

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра фундаментальної та прикладної геології

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету геології,  
географії, рекреації і туризму



Віліна ПЕРЕСАДЬКО

“ 31 ” серпня 2023 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

рівень вищої освіти  
галузь знань  
спеціальність  
освітні програми  
спеціалізація  
вид дисципліни  
факультет

перший (бакалаврський)  
10. Природничі науки  
103. Науки про Землю  
Прикладна гідрогеологія

вибіркова  
геології, географії, рекреації і туризму


2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету геології, географії, рекреації і туризму  
«28» серпня 2023 року, протокол № 11

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Петік В. О., к. геол. н., доцент кафедри фундаментальної та прикладної геології

Програму схвалено на засіданні кафедри фундаментальної та прикладної геології  
Протокол від «28» серпня 2023 року № 1

Завідувач кафедри фундаментальної та прикладної геології

  
\_\_\_\_\_ (Валерій СУХОВ)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантими освітньо-професійних програм:

Гарант ОПП «Прикладна гідрогеологія»

  
\_\_\_\_\_ (Аліна КОНОНЕНКО)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією факультету геології, географії, рекреації і туризму  
Протокол від «28» серпня 2023 року № 7

Заступник голови науково-методичної комісії  
факультету геології, географії, рекреації і туризму

  
\_\_\_\_\_ (Юлія ПРАСУЛ)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Моделювання гідрогеологічних процесів” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра

спеціальність 103 Науки про Землю  
освітня програма Прикладна гідрогеологія

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни є теоретичні основи теорії подібності та аналогії, синергетики як науки про саморозвиток гідрогеосистем, їхню взаємодію, а також про конкретні методи аналізу та моделювання гідрогеологічних процесів.

**Програма навчальної дисципліни складається з таких розділів:**

1. Теоретичні основи моделювання.
2. Методи моделювання.

### 1. Опис навчальної дисципліни

1.1. **Метою** викладання навчальної дисципліни є сформувати у студентів компетентності стосовно сутності і механізмів гідрогеологічних і геофільтраційних процесів в гідрогеологічних системах, а також підходів та методів їх дослідження.

1.2. **Основними завданнями вивчення дисципліни є формування у студентів наступних загальних та фахових компетентностей:**

ЗК 3. Здатність оволодіти базовими знаннями та уміння застосовувати їх на практиці: використання гідрогеологічної та геологічної інформації та номенклатури у професійній діяльності;

ЗК 5. Здатність використовувати знання державної та іноземної мови (як усно, так і письмово) у професійній діяльності в галузі гідрогеології і геології;

ФК 10. Здатність оволодіти понятійно-термінологічним апаратом, теоріями і концепціями, законами і закономірностями фундаментальних і спеціальних наук про Землю як комплексну природну систему; застосовувати їх в дослідженнях геологічних і гідрогеологічних явищ і процесів та аналізувати з точки зору фундаментальних теорій та концепцій геологічної науки як в глобальному і регіональному, так і в межах України і локальному рівнях; здатність виявляти взаємозв'язки між природним середовищем та діяльністю людини; розуміти та пояснювати стратегію сталого розвитку України;

ФК 11. Здатність застосовувати базові знання фізики, хімії, біології, екології, математики, інформаційних технологій при вивченні Землі та її геосфер і орієнтуватися у світовому і національному гідрогеологічному і геологічному освітньо-науковому просторі в контексті розширення і актуалізації нових знань для підвищення професійної майстерності;

ФК 12. Здатність розуміти основні фізико-хімічні і геологічні процеси, що відбуваються у підземному середовищі у різних просторово-часових масштабах; розуміння причинно-наслідкових зв'язків розвитку та взаємодії підземного середовища і людини та уміння їх використовувати у професійній, виробничій та науковій діяльності

ФК 14. Здатність застосовувати базові знання фундаментальних наук при всебічному вивченні природних та антропогенних процесів в геологічних і гідрогеологічних системах різного ієрархічного рівня; здатність інтегрувати польові та лабораторні спостереження з теорією у послідовності: від спостереження до розпізнавання, синтезу і моделювання;

ФК 16. Здатність самостійно проводити гідрогеологічну зйомку і розвідку різних підземних і поверхневих вод, досліджувати їх хімічний склад в польових і лабораторних умовах, описувати геологічні оголення і джерела, аналізувати гідрогеологічні умови, вірно інтерпретувати отримані результати, складати гідрогеологічні, геологічні документи, звіти і презентації досліджень.

1.3. Кількість кредитів 5

1.4. Загальна кількість годин 150

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
за вибором	
Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Рік підготовки	
4-й	
Семестр	
7-й	
Лекції	
32 год.	
Практичні, семінарські заняття	
22 год	
Лабораторні заняття	
Самостійна робота	
96 год	
Індивідуальні завдання	
	год.

#### 1.6. Заплановані результати навчання

ПР 1. Знання номенклатури та термінології сучасних геологічних, гідрогеологічних та інженерно-геологічних дисциплін; збирати обробляти та аналізувати інформацію в області наук про Землю; вибирати і застосовувати основні методики та інструменти у виробничих і наукових гідрогеологічних та інженерно-геологічних установах і підприємствах;

ПР 2. Вільно володіти і використовувати професійну українську мову (усно і письмово) при вивченні базових концепцій з геологічних, гідрогеологічних та інженерно-геологічних наук, об'єктно-предметної області, понятійно-термінологічного апарату, теорій і концепцій, законів і закономірностей, методів досліджень, написанні курсових робіт, виробничих звітів і презентацій;

ПР 3. Спілкуватися іноземною мовою за фахом; здатність вільно висловлювати власні думки і вміння доносити їх до фахівців і нефаківців, обґрунтовувати та пояснювати результати досліджень; здатність працювати в міжнародних організаціях, в глобальному інформаційному середовищі, приймати участь в міжнародних наукових і практичних конференціях;

ПР 4. Використовувати інформаційні технології, картографічні та геоінформаційні моделі в області наук про Землю; методи пошуку, створення, збереження, відтворення, обробки та передачі даних та інформації засобами обчислювальної та комунікаційної техніки; основні категорії програмних та апаратних засобів, базові принципи побудови архітектури і платформ обчислювальних систем;

ПР 8. Обґрунтовувати вибір та використовувати стандартні польові та лабораторні методи для аналізу природних підземних вод та антропогенних систем і об'єктів, які впливають на них;

ПР 11. Ефективно застосовує базовий поняттєвий, термінологічний, концептуальний апарат геології, гідрогеології та інженерної геології, їх теоретичні та емпіричні досягнення на рівні, що дозволяє інтерпретувати природні та антропогенні явища і процеси, пов'язувати та порівнювати різні погляди на проблемні питання сучасної геології і гідрогеології;

ПР 18. Організовує співпрацю персоналу та ефективно працює в команді (колективі виробничого підрозділу, наукового закладу, інших професійних об'єднаннях), визначає оптимальні шляхи організації колективу в різних видах діяльності;

ПР 20. Уміє доносити результати діяльності до професійної аудиторії та широкого загалу, робити презентації та повідомлення;

Через систему знань та умінь:

**Студенти повинні знати** (поглибити знання про) **поняття:** ймовірність геологічних подій, ланцюги Маркова, закон великих чисел, мінливість та неоднорідність геологічних об'єктів, вибірковий метод, організація геологічного середовища, інтервальні оцінки параметрів, регресія, кореляція, розпізнавання образів, узагальнена відстань, просторова змінна, типи геологічних полів, структурна неоднорідність об'єктів, закономірна і випадкова неоднорідність, тренд, фон, аномалія, критерії, константи, індикатори подібності та аналогії, умови однозначності, замкнута система рівнянь, вихідна гідродинамічна схема, прогнозна гідродинамічна схема, прогнозні та епігнозні задачі, просторова та часова дискредитація геофільтраційного процесу, явна, неявна та явно – неявна розрахункові схеми, схожимість та стійкість рішення, методи ітерації, точність рішення, бази, банки гідрогеологічних даних, експертні системи, бази знань, геоінформаційні технології, програмне забезпечення, візуалізація результатів дослідження.

**Студенти повинні вміти:** оцінювати складність гідрогеологічних об'єктів, описувати причинно-наслідкові зв'язки, планувати експеримент, оцінити характер і кількість інформації, ймовірність подій, застосовувати статистичні методи обробки інформації, використовувати просторові змінні для опису та аналізу геологічних полів, застосовувати основні теореми теорії подібності та аналогії у вирішенні гідрогеологічних задач, складати вихідну та прогнозну гідродинамічні схеми, оцінити результати моделювання, використовувати ПК і програмне забезпечення для рішення конкретних гідрогеологічних задач.

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

### Розділ 1. Теоретичні основи моделювання.

#### *Тема 1. Особливості і сутність методу моделювання*

##### *Вступ*

Визначення математичних методів і моделювання. Моделювання як загальнонауковий метод дослідження. Історія застосування математичних методів, моделювання і ПК в гідрогеології. Місце моделювання у сучасній методології геологічних досліджень.

##### *Філософські основи методу моделювання.*

Теорія та експеримент у пізнанні дійсності. Факт, поняття, закономірність, закон, теорія, парадигма, логіка побудови науки. Модель як відображення певного фрагменту універсуму. Роль аналізу і синтезу, абстракції, конкретного і загального в моделюванні. Роль геосистемної парадигми у розвитку моделювання систем.

##### *Основи теорії подібності і моделювання.*

Основні поняття теорії подібності та аналогії. Подібність, аналогія, їх принципові відмінності. Принципи класифікації моделей за подібністю і аналогією. Види подібності і аналогії. Константи, критерії та індикатори подібності. Основні теореми подібності і їх роль у моделюванні.

##### *Прикладне значення теорії подібності та аналогії*

Метод суперпозиції, лінійні та нелінійні процеси у гідрогеосистемах. Принципи синергетики у дослідженні гідрогеосистем. Уявні та матеріальні (натурні, фізичні, математичні) моделі в гідрогеології. Класифікації моделей у гідрогеології (статистичні і детерміновані, статичні і динамічні, концептуальні і експериментальні). Типи задач, що

розв'язуються методом моделювання. Прямі, обернені, інверсні, граничні, методичні задачі.

### *Принципи гідрогеологічного моделювання*

Принципи моделювання в гідрогеології. Загальна методика гідрогеологічного моделювання. Зміст підготовчої стадії. Стадія епігнозного моделювання. Стадія прогнозного моделювання. Заклучна стадія моделювання.

### **Тема 2. Специфіка гідрогеологічних об'єктів**

#### *Основні особливості формалізації гідрогеологічних об'єктів*

Специфіка формування і розвитку гідрогеологічних об'єктів. Гідрогеологічні об'єкти як гідрогеологічні системи. Декомпозиція та інтеграція гідрогеосистем. Багатофакторність гідрогеологічних процесів. Особливості інтерпретації причинно-наслідкових зв'язків у гідрогеосистемах. Особливості гідрогеологічної інформації (просторово-часова неоднорідність, похибки вимірів, методичні похибки, похибка аналогії, проблема статистичної незалежності визначення параметрів гідрогеологічних процесів).

#### *Визначення та опис стану гідрогеологічних систем.*

Комплексування методів дослідження гідрогеологічних систем. Визначення геометричних параметрів гідрогеосистем. Визначення гідрофізичних характеристик гідрогеосистем. Дослідно-фільтраційні дослідження. Режимні спостереження, обробка результатів і використання у моделюванні. Еволюція гідрогеологічних систем з точки зору теорії інформації. Прогнозування змін стану гідрогеологічних об'єктів і процесів. Оцінка точності гідрогеологічного прогнозу.

#### *Схематизація гідрогеологічних об'єктів та систем*

Основні принципи схематизації природних умов. Схематизація геометричних характеристик області фільтрації. Критерії схематизації геологічної будови і параметрів фільтраційного середовища. Методи схематизації гідродинамічного, гідрохімічного і гідрогеохімічного режиму гідрогеосистем. Схематизація крайових умов. Вихідна та прогнозна гідродинамічна схеми.

## **Розділ 2. Методи моделювання.**

### **Тема 1. Огляд методів моделювання в гідрогеології.**

#### *Мислене, натурне і фізичне моделювання.*

Мислені моделі, їхні особливості і роль у процесі моделювання. Приклади уявних моделей. Матеріальні моделі, їх місце у гідрогеологічному моделюванні. Гідрогеологічні системи як об'єкти моделювання і як моделі.

Узагальнення результатів натурних експериментів. Фізичні моделі і їх можливості. Узагальнення результатів фізичного моделювання.

#### *Аналогове моделювання.*

Загальна характеристика аналогових моделей в гідрогеології. Гідравлічні моделі, реалізація гідравлічної аналогії. Електричні моделі, метод ЕГДА. Сіткові електричні моделі, технології і технічні засоби моделювання. Історія використання електричних моделей в гідрогеологічних дослідженнях. Приклади використання електричних моделей.

### **Тема 2. Метод сіток**

#### *Просторова дискретизація фільтраційного потоку*

Суть сіткового методу. Дискретизація неперервних диференційних рівнянь, що описують фільтраційні процеси. Методи просторової дискретизації фільтраційних потоків (математичні, фізичні).

#### *Часова дискретизація фільтраційних процесів.*

Дискретизація часової похідної «кроком вперед» і «кроком назад». Отримання явної розрахункової схеми, її переваги і недоліки. Отримання неявної розрахункової схеми, її переваги і недоліки. Явно-неявна розрахункова схема. Реалізація розрахункових схем на комп'ютерах. Ітераційні методи розв'язання систем рівнянь на ПК.

### Тема 3. Комп'ютерно-цифрове моделювання

#### Особливості цифрових моделей

Технології комп'ютерного моделювання. Підготовка бази вихідних даних, організація збереження проміжних результатів. Планування сценарію моделювання. Розрахункові проблеми комп'ютерного моделювання. Вимоги до сучасних пакетів прикладних програм комп'ютерного моделювання. Методи візуалізації результатів цифрового моделювання. Постійно діючі цифрові моделі гідрогеологічних об'єктів.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	ср	л		п	лаб	інд	ср	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Розділ 1. Теоретичні основи моделювання</b>												
<b>Разом за розділом 1</b>	<b>70</b>	<b>16</b>	<b>10</b>			<b>44</b>						
<b>Розділ 2. Методи моделювання</b>												
<b>Разом за розділом 2</b>	<b>80</b>	<b>16</b>	<b>12</b>			<b>52</b>						
<b>Усього годин</b>	<b>150</b>	<b>32</b>	<b>22</b>			<b>96</b>						

### 4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Моделювання системи взаємодіючих водозабірних свердловин (ПР1)	10	
2	Експериментальне визначення фільтраційних параметрів піщаного ґрунту шляхом зворотного моделювання (ПР2)	12	
	<b>Разом</b>	<b>22</b>	

### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Константи, критерії та індикатори аналогії.	20	
2	Виведення диференційних рівнянь геофільтраційних процесів (Лапласа, Пуассона, Фур'є, Бусінеска).	20	
3	Комп'ютерна графіка.	20	
4	Обробка результатів моделювання.	18	
5	Методи ЕГДА та ГА.	18	
	<b>Разом</b>	<b>96</b>	

### 6. Індивідуальні завдання – не передбачені

### 7. Методи навчання

Лекції, практичні заняття, самостійна робота.

### 8. Методи контролю

- Усне опитування (індивідуальне, комбіноване, фронтальне);

- Перевірка практичних робіт;
- Поточний контроль;
- Підсумковий контроль (залік).

#### Умови допуску студента до підсумкового семестрового контролю:

- виконання всіх практичних робіт;
- виконання поточного контролю.
- мінімальна кількість балів (за практичні роботи та поточний контроль) – 10.
- 

#### - Критерії оцінювання навчальних досягнень студентів

#### Нарахування балів за поточний контроль (ПК)

Поточний контроль оцінюється в *20 балів* (4 питання):

- 3 питання, що передбачають розгорнуті відповіді (есе) (6 балів за кожне питання).
- 1 питання, передбачає визначення терміну (2 бали).

#### Нарахування балів за практичні роботи (ПР)

№ з/п	Назва теми	Кількість балів
1	Чисельне моделювання течії підземних вод (ПР1)	20
2	Експериментальне визначення фільтраційних параметрів піщаного ґрунту шляхом зворотного моделювання (ПР2)	20
	<b>Разом</b>	<b>40</b>

1 практична робота оцінюється в *20 балів*, при цьому:

- виконання практичних завдань – 15 балів;
- захист роботи – 5 бали.

#### Нарахування балів за залікову роботу (ЗР)

Залікова робота оцінюється в *40 балів* (4 питання)

- 4 питання, що передбачають розгорнуті відповіді (есе) (10 балів за кожне питання).

Підсумкова оцінка (ПО) в балах з дисципліни розраховується за накопичувальною системою як сума балів, отриманих студентом за поточний контроль (ПК), за практичні роботи (ПР1-4) та за залікову роботу (ЗР):

$$ПО = ПК + ПР1 + ПР2 + ЗР$$

Кількість балів відповідає оцінці, що наведено нижче у шкалі оцінювання.

При остаточному оцінюванні роботи студентів враховується здатність студента:

- диференціювати, інтегрувати та уніфікувати знання;
- інтерпретувати схеми, графіки, діаграми, рисунки;
- аналізувати і оцінювати факти, події та прогнозувати очікувані результати від прийнятих рішень;
- викладати матеріал на папері логічно, послідовно, з дотриманням вимог чинних стандартів.

Практична робота, поточний контроль			Всього	Залік	Загальна сума балів
Поточний контроль	Практичні роботи				
		(ПР1)	(ПР2)		
20	20	20	60	40	100



### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
	для дворівневої шкали оцінювання
90-100	зараховано
70-89	
50-69	
1-49	не зараховано

### 10. Рекомендоване методичне забезпечення Базова література

1. *Кошляков О.Є.* Гідрогеологічне моделювання: Підручник – К.: ВПЦ «Київський університет», 2003. – 79с.
2. *Рудаков, Д.В.* Моделювання в гідрогеології [Текст]: навч. посібник / Д.В. Рудаков. – Д.: Національний гірничий університет, 2011. – 88 с.
3. Моделювання і прогнозування стану доквілля: Підручник / Лаврик В.І., Боголюбов В.М., Полетаєва Л.М., Юрасов С.М., Ільїна В.Г. / За ред. докт. техн. наук В.І. Лаврика. – К.: ВЦ «Академія», 2010. – 400 с.

#### Допоміжна література:

17. *Нємець К.А.* Навчальна програма *Depres* для розрахунку системи взаємодіючих свердловин. 2009. (архів кафедри).
18. *Нємець К.А.* Інструкція до навчальної програми *Depres*/ 2006. (архів кафедри).

### 11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. Фонди Центральної наукової бібліотеки ХНУ ім. В.Н. Каразіна.
2. Фонд Харківської державної бібліотеки ім. В.Г. Короленка.
3. Мережа Інтернет.