

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

Факультет

Геолого-географічний

Кафедра

Інженерної геології і гідрогеології

роботи

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Проректор з науково-педагогічної
роботи



“ 23 ” вересня

(П.І.Б.)
2020 р.

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

ВБ 3.2 Математичні методи моделювання в інженерній геології та гідрогеології

Рівень вищої освіти третій (освітньо-науковий)

Спеціальність 103 «Науки про Землю»

Освітньо-наукова програма Науки про Землю

Одеса
2020 рік

Розробник: Мелконян Д.В., канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри інженерної геології і гідрогеології

Навчальна програма затверджена на засіданні кафедри інженерної геології і гідрогеології

Протокол № 1 від “ 28 ” серпня 2020 р.

Завідувач кафедри



(Козлова Т.В.)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Обговорено та рекомендовано до затвердження навчально-методичною комісією (НМК) геолого-географічного факультету:

Протокол № 1 від “ 30 ” серпня 2020 року

Голова НМК



(Сич В.А.)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Навчальна програма дисципліни "Математичні методи моделювання в інженерній геології та гідрогеології" укладена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки докторів філософії спеціальності 103 «Науки про Землю».

Предметом вивчення навчальної дисципліни є основні методи математичного моделювання, планування чисельного експерименту, регресійного аналізу; статистичної обробки експериментальних даних; моделювання інженерно-геологічних і гідрогеологічних процесів.

Місце навчальної дисципліни в структурі освітнього процесу. При вивченні дисципліни використовуються знання та вміння, що були отримані раніше – при вивченні дисциплін для підготовки бакалаврів та магістрів: "Математика", "Фізика", "Інформатика", "ГІС моделювання інженерно-геологічних та гідрогеологічних систем", "Інженерно-геологічні прогнози і моделювання", "Методика інженерно-геологічних досліджень", "Методика гідрогеологічних досліджень", "Сучасні проблеми інженерної геології і гідрогеології", "Спеціальні гідрогеологічні розрахунки", "Методика обробки гідрогеологічної інформації".

Програма навчальної дисципліни складається з трьох змістових модулів:

1. Емпіричні аналітичні моделі.
2. Методи статистичної обробки експериментальних даних.
3. Чисельне моделювання інженерно-геологічних і гідрогеологічних процесів.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

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

Основними **завданнями** вивчення дисципліни "Математичні методи моделювання в інженерній геології та гідрогеології" є 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 03. Здатність до організації, планування та управління науковими проектами.
- 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 (СК):

- СК 01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів,

які створюють нові знання у геології та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з геології та суміжних галузей.

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 04. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в геології та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, лідерство під час їх реалізації.

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

СК 08. Здатність проводити пошук, обробляти, аналізувати та систематизувати наукову інформацію за темою дисертації, обирати методики і засоби вирішення наукових задач.

СК 10. 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.

СК 11. Здатність демонструвати знання сучасного стану, основних тенденцій та перспектив розвитку геологічної науки, орієнтуватись в сучасних проблемах наукових досліджень в галузі геології та суміжних науках, продукувати нові ідеї при вирішенні дослідницьких і практичних задач.

Програмні результати навчання (РН). У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен:

РН 01. Володіння концептуальними та методологічними знаннями в галузі геології, бути здатним застосовувати їх до професійної діяльності на межі предметних галузей.

РН 02. Глибоке розуміння загальних принципів, методів геологічних наук, методології наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях (у сфері морська геологія, палеонтологія, інженерна геологія, гідрогеологія) та у викладацькій практиці.

РН 05. Ґрунтовні знання методів наукових досліджень морської геології, палеонтології, інженерної геології, гідрогеології та вміння їх використовувати на належному науковому рівні.

РН 06. Поглиблене знання ранніх та нових актуальних напрямів досліджень, сучасних досягнень в галузі геології, застосовування їх для вирішення наукових завдань і самостійної пошукової роботи в межах обраного наукового напрямку (морська геологія, палеонтологія, гідрогеологія, інженерна геологія).

РН 08. Вміння планувати і виконувати експериментальні та теоретичні дослідження з геології, дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасного обладнання, критично аналізувати результати власних і отриманих іншими дослідниками досліджень у контексті усього комплексу сучасних знань щодо розглянутої проблеми.

РН 10. Володіння сучасними інформаційними та комунікаційними технологіями, комп'ютерними засобами та програмами для проведенні наукових досліджень та освітній діяльності (пошук, оброблення та аналіз інформації, статистичні методи аналізу даних великого обсягу, геологічне, гідрогеологічне та інженерно-геологічне моделювання).

РН 11. Вміння ініціювати, організувати та проводити комплексні міждисциплінарні дослідження в галузі геології, науково-дослідницькій та інноваційній діяльності, результатом яких є отримання нових знань.

Очікувані результати навчання. 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.).

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 90 годин / 3 кредити ESTS.

2. 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.

3. Рекомендована література

Основна

1. Веников В.А., Веников Г.В. Теория подобия и моделирования. Москва: Высшая школа, 1984. 439 с.
2. Вижва З.О. Математичні моделі в природознавстві: навч. посібник. Київ: Обрії, 2007. 164 с.
3. Круть И.В. Исследование оснований теоретической геологии. Москва: Наука, 1973. 201 с.
4. Зелинский И.П., Черкез Е.А., Гузенко А.В. Инженерно-геологические прогнозы и моделирование: учеб. пособие. Одесса: Изд-во ОГУ, 1983. 126 с.
5. Іванік О.М., Назаренко М.В., Хоменко С.А. Моделювання геологічних процесів і структур. Практикум. Київ: ВПЦ "Київський університет", 2014. 119 с.

6. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. Москва: Высшая школа, 1982. 224 с.
7. Мелконян Д.В. Методичні основи застосування натурального моделювання у геологічних дослідженнях: методичні вказівки. Одеса: ПЕРСЕЙ, 2010. 44 с.
8. Огурцов А.П., Мамаев Л.М., Каримов И.К. Математические методы и модели в расчётах на ЭВМ. Киев: ИСМО, 1997. 192 с.
9. Розовский Л.Б. Введение в теорию геологического подобия и натурального моделирования. Москва: Недра, 1969. 128 с.
10. Розовский Л.Б., Зелинский И.П., Воскобойников В.М. Инженерно-геологические прогнозы и моделирование. Москва-Киев-Одесса: Вища. школа, 1987. 208 с.
11. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. Москва: Недра, 1987. 221 с.
12. Харбух Дж., Бонэм-Картер Г. Моделирование на ЭВМ в геологии. Москва: Мир, 1974.

Додаткова

1. Зелинский И.П., Мелконян Д.В. Основы теории геодинамического поля в задачах инженерной геологии. *Геоэкология*. 1998. № 3-4. С. 85-93.
2. Ковальчук В.В. Основы наукових досліджень. Київ: Професіонал, 2008. 240 с.
3. Мелконян Д.В. Комплексний метод граничних елементів стосовно напружено-деформовного стану зсувних схилів. *Вісник Одеського державного університету*. 1999. Т.4, вип.5. С. 55-59.
4. 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.
5. Насонов И.Д. Моделирование горных процессов. Москва: Недра, 1978. 256 с.
6. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология научного исследования. Москва: Либроком, 2010. 280 с.
7. Петрук В.Г., Володарський Є.Т., Мокін В.Б. Основи науково-дослідної роботи. Вінниця: ВНТУ, 2005. 143 с.
8. Хартман Ф. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Москва: Мир, 1970. 720 с.
9. Caers, J. Modeling Uncertainty in the Earth Sciences. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2011. 229 p.
10. Mallet J.-L. Geomodeling. New York: Oxford University Press, 2002. 624 p.
11. Hartman P. Ordinary Differential Equations. Philadelphia: SIAM, 2002. 632 p.
12. Kelly W.G., Peterson A.C. The theory of Differential Equations: Classical and Qualitative, 2nd edn. New York: Springer. 2010. 424 p.

4. Електронні інформаційні ресурси

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

5. Форма підсумкового контролю успішності навчання залік

6. Методи діагностики успішності навчання

Поточне оцінювання усних відповідей, завдань, що виносяться на самостійне опрацювання.