КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ННІ «Інститут геології»

Кафедра ***геофізики***

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник директора інституту
з навчальної роботи
Всеволод ДЕМИДОВ _____
«30» серпня 2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Математична обробка сейсмічних даних

для здобувачів

галузь знань **10«Природничі науки»**
спеціальність **103 «Науки про Землю»**
освітній рівень **Магістр**
освітня програма **Геофізика**
блок дисциплін **Прикладна геофізика, фізика Землі**
вид дисципліни **обов`язкова**

Форма навчання	**денна**
Навчальний рік	**2024/2025**
Семестр	**2**
Кількість кредитів ECTS	**4**
Мова викладання, навчання та оцінювання	**українська**
Форма заключного контролю	**залік**

Викладач: *Тищенко Андрій Павлович, 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)

© Тищенко А.П., 2024 рік

КИЇВ – 2024

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

Затверджено

Завідувач кафедри геофізики

_____ Віктор ОНИЩУК

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 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 демультиплексації*	*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*	*лекція,*	*Письмова*	*до 10 %*
	та кінематичних поправок, редагування сейсмограм і амплітуд	*практичне заняття*	*робота*	
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 / **Програмні результати навчання**	**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**
Аналізувати особливості природних та антропогенних систем і об'єктів геосфер Землі.	+	+			+	+	+						+	

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 проводити самостійні геофізичні дослідження природних об'єктів і процесів у геосферах в польових і лабораторних умовах. 8 – Ресурсне забезпечення	+	+			+	+	+	+			+			+

***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
Мінімум	*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 якихздобувачі 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

[1]*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. *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. Математична обробка сейсмічних даних на ЕОМ, К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2013. - 153 с.http://geophys.knu.ua/docs/library/2013_Matematichna-obrobka-seysmichnikh-danikh.pdf
2. Сейсморозвідка: підручник / Г.Т. Продайвода, П.М. Кузьменко, А.П. Тищенко, О.А. Трипільський. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2019.http://geophys.knu.ua/education/library/95/seysmorozvidka
3. Продайвода Г.Т., Трипільський О.А., Чулков С.С. Сейсморозвідка. – К – ВПЦ «Київськийуніверситет», 2008.-351 с.
4. Методичнівказівки з виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Математична обробка сейсмічних даних» для студентів магістрів1 курсу «103 Науки про Землю» за освітньо-навчальною програмою «Геофізика» / А.П. Тищенко – електронневидання, 2020 – 28с. / http://geophys.knu.ua/education/library/95/seysmorozvidka

Додаткова:

1. Тимошин Ю. В. Теорія обробки геофізичної інформації / Ю. В. Тимошин, Г. Д. Лісний. –К. : Вища шк., 1994.
2. Berkhout A. J. Seismic Migration / A. J. Berkhout. – ImagingofAcousticEnergybyWavefield Extrapolation. – Amsterdam, 1980.
3. Bording R. P. Seismic modeling and imaging / R. P. Bording.– Yiele, 1997.
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. Sheriff R. E. EncyclopedicDictionaryofExplorationGeophysics, 4th edition / R. E. Sheriff. – Tulsa, 2002
10. Yilmas O. SeismicDataProcessing / O. Yilmaz – Tulsa: SocietyofExplorationGeophysicists, 1994. – 526 p.
11. Yilmaz O. SeismicDataAnalysis / O. Yilmaz – Tulsa: SocietyofExplorationGeophysicists, 2001. – 2027 p., Elsevier, 2018

ПИТАННЯ НА ЗАЛІК

[4]*Основна: (Базова)* до 10 фундаментальних, базовихджерел. *Додаткова:*як правило - до 20 джерел*в тому числіІнтернетресурси*

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 аляйсинг?
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 поправка за нахил відбиваючої границі до підсумування (DMO)?
40. Що таке м'ютинг сейсмічних трас?
41. Охарактеризуйте метод найменших квадратів в теорії обробки сейсмічних даних?
42. Які є способи підвищення відношення сигнал/завада?
43. Що таке деконволюційні оператори передбачення.
44. Що таке цифровий сейсмічний запис як часова послідовність.
45. Як виконується реєстрація сейсмічного запису у цифровій формі. Демультиплексація?
46. Що таке двійкова система числення, одиниці інформації та динамічний діапазон сейсмічного запису?
47. Опишіть формат обробки сейсмічного запису SEG-Y.
48. Охарактеризуйте матричну форму представлення сейсмічних записів. Матричне представлення процесу обробки.
49. Що таке операція згортки (властивості лінійності, інтеграл Дюамеля)?
50. Як виконується кореляція часових послідовностей (кореляційна функція, функція автокореляції, функція взаємної кореляції). Властивості кореляційних функцій?

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