

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора інституту
з навчальної роботи

Всеволод ДЕМИДОВ 

«30» серпня 2024 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
*Сейсмометрія***

для здобувачів освіти

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	2024/2025
Семестр	7, 8
Кількість кредитів ECTS	8
Мова викладання	
навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	проміжний контроль, іспит

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

Безродна Ірина Миколаївна, кандидат геологічних наук, доцент кафедри геофізики, старший науковий співробітник

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)

© Дмитро БЕЗРОДНИЙ,
© Ірина БЕЗРОДНА

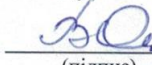
КИЇВ – 2024

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

Безродна Ірина Миколаївна, кандидат геологічних наук, доцент кафедри геофізики

Затверджено

Завідувач кафедри геофізики

 Віктор ОНИЦУК
(підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № 1 від 29 серпня 2024 р.

Схвалено науково - методичною комісією інституту **ННІ «Інститут геології»**
Протокол № 1 від «30» серпня 2024 року

Голова науково-методичної комісії  Всеволод ДЕМІДОВ

Мета дисципліни – забезпечити формування у здобувачів освіти знань з теорії та можливостей сейсмометрії для різних прикладних задач, здійснення вимірювальних робіт, виконання обробки та аналізу спостережених даних, сприяти поширенню сейсмометрії у повсякденній професійній діяльності.

Вимоги до вибору навчальної дисципліни:

1. Знання теоретичних основ геофізики.
2. Володіти навичками роботи з персональним комп'ютером.

Анотація навчальної дисципліни / референс:

В програмі дисципліни основна увага приділяється аналізу сейсмохвильових полів, а також комп'ютерним принципам обробки та інтерпретації спостережених сейсмічних даних. Розглядаються підходи до розв'язку прямих та обернених задач сейсмохвильових полів. Вивчаються прийоми якісної та кількісної інтерпретації пояснюються на реальних прикладах. Характеризуються області застосування сейсмометрії та надається інформація щодо розвитку методу в історичному аспекті. До розгляду включено геологічні принципи постановки сейсмічних завдань та огляд шляхів їх реалізації та ефективність.

Завдання:

- ознайомити з термінологічним апаратом аналізу сейсмохвильових полів;
- надати фізико-математичні основи сейсмозвідувального методу;
- оволодіння здобувачами освіти основних методів сейсмозвідки на основі вивчення теоретичних основ;
- набуття практичних навичок проведення сейсмічних досліджень;
- набуття здобувачами освіти необхідних методологічних знань з якісної та кількісної інтерпретації сейсмічних даних;
- пояснити загальні принципи обробки сейсмічних даних;
- засвоєння здобувачами освіти базових знань із застосування сейсмічних досліджень для геологічних, пошукових, інженерних та екологічних задач.

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 сейсмохвильових полів. Елементи лінійної теорії пружності.	лекція, практичні заняття	Письмова робота	до 10%
1.2	Класифікацію сейсмічних кордонів та їх досліджуваних параметрів	лекція, практичні заняття	Письмова робота	до 5%
1.3	Методи дослідження кінематики сейсмічних хвиль	лекція, практичні заняття	Письмова робота	до 5%
1.4	Методи дослідження годографів сейсмічних хвиль у двошарових, багатошарових та градієнтних середовищах	лекція, практичні заняття	Письмова робота	до 5%
1.5	Вигляд поля часу та годографи хвиль у середовищі з лінійною залежністю швидкості від глибини	лекція, практичні заняття	Письмова робота	до 5%
1.6	Характеристику джерел і спектру сейсмічних коливань	лекція, практичні заняття	Письмова робота	до 5%
1.7	Теоретичні основи про сейсмозвідувальну апаратуру	лекція, практичні заняття	Письмова робота	до 5%
1.8	Технологію робіт методом спільної	лекція, практичні	Письмова	до 10%

	<i>глибинної точки(СГТ)</i>	<i>заняття</i>	<i>робота</i>	
1.9	<i>Способи визначення швидкостей за спостереженнями на денній поверхні та у свердловинах</i>	<i>лекція, практичні заняття</i>	<i>Письмова робота</i>	<i>до 10%</i>
1.10	<i>Основні способи якісної та кількісної інтерпретації сейсмічних даних</i>	<i>лекція, практичні заняття</i>	<i>Письмова робота</i>	<i>до 10%</i>
1.11	<i>Принципи побудови відбиваючих меж в однорідному середовищі за поздовжніми годографами</i>	<i>лекція, практичні заняття</i>	<i>Письмова робота</i>	<i>до 5%</i>
2.1	<i>Обробляти та описувати результати обробки сейсмічних даних та пояснювати їх зв'язок з геологічними об'єктами</i>	<i>лекція, практичні заняття</i>	<i>Письмова робота</i>	<i>до 5%</i>
2.2	<i>Працювати в комп'ютерних програмах з обробки та інтерпретації сейсмічних даних</i>	<i>лекція, практичні заняття</i>	<i>Письмова робота</i>	<i>до 5%</i>
3.1	<i>Вміти організувати колективну роботу для ефективного вирішення поставленої задачі</i>	<i>лекція, практичні 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, практичні заняття</i>	<i>Письмова робота</i>	<i>до 10%</i>

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

Схема формування оцінки:

Форми оцінювання здобувачів освіти

1. Семестрове оцінювання (1 семестр):

- 1) *Контрольна робота з фізичних основ сейсмохвильових полів – 5 балів (рубіжна оцінка 3 бали).*
- 2) *Контрольна робота з характеристик годографів сейсмічних хвиль– 5 балів (рубіжна оцінка 3 бали).*
- 3) *Оцінка за виконання самостійної роботи та захист практичних і самостійних робіт– 15 балів (рубіжна оцінка 9 балів)*

Семестрове оцінювання (2 семестр):

- 4) *Контрольна робота з методики та апаратури сейсмічних досліджень – 5 балів (рубіжна оцінка 3 бали).*
- 5) *Контрольна робота з основ обробки та інтерпретації сейсмічних даних – 5 балів (рубіжна оцінка 3 бали).*
- 6) *Оцінка за виконання самостійної роботи та захист практичних і самостійних робіт– 25 балів (рубіжна оцінка 15 балів).*

2. Підсумкове оцінювання у формі іспиту¹: максимальна оцінка 40 балів, рубіжна оцінка 24 бали. Результати навчальної діяльності здобувачів освіти оцінюються за 100 бальною шкалою.

Змістовні модулі (ЗМ) формують бали, які виставляються за результатами роботи здобувача освіти 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 іспит

	ЗМ1/Частина 1	ЗМ2/Частина 2	ЗМ3/Частина 3	Іспит	Підсумкова оцінка
Мінімум	15	9	12	24	60
Максимум	25	15	20	40	100

Здобувач освіти не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше 20 балів.² Оцінка за іспит не може бути меншою **24 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

Організація оцінювання: Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою та передбачає: виконання практичних робіт (де здобувачі освіти мають продемонструвати якість засвоєних знань та вирішити поставлені задачі використовуючи окреслені викладачем методи та засоби). Оцінювання в 7 семестрі передбачає проведення проміжного контролю, який виставляється за результатами роботи здобувача освіти впродовж усього семестру, як сума (проста або зважена) балів за систематичну роботу впродовж 7 семестру, та проведення двох письмових контрольних робіт. Підсумкове оцінювання проводиться у формі письмового іспиту.

Шкала відповідності

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

¹ Семестрову кількість балів формують бали, отримані здобувачем освіти 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 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 здобувач освіти 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
1 семестр				
Частина 1. Фізико-математичні та геологічні основи сейсмометрії				
1	Тема 1. Фізико-математичні основи сейсмометрії	2		6
2	Тема 2. Сейсмічні хвилі в однорідних пружних середовищах	4	2	6
3	Тема 3. Сейсмічні хвилі в неоднорідних анізотропних пружних середовищах	4		6
4	Тема 4. Геологічні основи сейсмометрії	2		12
	<i>Контрольна робота 1</i>			2
5	Тема 5. Кінематика сейсмічних хвиль	4	2	12
6	Тема 6. Особливості годографів зареєстрованих у двошаровому середовищі	4	2	12
7	Тема 7. Годографи сейсмічних хвиль у багат шарових середовищах.	4	2	10
8	Тема 8. Годографи головної, рефрагованих і відбитих хвиль у градієнтному середовищі.	4	2	12
	<i>Контрольна робота 2</i>			2
	Всього за 1 семестр	28	10	80
2 семестр				
Частина 2. Сейсмічна апаратура і методики польових робіт				
9	Тема 9. Джерела сейсмічних коливань і реєстрація сейсмічних сигналів.	2	2	10
10	Тема 10. Цифрові сейсмічні станції, телеметричні сейсморозвідувальні системи	4		12
11	Тема 11. Методи сейсмометрії і методики польових досліджень	6	2	12
	<i>Контрольна робота 3</i>			2
Частина 3. Основи обробки та інтерпретації сейсмометричних спостережень				
12	Тема 12. Пряма і зворотна задачі сейсмометрії. Швидкості гірських порід.	4		10
13	Тема 13. Структура обробки сейсмічних даних	4	4	10
14	Тема 14. Основи інтерпретації сейсмічних даних	6	2	10
15	Тема 15. Практичне застосування сейсморозвідки	2		12
	<i>Контрольна робота 4</i>			2
	<i>Іспит</i>			
	Всього за 2 семестр	28	10	80
	ВСЬОГО	56	20	160

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 240 год.³, в тому числі:

Лекцій – **56 год.** (1 сем- 28 год, 2 сем – 28 год.)

Практичні заняття – **20 год.** (1 сем – 10 год., 2 сем. – 10 год.)

Консультації – **4 год.** (1 сем – 2 год, 2 сем – 2 год.)

Самостійна робота – **160 год.** (1 сем – 80 год., 2 сем -80 год.)

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

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА:⁴

Основні:

1. Сейсмометрія за спеціальністю 103 Науки про Землю. Висвітлені основи структурної інтерпретації сейсмічних даних у програмному забезпеченні Petrel. 2019. П.М. Кузьменко, А.П. Тищенко Файли: /docs/library/2019_Guideline_Seismometry_Petrel_tasks.pdf
2. Сейсморозвідка: підручник / Г.Т. Продайвода, П.М. Кузьменко, А.П. Тищенко, О.А. Трипільський. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2019.
3. Продайвода Г.Т., Трипільський О.А., Чулков С.С. Сейсморозвідка. – К – ВПЦ «Київський університет», 2008.-351 с.
4. Курс Берклі з прикладної геофізики. Сейсморозвідка. Інтернет видання.
5. Шериф Р., Гелдарт Л. Сейсморозвідка. – 1987.-Т.1,2.
6. https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/Intro_reflection_seismics_Chapter_2_Basic_Principles_of_the_Seismic_method.pdf
7. АVO-аналіз та інверсія сейсмічних даних: навчальний посібник / С. А. Вижва, Г. Т. Продайвода, П. М. Кузьменко. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2014. – 263 с.
8. Математична обробка сейсмічних даних Вижва С.А., Тищенко А.П. ВПЦ "Київський університет" Файли: /docs/library/2013_Matematichna-obrobka-seysmichnikh-danikh.pdf
9. Продайвода Г. Т. Математичне моделювання впливу тиску і температури на швидкості пружних хвиль гірських порід / Г. Т. Продайвода, Б. П. Маслов, С. А. Вижва // Геофизический журнал. – 2000. – №3. – С. 113–118.

Додаткова:

- 1 Yilmaz O. Seismic Data Analysis / O. Yilmaz – Tulsa: Society of Exploration Geophysicists, 2001. – 2027 p.

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

ПИТАННЯ НА ІСПИТ

1. Яка мета і завдання сейсмозвідки?
2. Поясніть поняття годографа. Поле часу та годографи прямих хвиль.
3. 3-D сейсмозвідка, принципів переваги над 2-D сейсмозвідкою.
4. Основні принципи сейсмозвідки.
5. Формула Кірхгофа, формула Пуассона.
6. Інтерференційні системи – загальна характеристика.
7. Принцип Гюйгенса–Френеля.
8. Групування сейсмоприймачів та змішування коливань.
9. Модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона.
10. Відбиття та заломлення плоских хвиль, закон Снелліуса.
11. Годограф спільної глибинної точки (СГТ).
12. Поздовжні та поперечні хвилі.
13. Коефіцієнти відбиття та проходження. Монотипні та обмінні хвилі.
14. Сферичне джерело поздовжніх хвиль. Сферичні хвилі.
15. Коефіцієнти відбиття та проходження за нормального падіння хвилі. Акустична жорсткість.
16. Сейсмоприймачі, типи, принцип дії.
17. Сейсмічні станції з цифровою формою запису.
18. Класифікація методів сейсмозвідки.
19. Метод заломлених хвиль (МЗХ) – загальна характеристика.
20. Метод відбитих хвиль (МВХ) – загальна характеристика.
21. Метод вертикального сейсмічного профілювання (ВСП) – загальна характеристика.
22. Метод глибинного сейсмічного зондування (ГСЗ) – загальна характеристика.
23. Метод спільної глибинної точки (СГТ) – загальна характеристика.
24. Принципи поділу сейсмічних досліджень за основними завданнями та цільовою спрямованістю.
25. Сейсмічна стратиграфія.
26. Кореляція та фільтрація сейсмічних матеріалів.
27. Основні припущення при інтерпретації сейсмічних даних.
28. Поле часу та годографи монотипної відбитої хвилі від плоскої відбиваючої межі.
29. Побудова заломлюючих меж способом t_0 .
30. Сейсмічні межі. Сильні та слабкі межі.
31. Позитивний та негативний коефіцієнт відбиття
32. Лінійний годограф головної хвилі
33. Структура обробки польових сейсмічних спостережень.
34. Критичний кут. Докритичні та закритичні відбиття.
35. Порівняльна характеристика годографів відбитих та головних хвиль.
36. Відбиття та заломлення сферичних хвиль.
37. Побудова променів в однорідних та верствуватих середовищах.
38. Пояснити, чому годограф головної хвилі – пряма лінія, а відбитої хвилі – крива II-го порядку.
39. Поверхневі хвилі. Хвиля Релея.
40. Годографи головних хвиль від криволінійної межі. Ефект проникнення.
41. Невибухові джерела збудження.
42. Кратні хвилі. Класи кратних хвиль. Хвилеводи
43. Годографи прохідних хвиль. Вертикальні годографи.
46. Основні способи визначення ефективної швидкості за годографами відбитих хвиль.
47. Багатошарове середовище. Товсті та тонкі шари.
48. Годографи відбитих хвиль у випадку горизонтально–верствуватого середовища.
49. Прямі індикатори пошуків вуглеводнів.
50. Криволінійні та шорсткі межі.
51. Годографи головних хвиль у випадку горизонтально–верствуватого середовища.
52. Сейсмічне знесення (знос) – коротка характеристика.
53. Зона малих швидкосте (ЗМШ), її вплив на виконання сейсмічних спостережень.

54. Загальні рівняння променів та поля часу у градієнтному середовищі.
55. Способи побудови відбиваючих меж в неоднорідних середовищах за поздовжніми годографами.
56. Рівняння поля часу.
57. Годографи головної, рефрагованих та відбитих хвиль у градієнтному середовищі.
58. Побудова поля часу в однорідному та верстуватому середовищах.
59. Порівняльна характеристика годографа СТЗ (спільна точка збудження) та годографа СГТ (спільна глибинна точка).
60. Побудова заломлюючих меж за поздовжніми годографами способом полів часу.
61. Статична та кінематична поправки.
62. Основні критерії виявлення диз'юнктивних порушень за сейсмічними даними.
63. Швидкості у сейсморозвідці.
65. Принципи інтерпретації сейсмічних даних.
66. Просторові системи спостережень.
67. Основна діагностична ознака виявлення вуглеводнів за сейсмічним методом.