

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГЕОФІЗИКИ ім. С.І. СУББОТІНА**

СХВАЛЕНО

Вченою радою Інституту геофізики
ім. С.І. Субботіна НАН України
«30» жовтня 2025 р.
Протокол № 9

ЗАТВЕРДЖЕНО

Директор Інституту геофізики
ім. С.І. Субботіна НАН України
 Олександр КЕНДЗЕРА
«30» жовтня 2025 р.



Голова вченої ради

Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України

академік НАН України



Віталій СТАРОСТЕНКО

УДК 550.312

Макаренко І.Б., Якимчик А.І.

Гравітаційне поле Землі

(назва навчальної дисципліни)

ПРОГРАМА

навчальної дисципліни для

третього (освітньо-наукового) рівня, доктор філософії (PhD)

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

Кількість кредитів Європейської кредитної трансферно-накопичувальної
системи (ЄКТС): 2 кредити – 60 годин

за спеціальністю:

Е4 Науки про Землю
(103 Науки про Землю)

Київ 2025

РОЗРОБЛЕНО ТА ВНЕСЕНО:

Інститутом геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України
(повне найменування вищого навчального закладу)

Робочу програму схвалено та затверджено на засіданні Вченої ради Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України (протокол № 9 від 30 жовтня 2025 р.)

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Макаренко Ірина Борисівна – доктор геологічних наук, провідний науковий співробітник відділу глибинних процесів Землі і гравіметрії Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України.

Якимчик Андрій Іванович – кандидат фізико-математичних наук, провідний науковий співробітник відділу глибинних процесів Землі і гравіметрії Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України;

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

"Гравітаційне поле Землі"

(за вимогами ECTS)

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо – кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни, денна форма навчання
Кількість кредитів - 2	Галузь знань <u>Е4-Природничі науки, математика та статистика</u> (10-Природничі науки)	Нормативна
Загальна кількість годин для денної форми навчання – 60	Спеціальність Е4-Науки про Землю (103-Науки про Землю)	Рік підготовки
		2
		Семестр
		3
	Освітньо-кваліфікаційний рівень: Доктор філософії	Лекцій 20 годин
		Практичні заняття 20 годин
		Семінари 10 годин
		Самостійна робота 10 годин
		Вид контролю: залік

Мета: надати аспірантам фундаментальні знання про поле сили тяжіння Землі, його основні параметри, забезпечити формування знань про методичні та технологічні аспекти обробки та інтерпретації спостережених даних гравітаційних полів для розвідувальних робіт, регіональних досліджень або використання їх в комплексі.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є гравітаційне поле Землі.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни є:

- ознайомлення із термінологічним апаратом гравіметрії;
- характеристика фізико-математичних основ гравіметрії;
- пояснення загальних принципів обробки спостережених даних;
- набуття аспірантами необхідних методологічних знань з якісної та кількісної інтерпретації гравіметричних даних;
- засвоєння аспірантами базових знань із областей застосування гравіметрії;
- розуміння використання гравірозовідки для пошуку та розвідки корисних копалин;
- ознайомлення з деякими комп'ютерними технологіями гравітаційного моделювання на тестових та конкретних прикладах.

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен **знати**:

- основні поняття про гравітаційне поле Землі;
- нормальне значення сили тяжіння;
- фізико-математичні основи гравіметрії;
- граничні задачі теорії потенціалу;
- методику гравірозвідки;
- методи обробки та інтерпретації гравіметричних спостережень;
- основні принципи якісної та кількісної інтерпретації гравітаційних аномалій;
- види трансформацій гравітаційних полів;
- супутникові методи спостережень та використання їх для визначення глобальних особливостей поля сили тяжіння і фігури Землі;
- прямі та обернені задачі гравірозвідки;
- методичні аспекти та технологію 3D гравітаційного моделювання.

вміти:

- оцінювати ефективність застосування методів гравіметрії;
- обчислювати аномалії сили тяжіння;
- виконувати якісну і кількісну інтерпретацію гравіметричних даних;
- застосовувати комплекс інтерпретації потенціальних полів GMT-Auto;
- використовувати сервіс розрахунку гравітаційних моделей ICGEM.

Кількість годин, відведених навчальним планом на вивчення дисципліни, становить 60 год., із них 20 год. – лекції, 20 год. – практичні заняття, 10 год. – семінари, 10 год. – самостійна робота. Вивчення аспірантами навчальної дисципліни "Гравітаційне поле Землі" завершується складанням заліку.

Форми проведення занять: лекції, практичні заняття та семінари, виконання індивідуальних завдань, контрольні заходи, консультації. Організація роботи слухачів навчальної дисципліни передбачає формування поняттєво-категоріального масиву інформації з кожної теми, контрольні питання та самостійні завдання, роботу з науково-технічною літературою, а також розв'язання проблемних наукових задач та ситуацій.

Поточний контроль реалізується у формі: індивідуального і перехресного усного опитування, бліцопитування; виступів на практичних (семінарських) заняттях; письмових контрольних робіт; практичних, індивідуальних та самостійних завдань; роботи з діаграмами, графіками, схемами; перевірки результатів виконання різноманітних індивідуальних науково-дослідних завдань; самоконтролю, тестовій формі оцінювання

навчальних досягнень аспірантів тощо.

Відповідно до вимог Національної рамки кваліфікацій дев'ятого рівня освіти дисципліна забезпечує набуття аспірантами таких компетентностей.

Інтегральна компетентність (ІК)

ІК. Здатність визначати та розв'язувати комплексні науково-прикладні геолого-геофізичні задачі (проблеми) з генеруванням нових знань та / або інноваційних прикладних рішень, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань, оволодіння методологією наукової та науково-педагогічної діяльності, проведення самостійного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК01. Комунікативні навички. Компетентність у використанні іноземної мови. Здатність до ефективної комунікації та представлення складної комплексної інформації у стислій формі усно та письмово, використовуючи інформаційно-комунікаційні технології та відповідні технічні терміни. Здатність розуміння іншомовних професійних текстів, використання англійської мови для спілкування в міжнародному загальному, науковому і професійному середовищі.

ЗК02. Дослідницька здатність. Компетентність у проведенні наукових досліджень на рівні доктора філософії, прийнятті обґрунтованих рішень, розв'язанні проблем та вирішенні науково – прикладних завдань. Здатність планувати зміст та управляти часом підготовки дисертаційного дослідження.

ЗК03. Здатність до пошуку та аналізу інформації з різних джерел. Здатність до використання сучасних інформаційних та комунікаційних технологій, комп'ютерних засобів та програм. Здатність працювати з сучасними бібліографічними і реферативними базами даних, а також наукометричними платформами.

ЗК05. Групова робота. Здатність виконувати дослідження в групі під керівництвом лідера, мати навички, що демонструють здатність до врахування строгих вимог дисципліни, планування та управління часом. Здатність передавати і поширювати наукові знання.

ЗК07. Креативність. Здатність генерувати нові науково – теоретичні та практично спрямовані ідеї, шукати власні шляхи вирішення проблеми. Здатність виділяти протиріччя та не вирішені раніше задачі, проблеми або їх частини, формулювати та експериментально перевіряти наукові гіпотези. Здатність застосовувати знання на практиці при проведенні інноваційної діяльності.

ЗК09. Етичні установки. Дотримання етичних принципів з точки зору професійної чесності та порядності. Здатність працювати самостійно, бути критичним і самокритичним.

Спеціальні (фахові, предметні (ФК)):

ФК01. Глибокі знання та розуміння. Здатність на основі теорії, методології, експерименту та його інтерпретації аналізувати проблеми фізики Землі, її будову та процеси, з точки зору фундаментальних загальнонаукових принципів і знань, а також на основі комплексних спеціальних геолого-геофізичних досліджень (сейсмічних, гравіметричних, магнітометричних та електрометричних та інших) з метою прогнозу пошуків родовищ корисних копалин. Компетентність у володінні теоретичними і методологічними основами, міжнародними стандартами та інструментальними засобами у сфері геофізичних методів, планування і управління інноваційними проектами.

ФК02. Розв'язання проблем. Здатність розв'язувати широке коло проблем та задач шляхом розуміння їх фундаментальних основ та використання як теоретичних, так і експериментальних методів, засвоєних за допомогою освітньо-наукової програми.

ФК03. Обчислювальні навички. Здатність використовувати відповідне програмне забезпечення (мови програмування, автоматизовані пакети програм тощо) та великі масиви статистичної інформації для здійснення досліджень та моделювання геолого-геофізичної будови надр Землі.

ФК04. Здатність до навчання. Здатність шляхом самостійного навчання освоїти нові області, використовуючи здобуті фахові знання. Компетентність у технології підготовки наукових публікацій, дисертацій та доповідей у сфері Наук про Землю.

Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми та методи викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Знати:			
1.1.	Закон всесвітнього тяжіння. Гравітаційну сталу. Розмірність. Силу тяжіння. Потенціал сили тяжіння. Методи вимірювання	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%

	прискорення сили тяжіння і других похідних потенціалу сили ваги. Необхідну точність вимірювання.			
1.2.	Геоїд. Залежність сили тяжіння від широти для ідеальної Землі. Теорему Клеро. Формули нормального значення сили тяжіння. Аномалії сили тяжіння. Представлення гравітаційного поля Землі за допомогою розкладу по сферичним функціям.	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	5%
1.3.	Основні задачі, що вирішуються за допомогою гравірозвідки. Локальні та регіональні складові аномального гравітаційного поля. Моделі геологічних об'єктів. Пряму задачу гравірозвідки. Основи методу підбору. Обернені задачі та їх властивості. Метод регуляризації. Апроксимаційний підхід В.М. Страхова розв'язку задач гравіметрії.	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
1.4.	Методику наземної гравіметричної зйомки. Опорні і рядові гравіметричні мережі. Топографо-геодезичні роботи при виконанні гравіметричного знімання. Методику складання і точність побудови гравіметричних карт.	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	5%
1.5	Обчислення аномалій сили тяжіння. Сенс введення редукцій.	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%

	Редукція у вільному повітрі. Поправка Прея. Поправка Буге. Аномалія Буге. Поправка за рельєф місцевості. Густина гірських порід. Основні підходи до виявлення аномалій. Класифікація трансформацій. Теоретичні основи поділу аномалій.			
1.6	Супутникову альтиметрію. Сучасні результати. Супутникові проекти вивчення гравітаційного поля Землі. Основні принципи вимірів. Проекти CHAMP, GRACE і GOCE.	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	5%
1.7	Основні положення методики 3D гравітаційного моделювання, програмний комплекс GMT-Auto, структуру моделі та загальні положення її параметризації, завершальний етап моделювання, інтерпретацію отриманих результатів.	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
	Вміти:			
2.1	Оцінювати ефективність застосування методів гравіметрії	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	5%
2.2	Обчислювати аномалії сили тяжіння; розраховувати редукцію у вільному повітрі, поправки Буге та за рельєф місцевості.	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	5%
2.3	Виконувати якісну і кількісну інтерпретацію гравіметричних даних	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%

2.4	Програми, з яких складається комплекс GMT-Auto і принципи його роботи. Володіти навичками автоматизованого введення в комп'ютер зображень геолого-геофізичних карт і схем та побудови їхніх цифрових моделей. Вирішувати пряму задачу гравіметрії для тривимірних пластів. Представляти результати рішення прямої задачі в графічному вигляді.	Лекції, практичні заняття	Індивідуальне опитування	10%
2.5	Використовувати сервіс розрахунку гравітаційних моделей ICGEM	Лекції, практичні заняття	Індивідуальне опитування	5%
	Комунікація:			
3.	Представляти результати наукового пошуку у формі усної доповіді/стендової презентації з використанням сучасних технологій коректно та змістовно вести дискусію	Практичні заняття	Оцінювання практичних завдань/усних доповідей/презентацій	5%
	Автономність та відповідальність:			
4.	Виявляти лідерські якості. Здатність працювати самостійно, бути критичним і самокритичним. Дотримання етичних принципів з точки зору професійної чесності та порядності	Самостійна робота	Оцінювання усних доповідей/презентацій	5%

**Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними
результатами навчання:**

Результати навчання дисципліни (код) Програмні результат и навчання (назва)	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3	4
ПРН01. Знання та розуміння основних понять і термінів, фізико-математичних основ усіх базових геофізичних методів, загальних принципів будови апаратури та методики проведення польових робіт, підходів до розв'язку прямих та зворотних задач геофізики	■	■	■	■	■	■	■			■	■			
ПРН02. Знання теорій і методології, розуміння практичного застосування польового та / або лабораторного експерименту, його обробки та різного рівня геолого-геофізичної інтерпретації (від якісної до обчислення та побудови складних теоретичних та реальних моделей геологічного середовища) для широкого класу методів наукових геолого-геофізичних досліджень та вміння їх використовувати на належному рівні.	■	■	■	■	■	■	■		■			■		
ПРН04. Знання для визначення і вирішення проблемних питань і прийняття обґрунтованих рішень в науках про Землю, в тому числі, в питаннях геофізичних досліджень, геологічної інтерпретації даних							■			■				

геофізичних досліджень та моделювання геологічних об'єктів за геофізичними даними.														
ПРН05. Знання сучасних методів дослідження Землі та її геосфер і розуміння їх застосування у виробничій та науково-дослідницькій діяльності дозволяє використовувати геофізичні дослідження для вивчення верхньої частини земної кори та її осадового шару.						■	■			■	■			
ПРН08. Знання та розуміння методів управління безпекою за нормальних умов роботи і під час виникнення надзвичайних ситуацій. Розуміння особистої відповідальності за професійні рішення, які можуть давати інформацію про геологічне середовище			■				■							■
ПРН09. Знання та розуміння методів розробки і впровадження прикладних розробок.							■							
ПРН10. Вміння та навички проводити критичний аналіз різних інформаційних джерел конкретних освітніх, наукових та професійних текстів у сфері обраної спеціальності, виявляти теоретичні та практичні проблеми, а також дискусійні питання у сфері конкретних освітніх, наукових та професійних текстів у галузі Наук про Землю, виявляти, ставити та вирішувати наукові задачі й проблеми.			■			■	■	■			■	■		
ПРН11. Вміти з нових дослідницьких позицій формулювати загальну методологічну базу														

власного наукового дослідження, усвідомлювати його актуальність, мету і значення для розвитку інших галузей науки, суспільно-політичного, економічного життя.							■	■		■				
ПРН12. Вміння та навички відслідковувати найновіші досягнення у професійній сфері й знаходити наукові джерела, які мають відношення до сфери наукових інтересів здобувача, працювати з різними джерелами, розшукувати, обробляти, аналізувати та синтезувати отриману інформацію (наукові статті, науково-аналітичні матеріали, бази даних тощо).						■	■	■		■				
ПРН13. Вміння та навички визначати актуальні напрями досліджень, виконувати незалежні оригінальні самостійні геофізичні дослідження природних об'єктів і процесів у геосферах в польових і лабораторних умовах, отримувати наукові достовірні та обґрунтовані результати у сфері Наук про Землю.			■				■						■	
ПРН14. Вміння та навички працювати з геофізичними приладами, організувати бригадну геофізичну зйомку для ефективного вирішення поставленої задачі				■									■	
ПРН15. Вміння та навички організовувати творчу діяльність і процес проведення наукових досліджень, використовувати сучасні інформаційні й комунікаційні технології, комп'ютерні засоби та							■				■	■		

програми при проведенні наукових досліджень, оцінювати й забезпечувати якість виконуваних робіт														
ПРН18. Вміння та навички спілкуватися на конференціях, симпозіумах, наукових семінарах із широкою науковою спільнотою та громадськістю в галузі наукової та/або професійної діяльності з метою обговорення дискусійних питань, результатів досліджень, узгодження дій і спільної роботи, вміння доводити результати досліджень та інновацій до колег, публічно представляти, захищати результати своїх досліджень, обговорювати їх і дискутувати з науково-професійною спільнотою, використовувати сучасні засоби візуальної презентації результатів дослідження.													■	
ПРН21. Вміння та навички критично сприймати й аналізувати чужі думки та ідеї, шукати власні шляхи вирішення проблеми, проводити критичний аналіз власних матеріалів, генерувати власні нові ідеї, приймати обґрунтовані рішення													■	

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН
(СТРУКТУРА ЗАЛІКОВОГО КРЕДИТУ)

з навчальної дисципліни " Гравітаційне поле Землі "

(ІІ курс – 3 семестр)

№	Зміст	Лекції, год.	Практичні, год.	Семінари, год.	Самостійна робота, год.	Разом, год.
1	2	3	4	5	6	7

Змістовий модуль

Теоретичні основи, загальна характеристика та методи вивчення гравітаційного поля Землі. Методи інтерпретації гравітаційних аномалій.

1	2	3	4	5	6	7
1.1.	Тема 1. Загальна характеристика гравітаційного поля Землі.	2	1	1	1	6
1.2.	Тема 2. Нормальне гравітаційне поле і фігура Землі.	2	2	1	1	6
1.3.	Тема 3. Гравіметричні зйомки.	2	2	1	1	6
1.4.	Тема 4. Редукції сили тяжіння.	2	2	1	1	6
1.5.	Тема 5. Супутникова гравіметрія: методи, застосування та майбутні тенденції.	2	3	1	1	6
1.6.	Тема 6. Прямі та обернені задачі гравірозвідки.	2	2	1	1	6
1.7.	Тема 7. Трансформації гравітаційного поля.	2	2	1	1	6
1.8.	Тема 8. Застосування гравірозвідки для пошуку та розвідки корисних копалин.	2	1	1	1	6
1.9.	Тема 9. Методика та технологія 3D гравітаційного моделювання.	2	2	1	1	6
1.10	Тема 10. Сучасний комплекс інтерпретації потенціальних полів GMT-Auto.	2	3	1	1	6
Разом		20	20	10	10	60

Методичне забезпечення навчальної дисципліни забезпечують:

опорні конспекти лекцій, бібліотечні посібники зі списку рекомендованої літератури, електронні посібники, мультимедійні презентації, діючі нормативно-правові законодавчі акти України, довідково-інформаційні інтернет - джерела тощо.

ЗМІСТ НОРМАТИВНО-НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ, ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ ГРАВІТАЦІЙНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛІ. МЕТОДИ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ ГРАВІТАЦІЙНИХ АНОМАЛІЙ.

Тема 1. Загальна характеристика гравітаційного поля Землі.

Закон всесвітнього тяжіння. Гравітаційна стала. Розмірність. Система одиниць. Сила тяжіння. Потенціал сили тяжіння. Поверхні рівного потенціалу. Другі похідні потенціалу прискорення сили ваги. Методи вимірювання прискорення сили ваги і других похідних потенціалу сили ваги. Необхідна точність вимірювання.

Тема 2. Нормальне гравітаційне поле і фігура Землі.

Геоїд. Залежність сили тяжіння від широти для ідеальної Землі. Теорема Клеро. Формули нормального значення сили тяжіння. Аномалії сили тяжіння. Нормальні значення та аномалії других похідних потенціалу сили тяжіння. Представлення гравітаційного поля Землі за допомогою розкладу по сферичним функціям.

Тема 3. Гравіметричні зйомки.

Види гравіметричного знімання. Методика наземної гравіметричної зйомки. Опорні і рядові гравіметричні мережі. Топографо-геодезичні роботи при виконанні гравіметричного знімання. Методика складання і точність побудови гравіметричних карт.

Тема 4. Редукції сили тяжіння.

Обчислення аномалій сили тяжіння. Сенс введення редукцій. Редукція у вільному повітрі. Поправка Прея. Поправка Буге. Аномалія Буге. Поправка за рельєф місцевості. Густина гірських порід.

Тема 5. Супутникова гравіметрія: методи, застосування та майбутні тенденції.

Історичні зауваження. Супутникова альтиметрія. Сучасні результати. Супутникові проєкти вивчення гравітаційного поля Землі. Основні принципи вимірів. Проєкти CHAMP, GRACE і GOCE.

Тема 6. Прямі та обернені задачі гравіроздавки.

Основні задачі, що вирішуються за допомогою гравіроздавки. Локальні та регіональні

складові аномального гравітаційного поля. Моделі геологічних об'єктів. Пряма задача гравірозвідки. Основи метода підбору. Обернені задачі та їх властивості. Поняття про коректні та некоректні задачі математичної фізики. Метод регуляризації.

Тема 7. Трансформації гравітаційного поля.

Основні підходи до виявлення аномалій. Класифікація трансформацій. Теоретичні основи поділу аномалій. Основні трансформації.

Тема 8. Застосування гравірозвідки для пошуку та розвідки корисних копалин.

Регіональні дослідження (картування глибинних структур, вивчення тектоніки). Пошук рудних і нерудних родовищ корисних копалин. Розвідка вуглеводнів. Мікрогравірозвідка при детальному дослідженні приповерхневої частини розрізу з високою точністю. Спостереження за змінами гравітаційного поля у часі.

Тема 9. Методика та технологія 3D гравітаційного моделювання.

Основні положення методики 3D гравітаційного моделювання. Програмний комплекс GMT-Auto. Структура густинної моделі та загальні положення її параметризації. Густина гірських порід, як одне з основних питань фізичного обґрунтування 3D гравітаційного моделювання і підвищення точності геологічної інтерпретації гравітаційного поля. Завершальний етап гравітаційного моделювання, інтерпретація отриманих результатів.

Тема 10. Сучасний комплекс інтерпретації потенціальних полів GMT-Auto.

Перелік програм, з яких складається комплекс GMT-Auto, принципи роботи комплексу. Автоматизоване введення в комп'ютер зображень геолого-геофізичних карт і схем та побудова їхніх цифрових моделей. Рішення прямої задачі гравіметрії для тривимірних пластів. Представлення результатів рішення прямої задачі в графічному вигляді. Приклади застосування комплексу GMT-Auto.

САМОСТІЙНА РОБОТА

Самостійна робота аспіранта полягає у вивченні літературних публікацій (підручників, посібників, наукових та науково-популярних статей, методичних розробок, практикумів тощо), рекомендованих до відповідних тем, як і інших джерел інформації, їх критичному аналізу та узагальненні при підготовці до теоретичних, лабораторних, семінарських занять, виконанні індивідуальних навчально-дослідних завдань, підготовці до поточних модульних опитувань та кінцевого змішаного заліку.

Питання до заліку

1. Другі похідні гравітаційного потенціалу, їх фізичний зміст.
2. Сила тяжіння і відцентрова сила. Їх розподіл на поверхні Землі.
3. Нормальні і аномальні значення других похідних гравітаційного потенціалу.
4. Нормальне значення сили ваги.
5. Аномалії сили тяжіння.
6. Формули, які використовуються для обчислення нормальних значень сили тяжіння.
7. Опорні і рядові гравіметричні мережі. Їх особливості.
8. Класифікація гравіметричних зйомок, їх задачі.
9. Методика складання і точність побудови гравіметричних карт.
10. Густина гірських порід. Основні фактори, що її визначають.
11. Редукція Буге. Аномалія Буге.
12. Поправка за рельєф місцевості.
13. Супутникові проекти вивчення гравітаційного поля Землі.
14. Основні принципи супутникових вимірів.
15. Проекти CHAMP, GRACE і GOCE.
16. Основні задачі, що вирішуються за допомогою гравірозвідки.
17. Локальні та регіональні складові аномального гравітаційного поля. Моделі геологічних об'єктів.
18. Пряма задача гравірозвідки. Основи метода підбору.
19. Обернені задачі та їх властивості.
20. Коректні та некоректні задачі математичної фізики. Метод регуляризації.
21. Класифікація трансформацій.
22. Теоретичні основи поділу аномалій.
23. Основні трансформації.
24. Становлення принципово нової теорії інтерпретації потенціальних полів.
25. Вирішення проблеми неоднозначності оберненої задачі (коли різні геологічні структури можуть давати однакову гравітаційну аномалію).
26. Застосування гравірозвідки для картування глибинних структур і вивчення тектоніки.
27. Еволюція методу підбору – найпоширенішого способу кількісної інтерпретації спостереженого гравітаційного поля.
28. Основні положення методики 3D гравітаційного моделювання.
29. Структура тривимірної гравітаційної моделі та загальні положення її параметризації.

30. Принципи роботи комплексу GMT-Auto.
31. Програми автоматизованого введення в комп'ютер зображень геолого-геофізичних карт і схем.
32. Інтерпретація результатів 3D гравітаційного моделювання.

Система оцінювання: Навчальні досягнення здобувачів вищої освіти за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

Рейтингова шкала	90 – 100	75-89	60-74	0-59
Інституційна шкала	відмінно	добре	задовільно	незадовільно

Список рекомендованої літератури

Основна:

1. *Безродний Д.А.* Гравіметрія. Книга 1 «Теоретичні основи гравіметрії». Київ: КНУШ, 2017. 185 с. <http://www.geol.univ.kiev.ua/lib/gravimetriya1.pdf>.
2. *Двуліт П.Д.* Гравіметрія. Підручник. – Львів: ЛАГТ, 1988. – 196 с.
3. *Torge W.* Gravimetry. Published by De Gruyter 1989. 465 p.
4. *Толстой М.І., Гожик А.П., Рева М.В., Степанюк В.П., Сухорада А.В.* Основи геофізики (методи розвідувальної геофізики). Підручник. К.: ВПЦ “Київський університет”, 2006.
5. *Dehlinger P.* Marine Gravity. Elsevier Scientific Publishing Company. 1978. 321 p.
6. *Bullen K. E.* The Earth's Density. London: Chapman and Hall, 1975. 420 p.
7. *Старостенко В.И.* Устойчивые численные методы в задачах гравиметрии. К.: Наук. думка, 1978. 228 с.
8. *Макаренко І.Б., Старостенко В.І., Купрієнко П.Я., Савченко О.С., Легостаєва О.В.* Неоднорідність земної кори України і суміжних регіонів за результатами 3D гравітаційного моделювання. К.: Наук. думка, 2021. 204 с.
9. *Makarenko I., Legostaeva O., Savchenko O., Starostenko V., Zadyraka O.* Modern technology of 3D gravity modeling. XVII International Scientific Conference “Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment”. November 7-10, 2023, Kyiv, Ukraine. <https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2023/11/Mon23-018.pdf>
10. *Макаренко І.Б., Легостаєва О.В., Савченко О.С.* Від ідеї до створення автоматизованого комплексу інтерпретації потенціальних полів GMT-AUTO: step

- by step. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 2025. 47. №2. С. 28—45.
<https://doi.org/10.24028/gj.v47i2.325253>
11. Булах Е.Г. Прямые и обратные задачи гравиметрии и магнитометрии. Математические методы геологической интерпретации гравиметрических и магнитометрических данных. К.: Наук. думка, 2010. 463 с.
 12. Cooper, G. (2023). Novel Second-Order Derivative-Based Filters for Edge and Ridge/Valley Detection in Geophysical Data. *MINERALS*, 13(9), Article 1229.
<https://doi.org/10.3390/min13091229>
 13. Eshagh, M., Jin, S., Pail, R., Barzaghi, R., Tsoulis, D., Tenzer, R., & Novák, P. (2024). Satellite gravimetry: Methods, products, applications, and future trends. *EARTH-SCIENCE REVIEWS*, 253, Article 104783.
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2024.104783>
 14. Fang J., Wang W., Zhou Y., Li J., Zhang D., Tang B., Zhong J., Hu J., Zhou F., Chen X., Wang J. and Zhan M. (2024). Classical and Atomic Gravimetry. *REMOTE SENSING*, 16(14), Article 2634. <https://doi.org/10.3390/rs16142634>
 15. Seigel, H.O. (1995) A Guide to High Precision Land Gravimeter Surveys. Printed in Canada. 122 p.

Додаткова:

16. Старостенко В.І., Макаренко І.Б., Купрієнко П.Я., Савченко О.С., Легостаєва О.В. Тривимірна густинна модель Тарасівської базит-метабазитової структури Голованівської шовної зони Українського щита. *Geofizicheskiy Zhurnal*. 2022. V. 44. № 2. С. 135-151. <https://doi.org/10.24028/gj.v44i2.256269>
17. Макаренко І.Б., Бієлік М., Старостенко В., Дерєрова Я., Савченко О., Легостаєва О. Тривимірна густинна модель осадового заповнення Карпатсько-Паннонського регіону. *Geofizicheskiy Zhurnal*. 2022. Т. 44. № 6. С. 24-62.
<https://doi.org/10.24028/gj.v44i6.273639>
18. Bielik M., Zeyen H., Starostenko V., Makarenko I., Legostaeva O., Savchenko S., Dérerová J., Grinč M., Godová D., Pánisová J. A review of geophysical studies of the lithosphere in the Carpathian–Pannonian region. *Geologica Carpathica*. December, 2022. 73. 6. P. P. 499–516. <https://doi.org/10.31577/GeolCarp.73.6.2>
19. Макаренко І.Б., Савченко О., Дерєрова Я., Муровська Г., Старостенко В., Бієлік М., Легостаєва О. Глибинна будова Закарпатського прогину (українська частина) за даними густинного моделювання. *Geofizicheskiy Zhurnal*. 2023. Т. 45. № 4. С. 43-83. <https://doi.org/10.24028/gj.v45i4.286285>

20. Макаренко І.Б., Бурахович Т.К., Козленко М.В., Муровська Г.В., Козленко Ю.В., Савченко О.С. Профіль RomUkrSeis: модель глибинної будови літосфери та її геолого-геофізична інтерпретація. Ч. I. Густинна неоднорідність та аномалії електропровідності. *Geofizicheskij Zhurnal*. 2024. Т.46. № 6. С. 81-108. <https://doi.org/10.24028/gj.v46i6.314130>
21. Макаренко І.Б., Бурахович Т.К., Козленко М.В., Муровська Г.В., Козленко Ю.В., Савченко О.С. Профіль RomUkrSeis: модель глибинної будови літосфери та її геолого-геофізична інтерпретація. Ч. II. Природа геофізичних неоднорідностей на основі комплексного аналізу. *Geofizicheskij Zhurnal*. 2025. Т.47. № 1. С. 5—30. <https://doi.org/10.24028/gj.v47i1.317035>
22. Starostenko V.I., Rusakov O.M., Pashkevich I.K., Kutas R.I., Makarenko I.B., Legostaeva O.V., Lebed T.V., Savchenko A.S. Heterogeneous structure of the lithosphere in the Black Sea from a multidisciplinary analysis of geophysical fields. *Geofizicheskij Zhurnal*, 2015. 37. №2. С.3-28. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i2.2015.111298>
23. Ince E.S., Barthelmes F., Reißland S., Elger K., Förste C., Flechtner F., & Schuh H.. ICGEM – 15 years of successful collection and distribution of global gravitational models, associated services and future plans. *Earth System Science Data*. 2019. 11. pp. 647–674. <http://doi.org/10.5194/essd-11-647-2019>.
24. Bielik M., Makarenko I., Starostenko V., Legostaeva O., Dérerová J., Šefara J., Pasteka R. New 3D gravity modeling in the Carpathian-Pannonian basin region. *Contributions to Geophysics and Geodesy*, 2005, Vol. 35/1, P. 65-78.
25. Szalaiová E., Bielik M., Makarenko I., Legostaeva O., Hók J., Starostenko V., Šujan M., Šefara J. Calculation of the stripped gravity map with high degree of accuracy: Liptovská kotlina basin a case study. *Geological Quarterly*, 2008, vol.52(2), P.103-114.
26. Bielik M., Krajňák M., Makarenko I., Legostaeva O., Starostenko V., Bošanský M., Grinč M., Hok J. 3D gravity interpretation of the pre-Tertiary basement in the intramontane depressions of the Western Carpathians: a case study from the Turies Basin. *Geologica Carpathica*, 2013. V. 64, N 5. P. 399—408. <https://doi.org/10.2478/geoca-2013-0027>
27. <https://icgem.gfz-potsdam.de/calcgrid?modeltype=celestial> – Calculation of Gravity Field Functionals on Ellipsoidal Grids.
28. <https://www.isgeoid.polimi.it/> – International Service for the Geoid.
29. <https://bgi.obs-mip.fr/> – International Gravimetric Bureau.