

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

СХВАЛЕНО

Вченою радою Інституту геофізики
ім. С.І. Субботіна НАН України
«20» грудня_2021 р.
Протокол № 15

ЗАТВЕРДЖЕНО

Директор Інституту геофізики
ім. С.І. Субботіна НАН України
Віталій СТАРОСТЕНКО
«20» грудня_2021 р.



Голова вченої ради

Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України

академік НАН України

В. Старостенко

Віталій СТАРОСТЕНКО

УДК 550.34

Кендзера О.В., Верпаховська О.О.

Сейсмологія і внутрішня будова 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): 3 кредити – 90 годин

за спеціальністю:

103 Науки про Землю

Київ 2021

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 № 15 від 20.12.2021 р.)

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Кендзера Олександр Володимирович – старший науковий співробітник, кандидат фізико-математичних наук, член-кор. НАНУ, завідувач відділом сейсмічної небезпеки Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України.

Верпаховська Олександра Олегівна - старший науковий співробітник, доктор фізико-математичних наук, провідний науковий співробітник відділу регіональних проблем геофізики Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України.

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

"Сейсмологія і внутрішня будова Землі"

(за вимогами ECTS)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо – кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни, денна форма навчання
Кількість кредитів - 3	Галузь знань <u>10-Природничі науки</u> (шифр, назва)	Дисципліна вільного вибору
Загальна кількість годин для денної форми навчання – 90	Спеціальність 103-Науки про Землю	Рік підготовки
		2
		Семестр
		3, 4
		Лекцій 20 години
	Освітньо-кваліфікаційний рівень: Доктор філософії	Практичні 15 годин
		Семінари 10годин
		Самостійна робота 45 год
		Вид контролю: іспит

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: ознайомлення з фізико-математичними основами методів виникнення і особливостями поширення сейсмічних хвиль в геологічному середовищі Землі, проявами землетрусів на поверхні ґрунту, прямими і оберненими задачами сейсмометрії і сейсмології, методами їх вирішення, принципами реєстрації сейсмічних коливань; формування знань і практичних навиків з визначення параметрів вогнищ землетрусів, дослідження сейсмічності територій і встановленні її характеристик, науковому прогнозуванні значень кількісних параметрів сейсмічних впливів, розумінні особливостей розв'язання задачі прогнозування часу, величини і місця виникнення сильних землетрусів, прогнозування сейсмотектонічного потенціалу активних тектонічних структур, виокремлення потенційних місць виникнення майбутніх землетрусів, характеристиками сейсмічної небезпеки; ознайомлення з теоретичними основами і практичними методами проведення загального та детального сейсмічного районування, методами сейсмічного мікрорайонування, методами сейсмічного захисту, методами формування мереж сейсмічних станцій, світовими, регіональними і вітчизняними центрами сейсмологічних даних, глобальними, державними і локальними системами сейсмологічних спостережень, завданням центральних і місцевих державних органів в галузі сейсмічного захисту населення, нормативними документами з питань визначення параметрів сейсмічної небезпеки майданчиків розташування будівель і

споруд.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є сейсмічні хвильові поля, дослідження яких є основним інструментом пізнання теоретичних основ і практичних технологій встановлення кількісних параметрів сейсмічної небезпеки на поверхні Земної кулі, в цілому, і території України, зокрема. Вивчення сейсмічних хвильових полів спрямоване на вирішення фундаментальних задач геодинаміки, геотектоніки, сейсмології, прикладних задач з вивчення внутрішньої будови Землі, захисту населення та економіки країни від руйнівних впливів катастрофічних землетрусів, задач екології, пов'язаних із забезпеченням сейсмостійкості ГЕС, АЕС, продуктопроводів, шламонакопичувачів та інших екологічно-небезпечних об'єктів.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни є:

- ознайомити з термінологічним апаратом сейсмології;
- надати фізико-математичні основи формування сейсмічних полів;
- пояснити методи розв'язання обернених задач сейсмометрії і сейсмології;
- навчити загальним принципам обробки спостережених даних;
- охарактеризувати основні комп'ютерні технології формування розрахункових моделей геологічного середовища та моделювання в них сейсмічних полів;
- пояснити основні принципи комплексування сейсмологічних і геолого-геофізичних даних;
- навчити організовувати і виконувати сейсмічні дослідження для вивчення внутрішньої будови і захисту від землетрусів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен **знати**: фізико-математичні основи базових геофізичних методів, загальні принципи будови апаратури та методики проведення польових робіт, методи розв'язку прямих та обернених задач геофізики, практичні навички обробки реальних спостережень, основи комплексування геофізичних методів при вивченні внутрішньої будови і динаміки геологічного середовища.

вміти:

програмувати і проводити обчислення на комп'ютері, працювати з геофізичними приладами, що вивчалися протягом семестру на лабораторних заняттях, володіти методикою проведення польових робіт, вміти розраховувати і відображати на картах розподіл геофізичних полів, виконувати якісну та кількісну інтерпретацію експериментальних геофізичних даних.

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

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК01. Комунікативні навички. Компетентність у використанні іноземної мови. Здатність до ефективної комунікації та до 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.

ЗК08. Популяризаційні навички. Уміння спілкуватися із нефахівцями, певні навички викладання.

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

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.	фізико-математичні основи базових геофізичних методів,	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
1.2.	загальні принципи будови апаратури та методики проведення польових робіт,;	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
1.3.	методи розв’язку прямих та обернених задач геофізики,	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
1.4.	практичні навички обробки реальних спостережень;	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	10%
1.5	основи комплексування геофізичних методів при вивченні внутрішньої будови і динаміки геологічного середовища;	Лекції, самостійна робота	Індивідуальне опитування	5%
	Вміти:			
2.1	програмувати і проводити обчислення на комп’ютері;	Лекції, практичні заняття	Індивідуальне опитування	10%
2.2	працювати з геофізичними приладами, що	Лекції, практичні заняття	Індивідуальне опитування	5%

	вивчалися протягом семестру на лабораторних заняттях;			
2.3	володіти методикою проведення польових робіт, вміти розраховувати і відображати на картах розподіл геофізичних полів;	Лекції, практичні заняття	Індивідуальне опитування	10%
2.4	виконувати якісну та кількісну інтерпретацію експериментальних геофізичних даних.	Лекції, практичні заняття	Індивідуальне опитування	10%
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	10%
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	10%

Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання:

Результати навчання дисципліни (код)	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	3	4
Програмні результати навчання (назва)											
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.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
ПРН06. Розуміння ідентифікувати та класифікувати відомі і реєструвати нові об'єкти в складі геосфер, їхні властивості, явища та процеси, їм притаманні.	■		■		■	■	■	■	■	■	■
ПРН07. Знання теорії і методології				■	■			■	■		

системного аналізу, принципів застосування системного підходу при дослідженні проблематики в галузі наук про Землю.											
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.						■	■	■	■	■	■
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						■	■	■	■	■	■
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						■	■	■	■	■	■
ПРН22. Вміння та навички розробляти і реалізовувати проекти й програми у сфері Наук про Землю.						■	■	■	■	■	■

Кількість годин, відведених навчальним планом на вивчення дисципліни, становить 90 год., із них 20 год. – лекції, 15 год. – практичні заняття, 10 год. – семінари, 45 год. – самостійна робота. Вивчення аспірантами навчальної дисципліни "Сейсмологія і внутрішня будова Землі" завершується складанням іспиту.

Форми проведення занять: лекції, практичні та семінари. 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: здійснюється на заняттях через індивідуальне і перехресне усне опитування, бліцопитування; письмові контрольні роботи; практичні, індивідуальні та самостійні завдання; робота з діаграмами, графіками, схемами; розв'язання творчих задач; самоконтроль, тестова форма оцінювання навчальних досягнень аспірантів тощо.

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН
(СТРУКТУРА ЗАЛІКОВОГО КРЕДИТУ)

з навчальної дисципліни "Сейсмологія і внутрішня будова Землі"

(II курс – 3 та 4 семестр)

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

Змістовий модуль 1
Основи сейсмології

1	2	3	4	5	6	7
1.1.	Тема 1. Типи сейсмічних хвиль, теоретичні основи та особливості їх поширення в Землі.	3	2	2	9	16
1.2.	Тема 2. Прямі і обернені задачі сейсмології та шляхи їх вирішення.	3	3	1	9	16
1.3.	Тема 3. Вогнище землетрусів і його параметри.	2	3	1	8	14
1.4.	Тема 4. Внутрішня будова Землі за сейсмологічними даними.	2	2	1	9	14
Разом		10	10	5	35	60

Змістовий модуль 2
Сейсмічна небезпека

1	2	3	4	5	6	7
2.1.	Тема 5. Сейсмічна небезпека на території України.	3	1	1	3	8
2.2.	Тема 6. Захист від землетрусів. Прогноз землетрусів.	3	2	2	3	10
2.3.	Тема 7. Сейсмічне районування: загальне, детальне, мікрорайонування.	4	2	2	4	12
Разом		10	5	5	10	30
Всього		20	15	10	45	90

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.

Основи сейсмології

Тема 1. Типи сейсмічних хвиль, теоретичні основи та особливості їх поширення в Землі.

Типи сейсмічних хвиль, особливості їх поширення в геологічному середовищі. Енергія хвиль і її поглинання середовищем. Теорія поширення сейсмічних хвиль. Відбивання і заломлення. Принципи реєстрації сейсмічних коливань і аналіз сейсмограм.

Тема 2. Прямі і обернені задачі сейсмології та шляхи їх вирішення.

Обернена задача сейсмології. Сейсмічні промені і годографи. Кривизна сейсмічного променя. Рівняння годографів. Кінцево-різницева розв'язок рівняння ейконалу і хвильового рівняння для вирішення задач сейсмології. Моделювання часового поля в тривимірній сферичній Землі. Моделювання хвильового поля в тривимірній сферичній Землі.

Тема 3. Вогнище землетрусів і його параметри.

Вогнище і епіцентр землетрусу. Параметри вогнища землетрусу. Реєстрація землетрусів та їх класифікація.

Тема 4. Внутрішня будова Землі за сейсмологічними даними.

Моделі внутрішньої будови Землі за даними сейсмології. Сейсмічні границі.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2.

Сейсмічна безпека

Тема 5. Сейсмічна безпека на території України.

Державні будівельні норми. Карти загального сейсмічного районування ЗСР-2006 А, В і С. Завдання центральних і місцевих органів влади в галузі сейсмічного захисту. Сейсмічні мережі.

Тема 6. Захист від землетрусів. Прогноз землетрусів.

Сейсмічна вразливість будинків і споруд. Проектний і максимальний розрахунковий землетрус. Розрахункові акселерограми. Спектри реакції одиничних осциляторів. Криві

динамічності. Методи інструментального визначення сейсмостійкості будинку (споруди). Довготермінове прогнозування, середньо і короткотермінове прогнозування землетрусів. Сейсмічний ризик. Сейсмічна небезпека.

Тема 7. Сейсмічне районування: загальне, детальне, мікрорайонування.

Загальне і детальне сейсмічне районування. Карти сейсмічного районування. Принципи побудови. Вихідні дані. Моделі вогнищ, сейсмічності. Закони загасання. Комплекс робіт з сейсмічного районування. Планування робіт. Інженерно-геологічні карти. Карти сейсмо-геологічних аналогій. Інструментальні дослідження. Карти сейсмічних жорсткостей. Вибір еталонного ґрунту. Виділення таксонометричних одиниць. Карта сейсмічного районування за комплексом геолого-геофізичних даних. Методи реєстрації землетрусів, спеціальних вибухів і мікросейсм.

САМОСТІЙНА РОБОТА

Самостійна робота студента 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. Землетруси, їх причини та прояви. Сейсмоактивні пояси планети?
2. Що таке цунамі?
3. Типи сейсмічних хвиль, особливості їх поширення в Землі.
4. Рівняння об'ємних сейсмічних хвиль.
5. Тензор деформацій. Головні осі деформації.
6. Компоненти тензора напружень. Головні осі напружень.
7. Пружний потенціал. Модулі пружності.
8. Ізотропні і анізотропні середовища.
9. Рівняння руху в пружному середовищі в декартовій, сферичній та циліндричній системах координат та їх розв'язки.
10. Плоскі, циліндричні та сферичні хвилі.
11. Поздовжні і поперечні хвилі.
12. Сейсмічні промені і годографи сейсмічних хвиль.
13. Моделі внутрішньої будови Землі за даними сейсмології.
14. Енергія хвиль і її поглинання середовищем.
15. Вектор Умова-Пойнтінга.
16. Добротність середовища.
17. Механізм вогнища землетрусу і методи його визначення.
18. Теорія пружної віддачі Рейда.
19. Виведення і фізична інтерпретація формул Пуассона і Кірхгоффа.
20. Задача Лемба. Хвилі Релея і Лява.
21. Методи вивчення глибинної будови літосфери за поверхневими хвилями.
22. Характеристики землетрусів. Географічні координати та глибина вогнища землетрусу.
23. Методи визначення положення вогнища землетрусу.
24. Магнітуда. Магнітудні шкали. Моментна магнітуда, Енергія, енергетичний клас
25. Сейсмічна інтенсивність (бальність), макросейсмічні шкали.
26. Формула Шебаліна – Блейка.
27. Графік повторюваності землетрусів.
28. Сейсмічна активність.
29. Сейсмічна струшуваність.
30. Графіки Беніофа.
31. Форшоки. Афтершоки. Рої землетрусів.
32. Довготермінове прогнозування, середньо і короткотермінове прогнозування землетрусів.

33. Сейсмічний ризик. Сейсмічна небезпека.
34. Державні будівельні норми.
35. Карти загального сейсмічного районування ЗСР-2004 А, В і С.
36. Детальне сейсмічне районування.
37. Сейсмічне мікрорайонування.
38. Метод сейсмо-геологічних аналогій. Виділення таксонометричних одиниць.
39. Метод сейсмічних жорсткостей.
40. Методи реєстрації землетрусів, спеціальних вибухів і мікросейсм.
41. Карта сейсмічного мікрорайонування за комплексом геолого-геофізичних даних.
42. Проектний і максимальний розрахунковий землетрус. Розрахункові акселерограм. Спектри реакції одиничних осциляторів.
43. Сейсмологічна апаратура.
44. Рівняння руху сейсмографа.
45. Реєструючі тракти сейсмічних станцій.
46. Частотні характеристики та передавальні функції реєструючих трактів.
47. Сейсмічні мережі.

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. Aki K., Richards P. Quantitative seismology: Theory and methods. Vol. 1. – W. H. San Francisco : Freeman and company, 1980. – 557 p.
2. Sheriff, R. E., and Geldart, L. P., 1995, Exploration seismology, 2nd ed.: Cambridge Univ. Press.
3. Вижва С.А., Винниченко О.Б., Кендзера О.В. Вплив природних і техногенних процесів на потенційно небезпечні об'єкти. – К: ВПЦ "Київський університет", 2008.
4. Яновська Т.Б. Основи сейсмології: навчальний посібник. - СПб.: ВВМ, 2006
5. International Handbook of Earthquake and Engineering Seismoogy. Part A & B / W. Lee, H. Kanamori, P. Jennings, C. Kisslinger. – San Diego: Academic Press, 2002.
6. Udías A., Madariaga R., Buforn E. Source Mechanisms of Earthquakes: Theory and Practice, Cambridge University Press, 2014.

7. Rice J. R. The mechanics of earthquake rupture. , in Physics of the Earth's Interior (Proc. International School of Physics 'Enrico Fermi', Course 78, 1979; ed. A. M. Dziewonski and E. Boschi), Italian Physical Society and North-Holland Publ. Co., 1980, pp. 555-649.
8. Lay T. and Wallace T.C. Modern Global Seismology. - San Diego: Acad.Press. USA.,1995.
9. Stein S. and Wysession M. An Introduction to seismology, Earthquakes and Earth structure. - Blackwell Publ., 2002.
10. Gubbins D. Seismology and plate tectonics. – Cambridge: Cambridge Univ.Press, 1990.

Додаткова:

1. Толстой М.І. та ін. Основи геофізики. К.: Обрії, 2007.
2. Nolet G. Seismic tomography: with application in global seismology and exploration geophysics. Dordrecht, Holland ; Boston : D. Reidel ; Norwell, MA, U.S.A. : Sold and distributed in the U.S.A. and Canada by Kluwer Academic Publishers, 1987. – 386 p.
3. Верпраховська О.О., Пилипенко В.М. Зображення глибинної будови геологічного середовища із застосуванням сейсмічної міграції поля рефрагованих хвиль. Проект «Наукова книга». К.: Наукова думка. 2019. 160 с.
4. D. Ryzhov, O-i. Shugaio, O-r. Shugaylo, O. Kendzera, M. Marienkov, V. Shenderovich, R. Buryak. Про сучасні вимоги до сейсмостійкого проектування та оцінки сейсмічної безпеки енергоблоків атомних станцій України. - Ядерна та радіаційна безпека 2(74), 2017. – С.9-13.
5. Харитонов О.М. Спектральні властивості об'ємних інтерференційних хвиль в літосфері. – К.: Наукова думка, 1988.
6. Жарков В.Н. Внутрішня будова Землі і планет. – М.: Наука, 1978.
7. Аптікаєв Ф.Ф., Гітіс В.Г., Кофф Г.Л., Фролова Н.І. Оцінка сейсмічної небезпеки і сейсмічного ризику (посібник для посадових осіб) .- М.: Центр БСТС, 1997.
8. Аптікаєв Ф.Ф., Нерсесов І.Л. Методика детального сейсмічного районування в кількісних характеристиках сейсмічних коливань //Детальне сейсмічне районування.- М.: Наука,1980.
9. Огільві А. Основи інженерної геофізики. М.: Недра, 1990, 501 с.
10. Telford W., Geldart L., Sheriff R. Applied Geophysics. 2nd edition. Cambridge University Press, 2004, 744.
11. Gupta H.K. (ed.). Encyclopedia of Solid Earth Geophysics. Springer Netherlands, 2011, 970 p.
12. Kearey P., Brooks M., Hill I. An Introduction to Geophysical Exploration. 3d edition. Blackwell Science Ltd, 2002, 262 p.