

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  
*Сейсмометрія*

для здобувачів освіти

галузь знань  
спеціальність  
освітній рівень  
освітня програма  
блок дисциплін  
вид дисципліни

**10 Природничі науки**  
**103 Науки про Землю**  
**Бакалавр**  
**Геологія та менеджмент надрокористування**  
**Геофізика**  
**Вибіркова**

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2022/2023
Семестр	7, 8
Кількість кредитів ECTS	8
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	проміжний контроль, іспит

Викладачі: *Кузьменко Павло Миколайович, кандидат геологічних наук, доцент кафедри геофізики, доцент*

*Тищенко Андрій Павлович, кандидат геологічних наук, доцент кафедри геофізики, доцент*

Продовжено: на 2022/2024 н.р. *В. Кузьменко* «26» 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)

© Павло КУЗЬМЕНКО,  
© Андрій ТИЩЕНКО


КИЇВ - 2022

Розробники: *Кузьменко Павло Миколайович, кандидат геологічних наук, доцент кафедри геофізики,*

*Тищенко Андрій Павлович, кандидат геологічних наук, доцент кафедри геофізики*

Затверджено

В.о. зав. кафедри геофізики

 (Олександр ШАБАТУРА)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

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** – 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 та соціальній 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 сейсмозвідування 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	Базові основи цифрових сейсмозвідувальних станцій та	лекція, практичні заняття	Письмова робота	до 5%

	<i>телеметричних сейсморозвідувальних систем</i>			
1.8	<i>Технологію робіт методом спільної глибинної точки(СГТ)</i>	<i>лекція, практичні заняття</i>	<i>Письмова робота</i>	<i>до 10%</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 (7 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– 25 балів (рубіжна оцінка 15 балів)

##### **Семестрове оцінювання (8 семестр):**

- 4) Контрольна робота з основ обробки та інтерпретації сейсмічних даних – 5 балів (рубіжна оцінка 3 бали).
- 5) Оцінка за виконання самостійної роботи та захист практичних і самостійних робіт– 20 балів (рубіжна оцінка 12 балів).

**2. Підсумкове оцінювання у формі іспиту<sup>1</sup>:** 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	Іспит	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	21	15	24	60
<b>Максимум</b>	<b>35</b>	<b>25</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

Здобувач освіти не допускається **до іспиту**, якщо під час семестру набрав менше 24 балів.<sup>2</sup> 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 та самостійних 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 3 письмових модульних контрольних робіт. Підсумкове оцінювання проводиться у формі письмового іспиту.

#### Шкала відповідності

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

<sup>1</sup> 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**).

<sup>2</sup> 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
<b>7 семестр</b>				
<b>Частина 1. Фізико-математичні та геологічні основи сейсмозвідки</b>				
1	<b>Тема 1.</b> Фізико-математичні основи сейсмозвідки	4		12
2	<b>Тема 2.</b> Сейсмічні хвилі в однорідних і неоднорідних пружних середовищах	4	2	6
3	<b>Тема 3.</b> Швидкість розповсюдження пружних хвиль у геологічному середовищі	4		12
	<i>Контрольна робота 1</i>			2
4	<b>Тема 4.</b> Кінематика сейсмічних хвиль	4	2	12
5	<b>Тема 5.</b> Особливості годографів зареєстрованих у двошаровому середовищі	4	2	12
6	<b>Тема 6.</b> Годографи сейсмічних хвиль у багатошарових і градієнтних середовищах.	4	2	10
7	<b>Тема 7.</b> Годографи головної, рефрагованих і відбитих хвиль у градієнтному середовищі.	4	2	12
	<i>Контрольна робота 2</i>			2
	<b>Всього за 7 семестр</b>	28	10	80
<b>8 семестр</b>				
<b>Частина 2. Джерела сейсмічних хвиль і сейсмозвідувальна апаратура</b>				
8	<b>Тема 8.</b> Джерела і спектр сейсмічних коливань.	4		12
9	<b>Тема 9.</b> Цифрові сейсмозвідувальні станції, телеметричні сейсмозвідувальні системи	4	2	12
10	<b>Тема 10.</b> Основи обробки та інтерпретації сейсмозвідувальних спостережень	4		12
11	<b>Тема 11.</b> Швидкості в сейсмозвідці.	4	2	10
12	<b>Тема 12.</b> Способи визначення швидкостей за спостереженнями на денній поверхні та у свердловинах.	4	2	8
13	<b>Тема 13.</b> Побудова сейсмічних меж	4	2	12
14	<b>Тема 14.</b> Інтерпретація сейсмічних даних	4	2	12
	<i>Контрольна робота 3</i>			2
	<b>Всього за 8 семестр</b>	28	10	80
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>56</b>	<b>20</b>	<b>160</b>

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

**Загальний обсяг 240 год.<sup>3</sup>**, 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.)

<sup>3</sup> Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

## РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА:<sup>4</sup>

### Основні:

1. Продайвода Г.Т., Тріпільський О.А., Чулков С.С. Сейсморозвідка. – К – ВПЦ «Київський університет», 2008.-351 с.
2. Курс Берклі з прикладної геофізики. Сейсморозвідка. Інтернет видання.
3. [https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/Intro\\_reflection\\_seismics\\_Chapter\\_2\\_Basic\\_Principles\\_of\\_the\\_Seismic\\_method.pdf](https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/Intro_reflection_seismics_Chapter_2_Basic_Principles_of_the_Seismic_method.pdf)
4. Сейсморозвідка: підручник / Г.Т. Продайвода, П.М. Кузьменко, А.П. Тищенко, О.А. Тріпільський. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2019.
5. АВО-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.
6. Продайвода Г. Т. Математичне моделювання впливу тиску і температури на швидкості пружних хвиль гірських порід / Г. Т. Продайвода, Б. П. Маслов, С. А. Вижва // Геофізический журнал. – 2000. – №3. – С. 113–118.
7. Вижва С.А., Тищенко А.П Математична обробка сейсмічних даних. ВПЦ «Київський університет», 2013. – 153с.

### Додаткова:

- 1 Yilmaz O. Seismic Data Analysis / O. Yilmaz – Tulsa: Society of Exploration Geophysicists, 2001. – 2027 p.
- 2 . Berkhout A. J. Seismic Migration / A. J. Berkhout. – Imaging of Acoustic Energy by Wavefield Extrapolation. – Amsterdam, 1980.
- 3 Bording R. P. Seismic modeling and imaging / R. P. Bording. – Yiele, 1997. 150
- 4 Brouwer J. Shallow High-Resolution Reflection Seismics / J. Brouwer. – Helbig, 1998.
- 5 Brown A. R. Interpretation of three dimensional seismic data. –Tulsa, 1999.
- 6 Claerbout J. F. Fundamentals of Geophysical Data Processing / J. F. Claerbout – Palo Alto, 1985.
- 7 Cordsen A. Planning Land 3-D Seismic Surveys / A. Cordsen, M. Galbraith, J. Peire – Tulsa, 2000.
- 8 Cowan C. F. Adaptive filters / C. F. Cowan, P. M. Grant. – New York, 1985.
- 9 Ikelle L.T. Introduction to Petroleum Seismology / L. T. Ikelle, L. Amundsen. – Tulsa, 2005.
- 10 Mari J. L. Signal Processing for Geologists and Geophysicists / J. L. Mari, F. Glangaud, F. Coppens. – Paris, 1999.
- 11 Robinson E.A. Geophysical signal analysis / E. A. Robinson, S. Treitel. – New York, 1980.
- 12 SEG-Y – international format of seismic data. <http://www.seg.org/publications/tech-stand>
- 13 Sheriff R. E. Encyclopedic Dictionary of Exploration Geophysics, 4th edition / R. E. Sheriff. – Tulsa, 2002.
- 14 Sheriff R. E. Exploration Seismology Vol. 2: Data Processing / R. E. Sheriff, L. P. Geldart. – Cambridge, 1983.
- 15 Sheriff R. E. Encyclopedic Dictionary of Exploration Geophysics / R. E. Sheriff. – Tulsa, 1991.

---

<sup>4</sup> 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 сейсморозвідки?
2. Поясніть поняття годографа. Поле часу та годографи прямих хвиль.
3. 3-D сейсморозвідка, принципів переваги над 2-D сейсморозвідкою.
4. Основні принципи сейсморозвідки.
5. Формула Кірхгофа, формула Пуассона.
6. Інтерференційні системи – загальна характеристика.
7. Метод відбитих хвиль (МВХ) – загальна характеристика.
8. Принцип Гюйгенса–Френеля.
9. Групування сейсмоприймачів та змішування коливань.
10. Метод заломлених хвиль (МЗХ) – загальна характеристика.
11. Принцип Ферма.
12. Загальна схема вирішення обернених задач
13. Напруження, деформація, закон Гука.
14. Граничні умови.
15. Метод спільної глибинної точки (СГТ) -- загальна характеристика.
16. Модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона.
17. Відбиття та заломлення плоских хвиль, закон Снелліуса.
18. Годограф спільної глибинної точки (СГТ).
19. Поздовжні та поперечні хвилі.
20. Коефіцієнти відбиття та проходження. Монотипні та обмінні хвилі.
21. Сейсмоприймачі, типи, принцип дії.
22. Сферичне джерело поздовжніх хвиль. Сферичні хвилі.
23. Коефіцієнти відбиття та проходження за нормального падіння хвилі. Акустична жорсткість.
24. Кореляція та фільтрація сейсмічних матеріалів.
25. Профіль хвилі, графік коливань.
26. Класифікація методів сейсморозвідки.
27. Основні припущення при інтерпретації сейсмічних даних.
28. Дослідні роботи.
29. Поле часу та годографи монотипної відбитої хвилі від плоскої відбиваючої межі.
30. Принципи поділу сейсмічних досліджень за основними завданнями та цільовою спрямованістю.
31. Побудова заломлюючих меж способом  $t_0$ .
32. Сейсмічні межі. Сильні та слабкі межі.
33. Сейсмічна стратиграфія.
34. Позитивний та негативний коефіцієнт відбиття
35. Лінійний годограф головної хвилі
36. Структура обробки польових сейсмічних спостережень.
37. Критичний кут. Докритичні та закритичні відбиття.
38. Порівняльна характеристика годографів відбитих та головних хвиль.
39. Сейсмічні станції з цифровою формою запису.
40. Відбиття та заломлення сферичних хвиль.
41. Побудова променів в однорідних та верстуватих середовищах.
42. Пояснити, чому годограф головної хвилі -- пряма лінія, а відбитої хвилі -- крива II-го порядку.
43. Поверхневі хвилі. Хвиля Релея.
44. Годографи головних хвиль від криволінійної межі. Ефект проникнення.
45. Невибухові джерела збудження.
46. Кратні хвилі. Класи кратних хвиль. Хвилеводи
47. 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-верстуватого середовища.
49. Прямі індикатори пошуків вуглеводнів.



50. Криволінійні та шорсткі межі.
51. Годографи головних хвиль у випадку горизонтально-верстуватого 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. Способи побудови відбиваючих меж в однорідних середовищах за поздовжніми годографами.
59. Побудова поля часу в однорідному та верстуватому середовищах.
60. Порівняльна характеристика годографа СТЗ (спільна точка збудження) та годографа СГТ (спільна глибинна точка).
61. Побудова заломлюючих меж за поздовжніми годографами способом полів часу.
62. Статична та кінематична поправки.
63. Основні критерії виявлення диз'юнктивних порушень за сейсмічними даними.
64. Швидкості у сейсморозвідці.
65. Інтерпретація сейсмічних даних.
66. Просторові системи спостережень.
67. Основна діагностична ознака виявлення вуглеводнів за сейсмічним методом.