

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра фундаментальної і прикладної геології

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної роботи

Олександр ГОЛОВКО



2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ТЕОРІЯ ФІЛЬТРАЦІЇ

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

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ТЕОРІЯ ФІЛЬТРАЦІЇ

2022 / 2023 навчальний рік

освітні програми
спеціалізація

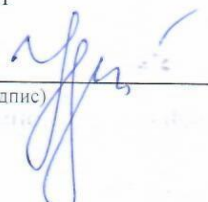
факультет

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету геології, географії, рекреації і туризму
«30» серпня 2022 року, протокол № 9

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Петік В. О., к. геол. н., доцент кафедри гідрогеології
Яковлев В. В., д. геол. н., професор кафедри гідрогеології

Програму схвалено на засіданні кафедри гідрогеології
Протокол від 22» червня 2022 року № 9

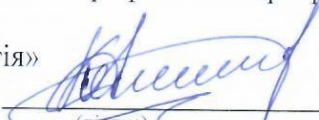
Завідувач кафедри гідрогеології



(підпис) (Ігор УДАЛОВ)
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантами освітньо-професійних програм:

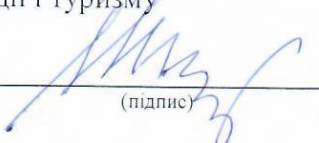
Гарант ОПП «Прикладна гідрогеологія»



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

Програму погоджено науково-методичною комісією факультету геології, географії, рекреації і туризму
Протокол від «29» серпня 2022 року № 7

Голова науково-методичної комісії
факультету геології, географії, рекреації і туризму



(підпис) Олександр ЖЕМЕРОВ
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Теорія фільтрації» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів

спеціальності 103 Науки про Землю
освітньої програми Прикладна гідрогеологія

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є формування у студентів знань про основні закономірності фільтрації підземних вод, фізичних, математичних і методичних аспектах досліджень у предметно-об'єктній області теорії фільтрації і гідродинаміки.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни:

- сформувати у студентів знання про основні закони і закономірності руху підземних вод у пористому і тріщинному просторі;
- дати студентам уявлення про фізико-математичні основи дослідження фільтрації;
- ознайомити студентів із сучасними методами дослідження і опису руху підземних вод;
- створити методологічну основу для формування компетентності майбутніх фахівців у галузі дослідження руху підземних вод.

1.3. Кількість кредитів 4

1.4. Загальна кількість годин 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Обов'язкова	
Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Рік підготовки	
4-й	-
Семестр	
8-й	-
Лекції	
24 год	-
Практичні, семінарські заняття	
24 год	-
Лабораторні заняття	
-	-
Самостійна робота	
72 год	-
Індивідуальні завдання	
-	-

1.6. Заплановані результати навчання.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:

знати і вміти:

- 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;

- 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;

- Спілкуватися іноземною мовою за фахом; здатність вільно висловлювати власні думки і вміти доносити їх до фахівців і нефахівців, обґрунтовувати та пояснювати результати досліджень; здатність працювати в міжнародних організаціях, в глобальному інформаційному середовищі, приймати участь у міжнародних і практичних конференціях;

- Аналізувати державні стандарти і застосовувати у виробничій сфері і наукових дослідженнях тільки сертифіковані моделі і методики при визначення фізичних, хімічних, біологічних, екологічних, математичних характеристик геосфер і підземних вод; використовувати уявлення про фізичні властивості Землі в цілому, а також фізико-хімічні процеси, що відбуваються в твердих сферах, в гідросфері і газовій оболонці, в геофізичних дослідженнях; має навички математичного моделювання різних геологічних, гідрогеологічних процесів; правильно будує і обґрунтовує гідрогеологічні моделі;

- 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;

- Застосовує теоретичні знання, закономірності формування природних ресурсів підземних вод; дотримується вимог до якості підземних вод;

- Уміє доносити результати діяльності до професійної аудиторії та широкого загалу, робити презентації та повідомлення;

сформовані компетентності:

- Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення на основі розуміння історії та закономірностей розвитку геології, гідрогеології та інженерної геології, їхнього місця у загальній системі знань про природу і суспільство та розвитку техніки і технологій у цій галузі;

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

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

- Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями, ефективно використовувати у професійній діяльності цифрові інформаційні і комунікаційні технології та програмні засоби, нові ідеї та пропозиції;

- 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;

- 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;

- 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.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Лекції відповідно до наказу ректора Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна проводяться дистанційно на базі платформ Zoom, Google Class. Навчально-методичний комплекс представлений на сайті кафедри: <http://hydrogeology.univer.kharkov.ua/>. Консультації індивідуальні та групові відбуваються з використанням месенджерів Telegram, Viber.

Розділ 1. Гідродинамічні основи вивчення руху підземних вод

Тема 1. Вступ.

Визначення і предмет дослідження теорії фільтрації. Історія розвитку теорії фільтрації. Методологія і методи дослідження теорії фільтрації.

Тема 2. Системний підхід у дослідженні фільтрації.

Природні та природно-техногенні гідрогеологічні системи (ГГС). Властивості і категорії ГГС. Гідродинамічні системи (ГДС). Поняття і особливості вивчення гідрогеологічних потоків.

Тема 3. Фізичні основи дослідження підземних вод.

Рідина, її основні фізичні властивості: густина, питома вага, стисливість, текучість, в'язкість. Явища на границях, особливі стани рідини. Гідростатичний тиск. Умови рівноваги рідини, диференційне рівняння Ейлера для рідини, що знаходиться у стані спокою. Гравітаційний потенціал. Основні рівняння гідростатики. Гідростатичний напір. Рівняння Бернуллі. Приведений тиск. Диференційне рівняння Ейлера руху нев'язкої рідини. Диференційне рівняння Нав'є-Стокса руху нев'язкої рідини. Рівняння Рейнольда. Показники руху реальної рідини. Режими течії: ламінарний, турбулентний. Поняття про фільтраційне середовище. Особливості порово-тріщинного простору. Фази та компоненти ґрунту. Показники та характеристики порово-тріщинного простору: пористість, тріщинуватість, коефіцієнт пористості. Пружність гірських порід. Поняття про анізотропію та неоднорідність фільтраційного середовища. Вода в ґрунтах. Види води. Електромолекулярні взаємодії, капілярна взаємодія. Водоутримуюча здатність ґрунтів і порід: коефіцієнти водовіддачі і коефіцієнт нестачі насиченості. Пружна ємність. Напруження у водонасичених породах. Геостатичний тиск у підземних водах.

Розділ 2. Гідродинамічні основи теорії вологопереносу в ГГС

Тема 4. Гідродинамічні основи фільтрації.

Динаміка води в ґрунтах. Густина потоку і дійсна швидкість фільтрації. Лінії току, трубка, стрічка току. Закон Дарсі, коефіцієнт проникності, коефіцієнт фільтрації. Проникність гірських порід, вплив її на геометрії порово-тріщинного простору, фізико-хімічних чинників. Геофільтраційне середовище, його властивості, типи. Диференційне представлення рівнянь руху. Закон переломлення фільтраційних токів. Гідродинамічна сітка, її властивості. Гідродинамічні елементи потоку. Гідродинамічна структура потоку та її аналіз. Вимірність потоку. Область фільтрації, розрахункові схеми, граничні умови. Принцип схематизації гідрогеологічних умов. Види потоків і їхні особливості: по умовам водообміну, по фільтраційній неоднорідності, по формі, типу границь і виду граничних умов. Критерії і послідовність схематизації гідрогеологічних умов. Визначення ефективних розмірів сфери взаємодії. Спрощення режиму фільтрації, структури, форми, вимірності потоку. Схематизація джерел формування водного балансу потоку. Схематизація геофільтраційної неоднорідності і будови потоку. Схематизація граничних і початкових умов. Розрахункова схема.

Тема 5. Математичні основи дослідження фільтрації.

Основні передумови при виведенні диференційних рівнянь фільтрації. Рівняння нерозривності потоку. Диференційне рівняння стаціонарної фільтрації. Рівняння Лапласа, гармонічні функції, їхні властивості. Диференційне рівняння нестационарної пружної фільтрації. Рівняння Фур'є, його значення у гідродинаміці. Диференційне рівняння нестационарної фільтрації при наявності перетоків. Диференційне рівняння нестационарної фільтрації ґрунтових вод. Лінеаризація рівняння Бусинеска. Математична постановка задачі, умови однозначності. Властивості диференційних рівнянь, критерії фільтраційних процесів. Методи рішення диференційних рівнянь. Метод моделювання. Прямі і зворотні задачі гідродинаміки.

Тема 6. Вологоперенесення у зоні аерації.

Постановка задач дослідження волого перенесення. Фізичні основи вологоперенесення, тиск всмоктування, дифузивність. Коефіцієнт вологоперенесення та чинники, що визначають його зміни. Основний закон вологоперенесення. Критерії направленості вертикального вологоперенесення. Вертикальна інфільтрація. Диференційне рівняння вологоперенесення і методи їх рішення. Поняття про фронти змочування і висихання (осушення). Випаровування з поверхні рівня ґрунтових вод.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
о		л	п	лаб.	інд.	с.р.		л	п	лаб.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Гідродинамічні основи вивчення руху підземних вод												
Тема 1	8	2	-			6						
Тема 2	12	2	2			8						
Тема 3	32	6	8			18						

Разом за розділом 1	52	10	10			32						
Розділ 2. Гідродинамічні основи теорії вологопереносу в ГГС												
Тема 4	22	4	6			12						
Тема 5	22	6	4			12						
Тема 6	24	4	4			16						
Разом за розділом 2	68	14	14			40						
Усього годин	120	24	24			72						

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Виведення диференційного рівняння для опису потоків. Рішення диференційних рівнянь.	4
2	Виведення рівняння Ейлера руху нев'язкої рідини. Виведення диференційного рівняння Нав'є-Стокса руху в'язкої рідини.	4
3	Виведення диференційного рівняння нерозривності потоку. Виведення диференційного рівняння стаціонарної фільтрації.	6
4	Виведення диференційного рівняння Фур'є. Виведення диференційного рівняння нестаціонарної фільтрації при наявності перетоків. Виведення диференційного рівняння нестаціонарної фільтрації ґрунтових вод.	6
5	Рішення основних рівнянь вологоперенесення. Виведення диференційних рівнянь стаціонарної та нестаціонарної радіальної фільтрації до досконалої свердловини.	4
	Всього	24

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Особливості плоских потоків. Основні типи розрахункових схем. Рівняння Дарсі, Дюпюї, Каменського, Гіринського. Відмінності у розрахунках напірних і ґрунтових потоків. Особливості плосковертикальної фільтрації, розрахункові схеми та їх реалізація. Особливості радіального потоку. Диференційне рівняння стаціонарної фільтрації до досконалої свердловини. Диференційне рівняння нестаціонарної радіальної фільтрації до досконалої свердловини. Принципи розрахунку систем взаємодіючих свердловин. Застосування методу суперпозиції для	24

	врахування впливу границь пласта.	
2	Поняття про масо- і тепло перенос та гідрохімічну міграцію. Основні механізми масоперенесення: конвективний, дифузійний, гідравлічна дисперсія. Фізико- хімічні взаємодії при масопереносі. Основні механізми теплоперенесення: конвективний, кондуктивний, гідродисперсійний. Диференційне рівняння мікродисперсії теплового потоку. Поршневе витіснення рідин однакової густини, конвекція з урахуванням сорбції, конвекція різновагомих рідин. Дифузійне винесення солей через роздільний шар. Методи визначення міграційних параметрів. Найпростіші задачі теплоперенесення. Молекулярно- кінетична модель міграції.	26
3	Поняття про спільну фільтрацію рідин, що змішуються і не змішуються. Міжфазовий натяг та капілярний тиск. Спільна течія двох рідин, що не змішуються. Витиснення рідин, що не змішуються. Стійкість і нестійкість поверхонь розділу. Поняття про багатофазну фільтрацію.	22
	Разом	72

6. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання не передбачені навчальним планом.

7. Методи контролю

- Усне опитування (індивідуальне, комбіноване, фронтальне);
- Перевірка практичних робіт;
- Поточний контроль;
- Залік.

Умови допуску студента до підсумкового семестрового контролю:

- виконання всіх практичних робіт;
- виконання поточного контролю;
- підготовка доповіді.

8. Схема нарахування балів

Критерії оцінювання навчальних досягнень студентів по предмету

Нарахування балів за поточний контроль (ПК)

Поточний контроль оцінюється в 40 балів (4 питання):

- 2 питання, що передбачають розгорнуті відповіді (есе) (11 балів за кожне питання);
- 1 питання передбачає визначення терміну (4 бали);
- 1 питання виведення диференційного рівняння (14 балів)

Нарахування балів за практичні роботи (ПР)

№ з/п	Назва теми	Кількість балів
1	Виведення диференційного рівняння для опису потоків. Рішення диференційних рівнянь.	4
2	Виведення рівняння Ейлера руху нев'язкої рідини. Виведення диференційного рівняння Нов'є-Стокса руху в'язкої рідини.	4
3	Виведення диференційного рівняння нерозривності потоку. Виведення диференційного рівняння стаціонарної фільтрації.	4
4	Виведення диференційного рівняння Фур'є. Виведення диференційного рівняння нестационарної фільтрації при наявності перетоків. Виведення диференційного рівняння нестационарної фільтрації ґрунтових вод.	4
5	Рішення основних рівнянь вологоперенесення. Виведення диференційних рівнянь стаціонарної та нестационарної радіальної фільтрації до досконалої свердловини.	4
	Разом	20

Нарахування балів за залікову роботу (ЗР)

Підсумкова робота оцінюється в 40 балів (4 питання)

- 2 питання, що передбачають розгорнуті відповіді (есе) (11 балів за кожне питання);
- 1 питання передбачає визначення терміну (4 бали);
- 1 питання виведення диференційного рівняння (14 балів)

Підсумкова оцінка (ПО) в балах з дисципліни розраховується за накопичувальною системою як сума балів, отриманих студентом за поточний контроль (ПК), за практичні роботи (ПР1-5) та за залікову роботу (ЗР):

$$ПО = ПК + ПР1 + ПР2 + ПР3 + ПР4 + ПР5 + ЗР$$

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.

Загальна схема нарахування балів

Залік

Поточний контроль	Практична робота, поточний контроль					Всього	Залік	Загальна сума балів
	Практичні роботи							
	(ПР1)	(ПР2)	(ПР3)	(ПР4)	(ПР5)			
40	4	4	4	4	4	60	40	100

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної	Оцінка
-----------------------------------	--------

діяльності протягом семестру	для заліку
90-100	зараховано
70-89	
50-69	
1-49	не зараховано

9. Рекомендована література

Базова література

1. Бойко В.С. Підземна гідромеханіка: Навчальний посібник. – Київ: ІСДО, 1995. – 288 с.
2. Левицький Б. Ф., Лещій Н.П. Основи підземної гідравліки. – Львів, 1958. – 227 с.

Допоміжна література

3. Бойко В.С. Збірник задач з підземної гідрогазомеханіки: Навчальний посібник. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2002. – 69 с.
4. Загальна гідрогеологія: навчальний посібник / Чомко Ф.В., Чомко Д.Ф., Удалов І.В., Полевич О.В., Носик Д.Ю., Кононенко А.В. – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2021. – 196 с.
5. Лещій Н.П., Левицький Б.Ф. Збірник задач з підземної гідравліки. – Львів, 1964. – 148 с.
6. Joshi S. Horizontal well Technology. – Oklahoma, 1991. – 178 с
7. R i t z i R. W. (Jr.), B o b e c k P. Comprehensive principles of quantitative hydrogeology established by Darcy (1856) and Dupuit (1857) // Water Resources Research, 2008, Vol. 44, W10402, doi:10.1029/2008WR007002.

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

10. <http://www.ecoline.ru/mc/books/man/indeks.html>
11. <http://www.menr.gov.ua>