

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра гідрогеології

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної
роботи

Людмила ПАТРЕЛЕЙМОНОВ



2020 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Математичні методи в науках про Землю

рівень вищої освіти перший бакалавр

галузь знань Природничі науки

спеціальність 103 Науки про Землю

освітня програма «Геологія нафти і газу»; «Геологічна зйомка, пошук та розвідка корисних копалин»; «Прикладна гідрогеологія»

вид дисципліни обов'язкова

факультет геології, географії, рекреації і туризму

2020 / 2021 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження у новій редакції вченою радою факультету геології, географії, рекреації і туризму


“31” серпня 2020 року, протокол № 14

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: К.А. Немець, доктор географічних наук, кандидат геол.-мін. наук, професор, професор кафедри гідрогеології

Програму в новій редакції схвалено на засіданні кафедри гідрогеології

Протокол № 1 від «26» серпня 2020 р.

Завідувач кафедри


(підпис)

Ігор УДАЛОВ
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо - професійної програми
прикладна гідрогеологія
назва освітньої програми

Гарант освітньо-професійної програми


(підпис)

Аліна КОНОНЕНКО
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо - професійної програми
геологічна зйомка, пошук та розвідка корисних копалин
назва освітньої програми

Гарант освітньо-професійної програми


(підпис)

Андрій МАТВЄСВ
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо - професійної програми
геологія нафти і газу
назва освітньої програми

Гарант освітньо-професійної програми

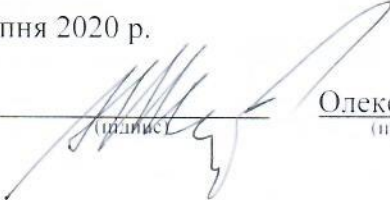

(підпис)

Лілія ШЧЕНКО
(прізвище та ініціали)

Програму в новій редакції погоджено методичною комісією факультету геології, географії, рекреації і туризму

Протокол № 13 від 31 серпня 2020 р.

Голова методичної комісії


(підпис)

Олександр ЖЕМЕРОВ
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “*Математичні методи в науках про Землю*” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки бакалаврів

спеціальності 103 Науки про Землю

освітньо-професійна програма геологія нафти і газу; геологічна зйомка, пошук та розвідка корисних копалин; прикладна гідрогеологія

При організації навчання за даним курсом передбачено особливості навчального процесу в умовах адаптивного карантину згідно з наказами і рекомендаціями МОН України і наказу Ректора Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна № 0202-1/260 від « 07»серпня 2020р.

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. **Метою** викладання навчальної дисципліни є формування у бакалаврів компетентності стосовно застосування статистичних методів, математичного моделювання та комп’ютерних технологій в геологічних дослідженнях.

Предметом курсу є вивчення теоретичних основ теорії ймовірностей та математичної статистики як науки про дослідження випадкових процесів і обробку випадкових величин, а також про конкретні методи математичного моделювання геологічних та гідрогеологічних процесів.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

- сформувані у студентів сучасну методологію використання математичних методів, моделей та комп’ютерних технологій при дослідженні геологічних та гідрогеологічних систем;
- дати студентам знання та поняття стосовно основних методів і підходів в математичній обробці геологічної інформації;
- сформувані у студентів поняття про математичні методи та моделювання при вирішенні геологічних та гідрогеологічних задач;
- сформувані у студентів компетентність стосовно використання комп’ютерних технологій та математичних моделей в геологічних та гідрогеологічних дослідженнях.

1.3. *Кількість кредитів* – 4.

1.4. *Загальна кількість годин* – 120 годин.

| 1.5. Характеристика навчальної дисципліни | |
|---|-------------------------------------|
| Нормативна / за вибором | |
| Денна форма навчання | Заочна (дистанційна) форма навчання |
| Рік підготовки | |
| 1-й | 1-й |
| Семестр | |
| 1-й | 2-й |
| Лекції | |
| 32 год. | 8 год. |

| | |
|---------------------------------|----------|
| Практичні заняття | |
| 32 год. | 10 год. |
| Лабораторні заняття | |
| - | - |
| Самостійна робота, у тому числі | |
| 56 год. | 102 год. |
| Індивідуальні завдання | |
| - | |

1.6. Заплановані результати навчання. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми бакалаври повинні досягти таких **результатів навчання**:

знати: спостереження, опис, вимірювання, методологія, гносеологія, теоретичне знання, емпіричне знання, парадигми науки, практика, прогноз, пізнання, модель, математична модель, геосистемна, синергетична парадигма, інформаційно – синергетична парадигма, ідеалізація, формалізація, абстрагування, синтез понять, ймовірність подій, закон великих чисел, статистична стійкість, системний аналіз, вибірковий метод, причинно – наслідкові зв'язки, локальні процеси, інтегральні процеси, погано організовані системи, добре організовані системи, детерміновані процеси, випадкові процеси, детерміновані моделі, імовірнісні моделі, частота, частість, розподіл випадкової величини, гістограми, полігони частот, центр розподілу, математичне очікування, дисперсія, стандарт, асиметрія, ексцес, нормальний розподіл, логарифмічно нормальний розподіл, лінія регресії, коефіцієнти регресії коваріація, коефіцієнт кореляції, множинний і частковий коефіцієнт кореляції, граfi, дендрограми, розпізнання образів, власна область, гіперповерхня, узагальнена відстань, специфічність та загальність змінних, згортка інформації, поле просторової змінної, закономірна та випадкова мінливість, тренд – аналіз, фон, аномалія, генералізація фону, алгебраїчні та тригонометричні поліноми.

вміти: планувати геологічні та гідрогеологічні дослідження в залежності від системи цілей, можливостей виконавської системи, конкретних умов, розкласти складні процеси на прості, описати причинно – наслідкові зв'язки, визначити імовірнісний характер процесів, розрізняти локальні та інтегральні процеси, оцінити ймовірність події, оцінити статистики, описати закон розподілу випадкової величини, застосовувати методи статистичного аналізу і граfiчно відображати результати статистичного дослідження за допомогою комп'ютера, використовувати стандартні пакети прикладних програм статистичного аналізу для вирішення конкретних прикладних геологічних та гідрогеологічних задач, використовувати просторові змінні для опису та аналізу геологічних полів.

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. Основні поняття та визначення

Лекція 1. Вступ

Об'єкт, мета, завдання і очікувані результати курсу.

Історія використання математики в геологічних дослідженнях.

Основні математичні поняття, що використовуються в геології.

Принципи застосування математичних методів в геології.

Лекція 2. Геосистеми, їх властивості і математичний опис

Поняття про систему.

Геосистеми, їх властивості та ознаки (взаємодія елементів, структура, цілісність, ємержентність, стійкість).

Опис стану геосистеми. Статичний вектор стану геосистеми.

Опис динаміки розвитку (руху) геосистеми, Динамічний вектор геосистеми.

Похідна і її застосування у дослідженні та опису динаміки геосистеми.

Лекція 3. Геологічний простір.

Геологічне середовище і його значення у методології геології.

Геологічний простір – одновимірний, двовимірний, тривимірний.

Поняття про багатовимірний ознаковий (фазовий) геологічний простір. Його використання в геологічному моделюванні.

Приклади вирішення геологічних задач в геологічному просторі.

Розділ 2. Особливості використання математичних методів (моделювання) в геології

Лекція 4. Місце математичних методів та моделювання в методології геології

Визначення математичних методів та моделювання.

Поняття «модель». Класифікації моделей: натурні, аналогові, математичні.

Рівні математизації геології: параметризація геологічних явищ та об'єктів, емпіричні моделі, теоретичні моделі.

Ідеалізація, формалізація, математичні методи, математико-статистичні методи, методів моделювання в геологічних дослідженнях.

Методологічні підходи в геології: географічний, історичний, геосистемний, синергетичний, інформаційний. Протиріччя системного і синергетичного підходів.

Перспективи розвитку моделювання в геології.

Лекція 5. Специфіка розвитку геологічних об'єктів

Специфіка виникнення, функціонування і розвитку геологічних об'єктів.

Багатофакторність геологічних процесів.

Складність інтерпретації причинно – наслідкових зв'язків в геосистемах.

Детермінований та ймовірнісний підходи у дослідженні геологічних об'єктів

Лекція 6. Випадковий характер організації геологічного середовища

Організація геологічного середовища. Локальні та інтегральні процеси.

Поняття про ймовірність.

Принципово випадковий характер геологічних процесів.

Особливості геологічної інформації.

Лекція 7. Контрольна робота

Розділ 3. Статистичне моделювання.

Лекція 8. Одновимірні статистичні моделі.

Поняття про випадкову величину, дискретні і неперервні випадкові величини.

Числові характеристики випадкових величин: частота, частість, функція розподілу.

Оцінки центру розподілу: математичне очікування, медіана, мода.

Оцінки розкиду випадкової величини: центральні моменти другого, третього і четвертого порядків.

Основні закони одновимірного розподілу.

Лекція 9. Оцінка параметрів геологічних об'єктів

Вибірковий метод, вимоги до вибірових сукупностей.

Поняття про надійну ймовірність.

Точкова та інтервальна оцінка статистик.

Вимоги до оцінок параметрів геологічних об'єктів.

Поняття про перевірку статистичних гіпотез.

Умови застосування одновимірних статистичних моделей.

Лекція 10. Двовимірні статистичні моделі

Поняття про двовимірну випадкову величину.

Умови формування двовимірних випадкових величин у геологічних дослідженнях.

Особливості формування вибірових сукупностей.

Особливості інтерпретації зв'язків компонентів двовимірних випадкових величин.

Поняття про форму залежності і силу зв'язку двох випадкових величин.

Функціональні і статистичні залежності.

Лекція 11. Регресійно-кореляційний аналіз та його застосування

Двовимірний регресійний аналіз, поняття про умовний розподіл, лінійні, нелінійні рівняння регресії, обчислення регресійних коефіцієнтів.

Побудова довірчого інтервалу для рівнянь регресії.

Кореляційний аналіз, поняття про коефіцієнт кореляції, кореляційне відношення.

Умови коректності кореляційного аналізу.

Нелінійні перетворення випадкових величин для приведення до нормального закону розподілу.

Особливості використання регресійно – кореляційного аналізу у геологічних дослідженнях.

Лекція 12. Багатовимірний статистичний аналіз

Багатовимірні статистичні моделі.

Поняття про багатовимірну випадкову величину.

Поняття про матрицю вихідних даних.

Багатовимірний кореляційний аналіз, парний, частковий, множинний коефіцієнт кореляції. Особливості використання багатовимірного кореляційного аналізу.

Багатовимірний регресійний аналіз.

Лекція 13. Методи багатовимірного статистичного аналізу, особливості їх застосування

Поняття про багатовимірний ознаковий простір, визначення відстані у багатовимірному просторі.

Використання теорії графів для класифікації суспільно – географічних об'єктів.

Кластер – аналіз, визначення дистанційних коефіцієнтів, принципи утворення кластерів.

Задачі розпізнання образів, поняття про власну область об'єкту, вирішальну функцію, вирішальне правило.

Алгоритм розпізнавання образів.

Факторний аналіз, його різновиди, інтерпретація результатів.

Розділ 4. Моделювання просторових змінних

Лекція 14. Просторові змінні як об'єкти геоінформатики.

Поняття про просторову змінну, ознаки і властивості просторових змінних.
Відмінності моделей просторових змінних від статистичних моделей.
Геологічні об'єкти як генератори полів просторових змінних.
Мінливість та анізотропність полів просторових змінних.
Закономірна та випадкова складові мінливості, що спостерігається.
Поняття про фон та аномалію. Поняття про тренд.
Тренд – аналіз як метод розділення фону та аномалії.
Задачі тренд – аналізу в геології.

Лекція 15. Методи згладжування та апроксимації випадкових полів.

Метод ковзного статистичного вікна. Принципи розрахунку локального середнього.

Інтерпретація результатів тренд – аналізу.

Кригінг як метод оцінки локального середнього значення геологічного параметру.

Теоретичні основи критінгу. Корелограма. Варіограма та її моделі.

Розрахунок оптимального (ефективного) значення геологічного параметру.

Точність оцінки запасів корисних копалин.

Загальний огляд методів апроксимації поверхні тренда єдиною функцією координат простору.

Лекція 16. Комп'ютерні технології та ГІС – технології в обробці геологічних даних

Поняття про ГІС – технології.

Повний та неповний вектор геологічних даних.

Принципи просторового аналізу в геології.

Комп'ютерні методи побудови карт.

Основні програмні засоби ГІС – моделювання.

Банки геологічних даних та їх використання.

3. Структура навчальної дисципліни

| Назви розділів | Кількість годин | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|--------------|------|------|-------|----|--------------|--------------|------|------|-------|----|
| | денна форма | | | | | | заочна форма | | | | | |
| | усього | у тому числі | | | | | усього | у тому числі | | | | |
| 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. Основні поняття та визначення | | | | | | | | | | | | |
| Разом за розділом 1 | 18 | 6 | 6 | | | 6 | | 2 | 2 | | | 10 |
| Розділ 2. Особливості використання математичних методів (моделювання) в геології | | | | | | | | | | | | |
| Разом за розділом 2 | 29 | 8 | 6 | | | 15 | | 2 | 2 | | | 20 |
| Розділ 3. Статистичне моделювання | | | | | | | | | | | | |
| Разом за розділом 3 | 44 | 12 | 12 | | | 20 | | 2 | 2 | | | 50 |
| Розділ 4. Моделювання просторових змінних | | | | | | | | | | | | |
| Разом за розділом 4 | 29 | 6 | 8 | | | 15 | | 2 | 4 | | | 22 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------------|-----------|-----------|--|--|-----------|--|----------|-----------|--|--|------------|
| <i>Усього годин</i> | 120 | 32 | 32 | | | 56 | | 8 | 10 | | | 102 |
|---------------------|------------|-----------|-----------|--|--|-----------|--|----------|-----------|--|--|------------|

4. Теми практичних занять

| № з/п | Практ. робота | Назва теми | Кількість годин | Оцінка бали |
|-------|---------------|--|-----------------|-------------|
| 1 | ПР1 | Усвідомлення геологічної і математичної суті задач моделювання. | 2 | 4 |
| 2 | | Підготовка вихідних даних, формування бази даних на комп'ютері. | 2 | |
| 3 | | Постановка задач моделювання на конкретному фактичному матеріалі | 2 | |
| 4 | ПР2 | Побудова одновимірних статистичних моделей векторів змінних. Трансформація законів розподілу. | 4 | 4 |
| 5 | ПР3 | Побудова двовимірних статистичних моделей на матриці вихідних даних. Двовимірний регресійно-кореляційний аналіз. | 6 | 4 |
| 6 | ПР4 | Кластер – аналіз вихідних даних. Інтерпретація отриманих результатів. | 4 | 4 |
| 7 | | Факторний аналіз вихідних даних (метод головних компонент). Інтерпретація отриманих результатів. | 4 | |
| 8 | ПР5 | Моделювання просторових змінних методом ковзного статистичного вікна. Аналіз та інтерпретація результатів. | 4 | 4 |
| 9 | | Оформлення результатів та написання звітів. | 4 | |
| | | Разом | 32 | 20 |

5. Завдання для самостійної робота

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|---------------|--|-----------------|
| 1 | Особливості використання математичних методів і математичного моделювання в геології | 10 |
| 2 | Статистичні моделі і їх особливості | 24 |
| 3 | Просторовий аналіз в геології та моделювання просторих змінних | 22 |
| ВСЬОГО | | 56 |

6. Індивідуальні завдання - немає

7. Методи контролю

- усне опитування (індивідуальне, комбіноване, фронтальне);
- перевірка практичної роботи;
- екзамен.

8. Схема нарахування балів

| Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання | | | | | Контрольна робота, передбачена навчальним планом | Індивідуальне завдання | Разом | Екзамен (залікова робота) | Сума |
|--|-----|-----|-----|-----|--|------------------------|-------|---------------------------|------|
| Практичні роботи | | | | | | | | | |
| ПР1 | ПР2 | ПР3 | ПР4 | ПР5 | | | | | |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 40 | - | 60 | 40 | 100 |

ПР1, ПР2 ... – практичні роботи.

Шкала оцінювання

| Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру | Оцінка | |
|--|-------------------------------------|----------------------------------|
| | для чотирирівневої шкали оцінювання | для дворівневої шкали оцінювання |
| 90 – 100 | відмінно | зараховано |
| 70-89 | добре | |
| 50-69 | задовільно | |
| 1-49 | незадовільно | не зараховано |

9. Рекомендована література

Основна література

1. Арманд А.Д. Информационные модели природных комплексов. - М.: Наука, 1975.
2. Бендат Дж., Пирсон А. Прикладной анализ случайных данных. М., Мир, 1989.
3. Браверман Э.М., Мучник И.Б. Структурные методы обработки эмпирических данных. М., Наука, 1983.
4. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М., Наука, 1976.
5. Веников В.А. Теория подобия и моделирования. - М.: Высшая школа, 1976.
6. Каждан А.Б., Гуськов О.И. Математические методы в геологии. М., Недра, 1990.
7. Математическое моделирование: проблемы и результаты. - М.: Наука, 2003.
8. Моделирование динамики геоекосистем регионального уровня. Хомяков П.М. и др. - М.: Изд – во МГУ, 2000.
9. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. - М.: Эдиториал УРСС, 2001.
10. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. – Новосибирск: Наука, 1978.
11. Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам. - М.: Мир, 1991.
12. Шредингер Э. Пространственно – временная структура Вселенной. -Новокузнецк, ИО НФМИ, 2000.
13. Эткинс П. Порядок и беспорядок в природе. Пер. с англ. Ю.Г. Рудого. -М.: Мир, 1987.

Допоміжна література

1. Гродзинський М.Д. Стійкість геосистем до антропогенних навантажень. – Київ: Ліцей, 1995.
2. Гроп Д. Методы идентификации систем. Пер. с англ. В.А. Васильева, В.И. Лопатина. - М.: Мир, 1979.
3. Ивахненко А.Г., Мюллер И.А. Самоорганизация прогнозирующих моделей. Киев, Техника, 1985.
4. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. М., Наука, 1981.
5. Пэнгл Р. Методы системного анализа окружающей среды. М., Мир, 1979.

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

1. Немец К. А., Сегида Е. Ю. Статистические методы и обработка геоинформации: учебно-методическое пособие. – Харьков, Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, 2013. – 60 с.
2. Навчальний посібник по багатовимірному аналізу гідрогеологічних даних.
3. Авторська навчальна програма моделювання полів впливу геологічних та гідрогеологічних об'єктів (архіви кафедри).