

**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

Математична обробка сейсмічних даних

для здобувачів

галузь знань	Е «Природничі науки, математика та статистика»
спеціальність	Е4 «Науки про Землю»
освітній рівень	Магістр
освітня програма	Геофізика
вид дисципліни	Обов'язкова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2025/2026
Семестр	2
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладач: *Лісний Георгій Дмитрович, доктор геологічних наук, професор кафедри геофізики, доцент.*

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)

© Лісний Г.Д., 2025 рік

КИЇВ – 2025

Розробник: Лісний Георгій Дмитрович, доктор геологічних наук, професор кафедри
геофізики, доцент

Затверджено

Завідувач кафедри геофізики

В.О.ч 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.В.Демидов Всеволод ДЕМИДОВ

Мета дисципліни – підготовка фахівців, що володіють фізичною суттю методів математичної обробки сейсмічних даних, набуття практичних навичок виконання послідовності обробки сейсмічних даних у сучасному спеціалізованому програмному забезпеченні.

Вимоги до вибору навчальної дисципліни:

1. Знання теоретичних основ геологічних та геофізичних дисциплін.
2. Володіти навичками роботи з персональним комп'ютером.

Анотація навчальної дисципліни / референс:

В програмі дисципліни основна увага приділяється математичній обробці сейсмічних даних, технології проведення двовимірних та тривимірних сейсмічних спостережень методом спільної середньої точки, форматам сейсмічних даних, математичній моделі сейсмічної траси, процедурам обробки сейсмічних даних, складу паспорту профілю, теорії дискретизації аналогових сигналів, спектрального перетворення цифрового сигналу, фільтрації, деконволюції та міграційних перетворень.

Розглядаються підходи до розв'язку прямих та обернених задач сейсмічних полів. Вивчаються прийоми обробки які пояснюються на реальних прикладах на базі спеціалізованого сучасного програмного забезпечення.

Завдання (навчальні цілі):

- вивчення теоретичних основ обробки та математичного апарату алгоритмів та процедур математичної обробки сейсмічних даних,
- надати фізико-математичні основи обробки сейсмічних даних;
- ознайомлення та практичне опанування сучасного програмного забезпечення для математичної обробки сейсмічних даних,
- ознайомити з термінологічним апаратом математичної обробки сейсмічних даних,
- пояснити загальні принципи обробки сейсмічних даних які використовуються на виробництві.

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	Методи перетворення даних сейсмометрії у цифровий сейсмічний запис	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 5 %
1.2	Матричний запис подання сейсмічних даних та методи їх обробки, операції з матрицями та математичний сенс операції демультимплексації	лекція	Письмова робота	до 5 %
1.3	Математичний запис операції згортки та кореляції часових послідовностей, подання сейсмічних записів у частотній області	лекція	Письмова робота	до 5 %

1.4	Кінематичний і динамічний підходи до обробки сейсмічних даних, етапи цифрової обробки і схеми їх взаємодії	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 10 %
1.5	Розрахунок і корекцію статичних та кінематичних поправок, редагування сейсмограм і амплітуд	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 10 %
1.6	Типи фільтрів, способи фільтрації та перетворення сейсмічних даних	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 10 %
1.7	Методи аналізу спектрів та швидкостей за даними сейсмічного й акустичного каротажу	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 10 %
1.8	Алгоритми підсумовування в методі спільної глибинної точки та технологію побудови сейсмічного кубу	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 5 %
1.9	Головні етапи обробки сейсмічних даних та представлення геологічної будови через сейсмічний сигнал	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 10 %
1.10	Динамічні параметри хвиль у часовій і частотній області та їх застосування при аналізі сейсмічних даних	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 5 %
2.1	Обробляти та описувати сейсмічні дані та пояснювати їх зв'язок з геологічними об'єктами	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 5 %
2.2	Працювати в комп'ютерних програмах з обробки сейсмічних даних	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 5 %
3.1	Вміти організувати колективну роботу для ефективного вирішення поставленої задачі	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 5 %
4.1	Розуміння особистої відповідальності за професійні рішення які можуть давати інформацію про геологічне середовище	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 10 %

Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	2.1	2.2	3.1	4.1
Програмні результати навчання														
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.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

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

Схема формування оцінки:

Форми оцінювання здобувачів

1. Семестрове оцінювання:

- 1) Контрольна робота за 1 змістовний модуль: фізико-математичних основ обробки сейсмічних даних – 10 балів (рубіжна оцінка 6 бали).
- 2) Контрольна робота за 2 змістовний модуль: процедури обробки до стадії підсумовування – 5 балів (рубіжна оцінка 3 бали).
- 3) Контрольна робота за 3 змістовний модуль: підсумовування та міграційні перетворення – 5 балів (рубіжна оцінка 3 бали).
- 4) Оцінка самостійної роботи за виконання та захист лабораторних робіт – 60 балів (рубіжна оцінка 36 балів).

2. Підсумкове оцінювання у формі заліку: максимальна оцінка 20 балів, рубіжна оцінка 12 балів. Під час заліку здобувач виконує завдання з використанням знань та вмінь з основ обробки та інтерпретації сейсмічних даних. **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.

	ЗМ1/Частина 1	ЗМ2/Частина 2	ЗМ3/Частина 3	залік	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	18	15	15	12	60
Максимум	30	25	25	20	100

Здобувач не допускається **до заліку**, якщо під час семестру набрав менше **40** балів.¹

Організація оцінювання: Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою та передбачає: виконання 8 практичних робіт (40 балів), в яких здобувачі мають продемонструвати якість засвоєних знань та вирішити поставлені задачі використовуючи окреслені викладачем методи та засоби, виконання самостійних робіт (20 балів) в яких здобувачі мають продемонструвати якість засвоєних знань та вирішити поставлені задачі без обмеження інструментарію та техніки вирішення проблеми) та проведення 3 письмових модульних контрольних робіт. Підсумкове оцінювання проводиться у формі письмового заліку.

Шкала відповідності

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

¹У 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. Фізико-математичні основи обробки сейсмічних даних				
1	Вступ. Поняття цифрового запису Тема 1. Реєстрація і подання сигналу у цифровій формі	2	2	8
2	Тема 2. Математичні операції в цифровій обробці сейсмічних даних	2		4
3	Тема 3. Математична модель сейсмограми	2		5
4	Тема 4. Розв’язок оберненої задачі сейсморозвідки	2	2	6
	Контрольна робота 1			1
Частина 2. Процедури обробки до стадії підсумовування				
5	Тема 5. Початкові процедури обробки сейсмічної інформації	2	2	10
6	Тема 6. Фільтрація сейсмічних даних	2	2	8
7	Тема 7. Аналіз поширення швидкостей сейсмічних хвиль	2	2	7
	Контрольна робота 2			1
Частина 3. Підсумовування та міграційні перетворення				
8	Тема 8. Підсумовування. Аналіз якості після обробки та кінцева сума	2	2	10
9	Тема 9. Міграція сейсмічних даних	1	2	9
10	Тема 10. Динамічний аналіз сейсмічних даних	1	2	10
	Контрольна робота 3			1
	Залік	2		
	ВСЬОГО	20	16 ²	80

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 120 год.³,
в тому числі: Лекцій – **20 год.**
Практичні заняття - **16 год.**
Консультації - **4 год.**
Самостійна робота - **80 год.**

Теми для самостійного навчання:

1. Поняття цифрового запису. Реєстрація і подання сигналу у цифровій формі.
2. Матричне подання цифрової обробки. Операції з матрицями. Матрична форма подання сейсмічних записів.

² У робочій програмі навчальної дисципліни зазначається *реальна* кількість годин (кратне 2 год. – час тривалості пари).

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

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:⁴

Основна:

1. Вижва С.А., Тищенко А.П. (2013). [Математична обробка сейсмічних даних: навчальний посібник](#). Київ: ВПЦ «Київський університет», 153 с.
2. Тимошин Ю. В., Лісний Г.Д. (1994). Теорія обробки геофізичної інформації–Київ: Вища школа. 217 с.
3. Вижва С.А., Продайвода Г.Т., Кузьменко П.М. (2014). [AVO-аналіз та інверсія сейсмічних даних](#). Київ: ВПЦ «Київський університет», 263 с.
4. Продайвода Г.Т., Кузьменко П.М., Тищенко А.П., Трипільський О.А. (2019). [Сейсморозвідка](#): підручник. – Київ: ВПЦ"Київський університет".
5. Продайвода Г.Т., Трипільський О.А., Чулков С.С. (2008). Сейсморозвідка. Київ: ВПЦ «Київський університет», 351 с.
6. Тищенко А.П. (2020). Методичні вказівки з виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «[Математична обробка сейсмічних даних](#)» для студентів магістрів 1 курсу «103 Науки про Землю» за освітньо-навчальною програмою «Геофізика». Електронне видання, 28 с.

Додаткова:

1. Berkhout A. J. (1980). Seismic Migration / A. J. Berkhout. Imaging of Acoustic Energy by Wavefield Extrapolation. Amsterdam.
2. Bording R. P. (1997). Seismic modeling and imaging / R. P. Bording. Yiele
3. Brouwer J. Shallow High-Resolution Reflection Seismics/ J. Brouwer. – Helbig, 1998.
4. Brown A. R. Interpretation of three dimensional seismic data. –Tulsa, 1999.
5. Claerbout J. F. Fundamentals of Geophysical Data Processing / J. F. Claerbout – Palo Alto, 1985.
6. Cordsen A. Planning Land 3-D Seismic Surveys / A. Cordsen, M. Galbraith, J. Peire – Tulsa, 2000.
7. Cowan C. F. Adaptive filters / C. F. Cowan, P. M. Grant. – New York, 1985
8. Sheriff R. E. Encyclopedic Dictionary of Exploration Geophysics, 4th edition / R. E. Sheriff. – Tulsa, 2002
9. Yilmaz O. Seismic Data Processing / O. Yilmaz – Tulsa: Society of Exploration Geophysicists, 1994. – 526 p.
10. Yilmaz O. Seismic Data Analysis / O. Yilmaz – Tulsa: Society of Exploration Geophysicists, 2001. – 2027 p., Elsevier, 2018.
12. Satinder Chopra and John P. Castagna. AVO. Investigation in Geophysics Series No. 16. Society of Exploration Geophysicists. 2014. 289 p.
13. Rob Simm and Mice Bacon. Seismic Amplitude: An Interpreter's Handbook. Cambridge University Press. 2014. 272 p.

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

ПИТАННЯ НА ЗАЛІК

1. Як виконується швидкісний аналіз сейсмічних даних?
2. Як проводиться двовимірна геометрія при морських та наземних роботах?
3. Як визначаються сейсмічні швидкості та їх підбір?
4. Як виконуються процедури послаблення кратних хвиль?
5. Що таке мультиплексний формат даних та процедура демультиплексації?
6. Як виконується просторово-часова фільтрація (F-K) сейсмічних даних?
7. Як здійснюється контроль якості підбору швидкостей?
8. Що таке статичні та кінематичні поправки?
9. Що таке багатократна геометрія та розрахунок кратності?
10. Як виконується підсумування сейсмічних даних?
11. Що таке процедура сортування трас і як вона використовується?
12. Які бувають статичні поправки та їх різновиди?
13. Як виконується міграція сейсмічних даних до підсумування?
14. Як реалізується редагування сейсмічних трас?
15. Що таке деконволюція форми сигналу?
16. Як виконується цифрова фільтрація сейсмічних даних?
17. Як використовується Фур'є-аналіз при обробці сейсмічних даних?
18. Який склад частот в сейсмічній трасі?
19. Що таке вібросейсмічні дані та їх кореляція?
20. Наведіть класифікацію фільтрів.
21. Які є формати польових сейсмічних даних?
22. Що таке відновлення амплітуд та автоматичне регулювання підсилення?
23. Що таке пряме та зворотне перетворення Фур'є і яке їх використання при обробці сейсмічних даних?
24. Як виконується збір сейсмічної інформації для наземних та морських джерел сейсмічних коливань?
25. Що таке лінійна фільтрація Тау-Р?
26. Як впливає зміна кроку дискретизації на сейсмічні дані?
27. Що таке просторова інтерполяція сейсмічних даних?
28. Як виконується стандартний граф обробки морських двовимірних сейсмічних даних?
29. Які загальні основи деконволюції?
30. Що таке кінематичні поправки за часових зсув хвилі (NMO) та їх швидкості?
31. Які існують види міграції сейсмічних даних?
32. Що таке аляйсінг?
33. Що таке тривимірна геометрія при морських та наземних роботах?
34. Що таке попередня та остаточна статика?
35. Що таке бінування в тривимірній сейсморозвідці?
36. Що таке деконволюція FX?
37. Як виконується стандартний граф обробки морських тривимірних сейсмічних даних?
38. Що таке геометрія сейсмічних спостережень та паспорт профілю?
39. Що таке м'ютинг сейсмічних трас?
40. Які є способи підвищення відношення сигнал/завада?
41. Що таке деконволюційні оператори передбачення.
42. Що таке цифровий сейсмічний запис як часова послідовність.
43. Як виконується реєстрація сейсмічного запису у цифровій формі. Демультиплексація?
44. Що таке двійкова система числення, одиниці інформації та динамічний діапазон сейсмічного запису?
45. Опишіть формат обробки сейсмічного запису SEG-Y.
46. Що таке операція згортки (властивості лінійності, інтеграл Дюамеля)?
47. Як виконується кореляція часових послідовностей (кореляційна функція, функція автокореляції, функція взаємної кореляції). Властивості кореляційних функцій?
48. Як проводиться представлення сейсмічних записів в частотній області?
49. Зміст перетворення Фур'є.

50. Опишіть теорему Котельникова, крок дискретизації і дзеркальні частоти.
51. Що таке кінематичний і динамічний підходи до обробки сейсмічних даних?
52. Поясніть етапи обробки і схему їх взаємодії.
53. Що таке зворотня задача сейсморозвідки та математична модель середовища?
54. Опишіть модель сейсмічної траси та моделі імпульсів.
55. Що таке літолого-акустична та фізико-геологічна модель середовища?
56. Як здійснюється моделювання і розв'язок прямої задачі сейсморозвідки?
57. Що таке демультіплексація, редагування і мьютінг сейсмограмм?
58. Як виконується регулювання амплітуд (експоненціальна регулювання, АРУ, балансування)?
59. Як здійснюється розрахунок і корекція статичних поправок?
60. Як виконується розрахунок і корекція кінематичних поправок?
61. Що таке фільтрація сейсмічних хвиль (корисні хвилі і хвилі перешкоди, класифікація видів фільтрації)?
62. Поясніть поняття узгоджених фільтрів, фільтр низьких частот, фільтр високих частот, смуговий фільтр та режекторний фільтр.
63. Що таке розрахунок узгоджених фільтрів і явище Гіббса?
64. Поясніть поняття та фізичні основи багатоканальної фільтрації, алгоритм багатоканальної фільтрації.
65. Що таке посторово-часова фільтрація (F-K фільтрація)?
66. Що таке оптимальні фільтри та критерії оптимальності фільтрів?
67. Опишіть рівняння Колмогорова-Вінера та зворотний фільтр стиснення.
68. Що таке фільтр похибки передбачення?
69. Що таке вертикальні спектри швидкостей?
70. Як виконується аналіз швидкостей за даними сейсмокаротажа і акустичного каротажу?
71. Фізичне обґрунтування міграції?
72. Опишіть алгоритми міграції та сейсмічну міграцію як зворотну задачу.
73. Що таке псевдоакустичний каротаж (ПАК)?
74. Як виконується аналіз залежності амплітуди відбитої хвилі від величини виносу «джерело-приймач»?
75. Опишіть рівняння Цеппрітца, AVO-аномалії та їх класифікацію за типами.
76. Які є сучасні засоби обчислювальної техніки?
77. Опишіть системи обробки сейсмічних даних.
78. Охарактеризуйте етапи обробки сейсмічної інформації.
79. Як здійснюється комп'ютерне планування двовимірних та тривимірних спостережень?