

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА
Кафедра морської геології, гідрогеології, інженерної геології та палеонтології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної
роботи



(Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО)

20 22 г.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Математичні методи моделювання в інженерній геології та гідрогеології

(назва навчальної дисципліни)

Рівень вищої освіти: Третій (освітньо-науковий)

Галузь знань: Природничі науки

Спеціальність: 103 Науки про Землю

(код і назва спеціальності (тей))

Освітньо-професійна/наукова програма: Науки про Землю

(назва ОПП/ОНП)

Робоча програма навчальної дисципліни «Математичні методи моделювання в інженерній геології та гідрогеології». – Одеса: ОНУ, 20 22. – 12 с.

Розробник: *Мелконян Д.В.*, к. фіз.-мат. наук, доцент кафедри морської геології, гідрогеології, інженерної геології та палеонтології.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри _____

Протокол № 1 від «1» вересня 2022р.

Завідувач кафедри _____

(підпис)

(Євген ЧЕРКЕЗ)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Погоджено із гарантом ОПП/ОНП _____

(Валентина ЯНКО)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) _____ геолого-географічного факультету

Протокол № 1 від «2» 09 2022р.

Голова НМК _____

(підпис)

(Віталій СИЧ)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри _____

_____ Протокол № __ від. «__» _____ 20__ р.

Завідувач кафедри _____

(підпис)

(_____)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри _____

_____ Протокол № __ від. «__» _____ 20__ р.

Завідувач кафедри _____

(підпис)

(_____)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Погоджено з гарантом ОПП/ОНЗ Науки про Землю

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		<i>Денна форма навчання</i>	<i>Вечірня форма навчання</i>
Загальна кількість: кредитів – 3 годин – 90 змістових модулів – 3	Галузь знань <u>10 Природничі науки</u> (шифр і назва) Спеціальність <u>103 «Науки про Землю»</u> (код і назва) Освітня програма <u>Науки про Землю</u> Рівень вищої освіти: <u><i>Третій (освітньо-науковий)</i></u>	<i>Дисципліна вільного вибору</i>	
		Рік підготовки:	
		1-й	
		Лекції	
		12 год.	
		Практичні, семінарські	
		10 год.	
		Лабораторні	
		Самостійна робота	
		68 год.	
		Форма підсумкового контролю: залік	

* у денній та вечірній формах навчання ідентична кількість годин

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни "Математичні методи моделювання в інженерній геології та гідрогеології" є отримання аспірантами знань про математичні методи моделювання інженерно-геологічних і гідрогеологічних процесів.

Завдання дисципліни:

- формування теоретичних знань та набуття практичних навичок щодо проведення моделювання;
- вивчення принципів і прийомів практичного застосування математичних методів для моделювання інженерно-геологічних і гідрогеологічних процесів.

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми вищої освіти аспіранти мають здобути **компетентності**:

а) загальні (ЗК):

ЗК 01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК 04. Здатність породжувати нові ідеї (креативність).

ЗК 05. Здатність застосовувати набуті знання в практичних ситуаціях.

ЗК 07. Здатність спілкуватися на фахову тематику з експертами з інших галузей.

б) спеціальні (фахові) (СК):

СК 03. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в сфері морської геології, палеонтології, інженерної геології, гідрогеології, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

СК 05. Здатність використовувати новітні інформаційно-комунікаційні технології, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.

СК 07. Здатність проводити пошук, обробляти, аналізувати та систематизувати наукову інформацію за темою дисертації, обрати методики і засоби вирішення наукових задач.

СК 09. Здатність самостійно здійснювати науково-дослідницьку діяльність в галузі геології та суміжних науках, інтерпретувати дані власного наукового дослідження, відносити їх до відповідної теорії з використанням сучасних методів дослідження, інформаційних технологій.

Програмні результати навчання (РН).

РН 02. Володіння термінологічним та понятійним апаратом геолога.

РН 06. Навички збирати, обробляти, зберігати та аналізувати наукову інформацію за темою дисертації з використанням сучасних комп'ютерних засобів та інформаційних технологій.

РН 09. Відкритість до інших наук шляхом включення до власного

дослідження елементів дотичних до геології наук (фізика, біологія, хімія тощо) та використання міждисциплінарних підходів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен:

знати:

- основні принципи побудови математичних моделей геологічних середовищ, процесів та явищ;
- типи розрахункових схем і методик побудови розрахункових схем;
- методи числового моделювання: метод кінцевих різниць, метод кінцевих елементів;
- особливості задання граничних умов;
- лінійні і нелінійні моделі, характерні особливості їх математичного аналізу;
- методи та умови застосування статистичних методів аналізу даних інженерно-геологічних і гідрогеологічних досліджень;
- математичні основи моделювання напружено-деформованого стану масивів ґрунтів, зсувних схилів і укосів;
- загальні положення сучасної теорії гідрогеологічного моделювання;
- принципи схематизації гідрогеологічних умов;
- математичні основи вивчення процесів фільтрації підземних вод;
- базові диференціальні рівняння фільтрації підземних вод та основні методи їх розв'язання;
- основні класифікаційні схеми та особливості структури потоків підземних вод;
- основні математичні моделі руху підземних вод та закони фільтрації;

вміти:

- ставити наукові і практичні завдання в галузі інженерної геології;
- систематизувати об'єкти моделювання;
- застосовувати числові методи і готувати обчислювальні програми;
- проводити дисперсійний, кореляційний, регресійний та факторний аналізи;
- з застосуванням статистичних моделей прогнозувати інженерно-геологічні процеси і явища;
- моделювати просторово-часову мінливість властивостей геологічних та інженерно-геологічних об'єктів;
- оцінювати і прогнозувати стійкість масивів ґрунтів, зсувних схилів і укосів;
- застосовувати знання з математики для аналізу даних режимних спостережень і створювати фізико-математичні моделі гідрогеологічного середовища;
- схематизувати гідрогеологічні умови для подальшого моделювання;
- використовувати математичне моделювання для аналізу гідрогеологічних та гідроекологічних процесів;
- ставити наукові і практичні завдання в галузі регіональної та інженерної гідрогеології;

– використовувати сучасні програми математичного моделювання (MODFLOW, Statistica, ArcGIS, Golden Software Surfer, CorelDraw та ін.).

3. Зміст навчальної дисципліни

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. Емпіричні аналітичні моделі

Тема 1. Методи побудови емпіричних аналітичних моделей.

Основні поняття. Алгоритм побудови аналітичної моделі. Характеристика основних етапів алгоритмів побудови емпіричних аналітичних моделей. Точність аналітичних моделей.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. Методи статистичної обробки експериментальних даних

Тема 2. Методи побудови емпіричних регресійних моделей.

Основні поняття. Алгоритм побудови емпіричної регресійної моделі. Точність регресійних моделей. Характеристика основних етапів алгоритмів побудови емпіричних регресійних моделей. Методи та умови застосування статистичних моделей аналізу даних інженерно-геологічних досліджень. Прогнозування інженерно-геологічних процесів і явищ з застосуванням статистичних моделей.

Тема 3. Регресійні моделі з однією і декількома вхідними змінними.

Види регресійних моделей з однією вхідною змінною. Множинна регресія. Матричний підхід до визначення коефіцієнтів регресії. Лінійні регресійні моделі з декількома вхідними змінними. Нелінійні регресійні моделі з декількома вхідними змінними. Крокові методи побудови регресійних моделей. Програми для проведення статистичного аналізу інженерно-геологічних і гідрогеологічних даних: ArcGIS, Statistica, MS Excel.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. Чисельне моделювання інженерно-геологічних і гідрогеологічних процесів

Тема 4. Чисельні методи.

Чисельні методи рішення систем алгебраїчних рівнянь: методи виключення, ітераційні методи. Чисельні методи інтегрування звичайних диференціальних рівнянь - метод кінцевих різниць (МКР), метод кінцевих елементів (МКЕ).

Тема 5. Метод електрогеодинамічних аналогій.

Основи теорії геодинамічного поля. Геодинамічна сітка. Закони заломлення силових і ізопотенційних ліній на межі розділу двох шарів. Задачі

теорії геодинамічного поля. Рішення крайових задач. Особливості задання граничних умов. Оцінка напружено-деформованого стану і стійкості масивів ґрунтів, схилів методом електрогеодинамічних аналогій та комплексним методом граничних елементів.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин									
	Денна форма					Вечірня форма				
	Усього	у тому числі				Усього	у тому числі			
		л	п/с	лаб	ср		л	п	лаб	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Змістовий модуль 1. Емпіричні аналітичні моделі										
Тема 1. Методи побудови емпіричних аналітичних моделей	14	2	2		10					
Разом за змістовим модулем 1	14	2	2		10					
Змістовий модуль 2. Методи статистичної обробки експериментальних даних										
Тема 2. Методи побудови емпіричних регресійних моделей	14	2	2		10					
Тема 3. Регресійні моделі з однією і декількома вхідними змінними	18	4	2		10					
Разом за змістовим модулем 2	32	6	4		20					
Тема 4. Чисельні методи	16	2	2		10					
Тема 5. Метод електрогеодинамічних аналогій	28	2	2		28					
Разом за змістовим модулем 3	44	4	4		38					
Усього годин	90	12	10		68					

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені.

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Статистичний аналіз даних інженерно-геологічних досліджень, створення регресійних моделей для вивчення мінливості фізико-механічних властивостей ґрунтів на території м. Одеса.	3
2.	Створення прогнозних моделей для рівнів ґрунтових вод на території м. Одеса за допомогою фрактального аналізу	3
3.	Моделювання та оцінка напружено-деформованого стану (стійкості) масивів ґрунтів, схилів методом електрогеодинамічних аналогій та комплексним методом граничних елементів.	4

7. Теми лабораторних занять

Лабораторні заняття не передбачені.

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Створити аналітичні моделі, використовуючи дані інженерно-геологічних і гідрогеологічних досліджень для території м. Одеса та прилеглих районів.	10
2.	Провести статистичний аналіз даних гідрогеологічних досліджень, створити регресійні моделі для вивчення мінливості хімічного складу підземних вод території м. Одеса.	20
3.	Використовуючи чисельні методи (МКЕ, МКР), на основі рівняння Лапласа, створити математичну модель для оцінки напружено-деформованого стану та стійкості зсувних схилів на території м. Одеса та прилеглих районів.	38
	Разом	

9. Методи навчання

Лекції, пояснення, розв'язання інженерно-геологічних та гідрогеологічних задач, практичні роботи.

10. Форми контролю і методи оцінювання

Поточний контроль: оцінювання усних відповідей під час практичних занять, оцінювання розв'язаних задач і завдань, що виносяться на самостійне опрацювання.

Підсумковий контроль: *залік*.

Критерії та шкала оцінювання: національна та ECTS

За системою ОНУ імені І.І.Мечникова	Оцінка ECTS	За національною шкалою	Визначення
90–100	A	зараховано	Здобувач вищої освіти повно та ґрунтовно засвоїв всі теми робочої програми з навчальної дисципліни, вміє вільно та самостійно викласти зміст всіх питань програми навчальної дисципліни, розуміє її значення для своєї професійної підготовки, повністю виконав усі завдання з кожної теми поточного та підсумкового контролю.
85–89	B		Здобувач вищої освіти недостатньо повно та ґрунтовно засвоїв окремі теми робочої програми навчальної дисципліни. Вміє самостійно викласти зміст основних питань програми навчальної дисципліни, виконав завдання з кожної теми поточного та підсумкового контролю в цілому.
75–84	C		Здобувач вищої освіти недостатньо повно та ґрунтовно засвоїв деякі теми робочої програми, не вміє самостійно викласти зміст деяких питань програми навчальної дисципліни. Окремі завдання з кожної теми поточного та підсумкового контролю виконав не в повному обсязі.
70–74	D		Здобувач вищої освіти засвоїв лише окремі теми робочої програми. Не вміє вільно і самостійно викласти зміст основних питань навчальної дисципліни, не виконав окремі завдання поточного контролю з кожної теми та підсумкового контролю.
60–69	E		Здобувач вищої освіти засвоїв лише окремі теми робочої програми. Не вміє достатньо самостійно викласти зміст більшості питань програми навчальної дисципліни. Виконав лише окремі завдання з кожної теми поточного контролю в цілому.
35–59	FX		не зараховано з можливістю повторного

		складання	контролю в цілому.
0–34	F	не зараховано з обов'язкови м повторним вивченням дисципліни	Здобувач вищої освіти не засвоїв програму навчальної дисципліни, не вмів викласти зміст жодної теми навчальної дисципліни, не виконав завдань поточного контролю.

11. Питання для поточного контролю

1. Предмет, завдання, мета курсу "Математичні методи моделювання в інженерній геології та гідрогеології".
2. Модель, моделювання. Математичне моделювання. Алгоритм побудови моделі.
3. Характеристика основних етапів побудови емпіричних аналітичних моделей.
4. Регресійні моделі з однією і декількома вхідними змінними. Статистична обробка експериментальних даних та побудова регресійних моделей інженерно-геологічних і гідрогеологічних процесів.
5. Геологічна подібність, критерії геологічної подібності.
6. Способи виведення критеріїв геологічної подібності. Виведення критеріїв подібності за допомогою теоретичного аналізу та аналізу розмірності.
7. Критерій геологічної подібності для моделювання інженерно-геологічних і гідрогеологічних процесів.
8. Виведення критеріїв подібності для моделювання плоско-напруженого стану порід на схилі в межах лінійно-деформованого середовища.
9. Чисельне моделювання інженерно-геологічних і гідрогеологічних процесів. Формулювання задачі. Задання початкових і граничних умов.
10. Чисельні методи рішення систем алгебраїчних рівнянь.
11. Метод електрогеодинамічних аналогій та оцінка стійкості схилів.
12. Принцип роботи програм для моделювання інженерно-геологічних і гідрогеологічних процесів: ArcGIS, Statistica, Golden Software Surfer, MODFLOW.

12. Розподіл балів, які отримують аспіранти

Поточний контроль				Підсумковий контроль (залік)	Сума балів
Змістовий модуль №1	Змістовий модуль № 2		Змістовий модуль № 3		
T1	T2	T3	T4	T5	
10	10	10	10	10	50
					100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
		для заліку
90-100	A	зараховано
85-89	B	
75-84	C	
70-74	D	
60-69	E	
35-59	FX	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

13. Методичне забезпечення

Робоча програма навчальної дисципліни. Силабус.

1. Мелконян Д. В. Методологія наукового пізнання. Геологічні науки: методичні рекомендації до самостійної роботи для здобувачів вищої освіти ступеня магістра спеціальності 103 «Науки про Землю». Одеса: Видавець Букаєв Вадим Вікторович, 2022. 24 с.
2. Мелконян Д.В. Методичні основи застосування натурного моделювання у геологічних дослідженнях. Методичні вказівки для студентів геолого-географічного факультету. Одеса: ООО "Персей", 2010. 44 с.
3. Мелконян Д.В., Черкез Є.А. Програмування мовою Сі і гідрогеологічні розрахунки на ЕОМ: методичні вказівки для студентів геолого-географічного факультету денної і заочної форм навчання. Одеса: Наука и техника, 2003. 46 с.

14. Рекомендована література

Основна

1. Вижва З.О. Математичні моделі в природознавстві: навч. посібник. Київ: Обрії, 2007. 164 с.
2. Іванік О.М., Назаренко М.В., Хоменко С.А. Моделювання геологічних процесів і структур. Практикум. Київ: ВПЦ "Київський університет", 2014. 119 с.
3. Ковальчук В.В. Основи наукових досліджень. Київ: Професіонал, 2008. 240 с.
4. Мелконян Д. В. Метод натурного моделювання у геологічних та інженерно-геологічних дослідженнях: теоретичний аспект. The current state of

fundamental and applied natural sciences research (Сучасний стан фундаментальних і прикладних природничих наукових досліджень): колективна монографія. Рига: "Izdevniecība "Baltija Publishing", 2022. С. pp. 204-231.

Додаткова

1. Мелконян Д.В., Черкез Е.А. Моделювання напруженого стану порід схилів складної геологічної будови комплексним методом граничних елементів з урахуванням сейсмічності. *Вісник Київського національного університету. Геологія*. 2005. Вип. 34. С. 24-27.
2. Kelly W.G., Peterson A.C. The theory of Differential Equations: Classical and Qualitative, 2nd edn. New York: Springer. 2010. 424 p.
3. Mallet J.-L. Geomodeling. New York: Oxford University Press, 2002. 624 p.
4. McDermott P. L., Wikle C. K. A model-based approach for analog spatiotemporal dynamic forecasting, *Environmetrics*, 2016. 27, 70–82.
5. Sperati S., Alessandrini S. and Monache L.D. Gridded Probabilistic Weather Forecasts with an Analog Ensemble. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 2017. 143. P. 2874-2885.
6. Walsh J.E., Brettschneider B., Kettle N.P., Thoman R.L. An Analog Method for Seasonal Forecasting in Northern High Latitudes. *Atmospheric and Climate Sciences*. 2021. № 11. P. 469-485.

11. Електронні інформаційні ресурси

1. Бібліотека геолога. Матеріали про геологію і геодезію. URL: http://geobooks.com.ua/books/engineering_geology/engineering_geology_254.html
2. Науково-практичний журнал "Наука та інновації". URL: <http://scinn.nas.gov.ua/ua>
3. Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського. URL: <http://www/nbu.gov.ua>