

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ННІ «Інститут геології»

Кафедра геофізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора інституту
з навчальної роботи

 Всеволод ДЕМИДОВ

«29» серпня 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Сейсмоакустика

для здобувачів

галузь знань
спеціальність
освітній рівень
освітня програма
вид дисципліни

Е Природничі науки, математика та статистика
Е4 Науки про Землю
Магістр
Геофізика
Обов'язкова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2025/2026
Семестр	2
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладач: Безродна Ірина Миколаївна, кандидат геологічних наук, доцент кафедри геофізики

Продовжено: на 20__/20__ н.р. _____ «__» ____ 20__ р.
(підпис, П.І.Б., дата)
на 20__/20__ н.р. _____ «__» ____ 20__ р.
(підпис, П.І.Б., дата)
на 20__/20__ н.р. _____ «__» ____ 20__ р.
(підпис, П.І.Б., дата)

© Безродна І.М., 2025 рік

КИЇВ – 2025

Розробник: **Безродна Ірина Миколаївна**, кандидат геологічних наук, доцент
кафедри геофізики

Затверджено

Завідувач кафедри геофізики

В.Онищук Віктор ОНИЩУК

Протокол № 1 від «26» серпня 2025 р.

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

Протокол № 1 від «29» серпня 2025 року

Голова науково-методичної комісії В.Демидов Всеволод ДЕМИДОВ

Мета дисципліни – забезпечити формування у здобувачів знань з теорії та можливостей сейсмоакустики для різних прикладних задач, виконання моделювання, обробки та аналізу спостережених сейсмоакустичних даних, сприяти поширенню сейсмоакустики у повсякденній діяльності.

Вимоги до вибору навчальної дисципліни:

1. Знання теоретичних акустичних основ з петрофізики, геофізичних досліджень свердловин, сейсморозвідки та сейсмохвильових полів.
2. Володіти навичками роботи з персональним комп'ютером.

Анотація навчальної дисципліни / референс:

В програмі дисципліни основна увага приділяється аналізу складно побудованого геологічного середовища сучасними методами сейсмоакустики (мінерал - гірська порода – геоформація – геокомплекс - геосфера). Розглядається методологія вивчення різномасштабних сейсмоакустичних неоднорідностей та вплив ефектів неоднорідності на акустичну анізотропію. Пояснюється теорія розповсюдження пружних хвиль у анізотропному геологічному середовищі на різних масштабних рівнях структурних досліджень. Проводиться ознайомлення із методологією основних методів сейсмоакустики.

Завдання:

- ознайомити з термінологічним апаратом сейсмоакустики;
- надати фізико-математичні основи сейсмоакустичних хвильових полів;
- пояснити методологію сучасних методів сейсмоакустики при визначенні симетрії упорядкованого геологічного середовища;
- набуття здобувачами необхідних методологічних знань і практичних навичок з сейсмоакустичних вимірювань та тлумачення інформації;
- ознайомлення з методикою кількісної оцінки азимутальних параметрів анізотропії пружних хвиль на різних структурних рівнях досліджень.

Результати навчання:

Результат навчання (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 і терміни теорії розповсюдження пружних хвиль в однорідному анізотропному середовищі	Лекції, самостійне навчання	Письмова робота	до 10%
1.2	Класифікацію методів сейсмоакустики та способи визначення пружних постійних мінералів	Лекції, самостійне навчання	Письмова робота	до 5%
1.3	Системний підхід у сейсмоакустиці	Лекції, самостійне навчання	Письмова робота	до 10%

Застосовувати свої знання для визначення і вирішення проблемних питань і прийняття обґрунтованих рішень в питаннях геофізичних досліджень, геологічної інтерпретації даних геофізичних досліджень та моделювання геологічних об'єктів за геофізичними даними.				+	+	+	+	+	+			
Знати сучасні методи дослідження Землі та її геосфер і вміти їх застосовувати у виробничій та науково-дослідницькій діяльності та вміти використовувати геофізичні дослідження для вивчення верхньої частини земної кори та її осадового шару.	+	+	+	+	+				+	+		
Ідентифікувати та класифікувати відомі і реєструвати нові об'єкти в складі геосфер, їхні властивості, явища та процеси, їм притаманні	+	+	+	+	+							+
Демонструвати здатність до адаптації та дії в новій ситуації, пов'язаній з роботою за фахом, вміння генерувати нові ідеї в області Наук про Землю, зокрема в галузі геофізичних досліджень, геологічної інтерпретації даних геофізичних досліджень та моделювання геологічних об'єктів за геофізичними даними.				+					+	+	+	+

Структура курсу: лекційні та практичні заняття, самостійна робота здобувачів.

Схема формування оцінки:

Форми оцінювання здобувачів

1. Семестрове оцінювання:

- 1) Контрольна робота з математичних методів сейсмоакустики – 20 балів (рубіжна оцінка 12 балів).
- 2) Контрольна робота з методів дослідження акустичної анізотропії геологічного середовища – 20 балів (рубіжна оцінка 12 балів).
- 3) Оцінка самостійних і практичних робіт та захист практичних робіт – 40 балів (рубіжна оцінка 24 бали).

2. Підсумкове оцінювання у формі заліку¹: максимальна оцінка 20 балів, рубіжна оцінка 12 балів. Під час заліку здобувач виконує завдання з використанням знань та

¹ Семестрову кількість балів формують бали, отримані здобувачем у процесі теоретичного засвоєння матеріалу з усіх розділів дисципліни, семінарських занять, виконання практичних, лабораторних, індивідуальних, підсумкових контрольних робіт, творчих робіт впродовж семестру, передбачених робочою навчальною

вмінь з петрофізики колектора. 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 здобувачів 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. Підсумкова оцінка складається із суми балів за змістовні модулі та балів за залік

	ЗМ1/Частина 1	ЗМ2/Частина 2	залік	Підсумкова оцінка
Мінімум	24	24	12	60
Максимум	40	40	20	100

Здобувач не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше 20 балів.²

Організація оцінювання: Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою та передбачає: виконання практичних робіт (де здобувачі мають продемонструвати якість засвоєних знань та вирішити поставлені задачі використовуючи окреслені викладачем методи та засоби), виконання самостійних робіт (де здобувачі мають продемонструвати якість засвоєних знань та вирішити поставлені задачі без обмеження інструментарію та техніки вирішення проблеми) та проведення 2 письмово-модульних контрольних робіт. Підсумкове оцінювання проводиться у формі письмового заліку.

Шкала відповідності

Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

програмою (**100** балів - для залікових дисциплін, у випадку, якщо дисципліна завершується екзаменом, то розподіл здійснюється за таким алгоритмом: **60 балів (60%) – семестровий контроль** і **40 балів (40%) – екзамен**).

² 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 ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	практичні	Самостійна робота
Частина 1. Сейсмоакустика геологічного середовища				
	Вступ. Місце сейсмоакустики серед наук.	1		
1	Тема 1. Системний підхід в сейсмоакустиці	1		8
2	Тема 2. Математична основа сейсмоакустики. Макроскопічні ефективні пружні властивості геологічного середовища	2	4	10
3	Тема 3. Особливості розповсюдження пружних хвиль в однорідному анізотропному середовищі. Акустичний тензор.	2	4	15
	Контрольна робота 1			1
4	Тема 5. Акустика гірських порід. Акустичний інваріантно-поляризаційний метод визначення ефективних акустичних постійних гірських порід	2	10	15
5	Тема 6. Сейсмоакустика геоформацій і геокомплексів. Пряма і обернена задача акустичного каротажу, ВСП, сейсмокаротаж	2	2	10
	Контрольна робота 2			1
	ВСЬОГО	10	18	60

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 90 год.³, в тому числі:

Лекцій – **10 год.**

Практичні заняття – **18 год.**

Консультації – **2 год.**

Самостійна робота – **60 год.**

³ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА:⁴

Основні:

1. Вербицкий, Т.З., Починайко Р.С., Стародуб Ю.П., Федоришин А.С. (1985) Математическое моделирование в сейсморазведке. – К.: Наук. Думка.
2. Вижва С.А., Тищенко А.П. (2013) Математична обробка сейсмічних даних на ЕОМ, Київ, КНУ.
3. Малицький Д.М. (2016) Математичне моделювання в задачах сейсмології К.: Наук.думка.
4. Продайвода Г.Т. (2000) Основи сейсмоакустики. Київ: ВПЦ "Київський університет".
5. Продайвода Г.Т. (2004) Акустика текстур гірських порід. Київ: ВГЛ «Обрій».
6. Продайвода Г.Т., Безродний Д.А. (2011) Акустичний текстурний аналіз гірських порід. К.: ВПЦ «Київськ. Ун-т».
7. Продайвода Г.Т., Вижва С.А., Безродний Д.А., Безродна І.М. (2011) Акустичний текстурний аналіз метаморфічних порід Криворіжжя // ВПЦ "Київський університет".
8. Продайвода Г.Т., Вижва С.А., Вірило І.В. (2012) Математичне моделювання ефективних геофізичних параметрів. К.: ВПЦ «Київськ. Ун-т».
9. Філатов, Ю. В. (2003) Прикладна теорія пружних хвиль [Текст]: підручник / Ю. В. Філатов, Ю. Ф. Ткаченко. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ.

Додаткові:

1. Ahrens I., Thomas T. J.(1995) Mineral physics and crystallography : a handbook of physical constants
2. Dubrule O. Geostatistics in Petroleum Geology (1998) The Association of Petroleum Geologists.
3. Hampson D. (1992) Post-stack seismic modeling, processing, and inversion: STRATA software documentation / D. Hampson, B. H. Russell // Hampson-Russell Software Services Ltd.
4. Russell B. H. (2004) The application of multivariate statistics and neural networks to the prediction of reservoir parameters using seismic attributes : PhD thesis / Brian Henderson Russell. – Calgary.
5. Schön, J (2015) Physical Properties of Rocks: Fundamentals and Principles of Petrophysics, 2nd Edition.
6. Sheriff R. E. (1975) Factors affecting seismic amplitudes / R. E. Sheriff // Geophysical Prospecting.
7. Tyshchenko A.P. (2008) The modern approaches to geological-geophysical model construction of oil and gas field of the Black Sea North-East shelf (on the Schmidt area example) / A.P. Tyshchenko // Science and Technology in Prospecting and Production of Oil and Gaz – Onshore and Offshore. Poland, Zakopane.
8. Безродна І. М., Безродний Д. А., Свистов В. В. (2021) Математичне моделювання пружних і акустичних властивостей піроксен-магнетитових кристалосланців // Геофізичний журнал.
9. Безродна І., Вижва С. (2019) Аналіз акустичних властивостей порід-колекторів Руновщинської площі на основі петрофізичних досліджень в різних баричних умовах // Вісник Київського університету, серія Геологія, Київ, в.3.
10. Безродна І.М., Гожик А.П. (2018) Петрофізика: навчальний посібник. – К: ВПЦ «Київський університет».
11. Безродная И., Безродный Д., Продайвода Г. (2018) Математическое моделирование упругой анизотропии пород-коллекторов // Монография: Издательство Lambert Academic Publishing. <https://www.morebooks.shop/store/ru/book/Математическое-моделирование-упругой-анизотропии-пород-коллекторов/isbn/978-613-8-34712-5>
12. Вижва С., Продайвода Г. Т., Кузьменко П. М. (2014) AVO-аналіз та інверсія сейсмічних даних: навчальний посібник / А.. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет".

⁴ Основна: (Базова) до 10 фундаментальних, базових джерел. Додаткова: як правило - до 20 джерел в тому числі Інтернет ресурси

13. *Вижва С., Ткаченко О., Безродна І.* (2019) Структура пустотного простору складнопобудованих башкирських карбонатних порід-колекторів Опишнянського родовища ДДЗ // Геофізичний журнал.
14. *Вижва С.А., Безродна І.М.* (2016) Визначення структури пустотного простору складнопобудованих порід за даними петроакустичних досліджень Семиренківської площі // Вісник Київського університету, серія Геологія, Київ, в.74.
15. *Смець В.Ю.; Безродна І.М. Антонюк В.В.* (2023) Моделювання ефектів заміщення флюїду в візейських відкладах Яблунівського родовища на основі інтерпретації даних ГДС та петрофізики // Вісник Київського університету, серія Геологія.
16. *Судаков А.К.* (2024) Конспект лекцій з дисципліни “Фізики гірських порід” для бакалавра спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології». Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка» – Д. : НТУ «ДП».
17. *Продайвода Г.Т., Вижва С.А., Безродна І.М., Продайвода Т.Г.* (2011) Геофізичні методи оцінки продуктивності колекторів нафти і газу. К.: ВПЦ «Київськ. Ун-т».
18. *Продайвода Г.Т., Трипільський О.А., Чулков С.С.* (2008) Сейсморозвідка. Київ: ВПЦ «Київський університет».
19. *Степанюк, В. П.* (2002) Фізичні властивості гірських порід [Текст] : навч. посіб. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ.
20. *Тищенко А.П.* (2007) Способи побудови сейсмічних моделей геологічних середовищ / А.П. Тищенко, П.М. Кузьменко, Є.Є. Коровніченко // Проблеми нафтогазової промисловості: зб. наук. праць. Вип. 5.

ПИТАННЯ НА ЗАЛІК

1. Основні геолого-петрографічні фактори, що впливають на пружні і акустичні властивості гірських порід
2. . Основні структурні рівні сейсмоакустичних досліджень геологічного середовища.
3. Природа сейсмоакустичної анізотропії на різних структурних рівнях досліджень.
4. Класифікація методів сейсмоакустики.
5. Типи сейсмоакустичних хвиль
6. Фазова, групова і променеві швидкості анізотропного геологічного середовища. Основні співвідношення між ними.
7. Явище розсіювання пружних хвиль в реальному геологічному середовищі.
8. Типи сейсмоакустичних неоднорідностей геологічного середовища.
9. Тензор механічних напружень і закон Гука
10. Властивості тензора другого рангу
11. Власні значення і напрямки тензора другого рангу
12. Закон Гука для анізотропного геологічного середовища
13. Тензор Кристоффеля та його компоненти
14. Характеристичні поверхні швидкостей плоских пружних хвиль в однорідному анізотропному середовищі
15. Акустичний тензор
16. Симетрія геологічного середовища і акустичний тензор
17. Чисельні методи розрахунків фазової швидкості і поляризації пружних хвиль
18. Лабораторні методи дослідження акустичних властивостей мінералів
19. Пряма і зворотна задачі акустики мінералів
20. Акустична анізотропія мінералів та міра її визначення
21. Акустика мінералів. Вплив структури на пружні властивості породоутворюючих мінералів.
22. Природа пружної анізотропії породоутворюючих мінералів.
23. Принцип квазіоднорідності. Розповсюдження пружних хвиль у квазіоднорідному середовищі
24. Структурні елементи в геосистемах структурного рівня гірських порід
25. Методи вивчення акустичних властивостей зразків порід
26. Пряма й зворотна задачі акустики гірських порід
27. Акустичний інваріантно-поляризаційний метод визначення ефективних акустичних постійних гірських порід
28. Інверсія азимутальної залежності акустичних і пружних постійних у функцію розподілу орієнтації мінералів і мікротріщин
29. Параметри анізотропії, що визначаються за інваріантно-поляризаційним методом
30. Алгоритм кількісної оцінки структури пустотного простору складнобудованих порід
31. Багатокomпонентна флюїдонасичена кавернозно-порово-тріщинувата модель породи-колектора в інваріантно-поляризаційному методі
32. Кількісна оцінка структури пустотного простору складнобудованих порід за даними петрофізики
33. Параметр питомої площі поверхні пустот та прогноз продуктивності порід-колекторів за інваріантно-поляризаційним методом
34. Тектонофаціальний аналіз за інваріантно-поляризаційним методом
35. Визначення структури пустотного простору порід та прогнозного дебіту пластів за даними ГДС
36. Класифікація методів в сейсмоакустиці геоформацій
37. Свердловинні сейсмоакустичні методи. Їх суть і практичне застосування.
38. Пряма задача акустичного каротажу
39. Хвилі вздовж свердловини, яка не заповнена розчином і перетинає поперечно-ізоотропне середовище

40. Основні типи акустичних хвиль у свердловині, заповненій рідиною
41. Метод ВСП. Його суть та область застосування при вирішенні геологічних задач.
42. Класифікація методів в сейсмоакустиці геокомплексів
43. Природа сейсмічної анізотропії земної кори.
44. Закономірності розповсюдження пружних хвиль в анізотропному і ізотропному геологічному середовищі(порівняльний аналіз).
45. Сейсмоакустика геокомплексів. Принцип латеральної сейсмоакустичної квазіоднорідності
46. Природа сейсмічної анізотропії реального геологічного середовища.
47. Задача відбиття – заломлення хвиль на границі двох анізотропних середовищ
48. Матричний метод у задачах сейсмоакустики тонкошаруватого стратифікованого середовища
49. Спектральна характеристика геологічного середовища
50. Принципи сейсмоакустичної томографії