідає параметрам: азимут падіння 220° , кут падіння 60° .

Побудова троянди-діаграми

Для побудови троянди-діаграми використовують сітку-трафарет, аналогічну тій, що застосовується для кругових точкових діаграм (рис. 3.3). Початкові дані щодо тріщинуватості попередньо систематизують у табличній формі (табл. 3.1), розподіляючи виконані заміри за 36 групами. Масштаб графічних побудов, який має бути єдиним для відображення шаруватості, тріщинуватості тощо, визначають за групою з максимальною кількістю замірів. Для цього довжину радіуса трафарету ділять на максимальне число вимірів у такій групі.

Таблиця 3.1 – Накопичення частот зустрічаваності азимутів падіння тріщин

Номер групи тріщин	Інтервал азимутів падіння, град	Кількість тріщин відповідного азимуту	Відносна частота зустрічі, %
1	0-9	5	2
2	10-19	20	24
3	20-29	0	0
....			
33	320-329	0	0
34	330-339	0	0
35	340-349	1	1
36	350-359	3	1,5
Сума			100

Примітка. Відносну частоту зустрічаваності обчислюють як відсоткове відношення кількості замірів тріщин у кожній окремій групі до їхнього загального масиву. Розрахункова сума відносних частот за всіма групами має становити 100%.

Наприклад, якщо максимальна кількість замірів тріщинуватості в одній групі становить 20, а радіус трафарету дорівнює 90 мм, то ціна однієї поділки (одного виміру) складатиме 4,5 мм ($90 \div 20 = 4,5$ мм). Відповідно, для групи № 1, що містить 7 замірів, довжина променя на діаграмі становитиме 31,5 мм ($7 \times 4,5 = 31,5$ мм), і аналогічно розраховують значення для решти груп.

Побудову виконують на трафареті вздовж радіусів, які відповідають середнім значенням азимутів для кожної з 36 груп (зокрема, 5° — для першої групи, 15° — для другої, 25° — для третьої тощо). У вибраному масштабі від центра кола послідовно відкладають відрізки, довжина яких пропорційна кількості вимірів у відповідному інтервалі.

Вершини отриманих у кожному секторі векторів послідовно сполучають прямими лініями, а утворені контури заштриховують (рис. 3.3). Після цього через найбільш витягнуті пелюстки діаграми проводять осьову лінію, яка вказує на переважний напрямок; за шкалою зовнішнього кола визначають середній азимут падіння тріщин, який для наведеного прикладу становить 15° .

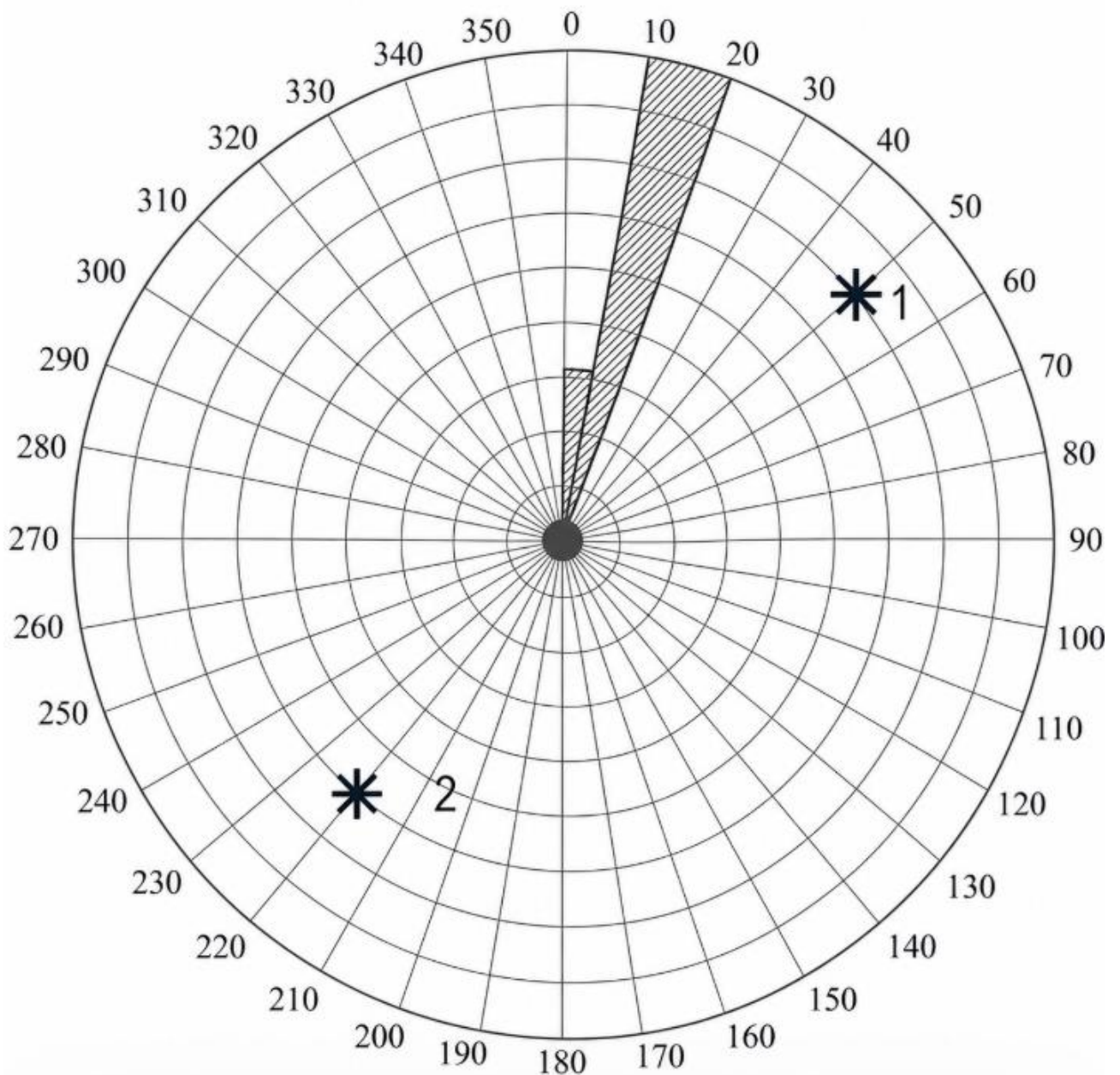


Рисунок 3.3 - Приклад побудови троянди-діаграми тріщинуватості

Найбільш ефективним і зручним інструментом для аналізу систем тріщин є комбінування точкової діаграми та троянди-діаграми. У цьому випадку на один трафарет одночасно виносять як точкові заміри (рис. 3.2), так і «пелюстки» рози (рис. 3.3). Середній азимут падіння визначають за наведеною вище методикою. Для обчислення середнього кута падіння системи тріщин олівцем оконтурюють ділянки найвищої щільності точок, які просторово збігаються із сектором розміщення найбільших «пелюсток», і візуально знаходять «центр ваги» отриманої хмари точок (рис. 3.4). Координата цієї точки й указуватиме на шуканий середній кут падіння. У розглянутому прикладі (рис. 3.4) середній кут падіння становить близько $62\text{--}63^\circ$ при азимуті падіння 15° .

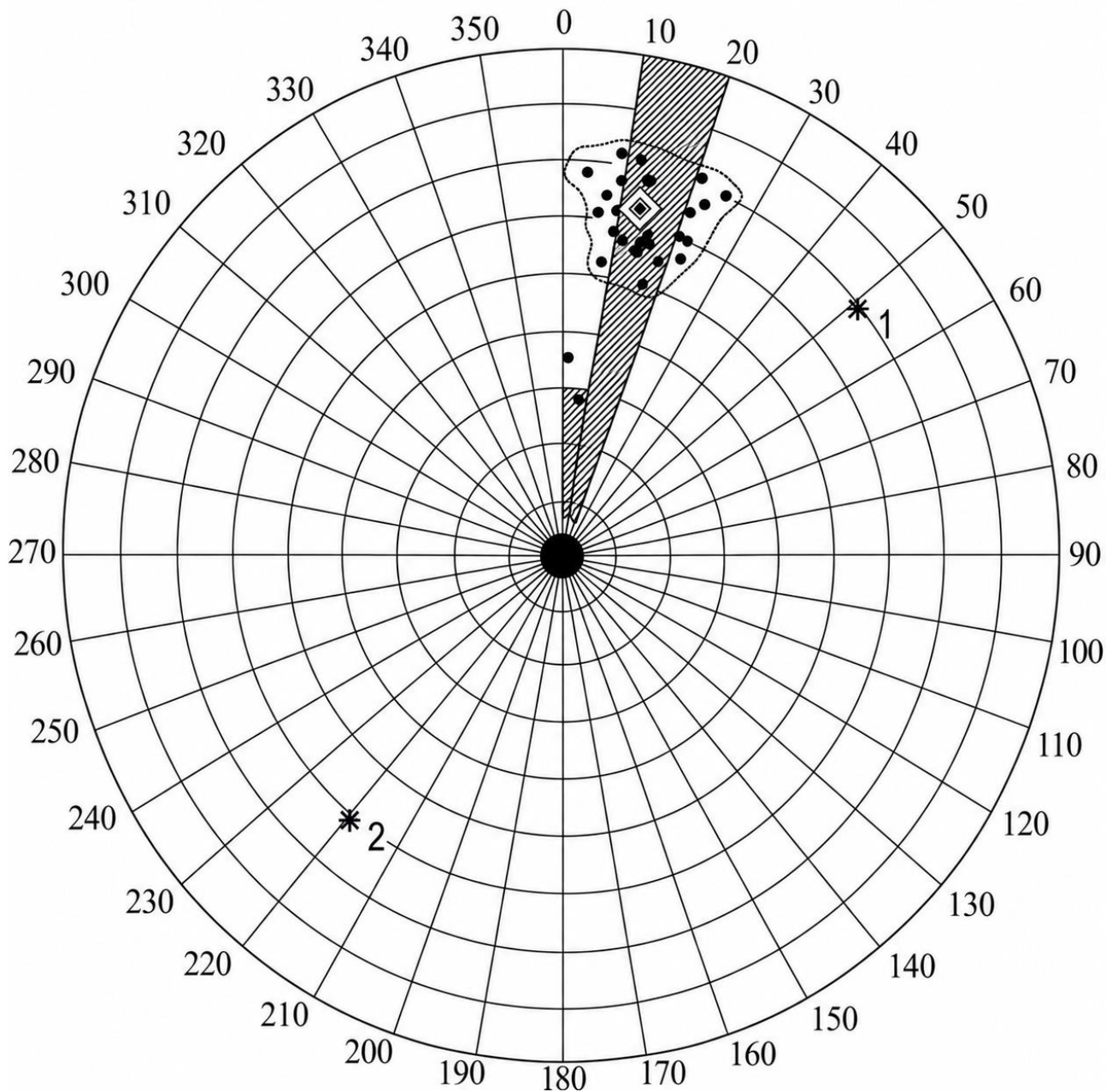


Рисунок 3.4 – Зразок побудови комбінованої діаграми тріщинуватості (суміщена точкова та роза-діаграма тріщинуватості з нанесеним «центром ваги» скупчення точок - білий подвійний ромб)



Порядок виконання практичної роботи

Завдання. На основі наведених даних масових замірів елементів залягання тріщин, що містяться в додатку 3.А, виконати побудову комбінованої троянди-діаграми. За результатами графічного аналізу встановити просторові параметри домінуючих систем тріщин.

Хід виконання

1. Проаналізувати вихідні статистичні дані та систематизувати їх у вигляді таблиці розподілу частот (див. табл. 1).
2. Підготувати кругову сітку-трафарет для подальших графічних побудов.
3. Винести на підготовлений трафарет усі точкові виміри елементів залягання тріщин.
4. Побудувати пелюстки рози-діаграми та пронумерувати найбільш виражені (характерні) максимуми.
5. Визначити елементи залягання домінуючих систем тріщинуватості й внести їх у вигляді відповіді.
6. Дати відповіді на контрольні питання.

Додаток 3.А. Вихідні дані

Первинні результати масових вимірів елементів залягання тріщин

№ точки	Варіант									
	1		2		3		4		5	
	Аз. пад.	Кут пад.	Аз. пад.	Кут пад.	Аз. пад.	Кут пад.	Аз. пад.	Кут пад.	Аз. пад.	Кут пад.
1	195	60	120	60	285	85	256	80	159	78
2	210	85	140	68	283	80	262	82	170	79
3	195	87	145	70	270	78	270	80	198	78
4	205	80	146	72	315	79	251	88	205	69
5	195	90	180	72	15	75	243	75	201	60
6	270	75	190	65	86	72	215	72	137	69
7	310	82	234	50	78	66	252	78	132	70
8	350	72	185	75	12	68	242	80	141	70
9	280	75	231	80	5	58	225	88	186	70
10	250	76	225	80	8	60	210	90	146	72
11	190	90	115	65	12	62	215	70	210	70
12	290	90	143	60	12	68	242	65	205	70
13	280	83	149	70	49	70	248	78	209	73
14	275	85	180	75	352	80	252	69	256	80
15	359	90	195	74	348	86	260	72	250	82
16	310	90	235	75	280	80	182	70	255	80
17	190	62	125	60	48	90	183	68	115	88
18	310	85	133	62	350	82	220	73	110	80
19	190	85	135	63	348	82	198	72	105	90
20	250	75	140	64	285	83	203	78	113	82
21	290	90	141	65	345	80	218	80	125	80
22	260	85	151	70	320	82	268	82	146	81
23	265	80	140	66	45	80	200	80	135	72
24	250	83	138	67	48	78	210	83	138	82
25	265	84	135	65	15	76	215	85	121	81
26	300	90	115	59	46	82	181	78	145	74
27	285	90	183	62	58	78	250	79	182	75
28	290	88	148	66	67	75	240	70	149	79
29	290	86	240	73	66	75	135	62	181	80
30	195	75	230	78	351	81	240	85	198	82
31	195	70	240	75	353	82	245	88	192	81
32	285	80	235	76	288	80	305	73	180	90
33	280	75	115	70	298	60	311	88	260	68
34	180	63	128	68	282	69	148	70	205	72
35	185	65	118	62	290	72	137	72	205	73
36	220	85	120	60	292	70	141	75	210	77
37	215	89	242	63	358	72	139	70	215	78
38	215	78	180	63	162	72	141	82	215	75
39	300	75	240	55	278	69	179	80	245	80
40	275	77	225	62	289	60	188	82	258	82
41	191	70	148	60	281	61	144	84	245	83
42	180	65	159	62	68	68	155	89	225	85
43	185	70	160	60	69	58	250	80	220	85
44	285	85	131	62	72	52	129	75	126	86
45	190	75	148	63	280	60	168	75	115	69
46	185	78	148	62	290	68	182	80	118	80
47	275	80	158	60	49	69	143	75	119	81
48	280	79	145	63	65	70	196	78	220	70
49	195	80	148	64	70	72	125	76	240	75
50	185	62	161	64	62	68	165	78	239	72

Продовження таблиці вихідних даних додатку 3.А

№ точки	Варіант									
	6		7		8		9		10	
	Аз. пад.	Кут пад.	Аз. пад.	Кут пад.	Аз. пад.	Кут пад.	Аз. пад.	Кут пад.	Аз. пад.	Кут пад.
1	305	80	115	60	343	80	45	78	190	80
2	310	80	125	62	351	82	46	79	290	85
3	320	88	105	70	12	73	25	81	280	87
4	295	78	148	72	43	90	80	88	275	80
5	290	79	149	65	51	58	40	78	185	90
6	295	75	152	79	43	85	43	75	191	87
7	25	75	143	80	295	88	50	68	285	88
8	30	78	110	82	299	86	310	59	185	84
9	35	79	183	85	293	80	10	60	185	80
10	36	79	190	70	297	79	12	45	180	78
11	45	20	145	65	47	82	15	50	190	82
12	310	78	251	71	325	88	330	82	195	84
13	315	78	246	70	301	84	328	78	275	86
14	340	80	242	80	46	78	331	79	240	40
15	345	85	248	78	51	75	325	82	215	40
16	320	60	118	65	344	77	320	84	210	37
17	338	83	270	66	293	73	48	86	220	41
18	359	79	169	72	281	10	49	88	185	80
19	320	69	200	68	292	72	17	45	180	78
20	15	80	205	80	0	74	20	40	280	82
21	20	78	210	90	320	5	325	78	285	84
22	30	80	99	88	359	79	45	76	195	86
23	340	74	114	86	49	73	49	78	192	85
24	345	70	124	78	53	74	50	80	193	85
25	45	76	114	78	60	71	48	79	290	79
26	33	78	145	62	60	81	60	70	195	78
27	48	83	120	65	55	82	56	75	210	40
28	15	84	230	68	43	82	54	78	205	45
29	350	75	228	70	23	43	58	79	190	79
30	15	72	233	70	83	82	63	81	205	82
31	358	70	138	65	20	90	307	83	280	83
32	63	72	142	62	18	73	290	85	230	40
33	350	74	158	80	350	75	310	86	220	30
34	85	34	159	79	348	76	314	88	280	82
35	14	82	186	88	352	77	320	80	250	39
36	28	80	205	80	70	32	10	40	190	80
37	300	78	270	70	290	82	325	78	290	78
38	302	77	270	72	295	82	14	50	280	79
39	301	79	241	75	305	90	321	72	275	78
40	285	80	250	78	310	86	292	74	235	43
41	33	66	142	81	342	84	281	81	243	50
42	48	68	140	80	352	82	298	83	247	60
43	40	70	133	79	46	80	301	86	190	81
44	260	72	130	80	73	22	300	86	230	42
45	15	83	145	78	90	42	20	40	232	37
46	45	84	150	80	305	83	15	30	250	84
47	40	85	245	82	310	80	46	81	290	85
48	48	75	110	80	26	81	48	83	265	86
49	33	80	115	78	43	79	52	82	285	87
50	14	72	120	80	42	75	29	79	290	88

Продовження таблиці вихідних даних додатку 3.А

№ точки	Варіант									
	11		12		13		14		15	
	Аз. пад.	Кут пад.	Аз. пад.	Кут пад.	Аз. пад.	Кут пад.	Аз. пад.	Кут пад.	Аз. пад.	Кут пад.
1	285	85	115	60	159	78	115	60	190	80
2	283	80	125	62	170	79	125	62	290	85
3	270	78	105	70	198	78	105	70	280	87
4	315	79	148	72	205	69	148	72	275	80
5	15	75	149	65	201	60	149	65	185	90
6	86	72	152	79	137	69	152	79	191	87
7	78	66	143	80	132	70	143	80	285	88
8	12	68	110	82	141	70	110	82	185	84
9	5	58	183	85	186	70	183	85	185	80
10	8	60	190	70	146	72	190	70	180	78
11	12	62	145	65	210	70	145	65	190	82
12	12	68	251	71	205	70	251	71	195	84
13	49	70	246	70	209	73	246	70	275	86
14	352	80	242	80	256	80	242	80	240	40
15	348	86	248	78	250	82	248	78	215	40
16	280	80	118	65	255	80	118	65	210	37
17	48	90	270	66	115	88	270	66	220	41
18	350	82	169	72	110	80	169	72	185	80
19	348	82	200	68	105	90	200	68	180	78
20	285	83	205	80	113	82	205	80	280	82
21	345	80	210	90	125	80	210	90	285	84
22	320	82	99	88	146	81	99	88	195	86
23	45	80	114	86	135	72	114	86	192	85
24	48	78	124	78	138	82	124	78	193	85
25	15	76	114	78	121	81	114	78	290	79
26	46	82	145	62	145	74	145	62	195	78
27	58	78	120	65	182	75	120	65	210	40
28	67	75	230	68	149	79	230	68	205	45
29	66	75	228	70	181	80	228	70	190	79
30	351	81	233	70	198	82	233	70	205	82
31	353	82	138	65	192	81	138	65	280	83
32	288	80	142	62	180	90	142	62	230	40
33	298	60	158	80	260	68	158	80	220	30
34	282	69	159	79	205	72	159	79	280	82
35	290	72	186	88	205	73	186	88	250	39
36	292	70	205	80	210	77	205	80	190	80
37	358	72	270	70	215	78	270	70	290	78
38	162	72	270	72	215	75	270	72	280	79
39	278	69	241	75	245	80	241	75	275	78
40	289	60	250	78	258	82	250	78	235	43
41	281	61	142	81	245	83	142	81	243	50
42	68	68	140	80	225	85	140	80	247	60
43	69	58	133	79	220	85	133	79	190	81
44	72	52	130	80	126	86	130	80	230	42
45	280	60	145	78	115	69	145	78	232	37
46	290	68	150	80	118	80	150	80	250	84
47	49	69	245	82	119	81	245	82	290	85
48	65	70	110	80	220	70	110	80	265	86
49	70	72	115	78	240	75	115	78	285	87
50	62	68	120	80	239	72	120	80	290	88

Продовження таблиці вихідних даних додатку 3.А

№ точки	Варіант									
	Варіант 16		Варіант 17		Варіант 18		Варіант 19		Варіант 20	
	Аз. пад.	Кут пад.	Аз. пад.	Кут пад.	Аз. пад.	Кут пад.	Аз. пад.	Кут пад.	Аз. пад.	Кут пад.
1	195	60	256	80	343	80	115	60	45	78
2	210	85	262	82	351	82	125	62	46	79
3	195	87	270	80	12	73	105	70	25	81
4	205	80	251	88	43	90	148	72	80	88
5	195	90	243	75	51	58	149	65	40	78
6	270	75	215	72	43	85	152	79	43	75
7	310	82	252	78	295	88	143	80	50	68
8	350	72	242	80	299	86	110	82	310	59
9	280	75	225	88	293	80	183	85	10	60
10	250	76	210	90	297	79	190	70	12	45
11	190	90	215	70	47	82	145	65	15	50
12	290	90	242	65	325	88	251	71	330	82
13	280	83	248	78	301	84	246	70	328	78
14	275	85	252	69	46	78	242	80	331	79
15	359	90	260	72	51	75	248	78	325	82
16	310	90	182	70	344	77	118	65	320	84
17	190	62	183	68	293	73	270	66	48	86
18	310	85	220	73	281	10	169	72	49	88
19	190	85	198	72	292	72	200	68	17	45
20	250	75	203	78	0	74	205	80	20	40
21	290	90	218	80	320	5	210	90	325	78
22	260	85	268	82	359	79	99	88	45	76
23	265	80	200	80	49	73	114	86	49	78
24	250	83	210	83	53	74	124	78	50	80
25	265	84	215	85	60	71	114	78	48	79
26	300	90	181	78	60	81	145	62	60	70
27	285	90	250	79	55	82	120	65	56	75
28	290	88	240	70	43	82	230	68	54	78
29	290	86	135	62	23	43	228	70	58	79
30	195	75	240	85	83	82	233	70	63	81
31	195	70	245	88	20	90	138	65	307	83
32	285	80	305	73	18	73	142	62	290	85
33	280	75	311	88	350	75	158	80	310	86
34	180	63	148	70	348	76	159	79	314	88
35	185	65	137	72	352	77	186	88	320	80
36	220	85	141	75	70	32	205	80	10	40
37	215	89	139	70	290	82	270	70	325	78
38	215	78	141	82	295	82	270	72	14	50
39	300	75	179	80	305	90	241	75	321	72
40	275	77	188	82	310	86	250	78	292	74
41	191	70	144	84	342	84	142	81	281	81
42	180	65	155	89	352	82	140	80	298	83
43	185	70	250	80	46	80	133	79	301	86
44	285	85	129	75	73	22	130	80	300	86
45	190	75	168	75	90	42	145	78	20	40
46	185	78	182	80	305	83	15	30	15	30
47	275	80	143	75	310	80	245	82	46	81
48	280	79	196	78	26	81	110	80	48	83
49	195	80	125	76	43	79	115	78	52	82
50	185	62	165	78	42	75	120	80	29	79



Контрольні питання

1. Що таке «тріщинуватість гірських порід» та яке практичне (інженерно-геологічне чи промислове) значення вона має?
2. Які три основні параметри відносяться до елементів залягання тріщини, і в яких межах може змінюватися кут падіння?
3. У чому полягає головна відмінність між азимутом простягання та азимутом падіння тріщини (кількість напрямків, діапазон значень)?
4. Як класифікують тріщини за ступенем їх прояву (взаєморозміщенням стінок) та за величиною кута падіння відповідно до геометричної класифікації?
5. Яка головна умова проведення польових спостережень за тріщинуватістю та які основні графічні методи використовують для статистичної обробки отриманих замірів?



ПРАКТИЧНА РОБОТА 4

РОЗРАХУНОК СТІЙКОСТІ ЗСУВНОГО СХИЛУ

Мета: закріпити знання про зсувні процеси, їхні морфологічні елементи та умови формування геологічного середовища; навчитися будувати геологічний розріз схилу за даними буріння свердловин та оцінювати ступінь його стійкості шляхом розрахунку коефіцієнта стійкості.

Тривалість: 2 години

ГЕОЛОГІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ (geological environment) - частина земної кори (гірські породи, ґрунти, донні відкладення, підземні води тощо), яка взаємодіє з елементами ландшафту, атмосферою та поверхневими водами і може зазнавати впливу техногенної діяльності [1]. Особливості даного середовища можуть спровокувати суттєві зміни як у природному, так і в зміненому людиною ландшафті, включно з катастрофічними наслідками. Серед подібних явищ особливе місце посідають зсуви.

ЗСУВ (slip, jump, down-throw, strike-slip fault) - порушення природної рівноваги залягання верств гірських порід з розривом їх суцільності і переміщенням у горизонтальному або близькому до нього напрямі. Зсуви виникають під час горотворення, внаслідок зволоження ґрунту, а також діяльності людини (техногенні — при гірничих та будівельних роботах тощо). Очікувані зсуви - зсуви, які визначаються попередніми розрахунками згідно з календарними планами розвитку гірничих робіт. Розрізняють такі стадії розвитку зсуву: прихована - від початку мікрозсування до появи видимих ознак формування зсуву (тріщин на земній поверхні, випирання порід в основі борта кар'єру тощо); швидкість посування наприкінці прихованої стадії 1-10 мм/доб; початкова - з моменту появи видимих ознак до переходу в сталу чи активну стадію; стала - період, в який посування характеризується постійною швидкістю; проявляється на пологих бортах лежачого боку, може зупинитися до переходу в активну стадію; активна - період, коли швидкість переміщення безперервно збільшується; затухання - період, коли швидкість посування зсунутих мас зменшується до повної їх зупинки [1].

Будова та морфологічні елементи зсуву представлені на рис.4.1.

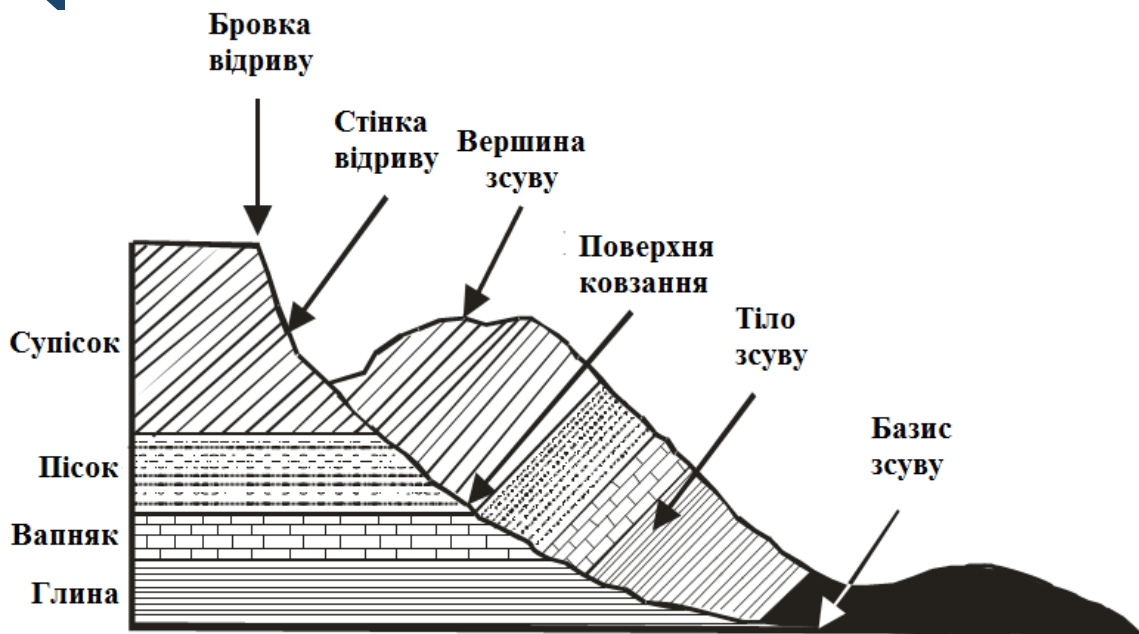


Рисунок 4.1 – Морфологічні елементи зсуву

Тіло зсуву - це масив гірських порід, що зміщується вниз схилом. При цьому він може як залишатися монолітним, так і руйнуватися на окремі блоки чи фрагменти.

Вершина зсуву - це верхня межа зміщеної маси порід, яка зазвичай має опуклу форму.

Поверхня ковзання - це поверхня або зона в масиві гірських порід, уздовж якої відбувається безпосереднє зміщення тіла зсуву.


Базис зсуву - це найнижча точка зміщення зсувного масиву. Зазвичай нею виступає підшва схилу, рівень річкового дна або ж поверхня водотривкого горизонту.

Стінка відриву - це верхня межа виходу поверхні ковзання на денну поверхню. У плані вона орієнтована паралельно схилу або має дугоподібні обриси, а її крутизна становить 45° і більше.

За характером розвитку та механізмом зміщення зсуви поділяють на *деяпсивні* (ті, що ковзають знизу вгору) та *детрузивні* (ті, що виштовхуються зверху вниз).

Деяпсивні зсуви (від лат. *delapsus* - падіння, зісковзування) формуються внаслідок зміщення порід під дією власної ваги. При цьому в зсувному тілі зазвичай зберігається первинна послідовність залягання шарів, які виявляються дещо нахиленими в бік непорушеного масиву схилу. Рух нестійких мас за такого механізму починається біля підшви (основи) схилу. Втрата опори нижчележачих блоків поступово провокує руйнування вищерозміщених товщ, аж поки у зсувний процес не втягнеться весь укіс.

Детрузивні зсуви (від лат. *detrusio* - зіштовхування) формуються під тиском масивів порід, що розташовані вище по схилу, відірвалися від нього і сповзають донизу. Динаміка цього процесу має прогресивний



характер, рух починається у верхній частині схилу і поступово передається вниз. Базис таких зсувів зазвичай розташований нижче рівня дна річки, через що рухомі маси здатні виштовхувати (випирати) породи, які залягають біля підніжжя.

За характером зміщення масиву виділяють три основні типи зсувів:

1. *Асеквентні*. Цей тип зсувів розвивається переважно в однорідних, нешаруватих товщах порід. Поверхня ковзання у них має криволінійну форму, близьку до циліндричної. За кінематикою та механізмом розвитку більшість таких порушень належить до деляпсивного типу.

Консеквентні. Формування поверхні ковзання у цій групі зсувів зумовлене наявними в товщі порід поверхнями ослаблення або розділу структурних елементів. Роль таких поверхонь найчастіше відіграють:

- площини нашарування осадових товщ;
- контактний уріз ґрунтового-рослинного шару з підстилаючими породами;
- межа між делювіальним плащем (нанесеними зі схилу пухкими відкладами) та корінним субстратом;
- системи взаємоперев'язаних тріщин, що розбивають масив і формують ламану поверхню ковзання;
- контактна зона між осадовими породами та інтрузивними тілами.

Інсеквентні. До цієї категорії належать зсуви, які врізаються в товщу схилу, складеного шаруватими товщами з чергуванням пластів різного літологічного складу. Поверхня зміщення перетинає (ріже) ці пласти під різними кутами до їхнього залягання і має вигляд складної неоднорідної кривої - крутої у верхній частині та пологий у підніжжі.


Основними факторами та умовами, що сприяють розвитку зсувних процесів, є:

- Геоморфологічні характеристики: наявність крутих схилів із кутом нахилу понад 25°.

- Гідрогеологічна структура: залягання водотривкої товщі під водопроникними пластами, що зумовлює формування водоносного горизонту на їхньому контакті. Підземні води в цій зоні відіграють роль гідродинамічного та мастильного чинника для зміщення майбутнього зсувного тіла.

- Метеорологічне навантаження: значна кількість атмосферних опадів, яка забезпечує інтенсивне вологонасичення ґрунтомасиву та зниження його міцнісних властивостей.

- Літологічний склад порід: наявність відкладів, схильних до різкого зниження міцності та зростання пластичності при водонасиченні (наприклад, глин, мергелів або крейди). Зокрема, міцність деяких різновидів крейдяно-мергельних порід при критичному зволоженні може



зменшуватися в сотні разів (до 600-700 разів порівняно з повітряно-сухим станом).

- Геоструктурний фактор: нахил пластів гірських порід у бік річкової долини або укосу схилу (згідно з напрямком загального похилу рельєфу).

- Тектонічна порушеність та тріщинуватість: окрім шаруватості, зниження стійкості порід укосу часто зумовлене високим ступенем їхньої роздробленості системами ендегенних та екзогенних тріщин. Тріщини інтенсифікують процеси вивітрювання та ерозійного врїзу, що призводить до подальшої деструкції масиву.

- Гідрогеомеханічний ефект тріщинуватості: деструктивні тріщини полегшують відрив поверхневих товщ від основного масиву та слугують каналами для швидкого проникнення поверхневих вод углиб схилу. Це призводить до кардинальної зміни фізико-механічних властивостей порід. У сейсмічно активних регіонах під час землетрусів наявність такої мережі тріщин є головним тригером формування масштабних зсувів.

- Ерозійні та гідрологічні чинники: ерозійний підмив підошви схилу водотоками, а також інтенсивна інфільтрація атмосферних опадів і талих вод. Рясні дощі спричиняють масштабний площинний змив ґрунтового покриву, що ініціює декомпресію масиву (розвантаження від ваги змитих порід) та призводить до розкриття нових тріщин. Аналогічні умови виникають внаслідок техногенного чинника — надмірного поливу присадибних ділянок на бровці схилу, або через формування природних чи штучних водойм (ставків, боліт, загат) на прилеглому до укосу плато.

- Антропогенне та природне довантаження: збільшення статичного навантаження на бровку плато через зведення інженерних споруд або дію природних факторів (накопичення води у новоутворених озерах, заростання схилу деревною рослинністю).

- Подвійний вплив рослинності: хоча вирубка лісу суттєво активізує зсувні процеси через руйнування корневих систем, наявність дерев є неоднозначним фактором стійкості. У весняний період лісові насадження затримують сніготанення, що зумовлює тривале й глибоке перезволоження ґрунтомасиву. Крім того, при сильному вітрі дерева виступають своєрідними важелями: вони передають вітрову енергію (динамічне навантаження) вглиб ґрунту, що розхитує масив і, за умов високої вологості, провокує відрив та зміщення блоків.

Зсувні процеси завдають колосальної шкоди господарській діяльності людини. Руйнуючи та зміщуючи інженерні споруди, вони здатні знищити цілі населені пункти або міські квартали, вивести з ладу сільськогосподарські угіддя й лісові масиви, а також зруйнувати транспортні комунікації. Окрім прямої матеріальної шкоди, зсуви спричиняють значні опосередковані (непрямі) збитки, такі як тривалі вимушені зупинки транспорту, логістичні збої у постачанні сировини підприємствам та деградація агровиробництва внаслідок руйнування іригаційних систем.

Завдання до практичної роботи № 4

Виконати розрахунок стійкості зсувного схилу згідно з визначеним варіантом (Додаток 4.А). У розрахунках обов'язково врахувати інженерно-геологічні умови та фізико-механічні властивості ґрунтів масиву.

Вихідні дані:

- Геологічна будова зсувонебезпечного схилу, встановлена за даними розвідувального буріння.

Фізико-механічні параметри ґрунтів зсувного тіла (φ - кут внутрішнього тертя, c - питоме зчеплення, γ - об'ємна вага).

Мета: Виконати розрахунок коефіцієнта стійкості зсувного схилу за наявності потенційного консеквентного зсуву.

Порядок виконання роботи

1. Здійснити побудову геологічного розрізу згідно з індивідуальним варіантом завдання. Масштаб графічних побудов (як горизонтальний, так і вертикальний) прийняти рівним 1:500 (в 1 см - 5 м).

1.1. На вертикально орієнтованому аркуші формату А4 провести лінію проектування на відстані 2 см від його нижнього краю. За висотну відмітку цієї лінії прийняти рівень, що є на 5 метрів нижчим за мінімальну абсолютну чи відносну глибину зафіксованих по свердловинах точок.

Проекцію першої свердловини наносять на лінію проектування розрізу ліворуч або праворуч (залежно від варіанта завдання) на відстані 2 см від бічної межі аркуша. Другу свердловину закладають відповідно ліворуч або праворуч від першої на відстані, що вказана в завданні та переведена у масштаб креслення. Положення третьої та наступних свердловин визначають аналогічно - за наведеними в завданні відстанями відносно першої бурової свердловини з урахуванням масштабу побудови. За правильного нанесення свердловин лінія розрізу повністю поміститься в межах робочого аркуша.

1.2. Позначити висотне положення устя кожної бурової свердловини відповідно до їхніх абсолютних (або відносних) висотних відміток у масштабі креслення. З'єднати отримані точки плавними лініями для формування лінії рельєфу досліджуваного схилу.

1.3. Від побудованої лінії рельєфу (від точок устя) відкласти вниз стовбури свердловин відповідно до їхньої повної глибини або до мінімальних висотних відміток вибою у заданому вертикальному масштабі.

1.4. На стовбурі кожної свердловини нанести геологічні межі шарів, позначивши їх штриховими засічками завдовжки 5 мм, а також зафіксувати межу подошви (глибину розвитку) зсувного масиву.

1.5. Окреслити межі зсувного тіла шляхом послідовного сполучення відповідних засічок на стовбурах свердловин. Отримана лінія контуру

відобразитиме поверхню ковзання. Зверніть увагу, що ця лінія повинна виклинюватися (виходити на денну поверхню рельєфу) на ділянці між буровими свердловинами, яка розділяє зону поширення зсувного масиву та стабільний (непорушений) схил.

1.6. Побудувати геологічні межі гірських порід. Вони мають бути практично горизонтальними. Зверніть увагу, що пласти, які потрапили в зону зміщення, повинні примикати до лінії ковзання (доходити строго до неї), але не перетинати її.

1.7. Виконати штриховку літологічних різновидів порід на геологічному розрізі.

2. Безпосередньо на побудованому розрізі виміряти довжину поверхні ковзання L . Вимірювання криволінійного контуру виконати за допомогою курвіметра, вимірювального циркуля (методом крокування), нитки чи паперової смужки. Отримане значення перевести у натурну величину (у метрах) відповідно до масштабу креслення (1:500).

3. Визначити площу тіла зсуву S на розрізі. Для вимірювання використовувати квадратну палетку з розміром комірки 5 мм або планіметр. Отриманий результат перевести в натурну величину та зафіксувати у квадратних метрах (m^2) відповідно до масштабу побудови.

4. Розрахувати загальну вагу зсувного масиву за формулою:

$$P = S \times \gamma \quad 1$$

де:

P - вага тіла зсуву;

S - площа тіла зсуву;

γ - об'ємна вага ґрунту тіла зсуву (приймається за вихідними даними варіанта).

5. За допомогою транспортира визначити кут укосу зсувного схилу α (рис. 4.2).

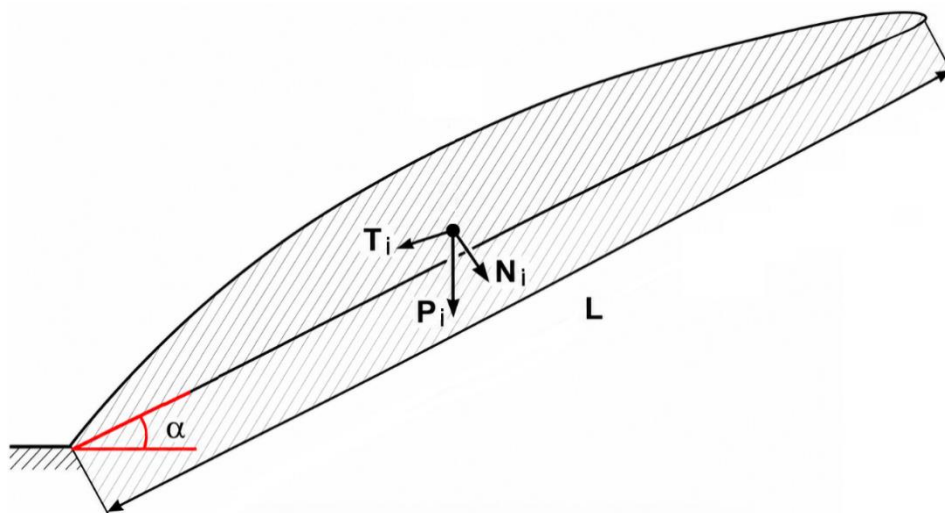



Рисунок 4.2 – Схема до розрахунку стійкості зсувного схилу



6. Розрахувати зсувну T та нормальну N складові тиску від ваги тіла зсуву за наведеними формулами:

$$T = P \times \sin \alpha \quad 2$$

$$N = P \times \cos \alpha \quad 3$$

де: P - вага тіла зсуву,
 α - кут укосу зсувного схилу.

7. Визначити значення коефіцієнта стійкості зсувного схилу K за наступною формулою:

$$K = \frac{N \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + c \cdot L}{T} \quad 4$$

де N - нормальна складова тиску від ваги тіла зсуву,
 T - зсувна складова тиску від ваги тіла зсуву,
 c - питоме зчеплення породи (ґрунту),
 L - довжина поверхні ковзання,
 φ - кут внутрішнього тертя породи (ґрунту).

Якщо значення коефіцієнта стійкості становить $K \geq 1,5$, то схил характеризується як стійкий, у протилежному випадку схил вважається нестійким.

8. Оформити результати про виконану роботу, які мають містити розрахунки та умовні позначення.

Зразок виконання графічної частини до практичної роботи № 4

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку (приклад виконання)

Варіант 28	Шари (в абс. відмітках):		
	Початок	Підошва	Опис ґрунту
Сврд. 1 (праворуч) 0 метрів	144	143	Супісок
	143	140	Суглинок
	140	115	Пісок
	115	105	Піщаник
	105	95	Мергель
	95	85	Вапняк
	85	80	Глина
Сврд. 2 (праворуч) 10 метрів	143	140	Суглинок
	140	115	Пісок
	115	105	Піщаник
	105	95	Мергель
	95	85	Вапняк
	85	80	Глина
Сврд. 3 (праворуч) 20 метрів	142	140	Суглинок
	140	115	Пісок
	115	105	Піщаник
	105	95	Мергель
	95	85	Вапняк
	85	80	Глина
Сврд. 4 (праворуч) 22 метрів	132	130	Зсувний ґрунт
	130	105	Пісок
	105	95	Мергель
	95	85	Вапняк
	85	80	Глина
Сврд. 5 (праворуч) 45 метрів	130	95	Зсувний ґрунт
	95	85	Вапняк
	85	80	Глина
Сврд. 6 (праворуч) 70 метрів	115	92	Зсувний ґрунт
	85	80	Глина
Сврд. 7 (праворуч) 75 метрів	114	92	Зсувний ґрунт
	92	85	Вапняк
	85	80	Глина
Сврд. 8 (праворуч) 80 метрів	115	90	Зсувний ґрунт
	86	85	Вапняк
	85	80	Глина
Сврд. 9 (праворуч) 90 метрів	116	91	Зсувний ґрунт
	91	85	Вапняк
	85	80	Глина

Хід виконання

1. Виконати побудову геологічного розрізу згідно до вихідних даних варіанта завдання. Графічні побудови виконати в єдиному вертикальному та горизонтальному масштабах 1:500.

1.1. На вертикально орієнтованому аркуші формату А4 нанести лінію проектування, відступивши 2 см від його нижнього краю. Базовий висотний рівень цієї лінії має бути на 5 м нижчим за мінімальну позначку глибини по бурових свердловинах.

Проекцію першої свердловини наносять на лінію проектування ліворуч або праворуч (залежно від варіанта завдання) на відстані 2 см від бічного краю аркуша. Другу свердловину відкладають від першої у заданому масштабі на зазначену відстань. Третю та наступні свердловини розташовують у масштабі графічних побудов на відповідній відстані від першої бурової свердловини. За правильного нанесення свердловин лінія розрізу не виходитиме за межі аркуша (рис. 4.3).

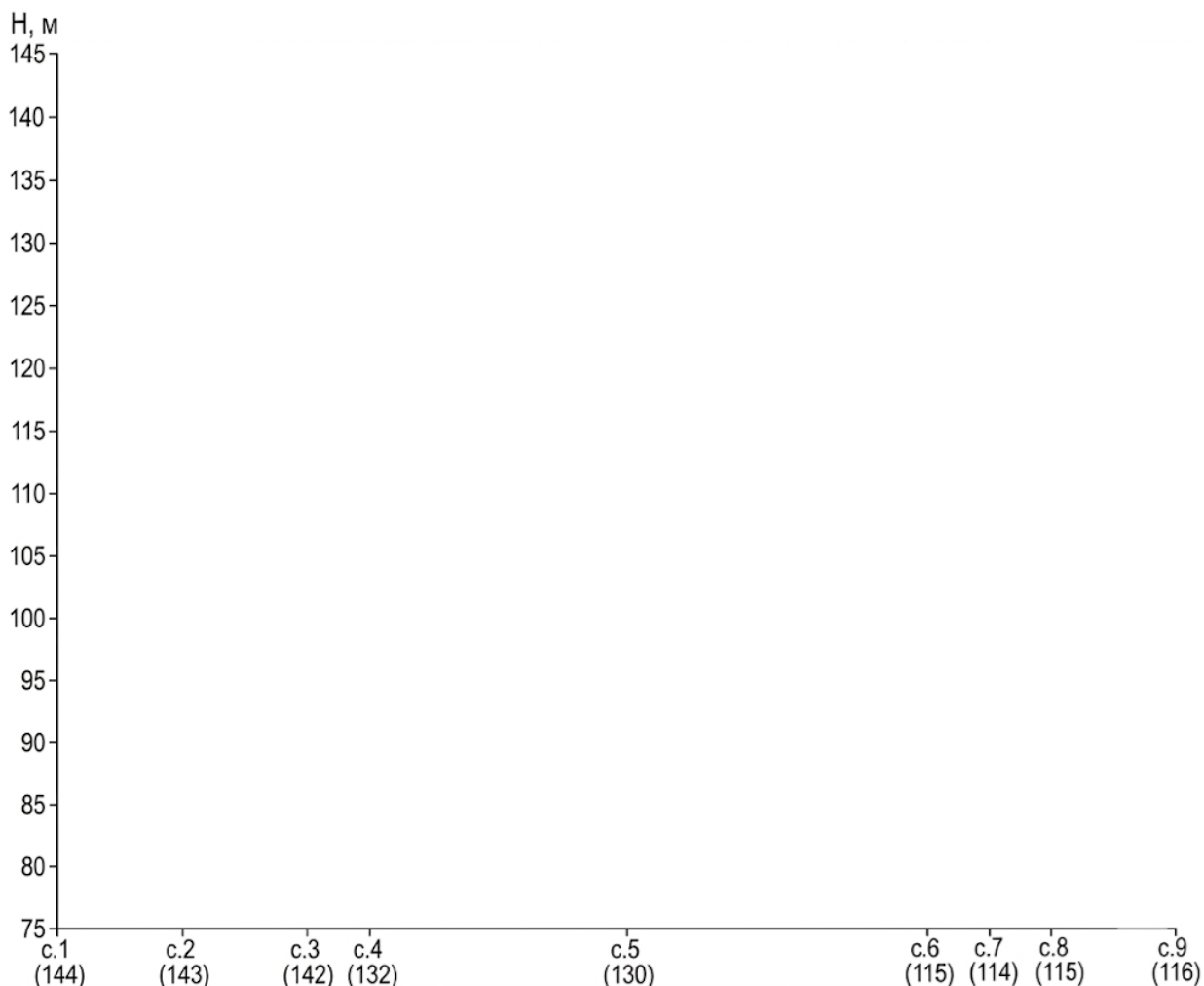


Рисунок 4.3 – Приклад побудови лінії проектування та нанесення вихідних точок (до пункту 1.1)

1.2. Позначити положення усть свердловин відповідно до їхніх висотних позначок, з'єднати отримані точки та побудувати лінію рельєфу схилу (рис. 4.4).

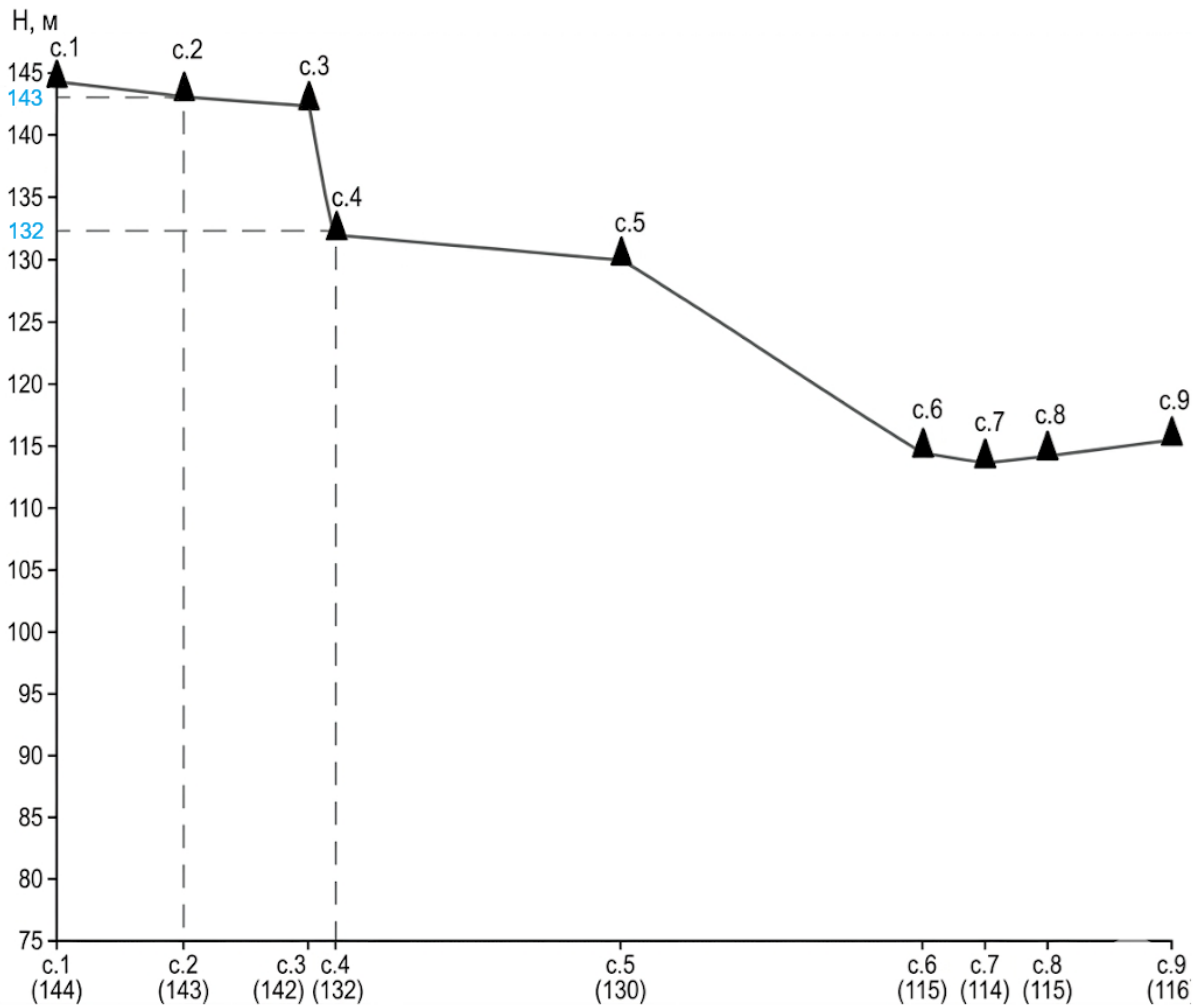


Рисунок 4.4 – Результат виконання пункту 1.2

1.3. Нанести стовбури бурових свердловин від лінії рельєфу схилу до їхніх кінцевих (мінімальних) висотних позначок (рис. 4.5).

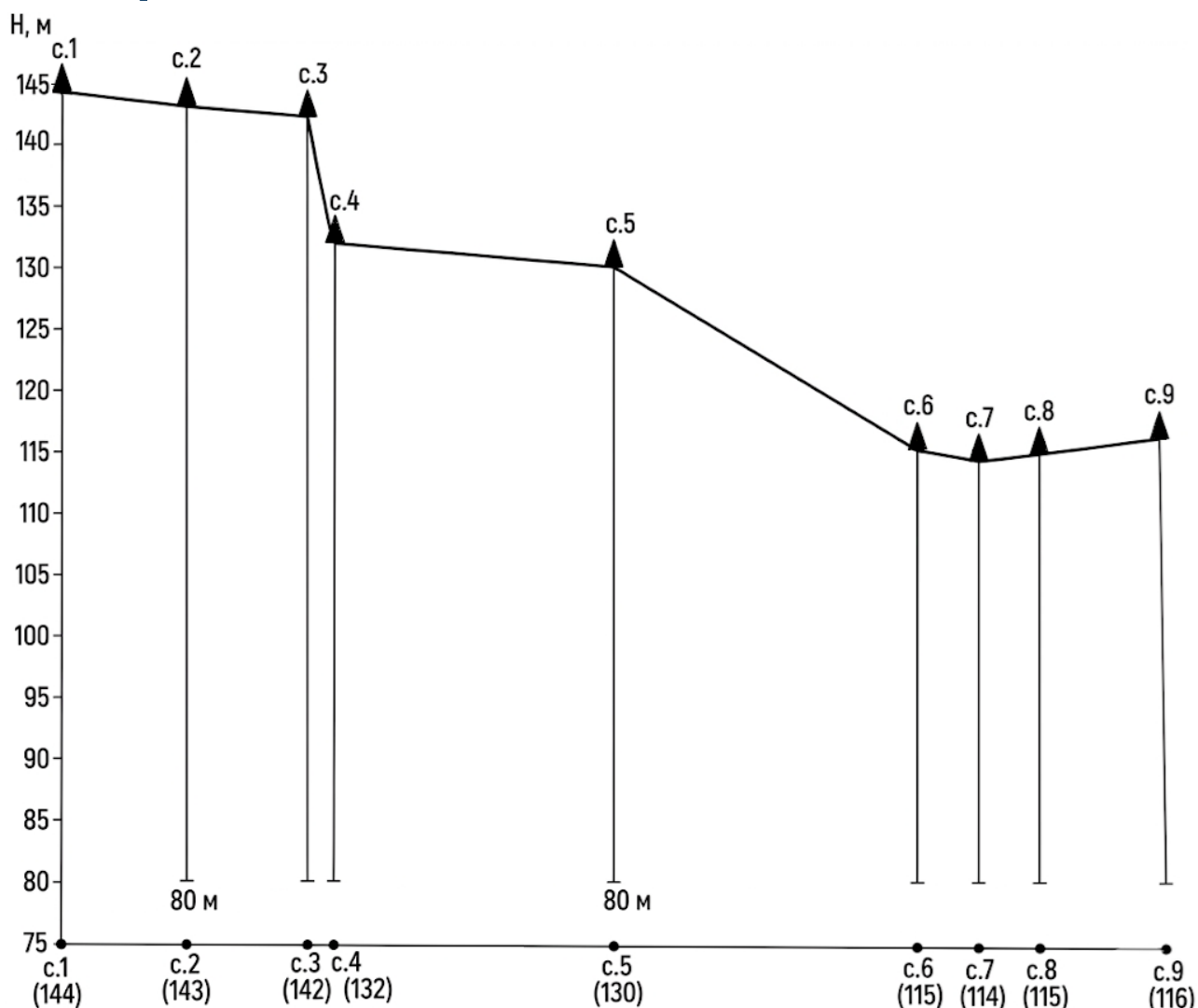


Рисунок 4.5 – Результат виконання пункту 1.3

1.4. На стовбурі кожної свердловини позначити геологічні межі горизонтальними засічками завдовжки 5 мм, а також виділити межі поширення зсувного ґрунту (рис. 4.6).

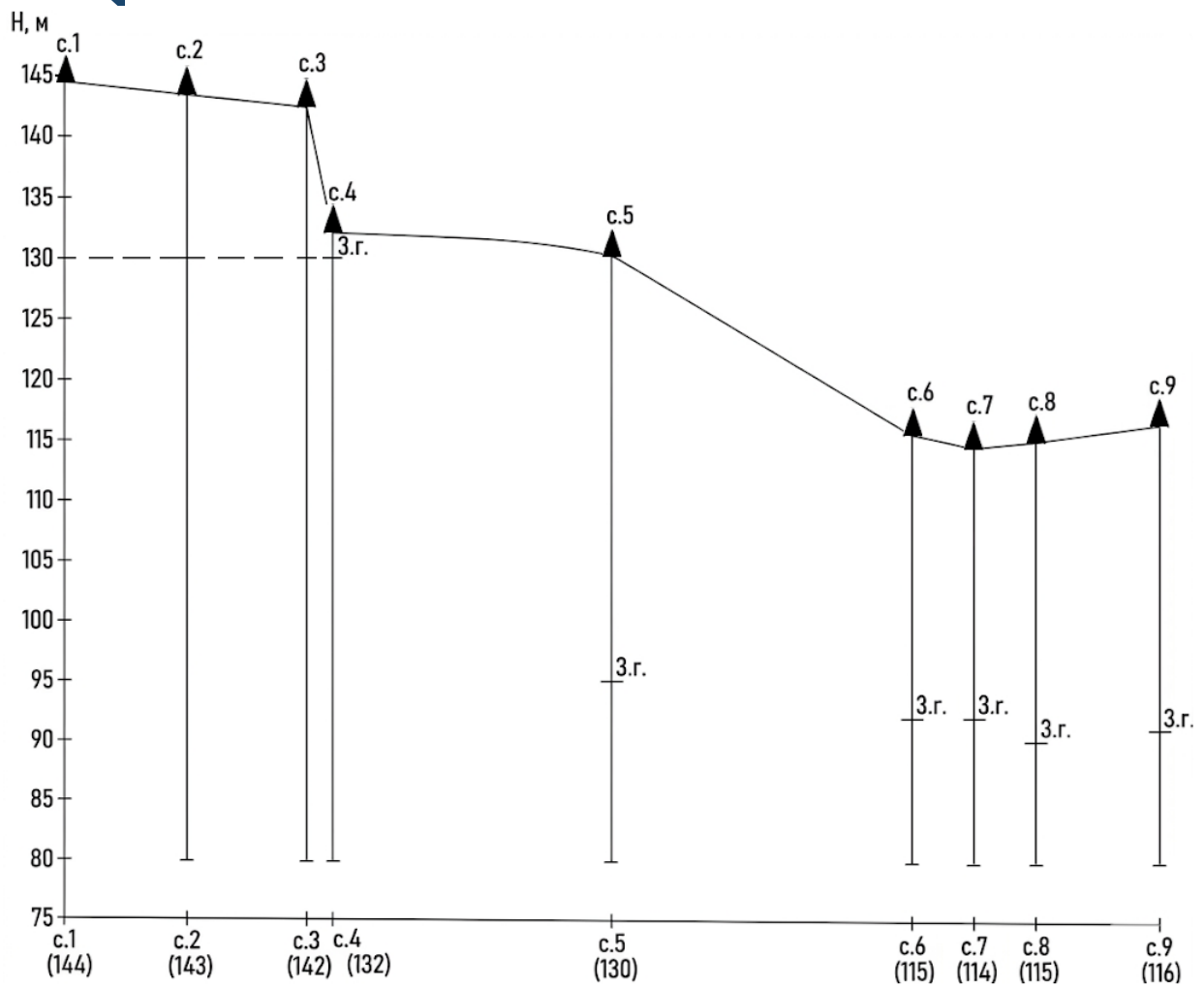


Рисунок 4.6 – Результат виконання пункту 1.4

1.5. Сформувані контур зсувного масиву, з'єднавши відмітки відповідних засічок підшви зсуву на стовбурах свердловин. Траєкторія цієї лінії визначає положення поверхні ковзання, яка повинна виклинюватися на рельєф у просторі між свердловинами, що розкривають і не розкривають зсувну товщу (рис. 4.7).

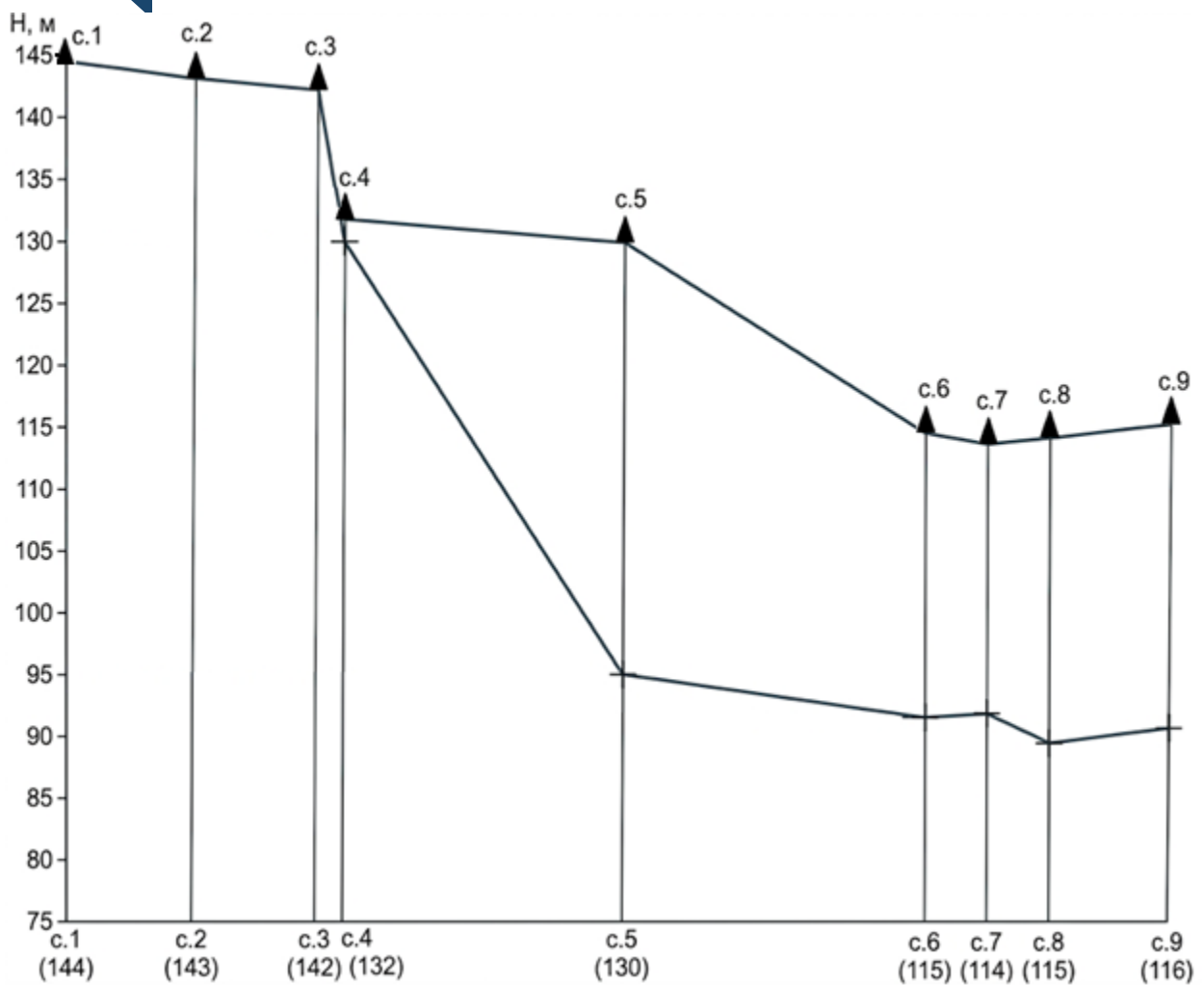


Рисунок 4.7 – Результат виконання пункту 1.5

1.6. Після виконання попереднього пункту нанести геологічні межі шарів гірських порід. Вони мають бути практично горизонтальними, а деякі з них виклинюватимуться на лінії ковзання, але в жодному разі не повинні перетинати її (рис. 4.8).

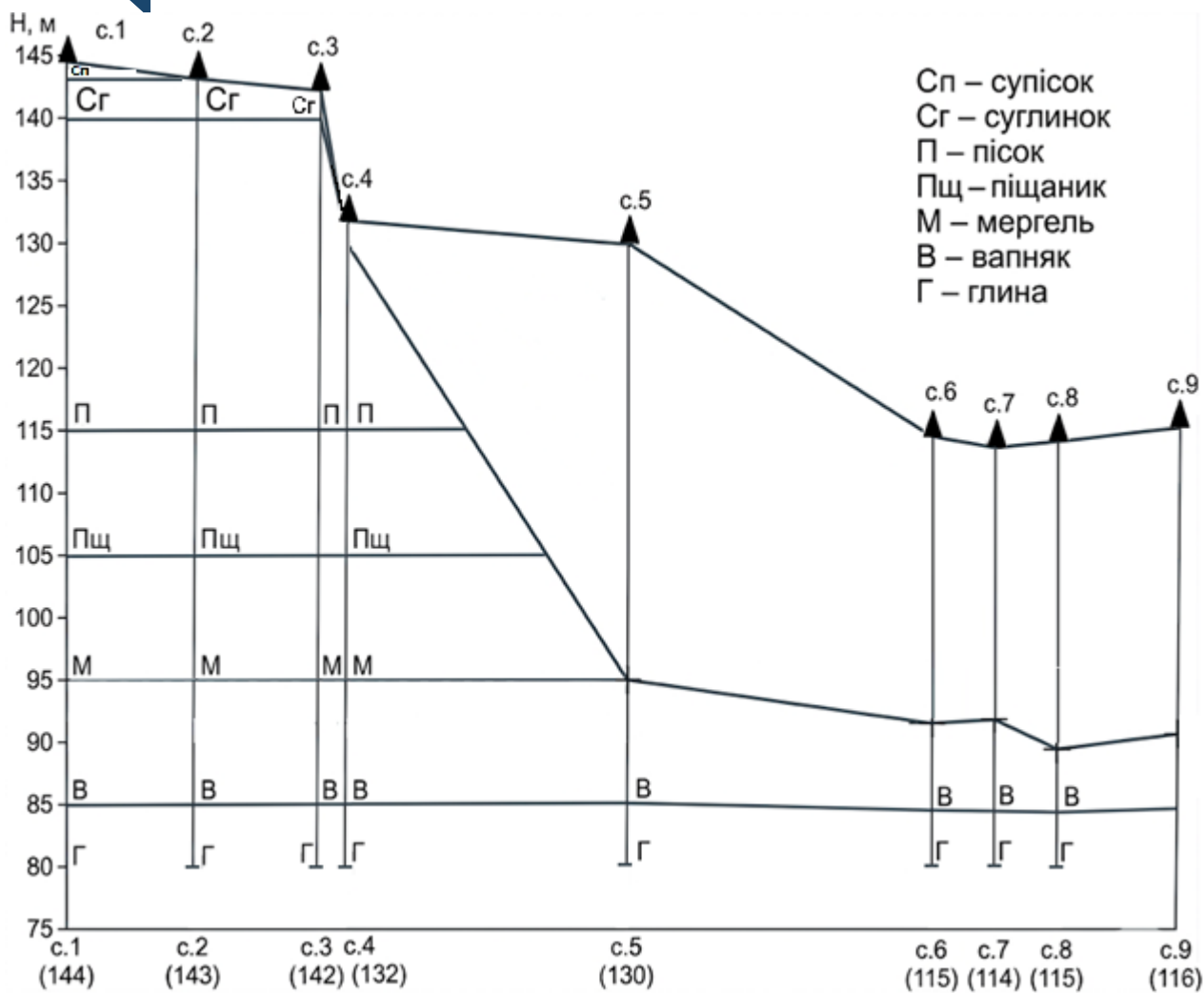


Рисунок 4.8 – Результат виконання пункту 1.6

1.7. Виконати штриховку геологічних шарів на розрізі відповідно до прийнятих умовних позначень (рис. 4.9).

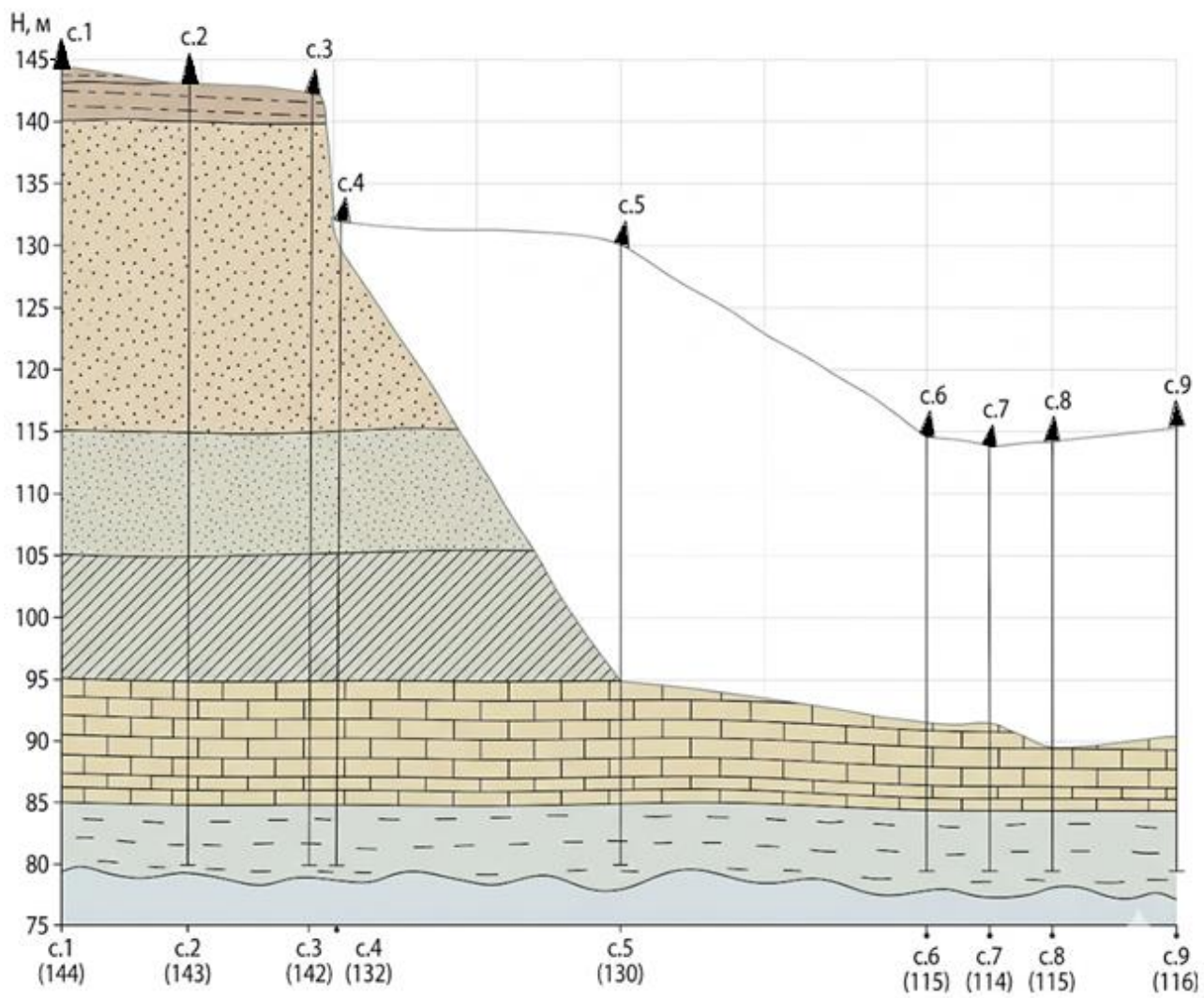


Рисунок 4.9 – Результат виконання пункту 1.7

Таблиця 4.2 – Вихідні дані до практичної роботи № 4

Варіант 1	Шари (в абс. відмітках):			Варіант 2	Шари (в абс. відмітках):		
	Початок	Підошва	Опис ґрунту		Початок	Підошва	Опис ґрунту
Сврд. 1 (ліворуч) 0 метрів	155	137	Суглинок	Сврд. 1 (праворуч) 0 метрів	140	135	Супесь
	137	122	Пісок		135	130	Суглинок
	122	115	Мергель		130	115	Пісок
	115	105	Вапняк		115	105	Піщаник
	105	100	Глина		105	95	Мергель
Сврд. 2 (ліворуч) 10 метрів	135	133	Зсувн. ґрунт	Сврд. 2 (праворуч) 5 метрів	95	85	Вапняк
	133	122	Пісок		85	80	Глина
	122	114	Мергель		130	115	Пісок
	114	103	Вапняк		115	105	Піщаник
Сврд. 3 (ліворуч) 30 метрів	103	100	Глина	Сврд. 3 (праворуч) 15 метрів	105	95	Мергель
	132	121	Зсувн. ґрунт		95	85	Вапняк
	121	115	Мергель		85	80	Глина
Сврд. 4 (ліворуч) 50 метрів	115	106	Вапняк	Сврд. 4 (праворуч) 30 метрів	120	118	Зсувн. ґрунт
	106	100	Глина		118	115	Пісок
	131	116	Зсувн. ґрунт		115	105	Піщаник
	116	115	Мергель		105	95	Мергель
Сврд. 5 (ліворуч) 65 метрів	115	105	Вапняк	Сврд. 5 (праворуч) 50 метрів	95	85	Вапняк
	105	100	Глина		85	80	Глина
	117	110	Зсувн. ґрунт		117	105	Зсувн. ґрунт
Сврд. 6 (ліворуч) 75 метрів	110	105	Вапняк	Сврд. 6 (праворуч) 65 метрів	105	95	Мергель
	105	100	Глина		95	85	Вапняк
Сврд. 7 (ліворуч) 90 метрів	117	110	Зсувн. ґрунт	Сврд. 7 (праворуч) 75 метрів	85	80	Глина
	110	105	Вапняк		107	95	Зсувн. ґрунт
Сврд. 8 (ліворуч) 82 метрів	104	101	Вапняк	Сврд. 8 (праворуч) 82 метрів	95	85	Вапняк
	101	100	Глина		85	80	Глина
Сврд. 9 (ліворуч) 90 метрів	102	92	Зсувн. ґрунт	Сврд. 9 (праворуч) 90 метрів	102	92	Зсувн. ґрунт
	92	85	Вапняк		92	85	Вапняк
				Сврд. 10 (ліворуч) 90 метрів	85	80	Глина
					85	80	Глина
Варіант 1		Варіант 2		Сврд. 11 (ліворуч) 90 метрів	88	86	Зсувн. ґрунт
c	1 тс/м ²	c	1,1 тс/м ²		86	85	Вапняк
φ	8°	φ	9°		85	80	Глина
γ	1,8 тс/м ³	γ	1,75 тс/м ³	Сврд. 12 (ліворуч) 90 метрів	92	86	Зсувн. ґрунт
					86	85	Вапняк
				Сврд. 13 (ліворуч) 90 метрів	85	80	Глина
					85	80	Глина
				Сврд. 14 (ліворуч) 90 метрів	86	85	Зсувн. ґрунт
					85	80	Глина

Продовження додатку 4.А

Варіант 3	Шари (в абс. відмітках):			Варіант 4	Шари (в абс. відмітках):		
	Початок	Підошва	Опис ґрунту		Початок	Підошва	Опис ґрунту
Сврд. 1 (ліворуч) 0 метрів	155	137	Суглинок	Сврд. 1 (праворуч) 0 метрів	140	135	Супесь
	137	122	Пісок		135	130	Суглинок
	122	115	Мергель		130	115	Пісок
	115	105	Вапняк		115	105	Піщаник
	105	100	Глина		105	95	Мергель
Сврд. 2 (ліворуч) 5 метрів	135	122	Пісок	Сврд. 2 (праворуч) 10 метрів	95	85	Вапняк
	122	114	Мергель		85	80	Глина
	114	103	Вапняк		120	115	Пісок
	103	100	Глина		115	105	Піщаник
Сврд. 3 (ліворуч) 10 метрів	133	129	Зсувн. ґрунт	Сврд. 3 (праворуч) 20 метрів	105	95	Мергель
	129	122	Пісок		95	85	Вапняк
	122	115	Мергель		85	80	Глина
	115	106	Вапняк		118	116	Зсувн. ґрунт
Сврд. 4 (ліворуч) 30 метрів	106	100	Глина	Сврд. 4 (праворуч) 30 метрів	116	115	Пісок
	129	116	Зсувн. ґрунт		115	105	Піщаник
	116	115	Мергель		105	95	Мергель
	115	105	Вапняк		95	85	Вапняк
Сврд. 5 (ліворуч) 50 метрів	105	100	Глина	Сврд. 5 (праворуч) 50 метрів	85	80	Глина
	130	115	Зсувн. ґрунт		117	105	Зсувн. ґрунт
	115	105	Вапняк		105	95	Мергель
Сврд. 6 (ліворуч) 60 метрів	125	112	Зсувн. ґрунт	Сврд. 6 (праворуч) 65 метрів	95	85	Вапняк
	112	105	Вапняк		85	80	Глина
	105	100	Глина		107	95	Зсувн. ґрунт
Сврд. 7 (ліворуч) 70 метрів	118	115	Зсувн. ґрунт	Сврд. 7 (праворуч) 75 метрів	95	85	Вапняк
	115	105	Вапняк		85	80	Глина
	105	100	Глина		102	92	Зсувн. ґрунт
Сврд. 8 (ліворуч) 80 метрів	122	115	Зсувн. ґрунт	Сврд. 8 (праворуч) 82 метрів	92	85	Вапняк
	115	105	Вапняк		85	80	Глина
	105	100	Глина		88	86	Зсувн. ґрунт
Сврд. 9 (ліворуч) 90 метрів	106	105	Зсувн. ґрунт	Сврд. 9 (праворуч) 90 метрів	86	85	Вапняк
	105	100	Глина		85	80	Глина
Варіант 3		Варіант 4		Сврд. 9 (праворуч) 90 метрів	92	86	Зсувн. ґрунт
с	1,2 тс/м ²	с	1,1 тс/м ²		86	85	Вапняк
φ	7°	φ	6°		85	80	Глина
γ	1,6 тс/м ³	γ	1,85 тс/м ³	86	85	Зсувн. ґрунт	
				85	80	Глина	

Продовження додатку 4.А

Варіант 5	Шари (в абс. відмітках):			Варіант 6	Шари (в абс. відмітках):		
	Початок	Підошва	Опис ґрунту		Початок	Підошва	Опис ґрунту
Сврд. 1 (ліворуч) 0 метрів	155	137	Суглинок	Сврд. 1 (праворуч) 0 метрів	140	135	Супесь
	137	122	Пісок		135	130	Суглинок
	122	115	Мергель		130	115	Пісок
	115	105	Вапняк		115	105	Піщаник
	105	100	Глина		105	95	Мергель
Сврд. 2 (ліворуч) 8 метрів	140	135	Суглинок	Сврд. 2 (праворуч) 8 метрів	95	85	Вапняк
	135	122	Пісок		85	80	Глина
	122	114	Мергель		135	130	Суглинок
					130	115	Пісок
	114	103	Вапняк		115	105	Піщаник
Сврд. 3 (ліворуч) 15 метрів	103	100	Глина	Сврд. 3 (праворуч) 15 метрів	105	95	Мергель
	133	129	Зсувн. ґрунт		95	85	Вапняк
	129	122	Пісок		85	80	Глина
	122	115	Мергель		118	116	Зсувн. ґрунт
	115	106	Вапняк		116	115	Пісок
Сврд. 4 (ліворуч) 20 метрів	106	100	Глина	Сврд. 4 (праворуч) 20 метрів	115	105	Піщаник
	129	116	Зсувн. ґрунт		105	95	Мергель
	116	115	Мергель		105	95	Вапняк
	115	105	Вапняк		95	85	Глина
Сврд. 5 (ліворуч) 40 метрів	105	100	Глина	Сврд. 5 (праворуч) 40 метрів	85	80	Глина
	127	115	Зсувн. ґрунт		117	105	Зсувн. ґрунт
	115	105	Вапняк		105	95	Мергель
Сврд. 6 (ліворуч) 60 метрів	105	100	Глина	Сврд. 6 (праворуч) 60 метрів	95	85	Вапняк
	125	112	Зсувн. ґрунт		85	80	Глина
	112	105	Вапняк		110	95	Зсувн. ґрунт
Сврд. 7 (ліворуч) 70 метрів	105	100	Глина	Сврд. 7 (праворуч) 75 метрів	95	85	Вапняк
	122	115	Зсувн. ґрунт		85	80	Глина
	115	105	Вапняк		88	86	Зсувн. ґрунт
Сврд. 8 (ліворуч) 85 метрів	105	100	Глина	Сврд. 8 (праворуч) 82 метрів	86	85	Вапняк
	106	105	Зсувн. ґрунт		85	80	Глина
Сврд. 9 (ліворуч) 90 метрів	105	100	Глина	Сврд. 9 (праворуч) 90 метрів	92	86	Зсувн. ґрунт
					86	85	Вапняк
Варіант 5		Варіант 6					
с	1,3 тс/м ²	с	1 тс/м ²		85	80	Глина
φ	8°	φ	9°		86	85	Зсувн. ґрунт
γ	1,8 тс/м ³	γ	1,6 тс/м ³		85	80	Глина

Продовження додатку 4.А

Варіант 7	Шари (в абс. відмітках):			Варіант 8	Шари (в абс. відмітках):		
	Початок	Підошва	Опис ґрунту		Початок	Підошва	Опис ґрунту
Сврд. 1 (ліворуч) 0 метрів	155	137	Суглинок	Сврд. 1 (праворуч) 0 метрів	140	135	Супесь
	137	122	Пісок		135	130	Суглинок
	122	115	Мергель		130	115	Пісок
	115	105	Вапняк		115	105	Піщаник
	105	100	Глина		105	95	Мергель
Сврд. 2 (ліворуч) 15 метрів	145	135	Суглинок	Сврд. 2 (праворуч) 15 метрів	95	85	Вапняк
	135	122	Пісок		85	80	Глина
	122	114	Мергель		135	130	Суглинок
					130	115	Пісок
	114	103	Вапняк		115	105	Піщаник
Сврд. 3 (ліворуч) 20 метрів	103	100	Глина	Сврд. 3 (праворуч) 20 метрів	105	95	Мергель
	135	122	Зсувн. ґрунт		95	85	Вапняк
	122	115	Мергель		85	80	Глина
	115	106	Вапняк		118	116	Зсувн. ґрунт
	106	100	Глина		116	115	Пісок
Сврд. 4 (ліворуч) 30 метрів	133	116	Зсувн. ґрунт	Сврд. 4 (праворуч) 30 метрів	115	105	Піщаник
	116	115	Мергель		105	95	Мергель
	115	105	Вапняк		95	85	Вапняк
	105	100	Глина		85	80	Глина
Сврд. 5 (ліворуч) 40 метрів	127	115	Зсувн. ґрунт	Сврд. 5 (праворуч) 40 метрів	117	105	Зсувн. ґрунт
	115	105	Вапняк		105	95	Мергель
	105	100	Глина		95	85	Вапняк
Сврд. 6 (ліворуч) 60 метрів	125	112	Зсувн. ґрунт	Сврд. 6 (праворуч) 60 метрів	85	80	Глина
	112	105	Вапняк		116	95	Зсувн. ґрунт
	105	100	Глина		95	85	Вапняк
Сврд. 7 (ліворуч) 70 метрів				Сврд. 7 (праворуч) 70 метрів	85	80	Глина
	128	115	Зсувн. ґрунт		115	92	Зсувн. ґрунт
	115	105	Вапняк		92	85	Вапняк
Сврд. 8 (ліворуч) 85 метрів	105	100	Глина	Сврд. 8 (праворуч) 85 метрів	85	80	Глина
	122	115	Зсувн. ґрунт		85	80	Глина
	115	105	Вапняк		105	86	Зсувн. ґрунт
Сврд. 9 (ліворуч) 90 метрів	105	100	Глина	Сврд. 9 (праворуч) 90 метрів	86	85	Вапняк
	105	100	Глина		85	80	Глина
	106	105	Зсувн. ґрунт		92	86	Зсувн. ґрунт
Варіант 7		Варіант 8		Сврд. 8 (праворуч) 82 метрів	86	85	Вапняк
с	1,3 тс/м ²	с	1 тс/м ²		85	80	Глина
φ	10°	φ	8°		86	85	Зсувн. ґрунт
γ	1,7 тс/м ³	γ	1,65 тс/м ³	Сврд. 9 (праворуч) 90 метрів	85	80	Глина

Продовження додатку 4.А

Варіант 9	Шари (в абс. відмітках):			Варіант 10	Шари (в абс. відмітках):			
	Початок	Підошва	Опис ґрунту		Початок	Підошва	Опис ґрунту	
Сврд. 1 (ліворуч) 0 метрів	155	137	Суглинок	Сврд. 1 (праворуч) 0 метрів	140	135	Супесь	
	137	122	Пісок		135	130	Суглинок	
	122	115	Мергель		130	115	Пісок	
	115	105	Вапняк		115	105	Піщаник	
	105	100	Глина		105	95	Мергель	
Сврд. 2 (ліворуч) 10 метрів	145	135	Суглинок	Сврд. 2 (праворуч) 5 метрів	95	85	Вапняк	
	135	122	Пісок		85	80	Глина	
	122	114	Мергель		132	130	Суглинок	
	114	103	Вапняк		130	115	Пісок	
	103	100	Глина		115	105	Піщаник	
Сврд. 3 (ліворуч) 12 метрів	135	133	Зсувн. ґрунт	Сврд. 3 (праворуч) 8 метрів	105	95	Мергель	
	133	115	Мергель		95	85	Вапняк	
	115	106	Вапняк		85	80	Глина	
	106	100	Глина		118	115	Зсувн. ґрунт	
Сврд. 4 (ліворуч) 20 метрів	133	116	Зсувн. ґрунт	Сврд. 4 (праворуч) 15 метрів	115	105	Піщаник	
	116	115	Мергель		105	95	Мергель	
	115	105	Вапняк		95	85	Вапняк	
	105	100	Глина		85	80	Глина	
Сврд. 5 (ліворуч) 35 метрів	128	115	Зсувн. ґрунт	Сврд. 5 (праворуч) 40 метрів	117	105	Зсувн. ґрунт	
	115	105	Вапняк		105	95	Мергель	
	105	100	Глина		95	85	Вапняк	
Сврд. 6 (ліворуч) 60 метрів	125	112	Зсувн. ґрунт	Сврд. 6 (праворуч) 60 метрів	85	80	Глина	
	112	105	Вапняк		116	95	Зсувн. ґрунт	
Сврд. 7 (ліворуч) 70 метрів	105	100	Глина	Сврд. 7 (праворуч) 75 метрів	95	85	Вапняк	
	121	115	Зсувн. ґрунт		85	80	Глина	
	115	105	Вапняк		110	92	Зсувн. ґрунт	
Сврд. 8 (ліворуч) 85 метрів	105	100	Глина	Сврд. 8 (праворуч) 80 метрів	92	85	Вапняк	
	123	105	Зсувн. ґрунт		85	80	Глина	
Сврд. 9 (ліворуч) 90 метрів	105	100	Глина	Сврд. 9 (праворуч) 90 метрів	108	90	Зсувн. ґрунт	
	Варіант 9				Варіант 10			86
с	1,4 тс/м ²	с	1,3 тс/м ²		85	80	Глина	
φ	7°	φ	8°		86	85	Зсувн. ґрунт	
γ	1,7 тс/м ³	γ	1,5 тс/м ³		85	80	Глина	

Продовження додатку 4.А

Варіант 11	Шари (в абс. відмітках):			Варіант 12	Шари (в абс. відмітках):				
	Початок	Підошва	Опис ґрунту		Початок	Підошва	Опис ґрунту		
Сврд. 1 (ліворуч) 0 метрів	140	137	Суглинок	Сврд. 1 (праворуч) 0 метрів	138	135	Супесь		
	137	122	Пісок		135	130	Суглинок		
	122	115	Мергель		130	115	Пісок		
	115	105	Вапняк		115	105	Піщаник		
	105	100	Глина		105	95	Мергель		
Сврд. 2 (ліворуч) 3 метра	139	135	Суглинок		Сврд. 2 (праворуч) 3 метрів	95	85	Вапняк	
	135	122	Пісок			85	80	Глина	
	122	114	Мергель			137	131	Суглинок	
						131	115	Пісок	
	114	103	Вапняк			115	105	Піщаник	
Сврд. 3 (ліворуч) 7 метрів	103	100	Глина	Сврд. 3 (праворуч) 3 метрів		105	95	Мергель	
	125	123	Зсувн. ґрунт			95	85	Вапняк	
	123	115	Мергель			85	80	Глина	
	115	106	Вапняк			Сврд. 3 (праворуч) 10 метрів	125	122	Зсувн. ґрунт
	106	100	Глина				122	105	Піщаник
122	116	Зсувн. ґрунт	105		95		Мергель		
116	115	Мергель	95		85		Вапняк		
115	105	Вапняк	85		80		Глина		
Сврд. 4 (ліворуч) 20 метрів	105	100	Глина		Сврд. 4 (праворуч) 15 метрів		124	105	Зсувн. ґрунт
	124	115	Зсувн. ґрунт				105	95	Мергель
	115	105	Вапняк	95			85	Вапняк	
105	100	Глина	85	80			Глина		
125	112	Зсувн. ґрунт	Сврд. 5 (праворуч) 40 метрів	120			95	Зсувн. ґрунт	
Сврд. 6 (ліворуч) 50 метрів	112	105		Вапняк	95	85	Вапняк		
	105	100		Глина	85	80	Глина		
Сврд. 7 (ліворуч) 70 метрів	122	115	Зсувн. ґрунт	Сврд. 6 (праворуч) 60 метрів	115	92	Зсувн. ґрунт		
	115	105	Вапняк		92	85	Вапняк		
	105	100	Глина		85	80	Глина		
Сврд. 8 (ліворуч) 85 метрів	121	115	Зсувн. ґрунт	Сврд. 7 (праворуч) 75 метрів	110	92	Зсувн. ґрунт		
	115	105	Вапняк		92	85	Вапняк		
Сврд. 9 (ліворуч) 90 метрів	105	100	Глина		85	80	Глина		
	123	105	Зсувн. ґрунт	Сврд. 8 (праворуч) 80 метрів	108	90	Зсувн. ґрунт		
105	100	Глина	86		85	Вапняк			
Варіант 11			Варіант 12			85	80	Глина	
с	1,1 тс/м ²	с	1,4 тс/м ²		Сврд. 9 (праворуч) 90 метрів	109	91	Зсувн. ґрунт	
φ	7°	φ	8°			91	85	Вапняк	
γ	1,8 тс/м ³	γ	1,75 тс/м ³	85		80	Глина		



Контрольні питання

1. Що таке «поверхня ковзання» та «базис зсуву»? Які природні чи геологічні межі найчастіше виступають у ролі базису зсуву?
2. У чому полягає принципова відмінність між деляпсивними та детрузивними зсувами за характером зародження і напрямком розвитку руху нестійких мас ґрунту?
3. Як саме на геологічному розрізі проектується і будується «лінія ковзання» (межа зсувного тіла), та яким чином з нею взаємодіють інші геологічні межі шарів, що не зазнали зсуву?
4. На які дві складові поділяється загальна вага тіла зсуву (P) під час розрахунку стійкості схилу?
5. За якого значення коефіцієнта стійкості (K) схил вважається стійким?



ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТІВ З ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Звіт з практичних робіт повинен містити: титульну сторінку, оформлену за зразком (додаток А), опис методики виконання роботи, розрахунки згідно варіанту завдання.

Основний текст звіту з практичної роботи оформлюється відповідно до вимог Національного стандарту України «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки: Структура та правила оформлювання. ДСТУ 3008:2015».

Звіт готується у друкованому вигляді на аркушах білого паперу формату А4 (210х297мм). Вимоги до оформлення: шрифт Arial, 14 кегль, інтервал – 1,5; береги: верхній, нижній – 2 см, правий – 1,5 см; лівий – 3 см, з абзацним відступом 1,25 см.

Сторінки звіту слід нумерувати арабськими цифрами у правому верхньому куті сторінки, додержуючись наскрізної нумерації. Титульний аркуш включають до загальної нумерації сторінок звіту, але номер сторінки не проставляють. Графічні додатки та таблиці, розміщені на окремих сторінках, включають до загальної нумерації сторінок звіту.

Оцінка виставляється згідно з робочою програмою навчальної дисципліни.



РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

Базові

1. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. Донецьк: Донбас : Східний видавничий дім, 2004–2013.4. Технологія підземної розробки корисних копалин : навч. посібник / А. І. Новак та ін. Рівне : НУВГП, 2019. 315 с.

2. Фролов О. О., Косенко Т. В. Відкриті гірничі роботи: Ч. І. Процеси відкритих гірничих робіт : навч. посіб. для студ. спеціальності 184 «Гірництво». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 151 с.

3. Технологія підземної розробки корисних копалин : навч. посібник / А. І. Новак та ін. Рівне : НУВГП, 2019. 315 с.

Додаткові

4. Омельчук О. В., Загнітко В. М., Курило М. М. Пошуки та розвідка родовищ корисних копалин : підручник. Київ : «Інститут геології», 2017. 198 с.

5. Рудько Г. І., Курило М. М., Радованов С. В. Геолого-економічна оцінка родовищ корисних копалин. Київ : Вид-во «АДЕФ - Україна», 2011. 384 с.

6. Михайлов В. А. Стратегічні корисні копалини України та їхня інвестиційна привабливість : монографія. Київ : ВПЦ "Київський університет". 2023. 371 с.

7. Металічні корисні копалини України : підручник / В. А. Михайлов та ін. Київ : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2007. 218 с.

8. Корисні копалини України навчальний посібник / І. Паранько, С. Ярков. Кривий Ріг : Видавничий дім, 2011. 364 с.



ДОДАТОК А

Приклад титульного аркуша

**ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Кафедра гірничої справи**

ПРАКТИЧНА РОБОТА №__

**з навчальної дисципліни
«Розробка родовищ у складних гірничо-геологічних умовах»**

Варіант №_

**Здобувача групи ХХ-ХХ-ХХ
Прізвище Ім'я, По батькові**

**Викладач:
канд. геол. наук., доцент
Є.С. Козій**

Запоріжжя, 20XX



Навчально-методичне видання

Козій Євген Сергійович

**Розробка родовищ у складних гірничо-геологічних умовах:
методичні рекомендації
до виконання практичних робіт**

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції