

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ННІ «Інститут геології»

Кафедра *геофізики*

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Заступник директора інституту  
з навчальної роботи  
*В. Демидов* Всеволод ДЕМИДОВ  
« 26 » серпня 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Гравіметрія**

для студентів

галузь знань **10 Природничі науки**  
спеціальність **103 Науки про Землю**  
освітній рівень **Бакалавр**  
освітня програма **Геологія та менеджмент надрокористування**  
блок дисциплін **Геофізика**  
вид дисципліни **Вибіркова**


Форма навчання **денна**  
Навчальний рік **2022/2023**  
Семестр **5**  
Кількість кредитів ECTS **4**  
Мова викладання,  
навчання та оцінювання **українська**  
Форма заключного контролю **залік**

Викладачі: *Безродний Дмитро Анатолійович, кандидат геологічних наук, доцент кафедри геофізики*

Продовжено: на 2023/2024 н.р. *В. Демидов* « 26 » 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)  
на 2024/2025 н.р. *В. Демидов* «    » 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)  
на 20\_\_/20\_\_ н.р. (    ) «    » 20\_\_ р.  
(підпис, П.І.Б., дата)

© Дмитро БЕЗРОДНИЙ

Розробник: *Безродний Дмитро Анатолійович*, кандидат геологічних наук, доцент  
кафедри геофізики

Затверджено  
В.о. зав. кафедри геофізики  
  
Олександр ШАБАТУРА  
Протокол № 19 від «29» червня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією інституту **ННІ «Інститут геології»**

Протокол № 1 від «26» серпня 2022 року

Голова науково-методичної комісії  Всеволод ДЕМИДОВ

**Мета дисципліни** – надання здобувачам фундаментальних знань про поле сили тяжіння Землі, його основні параметри та зміни в часі, основні фізичні закони, на яких базується теорія гравітаційного поля, набуття практичних навичок виконання експериментальних дослідницьких і виробничих робіт для вирішення геологічних, геодезичних і інших прикладних задач.

**Вимоги до вибору навчальної дисципліни:**

Знання теоретичних основ фізики, математики і геофізичних методів дослідження.

**Анотація навчальної дисципліни / референс:**

В програмі дисципліни основна увага приділяється фізико-математичним основам гравіметрії, будові і методиці роботи сучасної гравіметричної апаратури. Розглядаються основні принципи вирішення прямих і обернених задач гравіметрії. Характеризуються прийоми якісної і кількісної інтерпретації даних гравіметрії, надаються основи первинної обробки польових гравіметричних даних. До розгляду включено вивчення областей застосування гравіметрії, комплексування гравірознавства з іншими геофізичними методами при різноманітних зйомках, пошуках і розвідці корисних копалин, вирішення інженерно-геологічних задач при екологічних дослідженнях.

**Завдання (навчальні цілі):**

- ознайомити із термінологічним апаратом гравіметрії;
- охарактеризувати фізико-математичні основи гравіметрії;
- ознайомити з будовою і роботою сучасної гравіметричної апаратури;
- пояснити підходи до вирішення прямих і обернених задач;
- набуття здобувачами необхідних методологічних знань з прийомів якісної і кількісної інтерпретації;
- засвоєння здобувачами базових знань із областей застосування гравіметрії;
- ознайомлення із комплексуванням гравірознавства з іншими геофізичними методами при різноманітних зйомках, пошуках і розвідці корисних копалин, вирішення інженерно-геологічних задач та екологічних дослідженнях.

**Результати навчання:**

| Результат навчання<br>(1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність) |  | Форма/Методи викладання і навчання | Форма/Методи оцінювання | Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни |
|---|--|------------------------------------|-------------------------|--|
| Код   | Результат навчання   |                                    |                         |  |
| 1.1   | Основні поняття про гравітаційне поле Землі  | лекція, лабораторне заняття        | Письмова робота         | до 10 %                                    |
| 1.2   | Фізико-математичні основи гравіметрії  | лекція, лабораторне заняття        | Письмова робота         | до 10 %                                    |
| 1.3   | Апаратуру, її будову та методику вимірів елементів поля сили тяжіння   | лекція, лабораторне заняття        | Письмова робота         | до 10 %                                    |
| 1.4   | Методику гравірознавства і детальних топографічних робіт   | лекція, лабораторне заняття        | Письмова робота         | до 10 %                                    |
| 1.5   | Основні принципи якісної та кількісної інтерпретації гравітаційних аномалій, методів фільтрації та видів трансформацій потенціальних полів | лекція, лабораторне заняття        | Письмова робота         | до 10 %                                    |
| 1.6   | Методи комплексної інтерпретації (сучасні комп'ютерні системи)   | лекція, лабораторне                | Письмова робота         | до 10 %                                    |

|     |  |                                    |                        |                |
|-----|--|------------------------------------|------------------------|----------------|
|     | <i>обробки даних) геофізичних даних.</i>   | <i>заняття</i>                     |                        |                |
| 2.1 | <i>Застосовувати гравіметричну апаратуру для вимірів поля сили тяжіння та його похідних, вимірювання густини порід</i>                           | <i>лекція, лабораторне заняття</i> | <i>Письмова робота</i> | <i>до 10 %</i> |
| 2.2 | <i>Організовувати і самостійно проводити гравіметричні зйомки</i>  | <i>лекція, лабораторне заняття</i> | <i>Письмова робота</i> | <i>до 10 %</i> |
| 2.3 | <i>Виконувати якісну і кількісну інтерпретацію гравіметричних даних, застосовувати методи гравіметрії в практиці геологорозвідувальних робіт</i> | <i>лекція, лабораторне заняття</i> | <i>Письмова робота</i> | <i>до 10 %</i> |
| 3.1 | <i>Вміти організувати бригадну геофізичну зйомку для ефективного вирішення поставленої задачі</i>  | <i>лекція, лабораторне заняття</i> | <i>Письмова робота</i> | <i>до 5 %</i>  |
| 4.1 | <i>Розуміння особистої відповідальності за професійні рішення які можуть давати інформацію про геологічне середовище</i>                         | <i>лекція, лабораторне заняття</i> | <i>Письмова робота</i> | <i>до 5 %</i>  |

**Структура курсу:** лекційні заняття, лабораторні заняття і самостійна робота студентів.

## **Схема формування оцінки:**

### **Форми оцінювання здобувачів**

#### **1. Семестрове оцінювання:**

- 1) Контрольна робота з фізико-математичних та геологічних основ гравіметрії – 10 балів (рубіжна оцінка 6 балів)
- 2) Контрольна робота з методів вимірювання гравітаційного поля та його похідних – 10 балів (рубіжна оцінка 6 балів).
- 3) Контрольна робота з обробки та інтерпретації – 10 балів (рубіжна оцінка 6 балів).
- 4) Оцінка за виконання та захист робіт на лабораторних заняттях – 50 балів (рубіжна оцінка 24 бали).

**2. Підсумкове оцінювання у формі заліку:** максимальна оцінка 20 балів, рубіжна оцінка 12 балів. Під час заліку здобувач виконує завдання з використанням знань та вмінь з гравіметрії. **Підсумкове оцінювання у формі заліку не є обов'язковим, при відмові від участі у даній формі оцінювання здобувач не отримає відповідні бали до підсумкової оцінки.**

Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100 бальною шкалою.

**Змістовні модулі (ЗМ) формують бали, які виставляються за результатами роботи здобувача впродовж усього семестру, як сума (проста або зважена) балів за систематичну роботу впродовж семестру.**

|                 | ЗМ1/Частина 1 | ЗМ2/Частина 2 | ЗМ3/Частина 3 | залік     | Підсумкова оцінка |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|-----------|-------------------|
| <i>Мінімум</i>  | 18            | 12            | 18            | 12        | 60                |
| <b>Максимум</b> | <b>30</b>     | <b>20</b>     | <b>30</b>     | <b>20</b> | <b>100</b>        |

**Здобувач не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше 40 балів.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> У випадку, коли дисципліна завершується екзаменом не менше – 20 балів, а рекомендований мінімум не менше 36 балів, оскільки якщо студент на екзамені набрав менше 24 балів (а це 60% від 40 балів, відведених на екзамен), то вони не додаються до семестрової оцінки незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру, а в екзаменаційній відомості у графі «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

### **Організація оцінювання**

*Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою та передбачає: виконання 8 лабораторних робіт (де здобувачі мають продемонструвати якість засвоєних знань та вирішити поставлені задачі, використовуючи окреслені викладачем методи та засоби) та проведення 3 письмових модульних контрольних робіт. Підсумкове оцінювання проводиться у формі письмового заліку.*

#### **Шкала відповідності**

|                             |               |
|-----------------------------|---------------|
| <b>Зараховано / Passed</b>  | <b>60-100</b> |
| <b>Не зараховано / Fail</b> | <b>0-59</b>   |

---

<sup>1</sup> У випадку, коли дисципліна завершується екзаменом не менше – **20 балів**, а рекомендований мінімум **не менше 36 балів**, оскільки якщо студент на екзамені набрав менше **24 балів** (а це 60% від 40 балів, відведених на екзамен), то вони **не додаються** до семестрової оцінки незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру, а в екзаменаційній відомості у графі «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

**СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ**

| № п/п  | Назва теми   | Кількість годин |             |                   |
|--|--|-----------------|-------------|-------------------|
|  |  | лекції          | лабораторні | Самостійна робота |
| <b>Частина 1. Теоретичні основи гравіметрії</b>                  |  |                 |             |                   |
| 1  | <b>Вступ.</b> Предмет курсу. Основні задачі гравіметрії.<br><b>Тема 1.</b> Фізико-математичні основи гравіметрії .Напруженість і потенціал сили тяжіння, їхні властивості. | 6               | 2           | 6                 |
| 2  | <b>Тема 2.</b> Другі похідні гравітаційного потенціалу, кривизни, їх основні властивості   | 2               | 2           | 8                 |
| 3  | <b>Тема 3.</b> Нормальні і аномальні значення сили тяжіння і других похідних його потенціалу. Густина гірських порід, лабораторні та практичні способи її визначення.      | 4               |             | 8                 |
|  | <i>Контрольна робота 1</i>   |                 |             | 1                 |
| <b>Частина 2. Методика і апаратура гравірозвідувальних робіт</b> |  |                 |             |                   |
| 4  | <b>Тема 4.</b> Методи вимірювання сили тяжіння та других похідних гравітаційного потенціалу.   | 2               | 2           | 7                 |
| 5  | <b>Тема 5.</b> Абсолютні та відносні вимірювання сили тяжіння. Сучасна гравіметрична апаратура.  | 4               | 2           | 8                 |
| 6  | <b>Тема 6.</b> Методика і техніка гравіметричних робіт. Види гравіметричних зйомок. Загальні положення. Сучасний стан та тенденції розвитку                                | 4               | 2           | 7                 |
|  | <i>Контрольна робота 2</i>   |                 |             | 1                 |
| <b>Частина 3.</b>  |  |                 |             |                   |
| 7  | <b>Тема 7.</b> Обробка та інтерпретація польових гравіметричних матеріалів   | 4               | 2           | 6                 |
| 8  | <b>Тема 8.</b> Пряма та обернена задачі гравіметрії для тіл правильної геометричної форми.   | 4               | 2           | 8                 |
| 10   | <b>Тема 9.</b> Трансформації гравітаційних аномалій  | 4               |             | 7                 |
|  | <i>Контрольна робота 3</i>   |                 |             | 1                 |
|  | <b>Залік</b>   | 2               |             |                   |
|  | <b>ВСЬОГО</b>  | <b>36</b>       | <b>14</b>   | <b>68</b>         |

**Загальний обсяг 120 год.<sup>2</sup>**, в тому числі:

Лекцій – **36 год.**

Лабораторні заняття – **14 год.**

Консультації – **2 год.**

Самостійна робота – **68 год.**

<sup>2</sup> Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

## РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА:

### Основні:

1. *Двулім П.Д. Гравіметрія, Львів, 1998.-196с.*
2. *Gravity and Magnetic Exploration: Principles, Practices, and Applications 1st Edition. by William J. Hinze (Author), Ralph R. B. von Frese (Author), Afif H. Saad 2013*
3. *Foulger G. R. & Peirce C., 2002, Geophysical Methods in Geology,*
4. *Milsom, John, 2011 Field geophysics. – 4th ed. / John Milsom, Asger Eriksen.*
5. *Kearey P., M. Brooks and I. Hill, 2002, An Introduction to Geophysical Exploration, by, 3rd edition Blackwell Science.*
6. *Milsom J., 2003, Field Geophysics, 3rd Ed., The Geological Field Guide Series, John Wiley& Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England*
7. *Murray Alice S., Tracey Ray M. BEST PRACTICE IN GRAVITY SURVEYING. AGSO*

### Додаткові:

1. <http://www.geol.univ.kiev.ua/lib/gravimetriya1.pdf>. Безродний Д.А., Гравіметрія. Теоретичні основи гравіметрії.
2. *Robinson Enders A. Dean Clark BASIC GEOPHYSICS. NUMBER 22 SEG 2017 Society of Exploration Geophysicists*
3. *Jacoby Wolfgang, Smilde Peter L. Gravity Interpretation Fundamentals and Application of Gravity. Inversion and Geological Interpretation Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009*

<sup>3</sup> Основна: (Базова) до 10 фундаментальних, базових джерел. Додаткова: як правило - до 20 джерел в тому числі Інтернет ресурси

## ПИТАННЯ НА ЗАЛІК

1. Що вивчає прикладна гравіметрія як метод геофізики?
2. Охарактеризуйте зв'язок прикладної гравіметрії з іншими дисциплінами.
3. Що таке пряма і обернена задачі гравіметрії?
4. Опишіть динамічні методи вимірювання прискорення сили тяжіння.
5. Одиниці вимірювання сили тяжіння і других похідних гравітаційного потенціалу (в системах СІ та СГС)
6. Зв'язок гравітаційного і магнітного потенціалів. Теорема Пуассона.
7. Статичні методи вимірювання прискорення сили тяжіння.
8. Сила тяжіння і відцентрова сила. Їх розподіл на поверхні Землі.
9. Класифікація гравіметричних зйомок, їх задачі.
10. Астазування. Переваги астазованих систем.
11. Другі похідні гравітаційного потенціалу, їх фізичний зміст.
12. Кварцові астазовані гравіметри. Методика їх перевірки.
13. Гравіметричні дослідження при вивченні глибинної будови земної кори і верхньої мантії.
14. Кривизни. Їх значення при гравіметричних дослідженнях.
15. Градієнти гравітаційного поля Землі.
16. Сучасна технологія інтерпретації гравітаційних аномалій.
17. Густина гірських порід. Фактори, що її визначають.
18. Найважливіші ознаки кондиційності гравіметра.
19. Особливості якісної геологічної інтерпретації гравіметричних досліджень для ізометричних та видовжених аномалій.
20. Густина осадових гірських порід. Основні фактори, що її визначають.
21. Кількісна інтерпретація локальних гравітаційних аномалій для тіл правильної геометричної форми.
22. Застосування гравіметрії при пошуках родовищ рудних корисних копалин.
23. Густина магматичних гірських порід. Основні фактори, що її визначають.
24. Інтегральні методи розв'язку оберненої задачі гравіметрії.
25. Гравіметричні дослідження при вивченні глибинної будови земної кори і верхньої мантії.
26. Густина метаморфічних гірських порід. Основні фактори, що її визначають.
27. Системи комплексної інтерпретації геолого-геофізичних даних, їх особливості, задачі, які вони вирішують.
28. Розв'язок структурних задач за допомогою гравіметрії.
29. Нормальні і аномальні значення сили тяжіння. Редукція Буге. Аномалія Буге.
30. Обґрунтувати ефективність вивчення градієнтів та кривизн.
31. Особливості застосування гравіметричних методів при тектонічному районуванні.
32. Нормальні і аномальні значення других похідних гравітаційного потенціалу.
33. Вибір масштабу і точності гравіметричних зйомок.
34. Методи розв'язку оберненої задачі гравіметрії. Привести порівняльні характеристики.
35. Методи визначення густини гірських порід.
36. Геологічні ознаки, які обумовлюють наявність і характер гравітаційних аномалій.
37. Аналітичне продовження гравітаційного поля у верхній напівпростір. Його особливості.
38. Оптимальна структура опорної мережі при середньомасштабній гравіметричній зйомці.
39. Еволюція теорії та практики інтерпретації гравітаційного аномального поля.
40. Розрахунок вищих похідних гравітаційного потенціалу. Їх роль при вирішенні задач геологічного тлумачення гравітаційних аномалій.

41. *Які основні властивості потенціалу притягання?*
42. *Переваги гравітаційного варіометра в порівнянні з маятниковими гравіметрами.*
43. *Пряма задача гравіметрії для сфери.*
44. *Опорна і рядова мережі. Їх особливості.*
45. *Головні особливості інструментальних методів вивчення других похідних потенціалу сили тяжіння.*
46. *Пряма задача гравіметрії для горизонтального циліндра.*