

**ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА
ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра фізичної географії, геоморфології та палеогеографії

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан географічного факультету:



Мирослав ЗАЯЧУК

12 серпня 2024 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни**

МОДЕЛІ КЛІМАТУ

вибіркова

Освітньо-професійна програма: Географія

Спеціальність: 106 «Географія»

Галузь знань: 10 «Природничі науки»

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

**Назва факультету, на якому здійснюється підготовка фахівців за
вказаною освітньо-професійною програмою:** географічний

Мова навчання: англійська

Чернівці, 2024

Робоча програма навчальної дисципліни «Моделі клімату» складена відповідно до освітньо-професійної програми «Географія» спеціальності: 106 «Географія», галузі знань: 10 «Природничі науки», затвердженої Вченою радою Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (протокол № 4 від 28 березня 2022 року).

Розробник програми: Холявчук Дарія Іванівна, доцент кафедри фізичної географії, геоморфології та палеогеографії, кандидат географічних наук

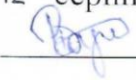
Викладач: Холявчук Дарія Іванівна, доцент кафедри фізичної географії, геоморфології та палеогеографії, кандидат географічних наук,

Погоджено з гарантом освітньо-професійної програми «Географія».

Гарант освітньо-професійної програми  Василь ДЖАМАН

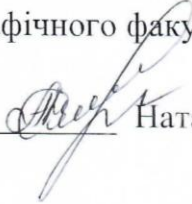
Затверджено на засіданні кафедри фізичної географії, геоморфології та палеогеографії

Протокол №4 від “12” серпня 2024 року

Завідувач кафедри  Богдан РІДУШ

Схвалено навчально-методичною радою географічного факультету

Протокол № 1 від “12” серпня 2024 року

Голова навчально-методичної ради факультету  Наталя АНДРУСЯК

Холявчук Д., 2024 рік

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА.

Навчальна дисципліна «Моделі клімату» належить до переліку вибіркових навчальних дисциплін за освітнім рівнем «магістр», що пропонується в рамках циклу професійної підготовки здобувачів другого рівня вищої освіти на першому році навчання. Курс спрямований на вивчення основ моделювання кліматичних систем і застосування моделей клімату. Він охоплює теоретичні основи моделювання клімату, їх використання для прогнозування зміни клімату та інтерпретацію результатів моделювання в контексті минулих, теперішніх і майбутніх кліматичних систем. До кінця курсу студенти отримають практичний досвід роботи з програмним забезпеченням моделювання клімату та інструментами, які використовуються в наукових дослідженнях клімату. Курс читається англійською мовою і базується на англомовному ресурсі наукової інформації і самому інтерфейсі їхнього використання.

1.1. Мета викладання дисципліни.

Метою дисципліни є вивчення основ моделювання зміни клімату та застосування моделей клімату для проєктної діяльності у сфері природокористування.

1.2. Завдання вивчення дисципліни:

- 1) сформувати у здобувачів розуміння фізичних процесів та математичних основ моделювання клімату;
- 2) проаналізувати роль кліматичних моделей у моделюванні зміни клімату;
- 3) розвивати навички використання інструментів і програмного забезпечення моделювання клімату;
- 4) критично оцінити обмеження та невизначеності прогнозів моделей клімату;
- 5) навчити застосовувати кліматичні моделі для оцінки впливу зміни клімату в глобальному та регіональному масштабах на природокористування

1.3. Компетенції, якими має оволодіти студент в процесі вивчення дисципліни.

Загальні компетентності (ЗК):

- ЗК 1. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК 2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК 3. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
- ЗК 4. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК):

- СК 1. Здатність до використання законів, теорій, концепцій і парадигм сучасної географії, історії розвитку географічних досліджень та ідей для дослідження природно- і суспільно-територіальних систем на різних рівнях просторової організації.
- СК 2. Здатність до наукового аналізу сучасних проблем та особливостей взаємодії природи й суспільства із застосуванням принципів раціонального використання територіальних ресурсів, основ законодавства у сфері природокористування, міського та регіонального розвитку і планування

територій для розроблення пропозицій з оптимізації природокористування та забезпечення сталого розвитку регіонів.

СК 5. Здатність здійснювати фахову оцінку програм, стратегій і планів розвитку територій, процесів глобалізації, регіоналізації та урбанізації у світі, проводити їхню геоекологічну й суспільно-географічну експертизу та моніторинг.

СК 6. Здатність застосовувати у професійній діяльності теоретичні знання і практичні навички системного аналізу і синтезу, географічного моделювання та прогнозування.

СК 7. Здатність застосовувати міждисциплінарні підходи при критичному осмисленні проблем природокористування, геопланування, міського та регіонального розвитку, рекреації та туризму оцінювати можливі ризики, соціально-економічні та екологічні наслідки управлінських рішень у сфері природокористування, міського та регіонального розвитку.

Програмні результати (ПРН) навчання:

ПРН 1. Застосовувати набуті теоретичні знання та практичні навички для дослідження природно- і суспільно-територіальних систем на різних рівнях просторової організації.

ПРН 6. Застосовувати сучасні моделі та інформаційні технології для проведення досліджень і розробок у сфері географії, природокористування, міського та регіонального розвитку.

ПРН 7. Брати участь у розробленні програм та стратегій міського та

ПРН 11. Оцінювати можливі ризики, соціально-економічні та геоекологічні наслідки реалізації управлінських рішень у сфері природокористування, міського та регіонального розвитку, рекреації та туризму.

У результаті вивчення курсу студенти повинні

Знати:

- фізичні процеси та математичні основи моделювання клімату;
- роль кліматичних моделей у моделюванні зміни клімату;

Вміти:

- використовувати інструменти і програмне забезпечення моделювання клімату для виконання та виведення результатів моделей клімату;
- критично оцінити обмеження та невизначеності прогнозів моделей клімату;
- навчити застосовувати кліматичні моделі для оцінки впливу зміни клімату в глобальному та регіональному масштабах на природокористування

2. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Загальна інформація

Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість			Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	змістових модулів	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	1	1	5	150	2	30	15	-	-	105	-	іспит
Заочна	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2.2. Структура змісту навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма							заочна форма					
	усьог о	у тому числі					усьог о	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	
Теми лекційних занять	Змістовий модуль 1.												
	<i>Основи моделювання кліматичних систем</i>												
Тема 1. Вступ до моделювання кліматичних систем	10	2	1			7							
Тема 2. Основи фізики атмосфери та океану	10	2	1			7							
Тема 3. Числові методи та параметризація кліматичних моделей	10	2	1			7							
Тема 4. Радіаційний вплив і зворотні зв'язки в кліматичних моделях	10	2	1			7							
Тема 5. Методи оцінки та перевірки моделі	10	2	1			7							
Тема 6. Невизначеності та обмеження в кліматичних моделях	10	2	1			7							
Разом за ЗМ1	60	12	6			42							
Теми лекційних занять	Змістовий модуль 2.												
	<i>Глобальні та регіональні кліматичні моделі</i>												
Тема 7. Загальні моделі циркуляції (GCM): структура та застосування	10	2	1			7							
Тема 8. Регіональні кліматичні моделі (RCM)	10	2	1			7							

Тема 9. Прогнози та сценарії зміни клімату (RCP, SSP)	10	2	1			7						
Тема 10. Вплив зміни клімату: екстремальні явища, гідрологічні зміни	10	2	1			7						
Тема 11. Моделі палеоклімату та реконструкція історичного клімату	10	2	1			7						
Тема 12. Кліматичні моделі в розробці політики та підтримці прийняття рішень	10	2	1			7						
Тема 13. Ансамблі моделей (CMIP)	10	2	1			7						
Тема 14. Проекти регіонального масштабування моделей клімату (EURO-CORDEX)	10	2	1			7						
Тема 15. Прикладні кліматичної моделі: регіональне та глобальне застосування	10	2	1			7						
Разом за ЗМ 2	90	18	9			63						
Усього годин	150	30	15			105						

2.3. Теми практичних занять

№	Назва теми	Годин	Балів
1	Налаштування моделі: прості концептуальні моделі.	1	6
2	GCM моделювання кліматичної системи (набори даних CESM або CMIP)	2	8
3	RCM моделювання регіонального клімату: Методи зменшення масштабу	2	8
4	Оцінка кліматичних моделей. Прогнози на основі сценаріїв	2	7
5	Управління ризиками екстремальних подій. Модель аналізу екстремальних подій	2	8
6	Перевірки масштабованих регіональних моделей	2	8
7	Обговорення програми кліматичної політики	1	6
8	Підготовка підсумкового проекту	3	9

3. ЗМІСТ ЗАВДАНЬ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ТА ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ЇЇ ВИКОНАННЯ:

1. Історичний розвиток моделей клімату: від концептуальних моделей до складного чисельного моделювання.
2. Роль кліматичних моделей у звітах Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (IPCC): ідеї та прогнози.
3. Моделювання парникового ефекту: розуміння радіаційного впливу та механізмів зворотного зв'язку.
4. Числові наближення в моделюванні клімату: методи, проблеми та точність.
5. Використання моделей загальної циркуляції (GCM): методи моделювання глобального клімату.
6. Регіональні кліматичні моделі (RCM): зменшення глобальних моделей до регіональних масштабів.
7. Моделі палеоклімату: моделювання минулого клімату та його наслідки для майбутніх прогнозів.
8. Хмари та чутливість клімату в кліматичних моделях: Параметризація та вплив на результати моделі.
9. Моделювання екстремальних кліматичних умов: імітація хвиль спеки, посухи та екстремальних погодних явищ.
10. Аналіз невизначеності та чутливості в моделях клімату: кількісна оцінка та інтерпретація невизначеностей.
11. Кліматичні моделі та прогнози підвищення рівня моря: моделювання танення льоду та теплового розширення.
12. Порівняння сценаріїв викидів (RCP і SSP): як змінюються майбутні прогнози клімату.
13. Застосування кліматичних моделей у розробці політики: стратегії пом'якшення клімату та адаптації.
14. Роль циркуляції океану в моделях клімату: як динаміка океану впливає на кліматичні системи.
15. Кліматичні моделі та втрата біорізноманіття: прогнозування екологічних впливів за різними кліматичними сценаріями.
16. Оцінка точності кліматичних моделей: методи валідації та верифікації моделей.
17. Зміна клімату та сільське господарство: використання кліматичних моделей для оцінки майбутньої продовольчої безпеки.
18. Інструменти програмного забезпечення моделювання клімату: Вивчення широко використовуваного програмного забезпечення, такого як CESM, WRF і NCL.
19. Моделі енергетичного балансу (EBM): спрощені моделі для розуміння енергетичного бюджету Землі.
20. Інтерпретація результатів кліматичної моделі для комунікації з громадськістю: подолання розриву між наукою та політикою.
21. Кліматичні моделі та цикл вуглецю: моделювання взаємодії між атмосферою, біосферою та океанами.

22. Ансамблі кліматичних моделей: використання кількох моделей для покращення кліматичних прогнозів.
23. Роль аерозолів у кліматичних моделях: як аерозолі впливають на радіацію та формування хмар.
24. Кліматичні моделі та глобальні водні ресурси: прогнозування гідрологічних змін та наявності води.
25. Переломні моменти в кліматичних моделях: визначення порогів, які можуть призвести до різких змін клімату.
26. Моделювання взаємодії землі й атмосфери: роль рослинності, ґрунтів і зміни землекористування в кліматичному моделюванні.
27. Кліматичні моделі та міські острови тепла: моделювання мікроклімату в міських районах.
28. Невизначеність параметрів у кліматичних моделях: як різні параметризації можуть впливати на результати моделі.
29. Сезонні та десятирічні прогнози клімату: короткострокове прогнозування клімату з використанням моделей.
30. Ефективність кліматичної моделі при моделюванні мусонних систем: виклики та успіхи в регіональних моделях.
31. Моделювання енергетичної системи та зміна клімату: включення виробництва та споживання енергії в моделювання клімату.
32. Моделювання зміни клімату у полярних регіонах.
33. Моделі пов'язаних систем Землі (ESM): інтеграція біогеохімічних циклів у моделювання клімату.
34. Відображення впливу льодовиків на клімат у кліматичних моделях: імітація динаміки кріосфери.
35. Інструменти візуалізації моделі клімату: використання візуалізації даних для інтерпретації результатів моделі.
36. Роль хмар і опадів у чутливості клімату: Проблеми моделювання динаміки хмар.
37. Геоінженерні та кліматичні моделі: моделювання потенційного впливу управління сонячною радіацією та видалення вуглекислого газу.
38. Кліматичні моделі та глобальне здоров'я: прогнозування впливу зміни клімату на здоров'я (наприклад, трансмісивні захворювання).
39. Багатомасштабне моделювання в кліматичних системах: подолання розриву між глобальними та регіональними моделями.
40. Етика моделювання клімату: обговорення упереджень, невизначеності та використання моделей для прийняття рішень.

4. Теми ІНДЗ

Протягом курсу і за підсумками здобутих результатів здобувач готує індивідуальний науково-дослідний проєкт на тему «Прогнозування впливу зміни клімату на сферу людської життєдіяльності чи природокористування (за вибором) із застосуванням моделей клімату». Проєкт оцінюється як підсумкова форма контролю курсу.

Методи навчання:
• словесні методи (лекція, співбесіда, консультація, дискусія, тощо), • практичні заняття, • наочні методи (презентації, відеоматеріали, you-Tube канал кафедри «Цілком природно»), • робота з книгою: навчально- методичною, науковою, доповідями МГЕЗК, • електронне та інтерактивне онлайн-навчання (дистанційні), • самостійна робота за програмою навчальної дисципліни.

5. МОДУЛЬ-КОНТРОЛЬ

Перелік запитань для проведення підсумкового модульного контролю:

1. Що таке кліматичні моделі та чому вони використовуються в кліматології?
2. Як кліматичні моделі імітують кліматичну систему Землі?
3. Які ключові відмінності між моделями прогнозування погоди та кліматичними моделями?
4. Як кліматичні моделі враховують складність систем Землі (атмосфера, океани, суша, лід)?
5. Що таке моделі загальної циркуляції (GCM) і як вони працюють?
6. Яка різниця між GCM та регіональними кліматичними моделями (RCM)?
7. Чому в кліматичних моделях використовуються параметри?
8. Які основні типи кліматичних моделей?
9. Що таке моделі системи Землі (ESM) і чим вони відрізняються від традиційних кліматичних моделей?
10. Як кліматичні моделі враховують зміни концентрації парникових газів?
11. Яку роль відіграє радіаційний вплив у кліматичних моделях?
12. Як океанічні течії та теплообмін моделюються в кліматичних моделях?
13. Як хмари та опади представлені в кліматичних моделях?
14. Як кліматичні моделі моделюють цикл вуглецю?
15. Яку роль відіграють аерозолі в кліматичних моделях?
16. Як кліматичні моделі керують енергетичним балансом?
17. Які процеси включені в моделі земної поверхні в моделюванні клімату?
18. Які механізми зворотного зв'язку включені в кліматичні моделі?
19. Як льодовики представлені в кліматичних моделях?
20. Які основні джерела невизначеності в компонентах кліматичної моделі?
21. Яке призначення чисельних методів моделювання клімату?
22. Як кліматичні моделі вирішують складні рівняння, що керують системою Землі?
23. Яка важливість параметризації в кліматичних моделях?
24. Як моделісти вибирають, які процеси параметризувати в кліматичних моделях?

- 25.Що таке роздільна здатність сітки в кліматичних моделях і чому це важливо?
- 26.Як різна роздільна здатність сітки впливає на результати кліматичних моделей?
- 27.Які проблеми виникають у зв'язку з параметризацією хмар у кліматичних моделях?
- 28.Як кліматичні моделі враховують процеси в масштабі підсітки?
- 29.Що таке репрезентативні шляхи концентрації (RCP) і як вони використовуються в кліматичних моделях?
- 30.Як спільні соціально-економічні шляхи (SSP) пов'язані з кліматичними прогнозами?
- 31.Що таке ансамблі кліматичних моделей і як вони покращують прогнози?
- 32.Як кліматичні моделі передбачають майбутні зміни температури?
- 33.Як кліматичні моделі прогнозують майбутні моделі опадів?
- 34.Що таке чутливість клімату і як її обчислюють кліматичні моделі?
- 35.Які обмеження довгострокових кліматичних прогнозів?
- 36.Які ключові чинники впливають на точність прогнозів кліматичної моделі?
- 37.Як палеокліматичні моделі сприяють розумінню майбутніх змін клімату?
- 38.Які основні джерела невизначеності кліматичних моделей?
- 39.Як оцінюється надійність результатів кліматичних моделей?
- 40.Які загальні методи перевірки кліматичних моделей?
- 41.Як взаємопорівняння моделей (такі як CMIP) допомагають в оцінці моделі?
- 42.Чому різні кліматичні моделі дають дещо різні результати для одного сценарію?
- 43.Як невизначеність майбутніх кліматичних прогнозів доводиться до відома політиків?
- 44.Як набори даних спостережень сприяють оцінці кліматичних моделей?
- 45.Яка роль калібрування моделі в зменшенні невизначеності?
- 46.Як ансамблеві методи використовуються для оцінки невизначеностей у кліматичних моделях?
- 47.Як кліматичні моделі моделюють вплив зміни клімату на екстремальні погодні явища?
- 48.Як кліматичні моделі допомагають передбачити частоту та інтенсивність ураганів і тропічних штормів?
- 49.Що прогнозують кліматичні моделі щодо підвищення рівня моря в наступному столітті?
- 50.Як кліматичні моделі прогнозують вплив зміни клімату на сільське господарство та продовольчу безпеку?
- 51.Як кліматичні моделі можуть моделювати вплив зміни клімату на ресурси прісної води?
- 52.Як кліматичні моделі допомагають оцінити майбутні ризики пов'язаних із кліматом катастроф (наприклад, повеней, посух)?

53. Яку роль відіграють кліматичні моделі в розумінні впливу зміни клімату на біорізноманіття та екосистеми?
54. Як кліматичні моделі моделюють потенційні зміни в моделях циркуляції океану, наприклад Гольфстрім?
55. Що таке моделювання палеоклімату і як воно допомагає нам зрозуміти зміни клімату в минулому?
56. Як палеокліматичні моделі моделюють історичні кліматичні умови, такі як останній льодовиковий період?
57. Які типи даних використовуються для перевірки палеокліматичних моделей?
58. Як палеокліматичні моделі сприяють поясненню механізмів кліматичного зворотного зв'язку протягом тривалого періоду часу?
59. Як палеокліматичні моделі показують реакцію геосистем на природний вплив клімату (наприклад, виверження вулканів, мінливість Сонця)?
60. Як політики використовують результати кліматичних моделей для адаптації до клімату та стратегій пом'якшення?
61. Як кліматичні моделі впливають на рішення, пов'язані з розвитком відновлюваної енергетики?
62. Яке застосування кліматичних моделей у страховій та фінансовій галузях?
63. Як кліматичні моделі використовуються для оцінки ризиків прибережних міст через підвищення рівня моря?
64. Як кліматичні моделі допомагають передбачити майбутнє поширення хвороб, чутливих до клімату?
65. Як кліматичні моделі можна використовувати для оцінки економічних наслідків зміни клімату?
66. Як регіональні кліматичні моделі (RCM) сприяють дослідженням впливу на клімат у місцевих масштабах?
67. Як кліматичні моделі моделюють соціально-економічні наслідки зміни клімату?
68. Що таке масштабування в моделюванні клімату і для чого воно використовується?
69. Чим статистичне масштабування відрізняється від динамічного масштабування?
70. Які проблеми виникають у моделюванні кліматичних екстремальних ситуацій, таких як хвилі спеки та похолодання?
71. Як моделі енергетичного балансу (EBM) спрощують моделювання клімату?
72. Як поєднані моделі атмосфера-океан покращують кліматичні прогнози?
73. Яке значення має використання даних спостережень для запуску та перевірки кліматичних моделей?
74. Що таке продукти повторного аналізу клімату та як вони використовуються в оцінці моделі?
75. Які програмні пакети моделювання клімату найчастіше використовуються?

76. Як вчені використовують Python для кліматичного моделювання та аналізу даних?
77. Що таке мова команд NCAR (NCL) і як вона використовується в моделюванні клімату?
78. Як обробляються великі масиви кліматичних даних (наприклад, дані CMIP) для аналізу?
79. Як візуалізації (наприклад, карти, графіки) використовуються для ефективної передачі результатів кліматичної моделі?
80. Які етичні положення застосовуються в моделюванні клімату (наприклад, відкритість, упередженість)?
81. Як кліматичні моделі сприяють дебатам про геоінженерні рішення щодо зміни клімату?
82. Як кліматичні моделі можуть допомогти оцінити потенційні ризики та переваги уловлювання та зберігання вуглецю?
83. Які поточні виклики у покращенні точності кліматичних моделей?
84. Як моделі моделюють соціально-економічні наслідки відстрочених заходів щодо зміни клімату?
85. Які найбільші проблеми виникають в донесенні невизначеності кліматичної моделі до громадськості?
86. Як прогрес у обчислювальній потужності може вплинути на майбутнє моделювання клімату?
87. Які потенційні переваги інтеграції методів машинного навчання в кліматичні моделі?
88. Як покращені спостереження (наприклад, супутникові дані) можуть підвищити точність кліматичної моделі?
89. Яку роль відіграватимуть кліматичні моделі в майбутніх міжнародних кліматичних угодах і переговорах?
90. Як міждисциплінарні підходи можуть покращити прогнози кліматичних моделей та їх застосування?

6. СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТА ОЦІНЮВАННЯ КУРСУ.

6.1. Методи контролю.

Контроль знань студентів ґрунтується на здійсненні поточного і підсумкового контролю при застосуванні таких способів діагностики, як практичні і самостійні роботи, тестування, індивідуальні завдання, письмове і усне опитування. Поточний контроль здійснюється під час проведення практичних та інших видів занять і має на меті перевірку рівня підготовленості студента до виконання конкретної роботи. Модульний контроль проводиться у вигляді письмового фронтального опитування.

Форма підсумкового контролю – іспит у формі захисту та письмового звіту за результатами індивідуального науково-дослідного проекту.

Методами контролю є: усний, письмовий (розгорнута відповідь), тестовий при застосуванні індивідуальної та фронтальної перевірки знань, умінь і навичок студентів.

1. Контроль засвоєння *лекційного і самостійно опрацьованого* теоретичного матеріалу здійснюється на основі модульного (письмового) фронтального опитування, в тому числі – тестування.

2. Контроль засвоєння знань та набуття умінь і навиків при виконанні *практичних робіт* здійснюється шляхом їх поточної перевірки.

6.2. Розподіл балів, які отримують студенти.

Підсумкова оцінка з навчальної дисципліни (до 100 балів) є сумою оцінок компетентностей (балів), одержаних за окремі оцінювані форми навчальної діяльності, та підсумковий проєкт (іспит). Максимальна кількість балів, яку може отримати студент до іспиту, у сумі становить 60 балів. Інші 40 балів відводиться на підсумковий модуль (іспит). Питання *самостійної роботи* включені до завдань модульного контролю і оцінюються при модульному контролі. Підсумкова оцінка виставляється за сумою всіх отриманих балів згідно шкали оцінювання. При цьому в екзаменаційній відомості зазначається сумарна кількість набраних балів, оцінка за шкалою ECTS і оцінка за національною шкалою.

Визнання результатів здобутих шляхом неформальної освіти:

Відповідно до «Положення про взаємодію формальної та неформальної освіти, визнання результатів навчання (здобутих шляхом неформальної та/або інформальної освіти, в системі формальної освіти) у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича (протокол №4 від 28 березня 2022 року)» (<https://www.chnu.edu.ua/media/3aykf41y/polozhennia-pro-vzaiemodiiu-formalnoi-ta-neformalnoi-osvity.pdf>) допускається зарахування навчальних елементів, а також отримання додаткових балів за результатами неформальної освіти:

- робота чи стажування за фахом, що підтверджується документом із підприємства та забезпечує набуття компетентностей, передбачених навчальною дисципліною;

- проходження безкоштовних навчальних тренінгів (вебінарів, семінарів), що проводяться на платформі Coursera та інших фахових платформах, за умови отримання безкоштовного сертифікату.

Результати зараховуються лише для відповідних тем лекційних і семінарських занять, практичних і лабораторних завдань даної навчальної дисципліни у кількості балів, що виділяються на цей навчальний елемент.

6.3. Шкала оцінювання.

Поточне опитування, тестування та самостійна робота	Максимальна кількість балів
Змістовий модуль 1	
T 1	4
T 2	4
T 3	4
T 4	4
T 5	4

T6	4
Сума	24
Змістовий модуль 2	
T 7	4
T 8	4
T 9	4
T 10	4
T 11	4
T 12	4
T13	4
T14	4
T15	4
Сума	36
Іспит	40
Всього	100

Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
	Оцінка (бали)	Пояснення за розширеною шкалою
Відмінно	A (90-100)	відмінно
Добре	B (80-89)	дуже добре
	C (70-79)	добре
Задовільно	D (60-69)	задовільно
	E (50-59)	достатньо
Незадовільно	FX (35-49)	незадовільно (з можливістю повторного складання)
	F (1-34)	незадовільно (з обов'язковим самостійним повторним опрацюванням освітнього компонента до перескладання)

7. Література:

7 а. Основна:

1. Ігошин, М. І. (2005). *Математичні методи і моделювання у фізичній географії: Підручник. Практикум.* Астропринт.
2. Ліпінський, В. М., Дячук, В. А., Бабіченко, В. М. (Ред.). (2003). *Клімат України.* Київ: Видавництво Раєвського.
3. *Регіональні зміни клімату України : Методичні вказівки до навчального курсу для студентів географічного факультету спеціальності «Метеорологія та кліматологія».* (2018). Укл. Паламарчук Л. В., Краковська С. В. Прінт-Сервіс,.
4. Степаненко С. (2013). *Динаміка та моделювання клімату: підручник для студентів вищих навчальних закладів.* Екологія.
5. Холявчук Д.І. (2019). *Регіональна кліматологія : навчальний посібник.* Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича.

6. Bonan, G. (2019). Climate Change and Terrestrial Ecosystem Modeling. In *Climate Change and Terrestrial Ecosystem Modeling*. <https://doi.org/10.1017/9781107339217>
7. Cannon, A. J., Piani, C., & Sippel, S. (2019). Bias correction of climate model output for impact models. In *Climate Extremes and Their Implications for Impact and Risk Assessment*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814895-2.00005-7>
8. Chandler, R. E., Barnes, C. R., & Brierley, C. M. (2024). Characterizing Spatial Structure in Climate Model Ensembles. *Journal of Climate*, 37(3). <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-23-0089.1>
9. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report
10. David A., R., J., S., Ravi S., N., & Parthasarathi, M. (2019). Current Trends in the Representation of Physical Processes in Weather and Climate Models. In *Current Trends in the Representation of Physical Processes in Weather and Climate Models*.
11. Dijkstra, H. A. (2024). The role of conceptual models in climate research. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 457. <https://doi.org/10.1016/j.physd.2023.133984>
12. Donat, M. G., Sillmann, J., & Fischer, E. M. (2019). Changes in climate extremes in observations and climate model simulations. From the past to the future. In *Climate Extremes and Their Implications for Impact and Risk Assessment*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814895-2.00003-3>
13. Gettelman, A., & Rood, R. B. (2016). Essence of a Climate Model. https://doi.org/10.1007/978-3-662-48959-8_4
14. Gettelman, A., & Rood, R. B. (2018). Demystifying climate models: A users guide to earth system models. Springer Open
15. Griffies, S. M. (2018). Fundamentals of Ocean Climate Models. In *Fundamentals of Ocean Climate Models*. <https://doi.org/10.2307/j.ctv301gzg>
16. Hartmann, D. L. (2016). Global Climate Models. In *Global Physical Climatology*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-328531-7.00011-6>
17. IPCC Report, I. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. United Nations Environment Programme UNEP 2022, AR6.
18. IPCC. (2022). Global Warming of 1.5°C. In *Global Warming of 1.5°C*. <https://doi.org/10.1017/9781009157940>
19. Jebeile, J. (2024). From regional climate models to usable information. *Climatic Change*, 177(3). <https://doi.org/10.1007/s10584-024-03693-7>
20. Kotamarthi, R., Hayhoe, K., Mearns, L., Wuebbles, D., Jacobs, J., & Jurado, J. (2021). Downscaling Techniques for High-Resolution Climate Projections. In *Downscaling Techniques for High-Resolution Climate Projections*. <https://doi.org/10.1017/9781108601269>
21. McGuffie, K., & Henderson-Sellers, A. (2005). A Climate Modelling Primer. In *A Climate Modelling Primer*. <https://doi.org/10.1002/0470857617>

22.Reichle, D. E. (2023). The Global Carbon Cycle and Climate Change: Scaling Ecological Energetics from Organism to the Biosphere. In *The Global Carbon Cycle and Climate Change: Scaling Ecological Energetics from Organism to the Biosphere*. <https://doi.org/10.1016/C2022-0-00267-1>

23.Tapiador, F. J. (2020). Validation of climate models. In *Advances in Global Change Research* (Vol. 69). https://doi.org/10.1007/978-3-030-35798-6_30

76. Додаткова

- 24.Ahmed, M. (2023). Global Agricultural Production: Resilience to Climate Change. In *Global Agricultural Production: Resilience to Climate Change*. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-14973-3>
- 25.Antofie, T.; Naumann, G.; Spinoni, J.; Vogt, J. Estimating the Water Needed to End the Drought or Reduce the Drought Severity in the Carpathian Region. *Hydrol Earth Syst Sci* 2015, 19 (1). <https://doi.org/10.5194/hess-19-177-2015>.
- 26.Barry, R. G., Chorley, R. J. (2010). *Atmosphere, weather, and climate*. New York: Routledge. 8th edn. Methuen.
- 27.Buksha, I. F., Pyvovar, T. S., Buksha, M. I., Pasternak, V. P., & Buksha, T. I. (2021). MODELLING AND FORECASTING THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON FORESTS OF UKRAINE FOR 21ST CENTURY TIME HORIZON. *Forestry Ideas*, 27(2).
- 28.Cebulska, M.; Kholiavchuk, D. Variability of Meteorological Droughts in the Polish and the Ukrainian Carpathians, 1984–2015. *Meteorology and Atmospheric Physics* 2022, 134 (1). <https://doi.org/10.1007/s00703-021-00853-7>
- 29.Chivulescu, S., García-Duro, J., Pitar, D., Leca, Ș., & Badea, O. (2021). Past and future of temperate forests state under climate change effects in the romanian southern carpathians. *Forests*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/f12070885>
- 30.Hlásny, T.; Trombik, J.; Dobor, L.; Barcza, Z.; Barka, I. Future Climate of the Carpathians: Climate Change Hot-Spots and Implications for Ecosystems. *Reg Environ Change* 2016, 16 (5), 1495–1506. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0890-2>.
- 31.Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) report, *Climate Change* (2001). The Scientific Basis.
- 32.Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O. B., Bouwer, L. M., Braun, A., Colette, A., Déqué, M., Georgievski, G., Georgopoulou, E., Gobiet, A., Menut, L., Nikulin, G., Haensler, A., Hempelmann, N., Jones, C., Keuler, K., Kovats, S., ... Yiou, P. (2014). EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*, 14(2), 563–578. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0499-2>
- 33.Kholiavchuk, D., Cebulska, M. (2016). Variability of the highest monthly precipitation in the area of Ukrainian and Polish Carpathian Mountains in the years 1984–2013. *Future of the Carpathians: Smart, Sustainable, Inclusive*. Conference abstracts. Forum Carpaticum 2016, September 28 – 30, 2016, Bucharest, Romania. 99–100
- 34.Krakovska, S., Balabukh, V., Chyhareva, A., Pysarenko, L., Trofimova, I., & Shpytal, T. (2021). Projections of regional climate change in Ukraine based on

- multi-model ensembles of Euro-CORDEX. EGU General Assembly Conference Abstracts, EGU21-13821. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-13821>
35. Kynal, O., Kholiavchuk, D. (2016). Climate variability in the mountain river valleys of the Ukrainian Carpathians. *Quaternary International*, 415. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015>
 36. Micu, D. M.; Dumitrescu, A.; Cheval, S.; Nita, I.-A.; Birsan, M.-V. Temperature Changes and Elevation-Warming Relationships in the Carpathian Mountains. *International Journal of Climatology* 2021, 41 (3), 2154–2172. <https://doi.org/10.1002/joc.6952>.
 37. Milovanović, B., Schubert, S., Radovanović, M., Vakanjac, V. R., & Schneider, C. (2022). Projected changes in air temperature, precipitation and aridity in Serbia in the 21st century. *International Journal of Climatology*, 42(3), 1985–2003. <https://doi.org/10.1002/joc.7348>
 38. Mudelsee, M. (2010). *Climate Time Series Analysis: Classical Statistical and Bootstrap Methods*. Springer, Dordrecht.
 39. Oliver, J. E. (2008). *The encyclopedia of world climatology*. Springer.
 40. Palamarchuk, L. v, Skrynyk, O. Y., Putrenko, V. v, Skrynyk, O. A., Oshurok, D. O., Sidenko, V. P., & Kyreieva, Z. M. (2024). Near-surface air temperature in the Ukrainian Carpathians up to the middle of the XXI century by the EURO-CORDEX models. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 46(3). <https://doi.org/10.24028/gj.v46i3.299699>
 41. Prein, A. F., Gobiet, A., Truhetz, H., Keuler, K., Goergen, K., Teichmann, C., Fox Maule, C., van Meijgaard, E., Déqué, M., Nikulin, G., Vautard, R., Colette, A., Kjellström, E., & Jacob, D. (2016). Precipitation in the EURO-CORDEX 0.11° and 0.44° simulations: high resolution, high benefits? *Climate Dynamics*, 46(1–2), 383–412. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2589-y>
 42. Prein, A. F., Gobiet, A., Truhetz, H., Keuler, K., Goergen, K., Teichmann, C., Fox Maule, C., van Meijgaard, E., Déqué, M., Nikulin, G., Vautard, R., Colette, A., Kjellström, E., & Jacob, D. (2016). Precipitation in the EURO-CORDEX 0.11° and 0.44° simulations: high resolution, high benefits? *Climate Dynamics*, 46(1–2), 383–412. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2589-y>
 43. Randall, D.A., R.A. Wood, S. Bony, R. Colman, T. Fichet, J. Fyfe, V. Kattsov, A. Pitman, J. Shukla, J. Srinivasan, R.J. Stouffer, A. Sumi and K.E. Taylor, 2007: Climate Models and Their Evaluation. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
 44. Shvidenko, A.; Buksha, I.; Krakovska, S.; Lakyda, P. Vulnerability of Ukrainian Forests to Climate Change. *Sustainability (Switzerland)* 2017, 9 (7). <https://doi.org/10.3390/su9071152>.
 45. Simon, C., Kis, A., & Torma, C. Z. (2023). Temperature characteristics over the Carpathian Basin-projected changes of climate indices at regional and local scale

- based on bias-adjusted CORDEX simulations. *International Journal of Climatology*, 43(8), 3552–3569. <https://doi.org/10.1002/joc.8045>
46. Skarbit, N., Unger, J., & Gál, T. (2022). Projected values of thermal and precipitation climate indices for the broader Carpathian region based on EURO-CORDEX simulations. *Hungarian Geographical Bulletin*, 71(4), 325–347. <https://doi.org/10.15201/hungeobull.71.4.2>
 47. Spinoni, J.; Szalai, S.; Szentimrey, T.; Lakatos, M.; Bihari, Z.; Nagy, A.; Németh, Á.; Kovács, T.; Mihic, D.; Dacic, M.; Petrovic, P.; Kržič, A.; Hiebl, J.; Auer, I.; Milkovic, J.; Štěpánek, P.; Zahradníček, P.; Kilar, P.; Limanowka, D.; Pyrc, R.; Cheval, S.; Birsan, M.-V.; Dumitrescu, A.; Deak, G.; Matei, M.; Antolovic, I.; Nejedlík, P.; Štastný, P.; Kajaba, P.; Bochníček, O.; Galo, D.; Mikulová, K.; Nabyvanets, Y.; Skrynyk, O.; Krakovska, S.; Gnatiuk, N.; Tolasz, R.; Antofie, T.; Vogt, J. Climate of the Carpathian Region in the Period 1961-2010: Climatologies and Trends of 10 Variables. *International Journal of Climatology* 2015, 35 (7), 1322–1341. <https://doi.org/10.1002/joc.4059>.
 48. Spinoni, J.; Vogt, J. V; Naumann, G.; Barbosa, P.; Dosio, A. Will Drought Events Become More Frequent and Severe in Europe? *International Journal of Climatology* 2018, 38 (4), 1718–1736. <https://doi.org/10.1002/joc.5291>.
 49. Szabó, A. I., Breuer, H., Ács, F., Belda, M., & Feddema, J. (2022). Projected changes in Feddema climate characteristics in the Larger Carpathian Region by the end of the 21st century. *International Journal of Climatology*, 42(11), 5732–5747. <https://doi.org/10.1002/joc.7558>
 50. Torma, C. Z. (2019). Detailed validation of EURO-CORDEX and med-cordex regional climate model ensembles over the carpathian region. *Idojaras*, 123(2), 217–240. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2019.2.6>
 51. Torma, C. Z., & Kis, A. (2022). Bias-adjustment of high-resolution temperature CORDEX data over the Carpathian region: Expected changes including the number of summer and frost days. *International Journal of Climatology*, 42(12), 6631–6646. <https://doi.org/10.1002/joc.7654>
 52. Torma, C. Z., Kis, A., & Pongrácz, R. (2020). Evaluation of Euro-cordex and med-cordex precipitation simulations for the carpathian region: Bias corrected data and projected changes. *Idojaras*, 124(1), 25–46. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2020.1.2>
 53. Vautard, R., Kadygrov, N., Iles, C., Boberg, F., Buonomo, E., Bülow, K., Coppola, E., Corre, L., van Meijgaard, E., Nogherotto, R., Sandstad, M., Schwingshackl, C., Somot, S., Aalbers, E., Christensen, O. B., Ciarlo, J. M., Demory, M. E., Giorgi, F., Jacob, D., ... Wulfmeyer, V. (2021). Evaluation of the Large EURO-CORDEX Regional Climate Model Ensemble. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 126(17). <https://doi.org/10.1029/2019JD032344>
 54. von Storch, H., Zwiers, F. W. (1999). *Statistical Analysis in Climate Research*. Cambridge University Press, Cambridge.
 55. Wasserman, L. (2004). *All of Statistics: A Concise Course in Statistical Inference*. Springer, New York.
 56. WMO (2020). WMO Statement on the State of the Global Climate in 2019. URL : https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21700#.X4c-7dBzTIU

57. Yin, C. (2014). Climatic Data Analysis and Diagnostics. CLIMsystems Ltd, Hamilton, New Zealand. URL: <http://climsystems.com/>

Інформаційні ресурси

1. The Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/>
2. KNMI Climate Change Atlas. https://climexp.knmi.nl/plot_atlas_form.py?id=someone@somewhere
3. World Meteorological Organization. (WMO). <https://public.wmo.int/en>
4. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). <https://www.ecmwf.int/en/about>
5. Climate projections. Home. <https://climate.copernicus.eu/climate-projections>
6. Coupled Model Intercomparison Project (CMIP). Home. <https://wcrp-cmip.org/cmip-overview/>
7. Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX). <https://cordex.org/>

Бази даних:

1. Український гідрометеорологічний центр. Інформаційний портал погоди. <https://www.meteo.gov.ua/>
2. Climate data for cities worldwide. Climate-data.org. URL: <https://en.climate-data.org/>
3. DWD Analyse-Archiv. <http://www1.wetter3.de>
4. European Climate Assessment & Dataset project. Daily data. <http://www.ecad.eu/dailydata/index.php>
5. National Centers for Environmental Information (NCEI). Climate Data Online: Data set Discovery. <https://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/datasets>
6. Climate Data Store. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home>