

Міністерство освіти і науки
Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна
Факультет геології, географії, рекреації і туризму
Кафедра фундаментальної та прикладної геології

Методичні вказівки до виконання практичних робіт по дисципліні
«ГЕОФІЗИКА»

Укладач: Тищенко І.І.

Харків-2025

Зміст

Вступ.....	3
1. Практична робота №1. Огляд та аналіз ключових проблем сучасної геофізики.....	5
2. Практична робота № 2. Будова та принципи дії гравіметрів.....	12
3. Практична робота № 3. Обробка гравіметричних спостережень та обчислення аномалій сили ваги.....	21
4. Практична робота № 4. Магніторозвідка. Апаратура та методика польових вимірювань.....	28
5. Практична робота № 5. Основи магніторозвідки. Розрахунок значення аномального поля	32
6. Практична робота № 6. Вивчення будови та визначення параметрів каротажних зондів.....	38
7. Практична робота № 7. Методика електророзвідки: профілювання симетричною чотириелектродною установкою.....	46
8. Практична робота № 8. Комплексна інтерпретація геофізичних даних для вирішення геологічної задачі».....	53
Висновки.....	58
Список використаних джерел.....	60

ВСТУП

Дисципліна «Геофізика» є фундаментальною складовою підготовки фахівців у галузі Наук про Землю. Вона базується на вивченні фізичних полів Землі (гравітаційного, магнітного, електричного, пружних коливань, теплового) та їх використанні для дослідження будови надр, пошуку і розвідки корисних копалин, вирішення інженерно-геологічних, гідрогеологічних та екологічних завдань.

Теоретичний курс закладає основи фізики процесів та методів, однак справжнє розуміння геофізики неможливе без практичного закріплення матеріалу. Практичні роботи відіграють ключову роль у формуванні професійних компетентностей майбутнього фахівця, дозволяючи перейти від абстрактних фізичних понять до конкретних геологічних висновків.

Метою виконання практичних робіт є поглиблення та закріплення теоретичних знань з основних розділів геофізики, а також набуття практичних навичок роботи з геофізичними даними.

Основними завданнями практичних робіт є:

1. **Опанування методик** польових геофізичних спостережень та обробки первинної польової інформації.
2. **Набуття навичок** розв'язання прямих та обернених задач геофізики для типових геологічних моделей.
3. **Формування вмінь** аналізувати та інтерпретувати графічні матеріали (графіки, карти, розрізи) геофізичних полів.
4. **Оволодіння прийомами** комплексної інтерпретації даних різних геофізичних методів для отримання достовірної геологічної інформації.
5. **Розвиток здатності** самостійно приймати рішення щодо вибору оптимального комплексу геофізичних методів для вирішення конкретної геологічної задачі.

У запропонованих методичних вказівках представлено комплекс практичних завдань, які охоплюють основні розділи курсу: гравірозвідку,

магніторозвідку, електророзвідку, сейсморозвідку та ядерну геофізику. Кожна робота містить стислі теоретичні відомості, необхідні для її виконання, деталізований алгоритм розрахунків, індивідуальні завдання та контрольні запитання для самоперевірки.

Виконання практичних робіт передбачає активну самостійну роботу студента, вміння користуватися довідковою літературою, картографічним матеріалом та, за можливості, спеціалізованим програмним забезпеченням. Успішне опанування матеріалу практикуму є необхідною умовою для подальшої виробничої практики та професійної діяльності за фахом.

Практична робота № 1: "Огляд та аналіз ключових проблем сучасної геофізики".

Мета роботи: Отримати поглиблені знання з обраної геофізичної проблематики, навчитися систематизувати інформацію з різних джерел, формулювати власні висновки та грамотно оформляти науково-дослідницьку роботу.

Основні завдання:

- ознайомитися з основним змістом та актуальністю обраної теми;
- підібрати та проаналізувати спеціальну наукову літературу;
- логічно структурувати матеріал і викласти його у формі реферату;
- підготуватися до усного захисту та дискусії з викладачем.

Підготувати письмовий реферат на одну з запропонованих тем (див. список нижче). Обсяг роботи: 15-20 сторінок формату А4 (без урахування титульного аркуша та списку літератури).

Етапи виконання роботи:

1. **Вибір теми:** Оберіть тему з наданого списку.
2. **Підбір літератури:** Знайдіть не менше 5-7 авторитетних джерел (підручники, наукові монографії, статті в рецензованих журналах, матеріали конференцій). **Не рекомендується:** використовувати вікіпедію як першоджерело, однак її можна використати для знаходження посилань на літературу.
3. **Структура реферату:** Робота має чітко дотримуватися наступної структури:
 - Титульний аркуш (назва ВНЗ, кафедри, дисципліни, тема реферату, ПІБ виконавця та перевіряючого, місто, рік).
 - Зміст (з указанням сторінок).
 - **Вступ** (актуальність теми, мета та завдання реферату, огляд джерел інформації).

- **Основна частина** (розбита на 2-3 розділи/підрозділи з логічними переходами. Наприклад: "1. Теоретичні основи методу", "2. Практичне застосування", "3. Переваги та недоліки").
 - **Висновки** (короткий підсумок виконаної роботи, основні тези та відповіді на поставлені у вступі завдання).
 - **Список використаних джерел** (оформлений згідно з державним стандартом (СНП)).
 - Додатки (за потребою: ілюстрації, графіки, таблиці великого формату).
4. **Захист реферату (опційно):** Підготуйте коротку презентацію (5-7 хвилин) для усного виступу, в якій викладете основні моменти вашої роботи.

Структура та зміст реферату

Реферат має містити такі обов'язкові структурні елементи:

1. **Титульний аркуш** (оформляється за зразком).
2. **Зміст** (з указанням сторінок початку розділів).
3. **Вступ** (актуальність теми, мета, завдання, об'єкт, предмет дослідження, огляд джерел).
4. **Основна частина** (розбита на 2-3 розділи з логічними переходами, наприклад: теоретичні основи, методика, практичне застосування).
5. **Висновки** (короткий підсумок виконаної роботи, основні тези та відповіді на поставлені у вступі завдання).
6. **Список використаних джерел.**
7. **Додатки** (за потребою: ілюстрації, графіки, таблиці).

Критерії оцінювання

<i>Критерій</i>	<i>Об'єм</i>	<i>Опис</i>
Зміст і глибина опрацювання	40%	Відповідність змісту темі, повнота розкриття, наявність власного аналізу та узагальнень, а не просто компіляція текстів.
Структура і логіка викладу	20%	Чітка структура, послідовність викладу матеріалу, наявність зв'язків між розділами.
Наукова складова	20%	Правильність цитування, оформлення посилань та списку літератури, різноманітність та авторитетність джерел.
Оформлення	10%	Дотримання формальних вимог (шрифт, інтервал, поля, нумерація, оформлення рисунків і таблиць).
Усний захист	10%	Якість презентації, логіка виступу, відповіді на запитання.

Список тем для рефератів

1. Сучасні уявлення про внутрішню будову Землі: основні геофізичні методи дослідження.
2. Роль сейсмології у вивченні структури та динаміки Землі.
3. Гравітаційне поле Землі: теорія, аномалії та їх практичне значення.
4. Магнітне поле Землі: походження, варіації та його роль у навігації та геології.
5. Геотермія: тепловий потік Землі та його вплив на геодинамічні процеси.
6. Теорія тектоніки літосферних плит: головні геофізичні докази.

7. Сейсмічні хвилі: типи, властивості та їхнє використання для дослідження надр.
8. Прогнозування землетрусів: сучасні можливості та перспективні методи.
9. Інженерна сейсмологія та сейсмічне мікрорайонування.
10. Природа та механізми утворення цунамі.
11. Геофізичні методи дослідження серединно-океанічних хребтів.
12. Застосування геофізичних методів (сейсморозвідка, електророзвідка) у пошуках нафти і газу.
13. Гравірозвідка та магніторозвідка: фізичні основи та застосування в геології.
14. Георадар: принцип дії та сфери застосування (інженерна геологія, археологія).
15. Електророзвідка: методи та їхня роль у вивченні розрізу гірських порід.
16. Геофізичний моніторинг небезпечних природних процесів (зсуви, карст).
17. Вулканологія: геофізичні методи моніторингу та прогнозу вивержень.
18. Геофізичні дослідження в Арктиці: вивчення льодовиків та багаторічної мерзлоти.
19. Магнітотеллуричне зондування для дослідження глибоких шарів Землі.
20. Планетарна геофізика: порівняльна характеристика Землі та інших планет.
21. Геофізичні аспекти дослідження кліматичних змін.
22. Пошуки корисних копалин за допомогою комплексу геофізичних методів.
23. Ізостазія: теорії та їхній вплив на формування рельєфу.
24. Застосування геофізики в археологічних дослідженнях.
25. Мантійні плюми та їхня роль у формуванні трапів і океанічних островів.

Приклад вступного слова для реферату:

Актуальність теми. Геофізика, як наука про фізичну природу та процеси, що відбуваються в надрах Землі, є фундаментом для розуміння найважливіших явищ, що впливають на життя людства. Вивчення [назва теми] є особливо актуальним, оскільки дозволяє [вказати загальну причину актуальності, напр.: розвинути нові методи дослідження, запобігти катастрофам, знайти нові джерела енергії].

Мета даного реферату полягає у комплексному аналізі та узагальненні відомостей щодо [назва теми]. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **завдання**:

1. Розкрити теоретичні основи та фізичну сутність явища/методу.
2. Проаналізувати методiku та основні підходи до її дослідження.
3. Визначити сфери практичного застосування отриманих знань.

Об'єкт дослідження: [наприклад, геофізичне поле, природне явище].

Предмет дослідження: [наприклад, особливості використання, властивості, ефективність].

Практична робота № 2. «Апаратура гравітаційної розвідки».

Мета роботи:

1. Ознайомитися з принципом дії, призначенням та класифікацією основних видів апаратури, що використовується в гравірозвідці.
2. Закріпити знання про будову, характеристики та умови застосування гравіметрів.
3. Розвинути навички самостійного пошуку, аналізу та систематизації інформації.
4. Розвинути вміння чітко та графічно презентувати результати своєї роботи.

Обладнання та матеріали: персональні комп'ютери з доступом до Інтернету, пакет програм для створення презентацій (MS PowerPoint, Google Slides тощо), методичні вказівки.

Хід роботи.

Частина 1. Підготовча (виконується вдома до заняття)

Завдання: Підготувати індивідуальну презентацію.

Вимоги до презентації:

- **Обсяг:** 8-12 слайдів.
- **Структура:**
 1. Титульний слайд (тема, ПІБ виконавців, група, назва ВНЗ).
 2. Вступ (актуальність теми, мета).
 3. Основна частина (логічно розподілена на підпункти з заголовками).
 4. Висновки (короткий підсумок згідно з метою).
 5. Список використаних джерел.
- **Зміст:** Інформація має бути науковою, але доступною для розуміння.
Обов'язково включити:
 1. Схеми, ілюстрації, фотографії обладнання.
 2. Основні технічні характеристики приладів (точність, діапазон вимірювань).

3. Приклади практичного застосування апаратури.

Частина 2. Виконавча (виконується на занятті)

- 1. Представлення презентацій (5-7 хвилин на кожную команду/студента).**
 - Кожна група представляє результат своєї роботи.
 - Під час презентації інші студенти записують ключові моменти.
- 2. Обговорення та відповіді на запитання (3-5 хвилин після кожної презентації).**
 - Викладач та студенти задають уточнюючі запитання.
- 3. Підведення підсумків.**
 - Викладач узагальнює інформацію, усуває неточності, робить акценти на найважливіших аспектах кожної теми.
 - Колективне заповнення загальної таблиці "Апаратура гравірозвідки" (можна виконати на дошці або в зошитах).

Критерії оцінювання

Критерій	Бали	Коментар
1. Зміст та наукова цінність: Глибина розкриття теми, точність термінології, наявність технічних характеристик.	0-1	
2. Структура та логіка: Наявність усіх структурних елементів, логічна послідовність викладу.	0-1	
3. Візуалізація: Якість та доречність схем, графіків, фотографій. Акуратність оформлення.	0-1	
4. Якість усного виступу: Вміння вільно володіти матеріалом, чітка дикція, дотримання регламенту.	0-1	
5. Відповіді на запитання: Обґрунтованість та глибина відповідей.	0-1	
Разом:	0-5	

Практична робота № 2. «Будова та принципи дії гравіметрів».

2.1 Мета роботи.

Вивчення пристрою, принципу дії та класифікації гравіметрів різних типів, набуття навичок роботи з гравіметром та зняття відліків.

2.2 Теоретичні відомості

2.2.1 Загальні поняття

Гравіметр - це прилад для вимірювання прискорення сили тяжіння (або його приростів) у точці спостереження. Він є основним інструментом гравіметричної розвідки. Гравіметри відносяться до класу відносних приладів, тобто вимірюють не абсолютне значення сили тяжіння, а його зміну відносно опорної точки.

2.2.2 Класифікація гравіметрів

Гравіметри різних типів класифікують за наступними ознаками:

1. За принципом будови пружної системи:

- **З поступальним переміщенням мас** — чутливий елемент рухається прямолінійно (зараз майже не використовуються)
- **З обертальним переміщенням мас** — чутливий елемент (маятник) обертається навколо осі. Такі гравіметри мають більшу чутливість і набули найширшого застосування

2. За матеріалом пружної системи:

- **Кварцові гравіметри** — пружна система виготовлена з плавленого кварцу (легкі, термостабільні, мають малий гістерезис)
- **Металеві гравіметри** — пружна система з металевих сплавів (більш міцні, але чутливіші до температури)

3. За діапазоном вимірювання:

- **Вузькодіапазонні (пошукові)** — для вимірювання малих приростів сили тяжіння (до 100-200 мГал), мають високу точність, використовуються в гравірозвідці
- **Широкодіапазонні (геодезичні)** — для вимірювання в діапазоні 4-5 Гал, потребують високоточного еталонування

4. За способом врахування температури:

- **Термостатні** — чутливий елемент знаходиться в електронагрівальній печі з постійною температурою
- **Нетермостатні** — температура враховується розрахунковим шляхом (коефіцієнтами)

5. За призначенням:

- **Наземні** — для вимірювань на суходолі (ГАК-7Т, ГНУ-КС, СГ-5)
- **Донні** — для вимірювань на дні водоймищ
- **Морські** — для вимірювань з надводних та підводних суден
- **Свердловинні** — для вимірювань у шахтах, свердловинах
- **Аерографіметри** — для вимірювань на літаках та інших літальних апаратах
- **Стаціонарні** — для вивчення припливних змін сили тяжіння

2.2.3 Загальний устрій гравіметра

Гравіметр складається з двох основних частин (рис. 2.1):

- корпусу з чутливою системою та робочими елементами
- зовнішнього теплоізолюючого контейнера

Зовнішній контейнер являє собою сталевий циліндр (кожух) з гвинтами внизу. По дну та стінках кожуха прокладений шар теплоізоляції. У контейнер вставляється **посудина Дьюара** – порожнистий циліндричний стакан із посрібленими подвійними стінками.

Корпус гравіметра, в якому встановлені стійки для кріплення кварцової системи, є герметичною металевою склянкою, з якої викачано повітря. Корпус гравіметра вставлений у посудину Дьюара. Для більш щільного з'єднання та уникнення пошкоджень на корпус одягнений вовняний чохол.

На **верхній панелі гравіметра** розташовані (рис. 2.2):

- рівні (для горизонтування приладу)
- відліковий пристрій з мікрометричним гвинтом
- Г-подібний термометр
- окуляр мікроскопа

- патрон для лампи освітлення
- отвір для доступу до штуцера (для викачування повітря)

Будь-який ремонт, пов'язаний із розкриттям системи гравіметра, виконується лише у спеціалізованій майстерні експедиції.

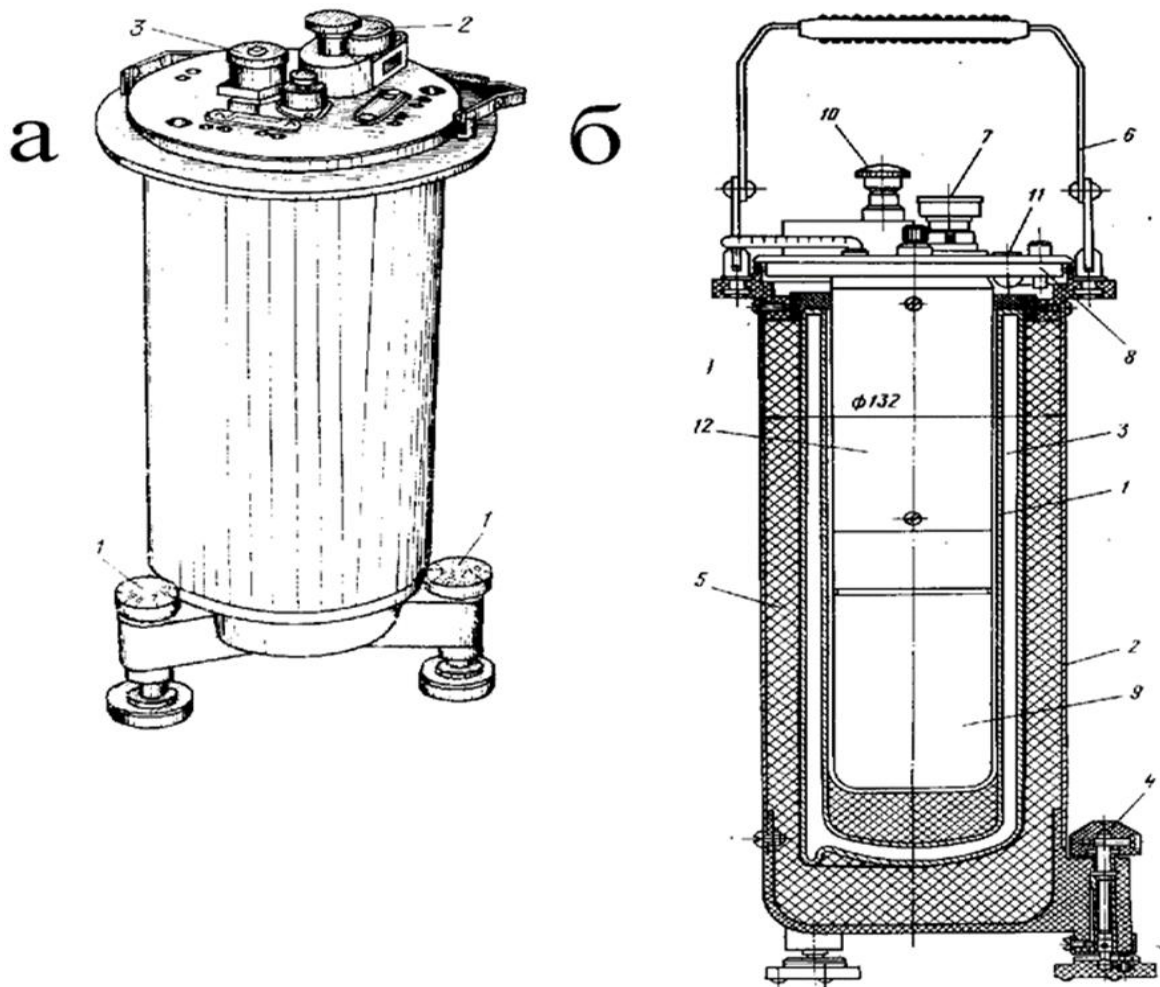


Рис 1. Загальний вигляд гравіметра ГНУ/К-В.

а - зовнішній вигляд гравіметра:

1 – настановні гвинти; 2 – відліковий мікрометричний пристрій; 3 – окуляр.

б - Розріз гравіметра:

1 – середня частина гравіметра; 2 – зовнішній кожух; 3 – судина Дьюара; 4 – установочний гвинт; 5 – теплоізоляція; 6 – ручка для перенесення; 7 – окуляр; 8 – верхня плата; 9 – вакуумна камера; 10 - відліковий мікрометричний пристрій; 11 – рівень; 12 – теплозахисний стовп.

2.2.4 Чутлива система гравіметра

Розглянемо будову чутливої системи на прикладі гравіметра ГАК-7Т (рис. 2.3).

На тонкій нитці, що є віссю обертання, укріплений важіль (маятник) з масивним грузиком на кінці. Маятник утримується у вихідному положенні двома силами:

- силою натягу головної (астазуючої) пружини, нижній кінець якої через важіль прикріплений до маятника
- силою закручування нитки підвісу маятника

Астазуюча пружина служить для підвищення чутливості гравіметра. Її дія призводить до того, що при невеликих змінах сили тяжіння в результаті порушення рівноваги маятник відхиляється на досить великий кут.

Діапазонний гвинт дозволяє грубо підлаштовувати найзручніший відлік на вихідній точці зйомки, де значення сили тяжіння прийнято за нульове.

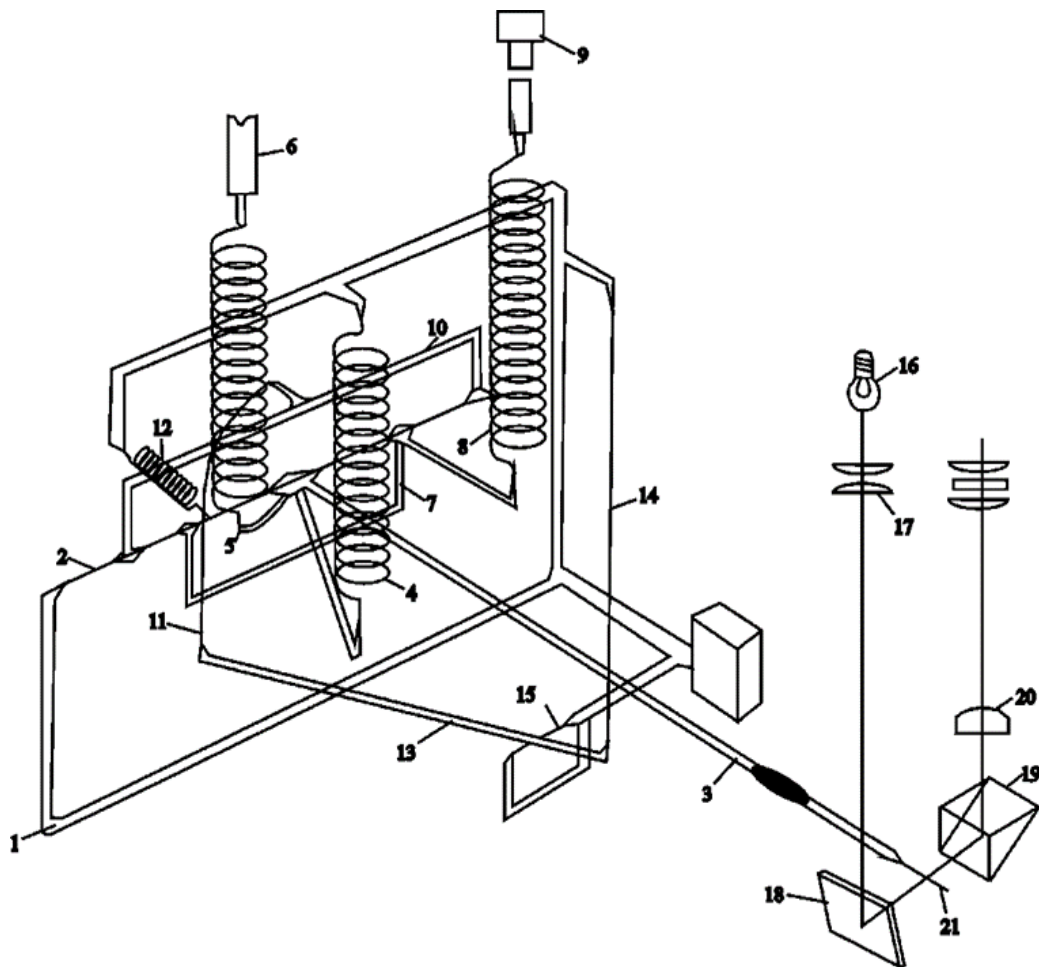


Рис. 2. Принципова схема гравіметра ГАК-7Т

2.2.5 Компенсаційний метод вимірювання

Вимірювання збільшень сили тяжіння (Δg) здійснюється компенсаційним способом:

1. На пункті спостережень маятник під впливом зміни сили тяжіння відхиляється вниз або вгору.
2. Повертаючи мікрометричний гвинт і натягуючи або опускаючи вимірювальну пружину, оператор виводить маятник у початкове (горизонтальне) положення.
3. Мірою вимірюваного збільшення сили тяжіння служить кількість обертів мікрометричного гвинта (відлік n), необхідна для компенсації відхилення маятника.

Оптична реєстрація положення маятника:

На кінці маятника встановлений тонкий кварцовий стрижень (індекс). Положення маятника контролюють в окулярі, в який промінь світла потрапляє від лампочки, проходячи через систему лінз, відбиваючись у дзеркальці та заломлюючись у призмі. У момент поєднання індексу маятника з нульовим розподілом шкали беруть відлік у поділках шкали мікрометра n . Для переведення показань приладу в поділках шкали мікрометра в одиниці зміни сили тяжіння – мілігали (мГал), використовують перевідний коефіцієнт – **ціну поділки гравіметра (С)** – тобто значення в мГал, що відповідає одному обороту шкали мікрометра.

2.2.6 Врахування зміни нуль-пункту

Чутлива система гравіметра поміщена в спеціальний корпус, де передбачено ряд заходів теплоізоляції: вовняна панчоха, посудина Дьюара тощо. Це зроблено для зменшення **сповзання нуль-пункту приладу** – поступової зміни показань приладу в часі при незмінному значенні сили тяжіння (внаслідок пружної післядії, зміни температури тощо).

Для обліку та усунення впливу нуль-пункту в процесі проведення гравіметричних зйомок через певні проміжки часу (2-3 години) проводять

спостереження на точках **опорної гравіметричної мережі**, в яких значення сили тяжіння визначене з підвищеною точністю.

2.3 Методика взяття відліку на точці

Для кварцових наземних гравіметрів типу ГАК-7Т існує наступна методика взяття відліку (рис. 2.4):

Крок 1. Встановити гравіметр на точці спостереження та вивести рівні у нульове положення (відгоризонтувати прилад).

Крок 2. Дивлячись в окуляр, обертати мікрометричний гвинт (1) до поєднання індексу маятника з нульовим розподілом шкали в окулярі.

Крок 3. Зняти відлік за трьома шкалами:

Перша цифра – кількість повних обертів мікрометричного гвинта. Визначається за суміщенням шкали (2) з рисою (3). На рис. 2.4 це число **5**.

Друга та третя цифри – дві цифри, отримані при суміщенні шкали (4) з нульовим розподілом шкали (5). На рис. 2.4 це число **33**.

Четверта цифра – номер розподілу шкали (5) (від 1 до 10), яке найбільш точно збігається з одним із поділів шкали (4). На рис. 2.4 це число **5**.

Результат: отримали число **4335**, яке показує кількість умовних поділок (обертів) мікрометричного гвинта.

Крок 4. Записати отриманий відлік у польовий щоденник.

2.4 Хід роботи

Завдання 1. Вивчення будови гравіметра

1. Використовуючи рис. 2.1-2.3, вивчити основні складові частини гравіметра:
 - зовнішній контейнер (кожух, теплоізоляція, посудина Дьюара)
 - корпус з чутливою системою
 - верхня панель з органами управління
 - оптична система реєстрації
2. Замалювати принципову схему чутливої системи гравіметра (рис. 2.3) та позначити:
 - маятник з грузиком

- вісь обертання (нитка підвісу)
- головну (астазуючу) пружину
- вимірювальну пружину з мікрометричним гвинтом
- оптичну систему (джерело світла, лінзи, дзеркальце, призма, окуляр)

Завдання 2. Визначення ціни поділки гравіметра

1. За даними еталонування гравіметра (надаються викладачем) розрахувати ціну поділки C (мГал/поділку).
2. Дані занести до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати еталонування гравіметра

№ еталонування	Відлік n_1 , под.	Відлік n_2 , под.	$\Delta n = n_2 - n_1$	Відома різниця Δg , мГал	Ціна поділки C , мГал/под.
1					
2					
3					
Середнє					

Завдання 3. Зняття відліків за імітатором шкали

1. Використовуючи рис. 2.5 (або імітатор шкали, наданий викладачем), зняти 10 відліків за правилами, описаними в п. 2.3.
2. Результати записати у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати вимірювань на точках спостереження

№ точки	Час	Відлік n , под.	Примітка
1			
2			
...			
10			

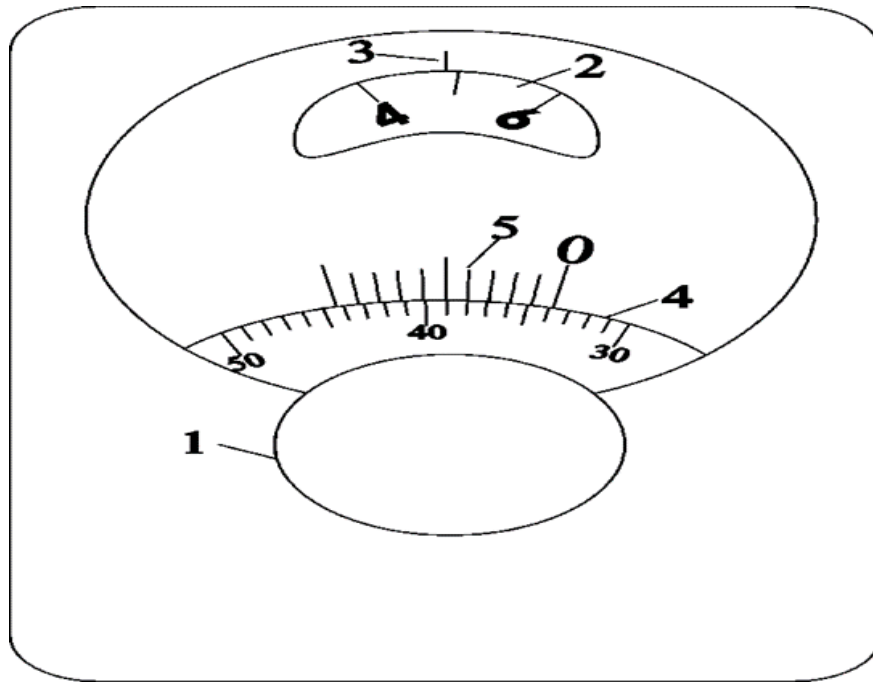


Рис.3. Вид відлікового пристрою гравіметра ГАК -7Т.

Завдання 4. Врахування зміни нуль-пункту

1. За даними спостережень на опорних пунктах (табл. 2.3) побудувати графік зміни нуль-пункту в часі.
2. Визначити поправку за нуль-пункт для кожної рядової точки.

Таблиця 2.3 – Спостереження на опорних пунктах

№ опорного пункту	Час	Відлік n, под.	Істинне значення g, мГал
ОП-1 (початок)	8:00	4250	981234.5
ОП-2	10:30	4265	981245.0
ОП-3	13:00	4240	981220.5
ОП-1 (кінець)	15:30	4255	981234.5

2.5 Контрольні запитання

1. За якими ознаками класифікують гравіметри?
2. Які типи гравіметрів використовують у гравіметричній розвідці?
3. Поясніть будову чутливої системи гравіметра з обертальним переміщенням мас.
4. Для чого служить астазуюча пружина?

5. У чому суть компенсаційного методу вимірювання приросту сили тяжіння?
6. Що таке ціна поділки гравіметра і як її визначають?
7. Поясніть методику зняття відліку за трьома шкалами.
8. Що таке "сповзання нуля-пункту" і як його враховують?
9. Для чого потрібна опорна гравіметрична мережа?
10. Яке призначення посудини Дьюара в конструкції гравіметра?

2.6 Зміст звіту

1. Назва та мета роботи.
2. Схема чутливої системи гравіметра з позначеннями.
3. Заповнені таблиці 2.1, 2.2, 2.3.
4. Графік зміни нуля-пункту.
5. Розрахунок поправок за нуль-пункт.
6. Висновки за результатами роботи.

Практична робота № 3. «Обробка гравіметричних спостережень та обчислення аномалій сили ваги».

Мета роботи: Закріпити практичні навички обробки результатів гравіметричних зйомок: навчитися обчислювати абсолютні значення сили ваги, вводити редуційні поправки, розраховувати аномалії в редуції Буге та будувати карти ізоаномал для геологічної інтерпретації.

Завдання:

1. За індивідуальним варіантом отримати вихідні дані гравіметричної зйомки.
2. Обчислити абсолютні значення сили ваги $g_{\text{абс}}$ у пунктах спостережень.
3. Обчислити нормальне значення сили ваги γ_0 для кожної точки.
4. Розрахувати аномалію сили ваги у вільному повітрі ($\Delta g_{\text{в.п.}}$).
5. Розрахувати аномалію сили ваги в редуції Буге ($\Delta g_{\text{Буге}}$).
6. Скласти каталог гравіметричних пунктів.
7. Побудувати карту ізоаномал аномалії Буге.

Теоретичні відомості та формули

Гравіметри вимірюють відносну зміну сили ваги. Для отримання абсолютних значень необхідно знати ціну поділки гравіметра C (мГал/оберт) та мати прив'язку до пункту з відомим абсолютним значенням g .

1. Обчислення абсолютного значення сили ваги:

Абсолютне значення сили ваги в пункті обчислюється за формулою:

$g_{\text{абс}} = g_{\text{опорного_пункту}} + C * (n - n_{\text{опорного_пункту}})$ де:

- $g_{\text{опорного_пункту}} = 980\,000.00$ мГал (умовне значення для спрощення розрахунків у всіх варіантах);
- C – ціна поділки гравіметра для вашого варіанту (мГал/об);
- n – відлік по гравіметру в даному пункті (оберти);
- $n_{\text{опорного_пункту}}$ – відлік по гравіметру на опорному пункті (Пункт №1 у кожному варіанті).

2. Обчислення нормального значення сили ваги (γ_0):

Для спрощення розрахунків приймемо, що нормальне поле на всій ділянці зйомки постійне. Це припустимо для невеликих за розміром ділянок.
 $\gamma_0 = 979\,950.00$ мГал (умовне значення).

3. Обчислення аномалії у вільному повітрі (аномалія Фая):

Ця аномалія враховує лише поправку за висоту пункту над рівнем моря (вертикальний градієнт нормального поля).

$$\Delta g_{\text{в.п.}} = g_{\text{абс}} + 0.3086 * h - \gamma_0$$

де:

- h – висота пункту над рівнем моря, м;
- 0.3086 – вертикальний градієнт сили ваги, мГал/м.

4. Обчислення аномалії Буге:

Ця аномалія враховує поправку не тільки за висоту, але і за притягання проміжного шару гірських порід між рівнем моря і точкою спостереження.

$$\Delta g_{\text{Буге}} = g_{\text{абс}} + (0.3086 - 0.0419 * \sigma) * h - \gamma_0$$

де:

- σ – щільність проміжного шару для вашого варіанту, г/см³.

Порядок виконання роботи

Частина 1. Розрахункова (заповнення каталогу)

1. Отримайте свій варіант завдання у викладача (таблиця з координатами, висотами та відліками).
2. Запишіть індивідуальні параметри: $C = \underline{\hspace{2cm}}$ мГал/об, $\sigma = \underline{\hspace{2cm}}$ г/см³.
3. Вкажіть опорні значення: $g_{\text{опорного пункту}} = 980\,000.00$ мГал, $n_{\text{опорного пункту}} = \underline{\hspace{2cm}}$ об (значення з вашого варіанту для Пункту №1), $\gamma_0 = 979\,950.00$ мГал.
4. Для кожного пункту (включаючи опорний) послідовно обчисліть:
 - $g_{\text{абс}}$ (за формулою з п.1).
 - $\Delta g_{\text{в.п.}}$ (за формулою з п.3).
 - $\Delta g_{\text{Буге}}$ (за формулою з п.4).
5. Результати занесіть до зведеної таблиці (каталогу) за зразком.

Зразок каталогу гравіметричних пунктів

№ пун кту	X, м	Y, м	h, м	Відлік n, об	g_абс, мГал	$\Delta g_{\text{в.п.}}$, мГал	$\Delta g_{\text{Буге}}$, мГал
1	0	0	120.0	5.382	980 000.00
2	100	200	118.5	5.540
...

Примітка: Всі значення сил ваги та аномалій записувати з точністю до 0.01 мГал.

Частина 2. Графічна (побудова карти ізоаномал)

1. Підготуйте лист міліметровки або створіть графічний файл у комп'ютерній програмі (напр., Excel, Surfer, QGIS або графічному редакторі).
2. Відобразіть на площині пункти спостережень згідно з їхніми координатами X та Y. Виберіть зручний масштаб (напр., 1:2000, тобто 1 см на кресленні = 20 м на місцевості).
3. Біля кожної точки підпишіть розраховане значення аномалії Буге ($\Delta g_{\text{Буге}}$).
4. Методом лінійної інтерполяції проведіть ізолінії (ізоаномали) – лінії рівних значень аномалії. Крок ізоліній **0.5 мГал**. Ізолінії проводьте плавними кривими, згладжуючи дрібні невідповідності.
5. Створіть легенду карти. Ізоаномали рекомендується розфарбувати: відтінками синього – для негативних аномалій, зелених/жовтих – для значень близьких до нуля, червоних/коричневих – для позитивних.

Форма звіту

Звіт має містити:

1. **Мета та завдання роботи.**
2. **Вихідні дані** (таблиця вашого варіанту).
3. **Результати розрахунків** (заповнений каталог пунктів).
4. **Графічна частина** (карта ізоаномал аномалії Буге).

5. **Висновки:** Дайте коротку характеристику аномального поля на ділянці (де розташовані максимуми та мінімуми, який діапазон змін аномалій, яку геологічну причину це могло б мати).

Таблиця 3.1. Координати, висоти та відліки.

Варіант	Ціна поділки, С (мГал/об)	Щільність, σ (г/см ³)	№ пункту	X, км	Y, км	h, м	Відлік, n (об)
1	-5.82	2.30	1	0.0	0.0	120.0	5.382
			2	1.0	0.2	118.5	5.540
			3	2.0	0.5	122.1	5.342
			4	0.5	1.0	119.8	5.450
			5	1.5	1.2	121.3	5.390
2	-6.10	2.50	1	0.0	0.0	115.0	4.850
			2	1.2	0.3	117.2	4.920
			3	2.4	0.6	119.0	4.780
			4	0.6	1.2	116.5	4.870
			5	1.8	1.5	118.8	4.810
3	-5.95	2.67	1	0.0	0.0	125.0	6.120
			2	1.5	0.4	127.3	6.250
			3	3.0	0.8	124.8	6.080
			4	0.8	1.6	126.1	6.200
			5	2.3	2.0	128.5	6.300
4	-6.25	2.40	1	0.0	0.0	110.0	7.050
			2	1.0	0.5	112.4	7.180
			3	2.0	1.0	109.8	7.020
			4	0.5	1.5	111.2	7.110

Варіант	Ціна поділки, С (МГал/об)	Щільність, σ (г/см ³)	№ пункту	X, км	Y, км	h, м	Відлік, n (об)
5	-6.40	2.60	5	1.5	2.0	113.0	7.220
			1	0.0	0.0	130.0	8.100
			2	1.2	0.3	132.5	8.250
			3	2.4	0.6	129.8	8.080
			4	0.6	1.2	131.0	8.200
6	-5.90	2.35	5	1.8	1.8	133.2	8.300
			1	0.0	0.0	105.0	3.750
			2	0.8	0.4	107.2	3.820
			3	1.6	0.8	104.5	3.710
			4	0.4	0.8	106.8	3.790
7	-6.15	2.55	5	1.2	1.2	108.5	3.830
			1	0.0	0.0	135.0	9.420
			2	1.4	0.2	137.5	9.550
			3	2.8	0.4	134.2	9.380
			4	0.7	1.4	136.0	9.480
8	-6.50	2.45	5	2.1	1.6	138.2	9.600
			1	0.0	0.0	142.0	2.150
			2	1.1	0.5	140.2	2.240
			3	2.2	1.0	143.5	2.120
			4	0.55	1.1	141.0	2.190
9	-5.85	2.70	5	1.65	1.65	139.8	2.260
			1	0.0	0.0	128.0	4.480
			2	1.3	0.3	126.5	4.560

Варіант	Ціна поділки, С (мГал/об)	Щільність, σ (г/см ³)	№ пункту	X, км	Y, км	h, м	Відлік, n (об)
			3	2.6	0.6	129.2	4.430
			4	0.65	1.3	127.8	4.510
			5	1.95	1.95	125.9	4.590
10	-6.35	2.38	1	0.0	0.0	113.0	5.880
			2	0.9	0.45	115.3	5.950
			3	1.8	0.9	112.1	5.840
			4	0.45	0.9	114.5	5.910
			5	1.35	1.35	116.8	5.980

- Опорний пункт:** Для кожного варіанту **Пункт №1** є опорним з умовним значенням сили ваги $g_{\text{опорного_пункту}} = 980\,000.00$ мГал.
- Ускладнення інтерполяції:** Координати та висоти підібрані так, щоб точки не лежали на одній прямій, що змусить студентів уважно інтерполювати значення при побудові карт.

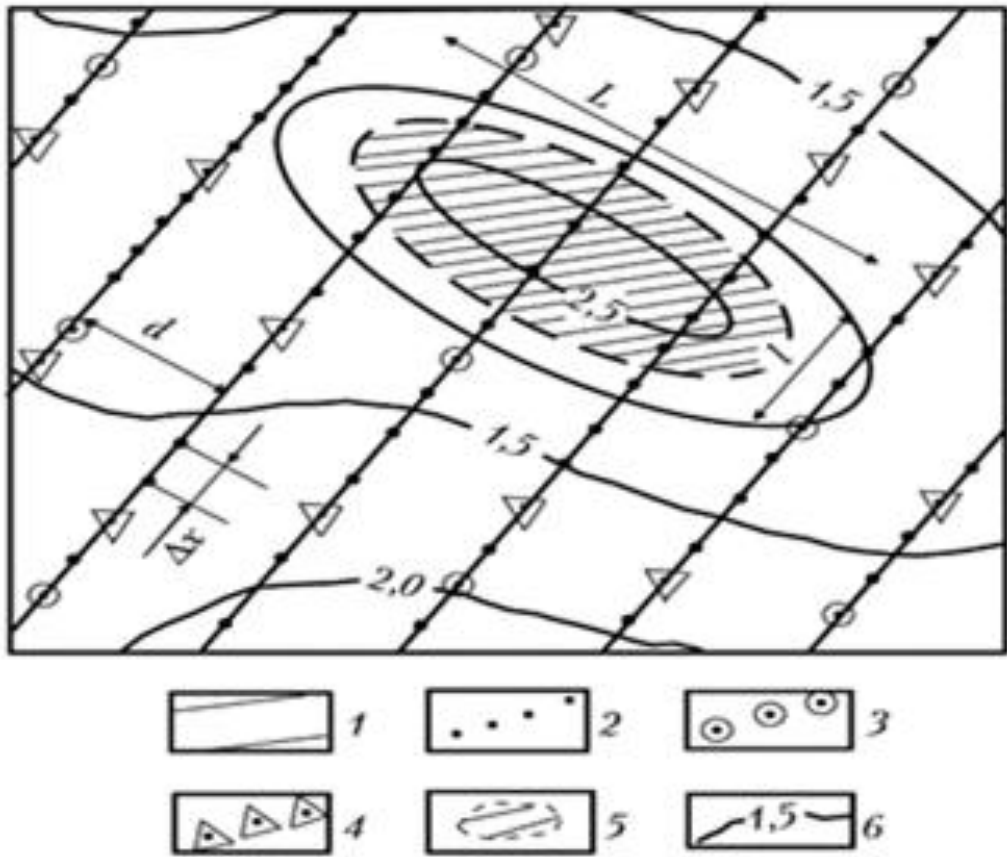


Рис. 3.1. Схема розташування точок постереження та карта аномалії при гравіметричній зйомці:

- 1 - профілі; 2–4 — рядові, опорні та контрольні точки спостереження;
 5 - передбачуваний контур шуканого геологічного об'єкта; 6 - ізолінії Δg

Практична робота № 4. Тема: «Магніторозвідка. Апаратура та методика польових вимірювань».

Магніторозвідка – один з найстаріших і найпоширеніших геофізичних методів, заснований на вивченні просторового розподілу напруженості магнітного поля Землі. Локальні відхилення цього поля – магнітні аномалії – виникають через різницю в магнітних властивостях гірських порід, зумовлених насамперед вмістом магнітних мінералів (наприклад, магнетиту).

Цей метод має універсальне застосування: від пошуків залізних руд, кольорових і рідкісних металів до вирішення інженерно-геологічних задач і археологічних досліджень. Ефективність методу в значній мірі залежить від точності вимірювальної апаратури – магнітометрів, які пройшли шлях від простих компасових систем до високоточних квантових приладів.

Мета роботи:

1. Ознайомитися з фізичними основами методу магніторозвідки та природою магнітних аномалій.
2. Вивчити принцип дії, будову та характеристики магнітометрів різних типів.
3. Зрозуміти методику проведення польових магнітометричних зйомок та особливості обробки отриманих даних.
4. Розвинути навички самостійної роботи з інформацією та її презентації.

Обладнання та матеріали: персональні комп'ютери з доступом до Інтернету, програмне забезпечення для створення презентацій, методичні вказівки.

Хід роботи

Частина 1. Підготовча (виконується вдома до заняття)

Завдання: Підготувати групову (або індивідуальну) презентацію на одну з запропонованих тем.

Теми презентацій:

1. **Фізичні основи магніторозвідки.** Магнітні властивості гірських порід (залізонасичені, діамагнетики, парамагнетики). Що таке магнітна сприйнятливість?
2. **Класифікація магнітометрів.** Механічні (магнітоважувальні), квантові (протонові, цезієві), SQUID-магнітометри. Їхні принципи дії, переваги та недоліки.
3. **Сучасні квантові магнітометри.** Принцип дії протонного магнітометра. Його точність, діапазон вимірювань та умови застосування.
4. **Аеромагнітна зйомка.** Особливості, апаратура (аеромагнітометри), висота польоту, прив'язка до місцевості. Що таке "дельта-проекція"?
5. **Градентометричні зйомки.** Навіщо вимірюють не абсолютне значення поля, а його градієнт? Апаратура для вимірювання градієнта.
6. **Обробка даних магніторозвідки.** Введення поправок (діренна, варіаційна). Побудова карт магнітного поля ΔT та їх інтерпретація.

Вимоги до презентації:

- **Обсяг:** 8-12 слайдів.
- **Структура:**
 1. Титульний слайд (тема, ПІБ виконавців, група, ВНЗ).
 2. Вступ (актуальність, мета).
 3. Основна частина (логічний розподіл інформації).
 4. Висновки (підсумок).
 5. Джерела інформації.
- **Зміст:** Науковість, доступність, наявність:
 1. Схем і фотографій обладнання.
 2. Графіків, які пояснюють принцип дії.
 3. Прикладів магнітних аномалій, пов'язаних із конкретними об'єктами (рудна зона, трубка вибуху тощо).

Частина 2. Виконавча (виконується на занятті)

1. **Захист презентацій (5-7 хвилин на кожну тему).**

2. **Дискусія та питання (3-5 хвилин).**
3. **Підведення підсумків викладачем.**
4. **Самостійна робота (як варіант):** Колективне заповнення таблиці "Порівняльна характеристика магнітометрів".

Тип магнітометра	Принцип дії	Точність (нТл)	Переваги	Недоліки	Сфера застосування
------------------	-------------	----------------	----------	----------	--------------------

Магнітоважувальний

Протонний

Квантовий (цезієвий)

Зміст звіту

Після заняття студент/група здає:

1. Титульний лист.
2. Тему презентації.
3. **Конспект презентації:** стисле текстове викладення основної інформації (1-2 стор.).
4. **Висновки:** що нового дізналися про апаратуру та методику магніторозвідки.

Критерії оцінювання

Критерій	Бали
Зміст (глибина, точність, технічні характеристики)	0-2
Структура та логіка викладу	0-1
Якість візуалізації (схеми, графіки)	0-1
Якість усного виступу	0-1

Критерій	Бали
Відповіді на запитання	0-1
Разом:	0-6

Оскільки магніторозвідка тісно пов'язана з гравірозвідкою, в кінці заняття проводиться порівняльний аналіз цих двох методів (чим схожі, чим відрізняються, які задачі вирішують краще). Це допоможе студентам сформуванати цілісне уявлення про геофізику.

Практична робота № 5. "Основи магніторозвідки. Розрахунок значення аномального поля».

Мета: Закріпити теоретичні знання про сутність методу магнітної розвідки, навчитися виконувати первинну обробку магнітометричних спостережень, будувати графіки та проводити якісну інтерпретацію магнітних аномалій.

Інструкція для студента: Виконайте завдання вашого варіанту. Результати розрахунків подайте у вигляді таблиці. Побудуйте графіки вручну на міліметровому папері або за допомогою ПК. Дайте письмові відповіді на поставлені питання.

Варіант 1

Дано: Результати вимірювань магнітного поля (T) вздовж профілю.

Нормальне поле для району (T_0) = 50100 нТл.

Точка								
спостереження	1	2	3	4	5	6	7	8
T , нТл	501 20	501 50	502 00	502 80	502 50	501 90	501 40	5011 0

Завдання:

1. Розрахуйте значення аномального поля ($T_a = T - T_0$) для кожної точки.
2. Побудуйте на одному графіку два графіки: спостереженого поля (T) та аномального поля (T_a) в залежності від номера точки.
3. Визначте, в якій точці спостерігається максимальна аномалія. Чому саме тут, на вашу думку, може бути розташоване намагнічене тіло?
4. За характером графіка T_a , оцініть, чи є ця аномалія локальною чи регіональною. Відповідь обґрунтуйте.

Варіант 2

Дано: Фрагмент журналу спостережень з контролем дрейфу приладу на опорній точці.

№ точки	Час	Відлік, нТл	Примітка
Баз. 1	9:00	50050	Опорна точка (початок)
1	9:15	50100	
2	9:30	50200	
3	9:45	50350	
Баз. 1	10:00	50070	Контроль (кінець)

Завдання:

1. Вважаючи нормальне поле $T_0 = 50050$ нТл, розрахуйте початкове значення аномального поля (T_a) для точок 1, 2, 3 без урахування дрейфу.
2. Розрахуйте величину дрейфу приладу за годину (u нТл/год) та внесіть поправку за дрейф у значення T_a для кожної точки.
3. Побудуйте графік скоригованого аномального поля (T_a).
4. Поясніть, навіщо потрібно враховувати дрейф нуля-пункту приладу.

Варіант 3

Дано: Результати вимірювань вздовж профілю, що перетинає передбачувану тектонічну зону.

Точка спостереження	1	2	3	4	5	6	7	8
T, нТл	45200	45250	45100	44900	45050	45200	45220	45210
T₀, нТл	45200	45200	45200	45200	45200	45200	45200	45200

Завдання:

1. Розрахуйте значення аномального поля (T_a) для кожної точки.
2. Побудуйте графік аномального поля (T_a).

3. Проаналізуйте графік. Де, ймовірно, розташована зона розломів (для намагнічених порід це часто зони знижених значень)? В яких точках?
4. Чим може бути обумовлене різке зниження значень поля в середині профілю?

Варіант 4

Дано: Дані зйомки для пошуків дрібних near-surface об'єктів.

Точка спостереження	1	2	3	4	5	6	7
T, нТл	48980	48990	49050	49150	49080	49000	48985
T₀, нТл	48980	48980	48980	48980	48980	48980	48980

Завдання:

1. Розрахуйте значення аномального поля (T_a).
2. Побудуйте графік аномального поля (T_a).
3. Оцініть ширину аномалії (в кількості точок). Яка особливість цієї аномалії вказує на те, що джерело залягає неглибоко?
4. Який тип корисних копалин (розсипні поклади, дрібні рудні тіла) може створювати подібні локальні аномалії?

Варіант 5

Дано: Дані з довгого профілю для вивчення регіональних структур.

Точка спостереження	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T, нТл	49950	49980	50030	50090	50120	50100	50070	50020	49990	49960
T₀, нТл	49950	49950	49950	49950	49950	49950	49950	49950	49950	49950

Завдання:

1. Розрахуйте значення аномального поля (T_a).
2. Побудуйте графік аномального поля (T_a).
3. Опишіть характер аномалії (плавна/різка, широка/вузька). Що це може свідчити про глибину залягання джерела?
4. Чи можна віднести цю аномалію до регіональних? Чому?

Варіант 6

Дано: Дані з профілю з рідкою мережею спостережень.

Точка спостереження	1	2	3	4	5
T, нТл	51000	51100	51300	51150	51050
T₀, нТл	51000	51000	51000	51000	51000

Завдання:

1. Розрахуйте значення аномального поля (T_a).
2. Побудуйте графік аномального поля (T_a) за наявними точками.
3. Чи достатньо точок для коректного відображення форми аномалії? Що могло бути втрачено через великий крок між точками?
4. Який мінімальний крок ви б рекомендували для подальшого детального дослідження цієї аномалії?

Варіант 7

Дано: Результати вимірювань з різним кроком. $T_0 = 50300$ нТл.

Профіль А (крок 20м): Точки 1-7 з значеннями T: 50310, 50350, 50430, 50540, 50460, 50380, 50320.

Профіль Б (крок 50м): Точки 1-4 з значеннями T: 50310, 50430, 50540, 50380.

Завдання:

1. Для Профілю А розрахуйте T_a та побудуйте детальний графік.
2. Для Профілю Б розрахуйте T_a та побудуйте графік на тому самому рисунку, що і Профіль А (іншим кольором/типом лінії).

3. Порівняйте два графіки. Який з них точніше відображає форму аномалії? Який висновок можна зробити про важливість густоти мережі спостережень?

Варіант 8

Дано: Дані, отримані за допомогою квантового магнітометра, що дозволяє проводити безперервні вимірювання. $T_0 = 49700$ нТл.

Відстань, м	0	10	20	30	40	50	60	70
T, нТл	49720	49760	49850	49980	49890	49800	49750	49725

Завдання:

1. Розрахуйте значення аномального поля (T_a).
2. Побудуйте графік аномального поля (T_a) в залежності від відстані.
3. Оцініть ширину аномалії в метрах. Обчисліть градієнт поля ($\Delta T_a / \Delta L$) на ділянці найрізкішої зміни (наприклад, між 20м і 40м).
4. Чим перевага безперервних вимірювань порівняно з точковими?

Варіант 9

Дано: Дані з профілю, де спостерігається складна аномалія, можливо, від двох джерел. $T_0 = 45500$ нТл.

Точка									
спостереження	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T, нТл	45500	45580	45700	45550	45650	45800	45720	45600	45520

Завдання:

1. Розрахуйте значення аномального поля (T_a).
2. Побудуйте графік аномального поля (T_a).

3. Проаналізуйте графік. Чи можна виділити на ньому дві окремі аномалії? Якщо так, то в яких діапазонах точок?
4. Що може означати накладення аномалій для геофізичної інтерпретації?

Варіант 10

Дано: Результати спостережень з високою точністю, характерні для інтерпретаційного профілю. $T_0 = 48800$ нТл.

Точка спостереження	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T, нТл	48800	48805	48820	48860	48925	48890	48845	48815	48805	48800

Завдання:

1. Розрахуйте значення аномального поля (T_a).
2. Побудуйте графік аномального поля (T_a) з максимальною деталізацією.
3. Чому кінці профілю (точки 1 та 10) мають значення $T_a \approx 0$? Який це має зміст для інтерпретації?
4. Оцініть, яка глибина залягання об'єкта (неглибока/середня/глибока), враховуючи плавність та амплітуду аномалії.

Критерії оцінювання для всіх варіантів:

- **Правильність розрахунків (таблиця T_a):** 2 бали.
- **Акуратність та правильність побудови графіка:** 1 бал.
- **Точність та обґрунтованість відповідей на питання:** 1 бал.
- **Загалом:** 4 бали.

Практична робота № 6.

« Вивчення будови та визначення параметрів каротажних зондів».

Мета роботи: Вивчення принципу устрою, класифікації та практичного використання каротажних зондів різних типів. Набуття навичок розрахунку геометричних параметрів та коефіцієнта зонда, необхідних для інтерпретації даних електричного каротажу.

2. Теоретичні відомості

2.1 Загальні поняття

Електричний каротаж (електрометрія свердловин) базується на вивченні електричних властивостей гірських порід, розкритих свердловиною. Основним вимірювальним пристроєм є «каротажний зонд» — спеціалізована установка, що опускається у свердловину на кабелі. За допомогою зонда у гірських породах створюють електричне поле та вимірюють його параметри (силу струму та різницю потенціалів).

До складу каротажного зонда входять:

- «Струмові (живильні) електроди» (позначаються літерами «А» та «В»). Через ці електроди у породу подається електричний струм.
- «Вимірювальні (приймальні) електроди» (позначаються літерами «М» та «N»). За допомогою цих електродів вимірюється різниця потенціалів.

Правила позначення:

- Літерою «М» позначають вимірювальний електрод, найближчий до живильного електрода «А».
- Літерою «А» позначають живильний електрод, найближчий до вимірювального електрода «М».
- Електроди однієї групи (обидва живильні АВ або обидва вимірювальні MN) називають «парними».

2.2 Конструкція зондів

Конструктивно зонд являє собою ділянку спеціального кабелю із встановленими на ньому електродами. Сучасні багатоелектродні зонди дозволяють на основі однієї конструкції реалізувати різні схеми ввімкнення електродів. Електроди зазвичай являють собою відкриті частини свинцевих кілець (довжиною близько 40 мм), запресованих у гумову ізоляційну трубу. Відстані між електродами мають відповідати заданим розмірам зонда і витримуються з високою точністю.

2.3 Класифікація зондів

Залежно від співвідношення відстаней між електродами та їх розташування, зонди поділяються на два основних типи:

Потенціал - зонди - це зонди, у яких відстань між парними електродами А і В або М і N значно більша, ніж між непарними (А та М). Потенціал - зонд, у якого другий парний електрод видалений у нескінченність, називають ідеальним потенціал-зондом. Так як при роботі з зазначеними зондами $U_M \gg U_N$, то виміряний електричний уявний опір породи ρ_y , практично визначається величиною U_M потенціалу електричного поля в точці М, що і послужило основою для найменування цих зондів:

$$\rho_y = 4\pi \cdot \overline{AM} \frac{U_M}{I}$$

де \overline{AM} – відстань в метрах між електродами А і М;

I – сила струму.

Потенціал-зонди можуть бути однополюсні, у яких в свердловину опущені один живильний і два вимірювальні електроди, і двополюсні, у яких в свердловину опущені два живильних електроди і один вимірювальний.

Залежно від розташування парних електродів потенціал-зонди бувають послідовні, у яких парні електроди знаходяться внизу, і звернені, у яких парні електроди знаходяться вгорі.

Зонди позначаються послідовними буквеними значеннями електродів зверху вниз із зазначенням відстаней між ними в метрах. Наприклад: **N4 M 0,5A** - однополюсний обернений потенціал-зонд.

Відстань між зближеними електродами А і М є розміром потенціал-зонда і позначається L. Точка виміру (запису) - О, до якої відноситься вимірюваний уявний опір, знаходиться в середині відрізка АМ.

Опір, що вимірюється реальним потенціал-зондом, обчислюється за формулою :

$$\rho_y = K \frac{\Delta U}{I}$$

де ΔU - різниця потенціалів між вимірювальними електродами;

I – сила струму, який проходить через гірські породи;

K – постійна величина (коефіцієнт зонда) , яка залежить від відстані між електродами зонда.

Коефіцієнт зонда розраховується за формулою:

$$\text{Для однополюсного зонда } K = \frac{4\pi \cdot \overline{AM} \cdot \overline{AN}}{\overline{MN}}; \quad (1)$$

$$\text{Для двухполюсного зонда } K = \frac{4\pi \cdot \overline{MA} \cdot \overline{MB}}{\overline{AB}}. \quad (2)$$

Градiєнт-зонди це зонди, у яких відстань між парними електродами набагато менше, чим між непарними.

Заміряний цими зондами уявний опір, пропорційний середньому значенню градієнта потенціала електричного поля між електродами М і N :

$$\rho_k = 4\pi \frac{\overline{AM} \cdot \overline{AN}}{\overline{MN}} \cdot \frac{\Delta U}{I}$$

Градiєнт-зонди з нескiнченно малим MN є iдеальними i так само, як i потенцiал-зонди, бувають: а) однополюснi та двополюснi; б) послiдовнi (пiдошовнi) та зверненi (покрiвельнi). Точка запису O знаходиться всерединi мiж зближеними електродами. Вiдстань вiд вiддаленого електрода до точки запису O становить довжину градiєнт-зонда L . Коефiцiєнти градiєнт-зонда обчислюються за формулами (1) та (2).

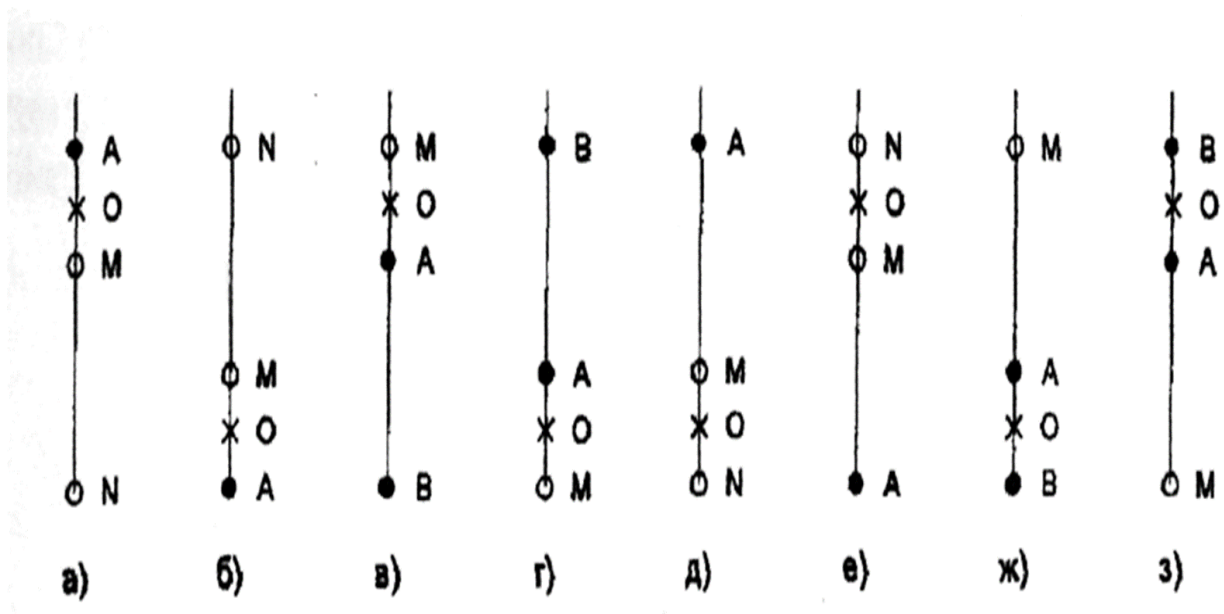


Рис. 1 – Зонди електричного картоажу

- а) однополюсний потенціал-зонд послідовний;
- б) однополюсний потенціал-зонд обернений;
- в) двохолюсний потенціал-зонд послідовний;
- г) двохолюсний потенціал-зонд обернений;
- д) однополюсний градiєнт-зонд послiдовний;
- е) однополюсний градiєнт-зонд обернений;
- ж) двохолюсний градiєнт-зонд послiдовний;
- з) двохолюсний градiєнт-зонд обернений.

3. Обладнання та матеріали

1. Індивідуальне завдання (варіант схеми зонда з позначеними електродами та відстанями).
2. Калька або міліметровий папір (для побудови схеми).
3. Лінійка, олівець, гумка.
4. Калькулятор (з функцією обчислення π).

4. Хід роботи.

4.1. Отримати у викладача індивідуальний варіант завдання, який являє собою схематичне зображення розташування електродів на каротажному зонді із зазначеними відстанями між ними (у метрах) та буквеними позначеннями (А, В, М, N).

4.2. Проаналізувати схему зонда та визначити, які електроди є парними (однойменними). Виходячи зі співвідношення відстаней між парними та непарними електродами, визначити «тип зонда»:

- Якщо відстань між парними електродами значно більша за відстань між непарними (АМ) — це «потенціал-зонд».

- Якщо відстань між парними електродами значно менша за відстань між непарними (наприклад, АМ значно більша за MN) — це «градієнт-зонд».

4.3. Визначити, чи є зонд послідовним чи оберненим. Для цього знайти на схемі парні електроди:

- Якщо вони розташовані нижче за інші (ближче до низу зонда) — зонд «послідовний».

- Якщо вони розташовані вище за інші (ближче до верху зонда) — зонд «обернений».

4.4. Визначити розташування «точки запису (О)». Для цього необхідно знайти середину між двома зближеними електродами:

- Для «потенціал-зонда» — між зближеними А та М.

- Для «градієнт-зонда» — між зближеними М та N.

4.5. Визначити «довжину зонда (L)». Виміряти відстань (в метрах, згідно з умовою) від віддаленого (струмового) електрода до точки запису:

- Для «потенціал-зонда» — це відстань АМ (розмір зонда).
- Для «градієнт-зонда» — це відстань від А до точки О (середини інтервалу MN).

4.6. Записати «позначення зонда» у вигляді послідовності літер електродів звверху вниз із зазначенням відстаней між ними. Наприклад: `N 1.0 M 0.5 A`.

4.7. Використовуючи відповідну формулу (1) або (2), розрахувати «коефіцієнт зонда (K)». Підставити значення відстаней (в метрах) згідно зі схемою. Значення π прийняти рівним 3.14.

4.8. На аркуші міліметрового паперу (або кальки) в обраному масштабі (наприклад, 1:100) побудувати схему зонда. На схемі обов'язково позначити:

- Усі електроди (А, В, М, N).
- Відстані між ними (у сантиметрах, відповідно до масштабу).
- Точку запису О.
- Довжину зонда L.

5. Індивідуальні завдання.

Варіанти завдань видаються викладачем окремо. Кожен варіант містить схему, подібну до наведених нижче прикладів, з конкретними числовими значеннями відстаней.

Приклад 1 (для аналізу):

Дано схему (Рис. 2): Зверху вниз електроди розташовані так: N на відстані 1.0 м від M, M на відстані 0.5 м від A.

- Відстань між парними (N і M) = 1.0 м.
- Відстань між непарними (A і M) = 0.5 м.
- *Висновок:* Оскільки парні електроди (MN) розташовані на значній відстані (1.0 м) один від одного, це «потенціал-зонд». Парні електроди знаходяться зверху, отже він «обернений». Точка запису – між A та M (0.25 м від A). $L =$

$AM = 0.5$ м. Позначення: `N1.0M0.5A`. Коефіцієнт розраховується за формулою (2).

Приклад 2 (для аналізу):

Дано схему (Рис. 3): Зверху вниз електроди розташовані так: А на відстані 1.0 м від М, М на відстані 0.1 м від N.

- Відстань між парними (М і N) = 0.1 м.

- Відстань між непарними (А і М) = 1.0 м.

- *Висновок:* Оскільки парні електроди (MN) максимально зближені (0.1 м), це «градієнт-зонд». Парні електроди знаходяться знизу, отже він «послідовний».

Точка запису — між М та N (0.05 м вище N). $L = AO = AM + MO = 1.0 + 0.05 = 1.05$ м. Позначення: `A1.0M0.1N`. Коефіцієнт розраховується за формулою (1).

Варіанти для самостійної роботи

номер варіанта	Каротажний зонд	номер варіанта	Каротажний зонд
1	A 2,25 M 0,5N	10	N 2,25 M 0,25 A
2	A 2,5 M 0,25 N	11	N 0,25 M 1 A
3	A 4 M 1N	12	N 0,5 M 2,5 A
4	A 8 M 1 N	13	N 0,25 M 2,25 A
5	A 16 M 2 N	14	N 1 M 4 A
6	N 16 M 2 A	15	N 1 M 8 A
7	N 8M 1 A	16	B 16 A 2 M
8	N 4M 1 A	17	B 8 A 1 M
9	N 2,5 M 0,5 A	18	B 4 A 1 M

6. Зміст звіту.

1. Номер варіанту та вихідна схема завдання.

2. Результати визначення типу зонда з обґрунтуванням (потенціал- чи градієнт-; послідовний чи обернений).
3. Схема зонда, побудована в масштабі, з позначенням усіх елементів.
4. Позначення зонда літерним рядом.
5. Розрахунок довжини зонда (L) з поясненням.
6. Розрахунок коефіцієнта зонда (K) з підстановкою значень у формулу.
7. Висновок по роботі.

7. Контрольні питання

1. Яке призначення струмових та вимірювальних електродів у зонді?
2. Які електроди називають парними?
3. У чому полягає принципова різниця між потенціал-зондом та градієнт-зондом?
4. Як визначити, чи є зонд послідовним або оберненим?
5. Де знаходиться точка запису для потенціал-зонда і для градієнт-зонда?
6. Що таке коефіцієнт зонда та від чого він залежить?
7. Для чого необхідно знати коефіцієнт зонда при обробці даних каротажу?

Практична робота № 7. «Методика електророзвідки: профілювання симетричною чотириелектродною установкою».

1.1. Загальні поняття про електропрофілювання

Електропрофілювання — це один із методів електричної розвідки постійним струмом, який полягає у вимірюванні позірнього опору (ρ_{II}) вздовж профілю при фіксованих розмірах (розносах) установки. Мета — виявлення горизонтальних неоднорідностей розрізу.

1.2. Симетрична чотириелектродна установка AMNB

Дана модифікація застосовується при вивченні простих геоелектричних розрізів, де геологічні об'єкти, що вивчаються, знаходяться в порівняно однорідних вмщувальних породах і перекриті витриманими за потужністю та опорами покривними відкладами.

Відмінна ознака установки:

Вимірювальні електроди (M та N) розташовуються на лінії, яка з'єднує електроди живлення (A та B), **симетрично** відносно центра установки (O).

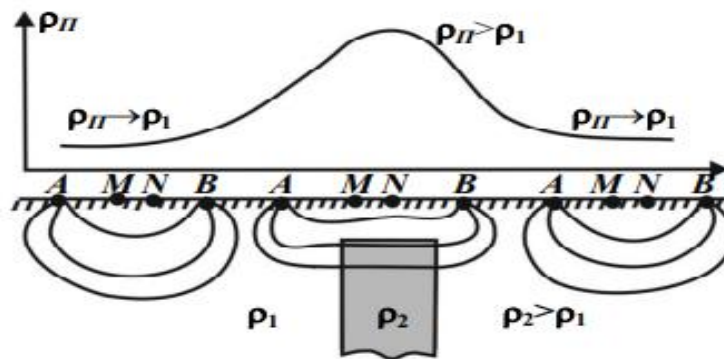


Рис.1. Профілювання симетричною установкою над вертикальним пластом підвищеного опору.

Коефіцієнт установки (K) розраховується за геометричними розмірами. Для симетричної установки AMNB, де $AM = NB$, а MN — відстань між приймальними електродами, коефіцієнт обчислюється за формулою:

$$K = 2\pi \cdot \frac{AM \cdot AN}{MN}$$

Де:

- AM — відстань від живленого електрода А до вимірювального М;
- AN — відстань від А до N (або $AN = AM + MN$).

Позірний опір обчислюється за результатами вимірювань:

$$\rho_{\text{пi}} = K \cdot \frac{I_i}{\Delta U_i}$$

де ΔU — різниця потенціалів між електродами MN, I — сила струму в колі живлення.

1.3. Сутність кругового електропрофілювання

Під **круговим профілюванням** розуміють вивчення залежності позірного опору ($\rho_{\text{п}}$) від азимута лінії розмотки установки при **незмінному положенні центра приймальної лінії MN**.

Дослідження можуть виконуватися за допомогою будь-якої з установок (Везнера, Шлюмберже, симетричної), але в даній роботі розглядається **симетрична установка AMNB**.

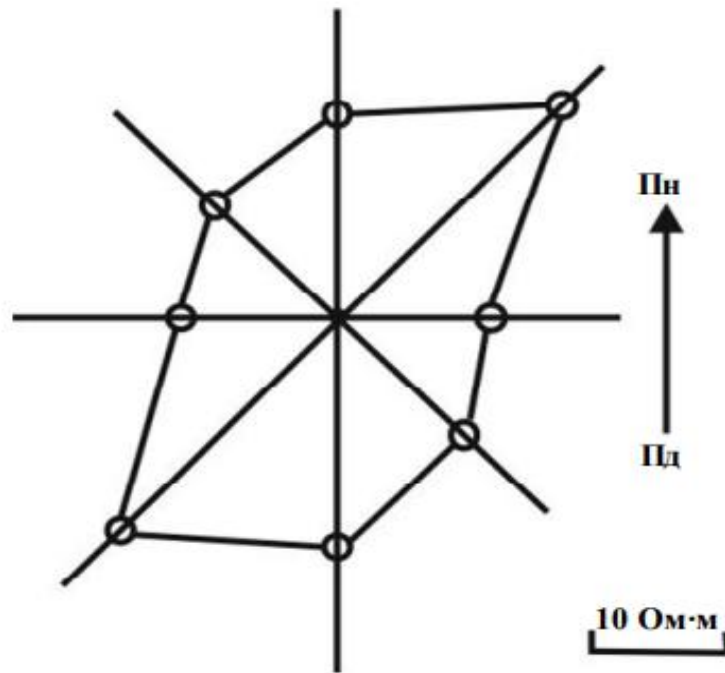


Рис.2. Полярна діаграма $\rho_{п}$, отримана симетричною установкою AMNB

1.4. Мета застосування методу

Метод застосовується для вивчення **анізотропних в електричному відношенні порід**:

- Тріщинуваті вапняки;
- Сланці;
- Виявлення тріщинуватих обводнених зон у кристалічних породах.

Вимірюваний позірний опір анізотропного середовища суттєво залежить від напрямку пропускання струму, а отже — від орієнтації установки відносно простягання анізотропних порід.

1.5. Методика польових спостережень

При круговому профілюванні симетричною установкою AMNB:

1. Живильні (A, B) та вимірювальні (M, N) електроди переміщують **навколо центра приймальної лінії MN**.
2. При кожному положенні установки (фіксованому азимуті) визначають значення позірного опору $\rho_{п}$.
3. Для зручності переходу з точки на точку, розміри установки вибираються кратними кроку спостережень.

Польовий журнал має містити:

- Дату, назву профілю, номер точки;
- Відстані АВ, MN, AM;
- Виміряні значення ΔU та I;
- Обчислене $\rho_{\text{п}}$;
- Примітки: абрис місцевості, заболоченість, відвали порід, рослинність тощо.

1.6. Обробка та інтерпретація даних

Результати вимірювань зображують у вигляді **полярної (кругової) діаграми $\rho_{\text{п}}$** .

Побудова діаграми:

1. На міліметровому папері відкладають азимути (0° до 360°).
2. На кожному азимуті в масштабі відкладають значення $\rho_{\text{п}}$.
3. Кінці масштабних відрізків з'єднують плавною кривою.

Інтерпретація:

- При наявності анізотропного середовища полярна діаграма має форму **еліпса** (або близьку до еліпса).
- **Напрямок великої осі еліпса** співпадає з напрямком **простягання анізотропної пачки порід**.
- Відношення великої півосі до малої (при крутому падінні шарів) дозволяє оцінити **коефіцієнт анізотропії (λ)**.

Для вивчення зміни анізотропії з глибиною, кругове профілювання виконують на **декількох різних розносах** (змінюючи розмір установки).

Мета роботи.

1. Ознайомитися з методикою кругового електропрофілювання симетричною установкою.
2. Навчитися розраховувати коефіцієнт установки та позірний опір.
3. Опанувати методику побудови та аналізу полярних діаграм $\rho_{\text{п}}$.
4. Визначити напрямок простягання анізотропних порід та оцінити коефіцієнт анізотропії.

3. Завдання та вихідні дані.

Примітка: Викладач надає індивідуальний варіант завдання з таблицею вимірюваних значень $\Delta U/I$ для різних азимутів та геометричних розмірів установки.

Приклад таблиці вихідних даних:

№	Азимут, °	Різниця потенціалів (ΔU), мВ	Сила струму (I), мА	Примітки
1	0	25.0	10.0	
2	30	27.5	10.0	
3	60	30.0	10.0	
...	

Розміри установки:

AB = 100 м, MN = 20 м.

Звідси: AM = NB = (AB - MN)/2 = 40 м, AN = AM + MN = 60 м.

4. Порядок виконання роботи.

4.1. Розрахунок коефіцієнта установки

Використовуючи геометричні параметри установки (AM, AN, MN), обчисліть коефіцієнт **K** за формулою, наведеною в п. 1.2.

$$K = 2\pi \cdot \frac{AM \cdot AN}{MN}$$

Розрахунок для наведеного прикладу:

$$K = 3.14 \cdot 40 \cdot 60 / 20 = 3.14 \cdot 240 / 20 = 3.14 \cdot 120 = 376.8 \text{ м} \\ K = 3.14 \cdot 20 \cdot 40 / 60 = 3.14 \cdot 20 \cdot 40 / 60 = 3.14 \cdot 120 = 376.8 \text{ м}$$

4.2. Обчислення позірного опору

Для кожного азимуту (кожного виміру) розрахуйте $\rho_{\pi i}$ за формулою:

$$\rho_{\pi i} = K \cdot \frac{I_i}{\Delta U_i}$$

4.3. Заповнення таблиці результатів

Занесіть отримані дані до підсумкової таблиці:

Азимут, °	ΔU , мВ	I, мА	$\Delta U/I$, Ом	ρ_{Π} , Ом·м
0	25.0	10.0	2.5	$376.8 * 2.5 = 942.0$
30	27.5	10.0	2.75	1036.2
60	30.0	10.0	3.0	1130.4
...

4.4. Побудова полярної діаграми

1. Візьміть аркуш міліметрового паперу.
2. Позначте центр (точка стояння установки O).
3. Проведіть лінії відповідних азимутів (0° , 30° , 60° , ... , 330°).
4. Виберіть масштаб для значень ρ_{Π} (наприклад, в 1 см — 50 Ом·м).
5. На кожному азимуті відкладіть від центру відрізок, довжина якого пропорційна ρ_{Π} .
6. З'єднайте кінці всіх відрізків плавною кривою (отримаєте полярну діаграму).

4.5. Аналіз отриманої діаграми

1. Визначте, чи має діаграма форму, близьку до еліпса.
2. Якщо так, проведіть велику та малу осі еліпса.
3. Виміряйте довжину великої (a) та малої (b) півосей у масштабі ρ_{Π} .
4. Визначте **азимут простягання** порід (він відповідає азимуту великої осі).
5. Обчисліть **коефіцієнт анізотропії**: $\lambda = a / b$.

ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Назва та мета роботи.
2. Схема симетричної установки AMNB з підписаними розмірами.
3. Розрахунок коефіцієнта установки K.
4. Таблиця з обчисленими значеннями ρ_{Π} .

5. Полярна діаграма ρ_n , побудована на міліметровому папері (або в електронному вигляді).
6. Визначені параметри:
 - ✓ Азимут простягання порід.
 - ✓ Коефіцієнт анізотропії (λ).
7. Висновок про характер електричної анізотропії досліджуваного розрізу.

. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. У чому полягає сутність методу електропрофілювання?
2. Яка установка називається симетричною чотириелектродною?
3. Що таке коефіцієнт установки та як він розраховується?
4. Яка мета кругового електропрофілювання?
5. Що таке полярна діаграма ρ_n та як її будують?
6. Як за полярною діаграмою визначити напрямок простягання анізотропних порід?
7. Що характеризує коефіцієнт електричної анізотропії?
8. Чому для вивчення анізотропії на глибину використовують різні розноси установки?

Практична робота № 8. «Комплексна інтерпретація геофізичних даних для вирішення геологічної задачі».

1. Мета роботи

Навчитися обґрунтовувати вибір оптимального комплексу геофізичних методів, виконувати спільний аналіз різнорідних геофізичних даних та приймати обґрунтоване геологічне рішення на основі їх комплексної інтерпретації.

2. Теоретичні відомості

2.1 Принцип комплексування

Жоден геофізичний метод не є універсальним. Кожен метод вивчає різні фізичні властивості гірських порід (густина, намагніченість, електропровідність, пружні властивості тощо). Комплексування методів дозволяє:

- Зменшити неоднозначність геологічної інтерпретації (різні методи "бачать" об'єкт по-різному).
- Отримати більш повну інформацію про геологічний розріз.
- Підвищити достовірність прогнозування корисних копалин.

2.2. Фізичні властивості гірських порід (Довідкова таблиця)

Метод	Фізична властивість	Типові значення	Примітки
Гравірозвідка	Густина (σ), г/см ³	< 2.3 (осадові), 2.6-2.8 (граніти), > 3.0 (базити, руди)	Локальні підняття щільних порід → додатні аномалії
Магніторозвідка	Магнітна сприйнятливність (χ), 10 ⁻⁵ од. СІ	0-100 (осадові), 100-5000 (магматичні)	Наявність феромагнетиків (магнетит) → інтенсивні аномалії
Електророзвідка	Питомий	1-20 (глини), 20-100	Залежить від

Метод	Фізична властивість	Типові значення	Примітки
(КС)	електричний опір (ρ), Ом·м	(піски), >100 (вапняки, кристалічні)	пористості, мінералізації вод, глинистості
Сейсморозвідка	Швидкість пружних хвиль (V), м/с	400-2500 (пухкі), 2000-4500 (ущільнені), 4500-6500 (кристалічні)	Дозволяє будувати глибинні розрізи, виділяти структурні поверхні

3. Завдання

Студент отримує індивідуальний варіант, який містить три блоки інформації:

Блок А. Геологічне завдання

Варіанти завдань (викладач обирає один з варіантів або розподіляє їх між студентами):

- Варіант 1 (Нафтогазова геологія):** Виділити перспективну структуру (антиклінальну пастку) в осадовому чохлі для пошуків покладу вуглеводнів.
- Варіант 2 (Рудна геологія):** Виявити зону сульфідного зруденіння (типу колчеданних руд) серед вулканогенно-осадових порід.
- Варіант 3 (Інженерна геологія):** Знайти зону тектонічного порушення (розлому) та оцінити ступінь тріщинуватості порід для вибору місця будівництва мосту.
- Варіант 4 (Гідрогеологія):** Виявити лінзу прісних вод у товщі засолених відкладів.

Блок Б. Графічні матеріали.

Студенту надається набір з 3-4 графіків або карт (в одному масштабі та для одного профілю/ділянки). Наприклад, для Варіанту 1:

- Графік сили тяжіння (Δg) — спостерігається локальне підняття (максимум), що свідчить про ущільнення порід.
- Графік уявного опору (ρ_y) методом КС (4-5 різних зондів) — фіксується підвищення опору в центральній частині (менша глинистість або наявність колектора).
- Сейсмічний часовий розріз (спрощений) — виділяється підняття відбиваючого горизонту.
- (Для інших варіантів набори даних відповідно змінюються).

Блок В. Таблиця фізичних властивостей для даного району

Гірська порода	Густина, г/см ³	Магнітна сприйнятливість, 10 ⁻⁵ од. СІ	Електричний опір, Ом·м	Швидкість поздовжніх хвиль, м/с
Глини	2.2 - 2.4	10 - 30	3 - 8	1800 - 2400
Піски, алевроліти	2.3 - 2.5	10 - 40	15 - 50 (водонасич.)	2200 - 3000
Вапняки (колектор)	2.5 - 2.6	5 - 15	80 - 500	3500 - 4500
Вапняки щільні	2.6 - 2.7	5 - 15	> 1000	5000 - 5500

5. Хід роботи

Крок 1. Аналіз фізичних властивостей. Використовуючи таблицю (Блок В), визначте, які методи будуть інформативними для вирішення вашого геологічного завдання. Наприклад:

- Якщо шукаємо вапняки серед глин - працює **електророзвідка** (високий опір) та **сейсморозвідка** (висока швидкість).
- Якщо шукаємо магматичні тіла - працює **магніторозвідка**.

Крок 2. Індивідуальний аналіз кожного методу.

- Для кожного наданого графіка визначте характер аномалії (максимум/мінімум, форма, інтенсивність).
- Зробіть попередній висновок: "За даними гравірознавчі в інтервалі профілю 200-400 м фіксується... що може відповідати...".

Крок 3. Кореляція даних. Накладіть (подумки або на кальці) всі графіки один на одного. Знайдіть ділянки, де аномалії співпадають за простяганням. Це найбільш перспективні зони.

Крок 4. Комплексна інтерпретація. Заповніть підсумкову таблицю:

Інтервал профілю, м	Гравірознавчі (Δg)	Електророзвідка (ρ_k)	Сейсморознавчі	Ймовірна геологічна природа
0-200	Спокійне поле	Низькі значення (10-20 Ом·м)	Горизонти залягають полого	Товща глинистих порід
200-450	Локальний максимум (+0.3 мГал)	Підвищені значення (50-80 Ом·м)	Відмічається підняття горизонту Б	Ймовірно, структура у вапняках (колектор)
450-600	Спад поля	Помірні значення	Горизонти похилі	Перехідна зона

Крок 5. Побудова підсумкового геолого-геофізичного розрізу.

Схематично зобразіть розріз вздовж профілю, де покажіть:

- Поверхню землі.
- Положення виявленої аномалії/об'єкту.
- Літологічні типи порід (згідно з висновками).
- Місце, рекомендоване для закладення пошукової свердловини (якщо це пошукова задача).

7. Зміст звіту

1. Номер варіанту та сформульоване геологічне завдання.

2. Таблиця фізичних властивостей (скопійована з завдання).
3. Аналіз кожного геофізичного поля окремо (2-3 речення на метод).
4. Зведена таблиця комплексної інтерпретації (як у п.5).
5. Схематичний геолого-геофізичний розріз (від руки або в графічному редакторі).
6. Висновок про наявність/відсутність шуканого об'єкта та рекомендації щодо подальших досліджень (буріння, деталізація).

8. Контрольні питання

1. Чому жоден геофізичний метод не може дати однозначної відповіді про геологічну будову?
2. Які методи найкраще "працюють" у парі для пошуків нафтових структур? Чому?
3. Що таке "пряма" та "обернена" задача геофізики в контексті комплексної інтерпретації?
4. Як відрізнити тектонічне порушення від літологічної межі за комплексом даних?

ВИСНОВКИ

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Геофізика» розроблені відповідно до освітньо-професійної програми підготовки здобувачів вищої освіти та охоплюють ключові розділи сучасної геофізики — від основ електричного каротажу до комплексної інтерпретації геофізичних даних.

Структура посібника забезпечує поступове ускладнення матеріалу та формування цілісного уявлення про можливості геофізичних методів. Кожна робота містить стислі теоретичні відомості, деталізований алгоритм виконання, індивідуальні варіанти завдань та контрольні питання, що дозволяє використовувати вказівки як для аудиторної роботи, так і в умовах дистанційного навчання.

Виконання передбачених завдань сприяє формуванню у студентів таких **фахових компетентностей**:

- здатність аналізувати фізичні поля Землі та геологічну природу аномалій;
- вміння обирати оптимальний комплекс геофізичних методів для вирішення конкретних геологічних задач (пошуки корисних копалин, інженерні вишукування, гідрогеологічні дослідження);
- навички обробки, співставлення та комплексної інтерпретації різномірних геофізичних даних;
- готовність до прийняття самостійних обґрунтованих рішень у професійній діяльності.

Особлива увага в практикумі приділяється заключній роботі з комплексної інтерпретації, яка моделює реальні виробничі ситуації та готує студентів до проходження практики і виконання кваліфікаційних робіт. Запропоновані завдання базуються на актуальних науково-методичних підходах і враховують сучасний рівень розвитку геофізичного приладобудування та методів обробки даних.

Таким чином, пропоновані методичні вказівки є завершеним навчально-методичним комплексом, який забезпечує системне засвоєння дисципліни «Геофізика» та сприяє підготовці висококваліфікованих фахівців у галузі наук про Землю.

Список використаних джерел

1. Толстой М.І., Гожик А.П., Рева М.В. та ін. Основи геофізики Підручник. - К.: Київський університет, 2006. - 446 с
2. Основи геофізики (фізика Землі) Навчальний посібник з практикуму для студентів геологічного факультету ЛНУ імені Івана Франка © В.В. Фурман, Ю.М. Віхоть, О.М. Павлюк, 2016.
3. Бортник С.Ю. Основи загальної геології: навчальний посібник-практикум / С.Ю. Бортник, О.В. Ковтонюк, Н.М. Погорільчук. Київ, 2022. – 164 с. Режим доступу URL: <https://geo.knu.ua/wp-content/uploads/2023/04/posibnyk>
3. Авотін, Т.Г. Ткаченко Геофізика https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/13251/1/Neofizyka_Avotin_Tkachenko.pdf
4. Електрометрія. Посібник із навчальної геофізичної практики : навч.-метод. видання / С. А. Вижва, М. В. Рева, І. І. Онищук, В. І. Онищук. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2013. – 303 с.