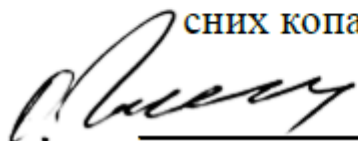


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет геологічний
Кафедра геології корисних копалин і геофізики

Затверджено
на засіданні кафедри геології корисних
копалин і геофізики геологічного
факультету Львівського національного
університету імені Івана Франка
(протокол № 2 від 30.08.2023 р.)

Завідувач кафедри геології корисних
копалин і геофізики


Олег ГАЙОВСЬКИЙ

Силабус з навчальної дисципліни
«Моделювання родовищ корисних копалин»,
що викладається в межах ОПШ “Геологія”
другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів з
спеціальності 103 “Науки про Землю”

Львів - 2023

| | |
|--|--|
| Назва дисципліни | Моделювання родовищ корисних копалин |
| Адреса викладання дисципліни | Львівський національний університет імені Івана Франка вул. Грушевського, 4 Львів 79005 |
| Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна | Геологічний факультет Кафедра геології корисних копалин і геофізики |
| Галузь знань, шифр та назва спеціальності | Галузь знань: 10 Природничі науки Спеціальність: 103 Науки про Землю |
| Викладачі дисципліни | Хом'як Микола Миколайович, канд. фіз.-мат. наук, доцент |
| Контактна інформація викладачів | Микола Хом'як < mykola.khomyak@lnu.edu.ua > вул. Грушевського 4; кімн. 124 |
| Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються | Консультування слухачів викладач здійснює згідно затвердженого графіку або за попередньою домовленістю. Можливі онлайн консультації через Teams, Telegram, Zoom, Moodle, електронну пошту або інші ресурси.. |
| Сторінка курсу | https://geology.lnu.edu.ua/course/modeliuvannia-rodovyshch-korysnykh-kopalyn |
| Інформація про дисципліну | Предметом навчальної дисципліни принципи, методи і програмне забезпечення для моделювання родовищ корисних копалин. |
| Коротка анотація дисципліни | Дисципліна "Моделювання родовищ корисних копалин" служить для ознайомлення та оволодіння основними теоретичними засадами моделювання родовищ корисних копалин, обґрунтування методів кількісної оцінки параметрів родовищ та використанням доступного програмного забезпечення для 3D-моделювання об'єктів та важливих геологічних параметрів у просторі. У рамках часу, відведеного на самостійну роботу, здобувачі виконують самостійні завдання, що дає змогу повніше виявити практичні знання та вміння щодо методів моделювання геологічного середовища і родовищ корисних копалин. |
| Мета та цілі дисципліни | Мета навчальної дисципліни — ознайомлення з теоретичними засадами просторового моделювання, необхідним інформаційним і програмним забезпеченням, а також прикладними задачами і методами створення моделей родовищ корисних копалин. Головні цілі <ul style="list-style-type: none"> ▪ застосовувати поняття теорії геологічного просторового моделювання; ▪ створювати, аналізувати і використовувати бази даних свердловин та інших інформаційних масивів; ▪ розуміти кількісні методи, що використовуються в моделювання родовищ корисних копалин, зокрема статистичні і геостатистичні методи; ▪ ознайомленням з деякими програмами та технологіями |

| | |
|---|--|
| | моделювання (умовне і блочне моделювання); |
| Література для вивчення дисципліни | <p style="text-align: center;">Базова</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Houlding S.W. 3D Geoscience Modeling, Computer Techniques For Geological Characterization. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1994, 308 p. 2. 3D/4D Geological Modeling for Mineral Exploration. www.mdpi.com/journal/minerals 3. Білецький В. С. Моделювання у нафтогазовій інженерії : навч. посібник / В. С. Білецький ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Львів : Новий Світ – 2000, 2021. – 306 с. 4. <p style="text-align: center;">Допоміжна</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Геологічна модель https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C 6. Zakrevski K.E. Geological 3D Modelling. –EАEG, 2011. – 262 p 7. Geologic modelling https://en.wikipedia.org/wiki/Geologic_modelling 8. 3D geology resources. BGS Research https://www.bgs.ac.uk/geology-projects/geology-3d/ 9. Numerical modeling (geology) https://en.wikipedia.org/wiki/Numerical_modeling_(geology) 10. D. A. Singer, V. I. Berger. Deposit Models and Their Application in Mineral Resource Assessments // In Briskey, J.A., and Schulz, K.J., eds., 2007, Proceedings for a Workshop on Deposit Modeling, Mineral Resource Assessment, and Their Role in Sustainable Development: U.S. Geological Survey Circular 1294, 143 p. https://pubs.usgs.gov/circ/2007/1294/, . – https://www.researchgate.net/publication/233997499, Martel S. J. Structural Geology. – Режим доступу: https://www.soest.hawaii.edu/martel/Courses/GG303/ |
| Тривалість курсу | Один семестр |
| Обсяг курсу | Викладається для студентів спеціальності "103 Науки про Землю" денної форми навчання на першомуому курсі навчання (магістерський рівень). Загальна кількість годин – 90 (3,0 кредити за ECTS), з яких відведено лекції – 16 год., лабораторні заняття – 32 год. та самостійну роботу – 42 год. Закінчується заліком. |
| Очікувані результати навчання | У результаті вивчення даної дисципліни студент повинний: знати в обсязі, достатньому для вирішення прикладних задач термінологію, основні визначення, суть методів моделювання родовищ корисних копалин; мати уявлення про сучасні програмні засоби та їхню функціональність щодо вирішення задач моделювання; уміти аналізувати вхідні дані про геологічні об'єкти, створювати просторові моделі, використовувати сучасні ІТ-технології. |
| Ключові слова | Моделювання, геологічне середовище, родовище корисних копалин, просторово розподілені параметри. |

| | |
|---|---|
| Формат курсу | Очний, а за необхідності дистанційний у Teams |
| Теми | Подано нижче у табличній формі СХЕМА КУРСУ* |
| Підсумковий контроль, форма | залік |
| Пререквізити | Для вивчення курсу студенти мають мати базові знання із загальної геології, тектоніки та тектонофізики, вищої математики, інформатики та обробки геологічних даних, виконувати структурні вимірювання в польових та лабораторних умовах. |
| Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу | Лекції (з елементами презентаційної графіки і відео) . Лабораторні заняття та завдання з комп'ютерного моделювання та аналізу геологічному середовищі. Тестування у системі Moodle. Консультації. Організація самостійної роботи, самоконтроль. |
| Необхідне обладнання | Персональний комп'ютер або ноутбук, загальнонавчівані (Microsoft Excel, TEAMS) та спеціалізовані (Micromine тощо) комп'ютерні програми. |
| Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності) | <p>Оцінювання знань студента викладач здійснює за кредитно-модульною системою з використанням 100-бальної шкали. Підрахунок балів студента буде виконано шляхом їхнього насумовування за формами поточного контролю знань.</p> <p>Форми контролю: опитування на лекції, лабораторні заняття, оцінювання самостійних завдань, тестування. Розподіл балів за формами контролю такий:</p> <ul style="list-style-type: none"> – лекційне опитування – максимум 16 балів; – виконання завдань на лабораторних заняттях (16 занять по 3 бали); максимальна кількість балів 48; – виконання індивідуальних завдань в межах самостійної роботи (2 завдання по 5 балів); максимальна кількість балів 10; – контрольні заміри (тести) (26 питань по 1 балу); максимальна кількість балів 26; <p>Загалом упродовж семестру – масимум 100 балів.</p> <p>Щоб отримати відмітку «зараховано» студенту необхідно набрати в сумі не менше 51 бала.</p> <p><i>Академічна доброчесність.</i> Списування, втручання в роботу студентів, відсутність посилань на використані джерела при написанні рефератів - приклади можливої академічної не доброчесності. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p> <p><i>Відвідання занять</i> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття.</p> <p><i>Література.</i> Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p><i>Політика виставлення балів.</i> Враховуються бали набрані на контрольному опитуванні, самостійній роботі.</p> |
| Питання до тем | Тема 1. Вступ. Основи моделювання. 1. Які виділяють етапи моделювання? |

2. Співвідношення між моделлю і об'єктом моделювання
3. Як можна класифікувати моделі? Види моделювання.
4. Основні принципи і завдання моделювання.

Тема 2. Параметри родовищ корисних копалин.

5. Які геометричні і структурні параметри ви знаєте?
6. У чому важливість геофізичних, геохімічних даних та їхнього комплексування?
7. Джерела, формати даних.
8. Верифікація і уточнення даних, їхня важливість та відмінність

Тема 3. Бази даних.

9. Як організована таблиця БД?
10. Ключі і реляційні БД
11. Специфіка геологічних БД
12. У чому проявляється просторовий характер інформації про параметри моделювання?

Тема 4. Геологічні БД та моделювання сутностей між об'єктами.

13. Способи прив'язки геологічної інформації?
14. Координати точок, ліній, блоків
15. Як визначити віддаль між двома геологічним об'єктами?

Тема 5. Геологічні БД та моделювання сутностей між об'єктами.

16. Організація інформації в геоБД?
17. Суть геокодування
18. Атрибути об'єктів та зв'язки між ними.

Тема 6. Моделі свердловин

19. Яка інформація зазвичай важлива про свердловини?
20. В чому зручність візуалізації БД свердловин?
21. Які задачі передбачають опрацювання БД свердловин?

Тема 7. Геостатистика.

22. Як впливає мінливість даних у просторі, наприклад, на підрахунок запасів?
23. Що показує варіограма?
24. Як змоделювати анізотропію властивостей геосередовища?
25. Що таке крігінг?

Тема 8. Моделі поверхонь.

26. Пояснити відмінність між DEM, DTM, DSM.
27. Що таке TIN?
28. Переваги і недоліки растрових, векторних і контурних

| | |
|-------------------|--|
| | <p>форматів моделей оверхні.</p> <p>Тема 9. Блочне моделювання.</p> <p>29. Що передбачає блочне моделювання? 30. Роздільна здатність блочних моделей? 31. Операції з блочними моделями</p> <p>Тема 10. Задачі підрахунку запасів.</p> <p>32. Роль комп'ютерних моделей для підрахунку запасів. 33. Роль гнологічних даних для підрахунку запасів. 34. У чому полягає необхідність уточнення моделей.</p> <p>Тема 11-13. Приклад моделювання #1.</p> <p>35. Які вхідні дані для моделювання? 36. Які програмні засоби ви використовуєте? 37. Послідовність виконання задач моделювання 38. Які звітні результати очікуються?</p> <p>Тема 14-16. Приклад моделювання #2.</p> <p>39. Які вхідні дані для моделювання? 40. Які програмні засоби ви використовуєте? 41. Послідовність виконання задач моделювання 42. Які звітні результати очікуються?</p> |
| Опитування | Тестування (в системі MOODLE) для поточного контролю знань |
| Опитування | Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу |

СХЕМА КУРСУ
«Моделювання родовищ корисних копалин»

| № | Тема занять (перелік питань) | Форма діяльності та обсяг годин | Термін виконання |
|---|--|---|------------------|
| 1 | <p style="text-align: center;">Вступ. Основи моделювання</p> <ul style="list-style-type: none"> • Моделі. Моделювання . Класифікація. • Геологічні об'єкти і геологічне моделювання. Комп'ютерне і математичне моделювання. • Основні принципи і завдання моделювання. <p>Лаб.: Ознайомлення з програмним інтерфейсом програми Micromine</p> | <p><i>Лекція – 2 год, лабораторне заняття – 4 год самостійна робота – 5 год</i></p> | <p>1-2-й тжд</p> |
| 2 | <p style="text-align: center;">Тема 2. Параметри родовищ корисних копалин.</p> <ul style="list-style-type: none"> • геометричні і структурні параметри. • геофізичні і геохімічні параметри. • економічні параметри тощо. <p>Лаб.: підготовка даних для програми Micromine в таблицях Excel</p> | | |
| 3 | <p style="text-align: center;">Тема 3. Бази даних.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Таблиці і відношення між ними • Поняття реляційних та ієрархічних баз даних. • Мова SQL <p>Лаб.: створення проекту Micromine, огляд структури і візуалізація даних</p> | <p><i>Лекція – 2 год, лабораторне заняття – 4 год самостійна робота – 5 год</i></p> | <p>3-4-й тжд</p> |
| 4 | <p style="text-align: center;">Тема 4. Геологічні БД та моделювання сутностей між об'єктами</p> <ul style="list-style-type: none"> • специфіка геологічних БД • координатна прив'язка • GPS-навігація. <p>Лаб.: Імпорт бази даних в Micromine</p> | | |
| 5 | <p style="text-align: center;">Тема 5. Моделювання геологічних об'єктів у просторі. Розрізи та блочні моделі</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1D-об'єкти і моделі • 2D-об'єкти і моделі • 3D-об'єкти і моделі. <p>Лаб.: Створення та редагування геооб'єктів у Micromine</p> | <p><i>Лекція – 2 год, лабораторне заняття – 4 год самостійна робота – 5 год</i></p> | <p>5-6-й тжд</p> |
| 6 | <p style="text-align: center;">Тема 6. Моделі свердловин.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Дані свердловин та структура баз даних. • Візуалізація свердловин • Проблеми екстраполяції даних <p>Лаб.: Робота з базами даних свердловин у Micromine</p> | | |

| | | | |
|----|--|---|--------------------|
| 7 | <p>Тема 7. Геостатистика.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Мінливістю у просторі. Статистичні методи. • Крігінг. • Варіограма. <p>Лаб.: Статистичні інструменти в програмі Micromine</p> | <p><i>Лекція – 2 год, лабораторне заняття – 4 год самостійна робота – 5 год</i></p> | <p>7-8-й тжд</p> |
| 8 | <p>Тема 8. Моделі поверхонь.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Геологічний та математичний опис поверхні. • Цифрова модель рельєфу. • Операції з поверхнями. <p>Лаб.: Створення (імпорт) ЦМП в програмі Micromine та операції з ними</p> | | |
| 9 | <p>Тема 9. Блочне моделювання.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Опис об'ємних об'єктів. • Операції над об'єктами. • Різномасштабні блочні моделі. Проблема "розмірності" <p>Лаб.: Інструменти Micromine для створення блочних моделей та робота з ними</p> | <p><i>Лекція – 2 год, лабораторне заняття – 2 год самостійна робота – 2 год</i></p> | <p>9-10-й тжд</p> |
| 10 | <p>Тема 10. Задачі підрахунку запасів.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Вхідні дані. • Алгоритми, вимоги, стандарти • Приклади застосування | <p><i>лабораторне заняття – 2 год самостійна робота – 3 год</i></p> | <p>10-й тжд</p> |
| 11 | <p>Тема 11-13. Приклад (case#1) моделювання.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Побудова 3D-блочної моделі рудного тіла: вхідні дані і постановка задачі. • Уточнення моделі, анізотропія властивостей <p>Лаб.: Використання Micromine для моделювання.</p> | <p><i>Лекція – 4 год, лабораторне заняття – 6 год самостійна робота – 9 год</i></p> | <p>11–13-й тжд</p> |
| 12 | <p>Тема 14-16. Приклад (case#2) моделювання.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Проектування кар'ру: вхідні дані і постановка задачі. • Алгоритми і робочий процес в пограмному забезпеченні <p>Лаб.: Використання Micromine для моделювання.</p> | <p><i>Лекція – 2 год, лабораторне заняття – 6 год самостійна робота – 8 год</i></p> | <p>14–16-й тжд</p> |