

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеський державний екологічний університет

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні групи забезпечення
спеціальності

від « 31 » серпня 2020 року
протокол № 1

Голова групи Шакірманова Ж.Р.

УЗГОДЖЕНО

Директор
інституту

Гідрометеорологічного

Овчарук В.А.

СИЛЛАБУС

навчальної дисципліни

Динаміка та моделювання клімату

(назва навчальної дисципліни)

103 Науки про Землю

(шифр та назва спеціальності)

Метеорологія і кліматологія

(назва освітньої програми)

магістр

(рівень вищої освіти)

денна

(форма навчання)

I/II

(рік навчання)

II/III

(семестр навчання)

8/240

(кількість кредитів ЄКТС/годин)

Залік/іспит

(форма контролю)

Метеорології та кліматології

(кафедра)

Одеса, 2020 р.

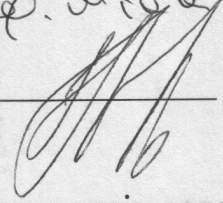
Автори: Степаненко Сергій Миколайович, д. фіз.-мат.н., професор
(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Хоменко Інна Анатоліївна, канд. геогр. наук
(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Поточна редакція розглянута на засіданні кафедри метеорології та кліматології
від « 28 » серпня 2020 року, протокол № 1.

Викладачі: Лекції – Степаненко Сергій Миколайович, д. фіз.-мат.н., проф.
(вид навчального заняття: прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Практика – Хоменко Інна Анатоліївна, канд. геогр. наук
(вид навчального заняття: прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Рецензент: Дов. проф. М. Г. М. Г.


О. М. Прокоф'єв

Перелік попередніх редакцій

Прізвища та ініціали авторів	Дата, № протоколу	Дата набуття чинності

1 ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета	систематичне викладення основ теоретичних знань зі всіх компонентів глобальної кліматичної системи і всіх взаємодій між ними. Особлива увага приділяється вивченню відгуків кліматичної системи на будь-які збудження. Розглядаються основні шляхи моделювання кліматичної системи та можливості використання запропонованих проєкцій клімату для врегулювання економічних, екологічних та інших збитків.
Компетентність	К15. Здатність використовувати знання про фізичні механізми формування кліматичної системи та сценарії її розвитку для оцінки можливих наслідків змін клімату.
Результат навчання	ПР15. Передбачати можливі наслідки впливу змін клімату на життєдіяльність людства та різні галузі світової економіки. ПР16. Надавати рекомендації з впровадження заходів щодо зниження ризиків від наслідків змін клімату на населення та галузі економіки
Базові знання	▪ основні фактори, під впливом яких відбувається формування кліматичної системи; ▪ компоненти кліматичної системи, їх взаємозв'язок та фізичні механізми реалізації взаємозв'язків; ▪ прямі та зворотні зв'язки кліматичної системи та її компонентів; ▪ особливості просторового розподілу метеорологічних величин; ▪ принципи, що покладено в основу моделювання кліматичної системи; ▪ основні види кліматичних моделей, їх достоїнства та недоліки; ▪ системи рівнянь, які використовуються для побудови різних кліматичних моделей, та методи їх розв'язання; ▪ основні етапи перевірки кліматичної моделі; ▪ причини та механізми кліматичних змін; ▪ основні етапи розробки проєкцій клімату та їх застосування для попередження негативних змін клімату на різні галузі економіки; ▪ поточні проєкції клімату, що використовуються у науковій практиці.
Базові вміння	▪ розраховувати різноманітні складові компонентів кліматичної системи, враховуючи їх зміни у часі; ▪ використовувати отримані теоретичні знання для побудови моделей кліматичної системи; ▪ вибирати оптимальну модель кліматичної системи в залежності від постанови задачі; ▪ виконувати верифікацію кліматичних моделей; ▪ отримувати кількісну оцінку відгуків кліматичної системи на різноманітні збудження; ▪ використовувати сценарії та проєкції клімату для зменшення

	економічних та екологічних збитків.
Базові навички	■ отримувати з кліматичних даних інформацію найширшого спектру, яка може бути використана в різних секторах економіки; ■ створювати і/або інтерпретувати кліматичні прогнози, проєкції/сценарії клімату й продукцію кліматичних моделей; ■ надавати інформацію щодо кліматичних ризиків для зменшення економічних та екологічних збитків.
Пов'язані силлабуси	
Попередня дисципліна	
Наступна дисципліна	
Кількість годин	II семестр I року навчання Лекції: 30 годин практичні заняття: 30 годин лабораторні заняття: семінарські заняття: самостійна робота студентів: 60 годин. I семестр II року навчання Лекції: 28 годин практичні заняття: 28 годин лабораторні заняття: семінарські заняття: самостійна робота студентів: 64 годин.

2 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1 Лекційні модулі в II семестрі I року навчання

Код	Назва теми	Кількість годин	
		ауд	СРС
ЗМ Л1	1. Вступ	0,5	1
	Елементи загальної циркуляції атмосфери.	1	0,5
	Температура атмосфери та водяна пара. Океанська циркуляція. Температура і солоність океану. Геофізичний граничний шар.	1,5	0,5
	Компоненти та властивості кріосфери. Поверхня суші та земна біосфера.	1	3,5
ЗМ Л2	Баланс тепла на верхній межі атмосфери: глобальний підхід. Парниковий ефект	2	1,0
	Сучасна інсоляція на верхній межі атмосфери. Енергетичний тепла на верхній межі атмосфери: географічний розподіл	2	1,0
	Акумуляція та перенос тепла. Баланс тепла на підстильній поверхні.	2	1,0
	Гідрологічний цикл.	3	2
	Вуглецевий цикл.	4	5
ЗМ Л3	Види кліматичних моделей.	0,5	0,5
	Енергобалансові моделі. Моделі проміжної складності. Моделі загальної циркуляції.	2	0,5
	Опис компонентів кліматичної моделі у моделях клімату.	3,5	1
	Чисельне розв'язання рівнянь та властивості числових розв'язків.	3	1,5
	Перевірка, валідація, тестування моделей кліматичної системи.	2,5	1
	Оцінювання результатів моделювання.	1,5	5,0
	Підготовка до залікової контрольної роботи		5,0
Разом		30	30

Консультації:

Степаненко Сергій Миколайович,
адреса електронної пошти rector@odeku.edu.ua

2.2 Лекційні модулі в I семестрі II року навчання

Код	Назва теми	Кількість годин	
		ауд	СРС
ЗМ Л4	Поняття кліматичного форсингу.	2	0,5
	Головні радіаційні форсинги.	2	1
	Рівноважний відгук кліматичної системи – визначення зворотного зв'язку.	3	1
	Швидкоплинний відгук кліматичної системи.	3	1
	Прямі та зворотні зв'язки.	3	2
	Сучасна інсоляція на верхній межі атмосфери. Енергетичний тепла на верхній межі атмосфери: географічний розподіл	2	1
ЗМ Л5	Внутрішня мінливість клімату.	3	1
	Історія клімату, починаючи з часу формування Землі. Останній мільйон минулих років: льодовикові та міжльодовикові цикли.	3	1
	Голоцен і останні 1000 років.	2	1
	Сценарії викидів. Мета сценаріїв та її розробка.	3	1
	Проекції клімату на XXI століття. Довготривалі зміни клімату.	4	1,5
	Підготовка до іспиту		20
Разом		28	32

Консультації:

Степаненко Сергій Миколайович,
адреса електронної пошти rector@odeku.edu.ua

2.3 Практичні модулі в II семестрі I року навчання

Код	Назва теми	Денна форма	
		ауд	СРС
ЗМ П1	Ознайомлення з індикаторами вразливості міста до змін клімату	2	0,5
	Ознайомлення з кліматичними індексами, які використовуються в кліматології	2	0,5
	Ознайомлення з програмним забезпеченням "ClimInd" на платформі R для розрахунку 125 кліматичних індексів	5	2
	Отримання значень кліматичних річних індексів для температури і опадів з сайту www.ecad.eu для обраного міста за обраний період спостережень	4	2
	Розрахунок біокліматичних індексів для вибраного міста за обраний період спостережень за допомогою програмного забезпечення "ClimInd" на платформі R	3	2
	Побудова необхідних графіків	5	2
	Фізико-географічне і соціо-економічне описання обраного міста	3	2
	Аналіз отриманих результатів для обраного міста за обраний період спостережень	4	3
	Надання рекомендацій щодо розробки заходів з адаптації міста до поточних змін клімату	2	1
	<i>Підготовка до колоквиуму</i>		15
	Разом	30	30

Консультації:

Хоменко Інна Анатоліївна,
адреса електронної пошти innchom.ik@gmail.com

2.4 Практичні модулі в II семестрі I року навчання

Код	Назва теми	Денна форма	
		ауд	СРС
ЗМ ПЗ	Сценарії клімату RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5	2	3
	Розрахунок кліматичних і біокліматичних індексів для вибраного міста на основі даних обраних сценаріїв RCP за допомогою програмного забезпечення "ClimInd" на платформі R	5	5
	Побудова необхідних графіків	5	3
ЗМ-П4	Аналіз отриманих результатів на основі даних вибраних сценаріїв RCP для обраного міста	4	4
	Надання рекомендацій щодо розробки заходів з адаптації міста до майбутніх змін клімату	2	2
	<i>Підготовка до колоквиуму</i>		15
	Разом	28	32

Консультації:

Хоменко Інна Анатоліївна,
адреса електронної пошти innchom.ik@gmail.com

2.5 Самостійна робота студента та контрольні заходи

Код модуля	Денна форма			
	Завдання на СРС та контрольні заходи		Кількість годин СРС	Строк проведення
ЗМ Л1	підготовка до лекційних занять	усне опитування	3	1-2
	підготовка до тестової контрольної роботи	тестова контрольна робота (обов'язковий)	2,5	3
ЗМ Л2	підготовка до лекційних занять	усне опитування	7	3-8
	підготовка до тестової контрольної роботи	тестова контрольна робота (обов'язковий)	3	8
ЗМ Л3	підготовка до лекційних занять	усне опитування	7	8-13
	підготовка до тестової контрольної роботи	тестова контрольна робота (обов'язковий)	2,5	14
ЗМ-П1	підготовка до усного опитування	усне опитування	5	2-12
	підготовка до практичних занять	виконання необхідного етапу проекту, який захищається під час колоквіуму (обов'язковий)	10	2-12
	підготовка до колоквіуму	захист проектів, які було виконано студентами протягом семестру (обов'язковий)	15	13-14
Залік			5	
Разом			60	

Максимальний бал, що може одержати студент за семестр складає **55+45=100 балів**, з них на ***теоретичну частину*** ЗМ-Л1 відведено 55 балів (ЗМ-Л1 – 14, ЗМ-Л2 – 18, ЗМ-Л3 – 13 балів, УО – 10 балів), на ***практичну частину*** ЗМ-П1 – 45 балів (ЗМ-П1 – 35 балів, УО – 10 балів).

1. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-Л1 передбачає усне опитування під час лекційних занять та виконання модульної контрольної роботи №1, що передбачена в лекційному курсі. Контрольна робота містить 8 питань, одне з яких оцінюється в 2 бали, одне – в 5 балів, решта – по 1 балу, максимально можлива кількість балів, яку можна отримати за виконання контрольної роботи, становить 13 балів. За відповіді на усних опитуваннях впродовж лекційних занять можна отримати додаткові бали.

2. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-Л2 передбачає усне опитування під час лекційних занять та виконання модульної контрольної роботи №2, що передбачена в лекційному курсі. Тестова

контрольна робота № 2 містить 18 питань, кожне з яких оцінюється в 1 бал, максимально можлива кількість балів – 18 балів. За відповіді на усних опитуваннях впродовж лекційних занять можна отримати додаткові бали.

3. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-ЛЗ передбачає усне опитування під час лекційних занять та виконання модульної контрольної роботи №2, що передбачена в лекційному курсі. Тестова контрольна робота № 2 містить 9 питань, які оцінюються в 14 балів: 2 питання – по 3 бали, 1 питання – в два бали, решта питань – в 1 бал кожне. За відповіді на усних опитуваннях впродовж лекційних занять можна отримати додаткові бали.

4. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-П1 передбачає усне опитування під час практичних занять та виконання проекту, якій наприкінці семестру захищається студентом на колоквиумі. Під час виконання проекту студент має ознайомитись з фізико-географічною характеристикою міста, зібрати з рекомендованих сайтів інформацію щодо соціо-економічного становища міста, завантажити необхідні дані, а саме кліматичні індекси для обраного міста з сайту www.ecad.eu, за допомогою програмним забезпеченням “ClimInd” на платформі R розрахувати рекомендовані викладачем біокліматичні індекси. На останніх етапах реалізації проекту студент має зробити комплексний аналіз вразливості міста до кліматичних змін і, виходячи з отриманих результатів, зробити рекомендації щодо розробки заходів з адаптації міста до поточних змін клімату. Під час колоквиуму не тільки доповідач захищає свій проект, але інші студенти також беруть активну участь в обговоренні результатів проекту, мають висловлювати різні точки зору, які аргументуються за допомогою знань, отриманих на заняттях. Загалом максимально можлива кількість балів, яка може бути нарахована за захист проекту, становить 35 балів

Підсумкова оцінка в балах складається з суми балів за кожен змістовний модуль, який виконано своєчасно. Якщо студент своєчасно не виконав лекційний або практичний модуль, то максимальна сума балів зменшується на 10%.

Сума балів, яку отримав студент за всіма змістовними модулями навчальної дисципліни, формує інтегральну оцінку поточного контролю студента з навчальної дисципліни. Вона є підставою для допуску студента до семестрового заліку. Умовою допуску до заліку є отримання студентом не менше, ніж не менше 23 балів з теоретичної частини та не менше 18 балів з практичної частини.

Залікова контрольна робота містить 25 питань, кожне з яких оцінюється в 1 бал, тобто максимально можлива кількість балів, яку може отримати студент під час заліку – 25 балів. В заліковій контрольній роботі 7 питань відносяться до тем першого лекційного модуля, а по 9 питань – до тем другого і третього лекційних модулів.

Для студента денної форми навчання на останній день семестру не має на початок заліково-екзаменаційної сесії забогованості:

а) та має по дисципліні «Динаміка та моделювання клімату» на останній день семестру інтегральну суму балів поточного контролю достатню (60% та більше) для отримання позитивної оцінки, та не менше 50% від максимально можливої суми балів за залікову контрольну роботу, – отримує якісну оцінку у заліково-екзаменаційній відомості згідно п. 2.5 «Положення про проведення підсумкового контролю знань студентів» (якщо дисципліна завершується заліком);

б) має на останній день семестру інтегральну суму балів, недостатню для отримання позитивної оцінки (менше 60%) та/або менше 50% від максимально можливої суми балів за залікову контрольну роботу – складає письмовий залік по тестових завданнях, що розроблені на кафедрі за процедурою, яка визначена у п. 2.15-2.19 «Положення про проведення підсумкового контролю знань студентів».

Інтегральна оцінка (В) для заліку по дисципліні «Динаміка та моделювання клімату» розраховується за формулою

$$B = 0,75 \times OЗ + 0,25 \times OЗКР$$

де ОЗ – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) за змістовними модулями, ОЗКР – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) залікової контрольної роботи.

2.6 Самостійна робота студента та контрольні заходи

Код модуля	Денна форма			
	Завдання на СРС та контрольні заходи		Кількість годин СРС	Строк проведення
ЗМ Л4	підготовка до лекційних занять	усне опитування	4	1-6
	підготовка до тестової контрольної роботи	тестова контрольна робота (обов'язковий)	2,5	7
ЗМ Л5	підготовка до лекційних занять	усне опитування	3	8-14
	підготовка до тестової контрольної роботи	тестова контрольна робота (обов'язковий)	2,5	15
ЗМ-ПЗ	підготовка до усного опитування	усне опитування	2	2-10
	підготовка до практичних занять	виконання домашнього завдання, яке захищається під час колоквіуму (обов'язковий)	9	2-10
ЗМ-П4	підготовка до усного опитування	усне опитування	2	11-12
	підготовка до практичних занять	виконання домашнього завдання, яке є частиною проекту (обов'язковий)	4	11-12
	підготовка до колоквіуму	захист проектів, які було виконано студентами протягом семестру	15	13-14

		(обов'язковий)		
	Іспит		20	
	Разом		64	

Максимальний бал, що може одержати студент за семестр складає **69+69=138 балів**, з них на *теоретичну частину* ЗМ-ЛІ відведено 69 балів (ЗМ-Л4 – 17, ЗМ-Л5 – 42 балів, УО – 10 балів), на *практичну частину* ЗМ-ПІ – 69 балів (ЗМ-П3 – 35, ЗМ-П4 – 24 бали, УО – 10 балів).

1. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-Л4 передбачає усне опитування під час лекційних занять та виконання модульної контрольної роботи №1, що передбачена в лекційному курсі. Контрольна робота містить 11 питань, максимально можлива кількість балів, яку можна отримати за виконання контрольної роботи, становить 17 балів. За 2 питання з 11 можна отримати по 2 бали, за 1 – 5 балів, решта питань оцінюється в 1 бал кожне. За відповіді на усних опитуваннях впродовж лекційних занять можна отримати додаткові бали.

2. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-П3 передбачає усне опитування під час практичних занять та виконання проекту, якій наприкінці семестру захищається студентом на колоквиумі. Під час виконання проекту студент має скористатись отриманою в минулому семестрі фізико-географічною і соціо-економічною характеристикою міста, за допомогою програмного забезпечення “ClimInd” на платформі R розрахувати рекомендовані викладачем кліматичні і біокліматичні індекси для даних сценаріїв для обраного міста. Повністю, вчасно і правильно зроблена розрахункова частина роботи оцінюється в 35 балів.

3. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-Л5 передбачає усне опитування під час лекційних занять та виконання модульної контрольної роботи №2, що передбачена в лекційному курсі. Тестова контрольна робота № 2 містить 28 питань, які оцінюються в 42 бали. За 1 питання з 28 можна отримати 4 бали, за 4 – по 3 бали, за 3 питання – по 2 бали, решта питань оцінюється в 1 бал кожне. За відповіді на усних опитуваннях впродовж лекційних занять можна отримати додаткові бали.

4. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-П4 передбачає закінчення проекту і його захист під час колоквиуму. На останніх етапах реалізації проекту студент має зробити комплексний аналіз вразливості міста до прогнозованих за сценаріями кліматичних змін і, виходячи з отриманих результатів, зробити рекомендації щодо розробки заходів з адаптації міста до майбутніх змін клімату. Під час колоквиуму не тільки доповідач захищає свій проект, але інші студенти також беруть активну участь в обговоренні результатів проекту, мають висловлювати різні точки зору, які аргументуються за допомогою знань, отриманих на заняттях. Загалом максимально можлива кількість балів, яка може бути нарахована за захист проекту, становить 24 бали.

Підсумкова оцінка в балах складається з суми балів за кожен змістовний модуль, який виконано своєчасно. Якщо студент своєчасно не виконав лекційний або практичний модуль, то максимальна сума балів зменшується на 10%.

Сума балів, яку отримав студент за всіма змістовними модулями навчальної дисципліни, формує інтегральну оцінку поточного контролю студента з навчальної дисципліни. Вона є підставою для допуску студента до семестрового іспиту. Умовою допуску до іспиту є отримання студентом не менше, ніж не менше 36 балів з теоретичної частини та не менше 30 балів з практичної частини.

Екзаменаційний білет містить 30 питань, кожне з яких оцінюється в 1 бал, тобто максимально можлива кількість балів, яку може отримати студент під час іспиту – 30 балів.

Для денної форми навчання студент, який не має на початок заліково-екзаменаційної сесії заборгованості по дисципліні «Динаміка та моделювання клімату», складає письмовий іспит. Загальна екзаменаційна оцінка (бал успішності) дорівнює відсотку правильних відповідей із загального обсягу питань екзаменаційного білету. Загальний бал успішності з дисципліни «Динаміка та моделювання клімату» є усередненим між кількісною оцінкою поточних контролюючих заходів та кількісною оцінкою, одержаною студентом на іспиті; якщо ж кількісна оцінка одержана студентом на іспиті, менше 50% від максимально можливої, то загальний бал успішності дорівнює балу успішності на іспиті.

Інтегральна оцінка по дисципліні «Динаміка та моделювання клімату» розраховується як середнє арифметичне семестрової оцінки і оцінки за іспит.

Студент, який за підсумками іспиту отримав загальну кількісну оцінку менше 60% (від максимально можливої), та **менше 50% від максимально можливої суми балів на іспиті**, має право на повторний іспит з дисципліни «Динаміка та моделювання клімату», а в разі отримання незадовільної оцінки з повторного іспиту, складає письмовий іспит по тестових завданнях, що розроблені на кафедрі з цієї дисципліни, результати якого також заносяться у заліково-екзаменаційний листок.

3 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

3.1 Модуль ЗМ-Л1

3.1.1 Повчання.

При вивченні матеріалу ЗМ-Л1 слід звернути увагу на:

- визначення кліматичної системи, компоненти кліматичної системи ([4], стор. 11-12, сторінки тут і далі вказуються за списком літератури, рекомендованої для вивчення дисципліни). Особливу увагу слід приділити взаємодії компонентами кліматичної системи і яку роль компоненти кліматичної системи відіграють у формуванні полів різних геофізичних величин й особливостей циркуляційних процесів;
- перелік чинників, які впливають на формування кліматичної системи ([4], стор. 12-13). З увагою поставитися до внутрішніх (геофізичних) і зовнішніх (астрономічних і геофізичних) факторів;
- особливості циркуляції океану та атмосфери ([4], стор. 15-18, 20-22). Звернути увагу на такі елементи циркуляції загальної атмосфери як комірки Гадлея, Фереля, полярна комірка, фактори, які викликають їх виникнення, а також на чинники які обумовлюють виникнення поверхневої і глибинної циркуляцій в океані;
- складові океану та атмосфери, що суттєво впливають на їх динаміку та розвиток фізичних процесів, що відбуваються в цих оболонках ([4], стор. 13-25). Уважно поставитися до фізичних механізмів, завдяки яким виникають і підтримуються різноманітні циркуляції атмосфери і океану;
- складові і властивості інших оболонок Землі, а саме кріосфери, поверхня суші, біосфери ([4], стор. 25-32).

3.1.2 Питання для самоперевірки

1. Історичний розвиток предмету кліматології та визначення клімату ([4], стор. 5-6, стор. 10-11).
2. Глобальний клімат та глобальна кліматична система ([4], стор. 10-13).
3. Зовнішні та внутрішні кліматоутворювальні фактори ([4], стор. 12).
4. Поняття “кліматична мінливість”, “коливання та зміни клімату” ([4], стор. 13).
5. Основні елементи загальної циркуляції атмосфери ([4], стор. 15-18).
6. Основні елементи глобальної циркуляції океану ([4], стор. 20-22).
7. Особливості вертикальної структури поверхневого шару океану ([4], стор. 22-24).
8. Особливості вертикальної структури проміжних та глибинних шарів океану ([4], стор. 24-25).
9. Основні складові та властивості кріосфери Землі ([4], стор. 25-29).
10. Вплив поверхні суші та біосфери Землі на формування глобального та регіонального кліматів ([4], стор. 29-32).

3.2 Модуль 3М-Л2

3.2.1 Повчання

При вивченні матеріалу 3М-Л2 слід звернути увагу на:

- механізми виникнення парникового ефекту ([4], стор. 36-38). Звернути увагу на те, які гази є парниковими, внаслідок чого вони є такими, а також на негативні і позитивні наслідки парникового ефекту;
- поняття інсоляції, надходження сонячної радіації на верхню межу атмосфери, вплив астрономічних та геофізичних чинників на зміну інсоляції ([4], стор. 38-42);
- фізичні механізми, які формують енергетичний баланс на верхній межі атмосфери і біля підстильної поверхні ([4], стор. 42-50). Особливу увагу приділити фізичним механізмам, що формують неоднорідність меридіональну і широтну неоднорідність розподілу тепла біля поверхні землі;
- особливості формування гідрологічного циклу ([4], стор. 50-52). Слід особливу увагу звернути на потоки, які формують глобальний осереднений кругообіг води, й основні резервуари води;
- особливості формування вуглецевого циклу (океанській вуглецевий цикл, вуглецевий цикл на суші, геологічні резервуари вуглецю), [4], стор. 52-58.

3.2.2 Питання для самоперевірки

1. Енергетична рівновага на верхній межі атмосфери та ефективна температура випромінювання Землі ([4], стор. 34-36).
2. Вплив парникового ефекту на температуру підстильної поверхні та атмосфери Землі ([4], стор. 36-38).
3. Характеристики орбіти Землі (ексцентриситет, схилення екліптики, схилення) та їх вплив на інсоляцію на верхній межі атмосфери ([4], стор. 38-41).
4. Процеси накопичення та переносу тепла в атмосфері ([4], стор. 34-36).
5. Баланс тепла на підстильній поверхні Землі ([4], стор. 48-50).
6. Накопичення та перенесення вологи в глобальній кліматичній системі ([4], стор. 50-52).
7. Накопичення та перенесення вуглецю в глобальній кліматичній системі ([4], стор. 52-54).
8. Океанські біологічні конвеєри та геологічні резервуари вуглецю ([4], стор. 54-57).

3.3 Модуль ЗМ-ЛЗ

3.3.1 Повчання

При вивченні матеріалу ЗМ-ЛЗ слід звернути увагу на:

- види кліматичних моделей ([4], стор. 62-64). Звернути особливу увагу на те, які процеси враховують різні моделі, кількість інтерактивних компонентів глобальної кліматичної системи, що включені в модель;
- ієрархія кліматичних моделей (енергобалансові моделі, моделі проміжної складності, моделі загальної циркуляції), [4], стор. 64-66.
- методи розв'язання кліматичних моделей (спектральні методи, метод скінченних елементів, сніченнорізницеви методи), [4], стор. 76-78. Звернути увагу на достоїнства і вади кожного з методів;
- проблеми, що виникають при розв'язанні моделей кліматичної системи та шляхи їх подолання ([4], стор. 74-76);
- сучасні напрямки, в яких продовжуються пошуки можливостей розв'язання моделей клімату ([4], стор. 74-76);
- система рівнянь гідротермодинаміки, яку покладено в основу гідродинамічних моделей кліматичної системи ([4], стор. 67-72).
- фізичні процеси, цикли, елементи циркуляції, які зазвичай враховуються в моделях кліматичної системи ([4], стор. 67-72).
- оцінювання результатів моделювання ([4], стор. 78-82). При вивченні цього питання особливу увагу слід приділити стандартним методам тестування, а також випробуванням, які спеціально розроблені для аналізу точності чисельних методів або конкретної схеми параметризації. Звернути увагу, які кліматичні періоди використовуються для тестування кліматичних моделей.

3.3.2 Питання для самоперевірки

1. Основні етапи розробки та використання кліматичних моделей ([4], стор. 61-62).
2. Основні види кліматичних моделей ([4], стор. 62-64).
3. Основні характеристики енергобалансових моделей клімату ([4], стор. 64-65).
4. Основні характеристики моделей клімату проміжної складності ([4], стор. 65-66).
5. Основні характеристики кліматичних моделей загальної циркуляції ([4], стор. 66).
6. Опис атмосфери в кліматичних моделях ([4], стор. 67).
7. Опис океану в кліматичних моделях ([4], стор. 67-68, 71-72).
8. Опис поверхні суші в кліматичних моделях ([4], стор. 69-71).
9. Опис кріосфери (морська крига, льодові щити) в кліматичних моделях ([4], стор. 68-69, 72-73).
10. Опис морської біогеохімії в кліматичних моделях ([4], стор. 67-72).
11. Етапи перевірки достовірності кліматичних моделей ([4], стор. 78-82).

3.4 Модуль ЗМ-Л4

3.4.1 Повчання

При вивченні матеріалу ЗМ-Л4 слід звернути увагу на:

- визначення радіаційного форсингу ([4], стор. 84). Звернути особливу увагу на фізичні механізми формування радіаційного форсингу, на різницю між тривалістю відгуку стратосфери і тропосфери на збурення;
- головні радіаційні форсинги ([4], стор. 85-90). При вивченні цього питання слід відрізняти природні і антропогенні форсинги, чітко уявляти до якого радіаційного форсингу (додатного або від'ємного) призводять різні фізичні механізми, а саме: аерозолі ([4], стор. 86-89), зміна сонячної сталої, вулканічна діяльність ([4], стор. 89-90) тощо;
- зворотні зв'язки ([4], стор. 90-92). Особливу увагу слід приділити визначенню прямих зворотних зв'язків і ролі, яку вони відіграють;
- зворотний зв'язок, пов'язаний з водяною парою, градієнтний зворотний зв'язок ([4], стор. 93-94).
- зворотний зв'язок, пов'язаний з хмарністю ([4], стор. 94-95).
- кріосферні зворотні зв'язки ([4], стор. 95-96).
- геохімічні, біогеохімічні та біогеофізичні зворотні зв'язки ([4], стор. 97-100);
- чутливість клімату ([4], стор. 92).

3.4.2 Питання для самоперевірки

1. Визначення радіаційного форсингу та його оцінка для головних складових (парникові гази, аерозолі, зміни у землекористуванні, вулканічна діяльність, зміни сонячної сталої), [4], стор. 84-90.
2. Визначення зворотного зв'язку; параметр зворотного зв'язку, рівноважна чутливість клімату на збурення ([4], стор. 90-92).
3. Визначення швидкоплинного відгуку клімату на збурення ([4], стор. 93).
4. Температурний зворотній зв'язок ([4], стор. 93-94).
5. Зворотний зв'язок, пов'язаний з водяною парою ([4], стор. 93-94).
6. Зворотний зв'язок, пов'язаний з хмарністю ([4], стор. 94-95).
7. Зворотний зв'язок, пов'язаний з альбедо ([4], стор. 95-96).
8. Зворотний зв'язок, пов'язаний з процесами компенсації карбонату ([4], стор. 97-99).
9. Зворотний зв'язок, пов'язаний з процесами атмосферного вивітрювання та тектоніки плит ([4], стор. 99-100).
10. Зворотний зв'язок, пов'язаний з впливом біосфери на клімат ([4], стор. 100-101).

3.5 Модуль ЗМ-Л5

3.5.1 Повчання

При вивченні матеріалу ЗМ-Л5 слід звернути увагу на:

- особливості внутрішньої мінливості клімату ([4], стор. 105-110);
- поняття Ель-Ніньо – Південного коливання та фізичні механізми його формування ([4], стор. 105-107);
- поняття Північно-атлантичного коливання та фізичні механізми його формування ([4], стор. 107-108);
- поняття Південної кільцевої моди та фізичні механізми її формування ([4], стор. 109-110);
- поняття кліматичної епохи, принципи поділу на кліматичні епохи, основні кліматичні епохи, їх відмінності, детальний опис сучасної кліматичної епохи ([4], стор. 110-119);
- зміни клімату в Голоцені ([4], стор. 123-133)
- принципи побудови сценаріїв ([4], стор. 137-138);
- принципи побудови проєкцій клімату ([4], стор. 142-143);
- особливості довготривалих змін клімату та фізичних механізмів, що їх викликають ([4], стор. 152-157);
- основні особливості процедури розробки сценаріїв викидів парникових газів у ХХІ столітті ([4], стор. 138-141);
- динаміка викидів вуглецю, оксидів сульфату та концентрації CO₂ в атмосфері у ХХІ столітті за траєкторіями RCP ([4], стор. 140-141);
- проєкції змін глобальної температури повітря та кількості опадів у ХХІ столітті ([4], стор. 144-146);
- вплив джерел невизначеності на глобальні та регіональні проєкції змін ([4], стор. 142-143);
- можливі зміни вуглецевого циклу, рівня Світового океану, площі льодяних щитів на великих проміжках часу у майбутньому ([4], стор. 152-157).

3.5.2 Питання для самоперевірки

1. Загальний погляд на причини змін клімату - зовнішні збурення та внутрішня мінливість глобальної кліматичної системи ([4], стор. 103-104).
2. Основні механізми внутрішньої кліматичної мінливості (Ель-Ніньо - Південне коливання, Північно-атлантичне коливання, Арктичне коливання, Південна кільцева мода), [4], стор. 105-110.
3. Основні риси докембрійського клімату та можливі механізми його формування та коливань ([4], стор. 110-112).
4. Основні риси клімату Фанерозою та можливі механізми його формування та коливань ([4], стор. 112-114).
5. Основні риси кайнозойського клімату та можливі механізми його формування та коливань ([4], стор. 114-116).
6. Орбітальна теорія палеокліматів ([4], стор. 119-122).

7. Вплив змін характеристик орбіти Землі на формування льодовикових-міжльодовикових кліматичних циклів на протязі останнього мільйону років ([4], стор. 116-119)
8. Можливі механізми коливань концентрації CO₂ в атмосфері на протязі льодовикових-міжльодовикових циклів ([4], стор. 122-123).
9. Характеристика кліматичних умов Голоцену та можливі механізми їх змін ([4], стор. 123-125).
10. Характеристика кліматичних умов останнього тисячоліття та можливі механізми їх змін ([4], стор. 125-128).
11. Характеристика кліматичних умов індустриального періоду та можливі механізми їх змін ([4], стор. 129-133).
12. Основні особливості процедури розробки сценаріїв викидів парникових газів у XXI столітті ([4], стор. 137-138).
13. Характеристики сценарних сімей SRES та відповідна динаміка викидів вуглецю, концентрації CO₂ в атмосфері та оксидів сульфату у XXI столітті ([4], стор. 138-140).
14. Динаміка викидів вуглецю, оксидів сульфату та концентрації CO₂ в атмосфері у XXI столітті за траєкторіями RCP ([4], стор. 140-141).
15. Проекції змін глобальної температури повітря та кількості опадів у XXI столітті ([4], стор. 142-144).
16. Просторовий розподіл змін температури повітря та кількості опадів у XXI столітті ([4], стор. 144-146).
17. Вплив джерел невизначеності на глобальні та регіональні проекції змін, а також на проекції різних часових періодів у XXI столітті ([4], стор. 142-144).
18. Проекції змін льодового покриву океанів у XXI столітті ([4], стор. 146-148).
19. Проекції змін океанської циркуляції у XXI столітті ([4], стор. 146-148).
20. Можливі зміни у зворотних зв'язках «клімат-вуглець» у XXI столітті ([4], стор. 148-151).
21. Можливі зміни вуглецевого циклу на великих проміжках часу у майбутньому ([4], стор. 152-154).
22. Можливі зміни рівня Світового океану на великих проміжках часу у майбутньому ([4], стор. 154-157).
23. Можливі зміни площі льодовикових щитів на великих проміжках часу у майбутньому ([4], стор. 154-157).

3.6 Модуль ЗМ-П1

3.6.1 Повчання і рекомендації до виконання модулю ЗМ-П1

1. Ознайомитись з кліматичними індексами, які використовуються для визначення стану глобальної кліматичної системи і змін, які відбуваються в регіональному кліматі. Ресурси для ознайомлення з індексами надано на сайті дистанційного навчання, а також на сайті www.ecad.eu.
2. Ознайомлення з програмним забезпеченням “ClimInd” на платформі R для розрахунку 125 кліматичних індексів за посиланням <https://cran.r-project.org/web/packages/ClimInd/index.html>. Посилання також надано на сайті дистанційного навчання.
3. Завантажити значення кліматичних індексів, які характеризують режим опадів і температури, для обраного міста за обраний період дослідження з сайту www.ecad.eu.

4. Побудувати часовий хід кліматичних індексів, які характеризують режим опадів і температури, для обраного міста за обраний період дослідження.
5. За допомогою програмного забезпечення “ClimInd” розрахувати обрані біокліматичні індекси і побудувати їх часовий хід для обраного міста за обраний період дослідження.
6. Зробити фізико-географічне і соціо-економічне описання обраного міста і надати його соціо-еколого-економічну оцінку. Приклад опису можна подивитись в [5] на стор. 35-51.
7. Зробити аналіз отриманих результатів, висвітлюючи поточні зміни клімату, які відбуваються у місті, як це впливатиме на соціо-еколого-економічний стан міста. Зробити висновок щодо вразливості міста до змін клімату. З методикою оцінки вразливості міста до змін клімату можна ознайомитись в [5] на стор. 16-20.
8. Запропонувати заходи з адаптації міста до поточних змін клімату згідно з результатами, які було отримано.

3.6.2 Питання до колоквиуму

1. Які найбільш помітні зміни клімату відбуваються в поточний час в Вашому місті?
2. Яким чином проявляються зміни клімату?
3. Які зміни клімату вже відбулись на території Вашого міста?
4. Перелічить індикатори вразливості міста до змін клімату.
5. Які з цих індикаторів (груп індикаторів) найбільш важливими для території Вашого міста?
6. Які індикатори вразливості до змін клімату є найбільш впливовими у північній (південній, західній, східній, центральній) Україні?
7. Які зміни клімату мають відбутись у майбутньому згідно різних сценаріїв змін клімату?
8. Які стихійні лиха почастишали в Вашому місті внаслідок змін клімату?
9. Які рекомендації до адаптації міста до змін клімату можуть бути запропоновані в містах які потерпають від теплового стресу (підтоплення, зменшення зелених насаджень тощо)?
10. Що таке інвазійні види рослин?
11. Які види рослин є інвазійними для України? Ці рослини завдають збитків чи приносять шкоду?
12. Які заходи щодо зменшення наслідків змін клімату вже використовуються в Україні? В яких саме містах?
13. Які заходи до адаптації міста до змін клімату є нагальними в північній (південній, центральній, східній, західній) Україні?
14. Чи залежать заходи щодо зменшення наслідків змін клімату для різних верств населення? Чому?
15. Які індикатори вразливості є найбільш впливовими для Вашого міста?

3.7 Модуль ЗМ-ПЗ

3.7.1 Повчання і рекомендації до виконання модулю ЗМ-ПЗ

1. Завантажити дані обраних сценаріїв RCP за обраний період в майбутньому

для міста, для якого виконувались розрахунки в минулому семестрі. Дані сценаріїв можна отримати на посиланнями https://climexp.knmi.nl/selectfield_cordex.cgi?id=someone@somewhere, http://catalogue.ceda.ac.uk/?q=RACMO2&sort_by=relevance, <https://climate4impact.eu/impactportal/general/index.jsp>. Посилання також надані на сайті дистанційного навчання.

2. За допомогою програмного забезпечення “ClimInd” розрахувати обрані кліматичні і біокліматичні індекси і побудувати їх часовий хід для обраного міста за обраний період дослідження.

3.8 Модуль ЗМ-П4

3.8.1 Повчання і рекомендації до виконання модулю ЗМ-П4

1. Зробити аналіз отриманих результатів, висвітлюючи майбутні зміни клімату, які відбуватимуться в місті згідно з прогнозами, як це впливатиме на соціо-еколо-економічний стан міста. Зробити висновок щодо вразливості міста до змін клімату. З методикою оцінки вразливості міста до змін клімату можна ознайомитись в [5] на стор. 16-20.
2. Зробити порівняльний аналіз результатів, отриманих за різними сценаріями RCP.
3. Запропонувати заходи з адаптації міста до майбутніх змін клімату згідно з результатами, які було отримано.

3.8.2 Питання до колоквиуму

1. Які найбільш помітні зміни клімату прогнозуються в Вашому місті?
2. Яким чином проявляються зміни клімату?
3. Прогнозовані зміни в кліматичних показниках/величинах співпадають з тенденціями, які вже мають місце в Вашому місті?
4. За сценаріями які з індикаторів вразливості міста (груп індикаторів) будуть найбільш важливими для території Вашого міста?
5. Які зміни клімату мають відбутись у майбутньому згідно різних сценаріїв змін клімату?
6. Які стихійні лиха почастишають в Вашому місті внаслідок змін клімату?
7. Які рекомендації до адаптації міста до змін клімату можуть бути запропоновані в містах які потерпають в майбутньому від теплового стресу (підтоплення, зменшення зелених насаджень тощо)?
8. Чи з'являться в Вашому місті інвазійні види рослин?
9. Що має бути змінено в соціально-економічній сфері міста для адаптації його до майбутніх змін клімату?
10. Які заходи щодо зменшення наслідків змін клімату вже використовуються в Україні? В яких саме містах?
11. Які заходи до адаптації міста до змін клімату будуть нагальними в північній (південній, центральній, східній, західній) Україні?
12. Чи залежать заходи щодо зменшення наслідків змін клімату для різних верств населення? Чому?

4 ПИТАННЯ ДО ЗАХОДІВ ПОТОЧНОГО, ПІДСУМКОВОГО ТА СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ

4.1 Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л1

Опис глобальної кліматичної системи та її складових		
1	Дайте визначення клімату, коротко- і довгоперіодним коливанням, мінливості, спрямованим змінам клімату	[4], стор. 13
2	Які кліматоутворювальні чинники відносяться до астрономічних, зовнішніх і внутрішніх геофізичних факторів?	[4], стор. 12
3	Що розуміють під змінами, коливаннями і мінливістю клімату? Яка різниця між цими поняттями?	[4], стор. 13
4	Фізичні механізми виникнення комірок Хедлі, Фереля, полярної.	[4], стор. 15-17
5	Поясніть причини появи мусонної/пасатної циркуляції.	[4], стор. 16
6	Фізичні механізми формування і підтримання струминних течій в субтропічних широтах на висотах 3-5 км.	[4], стор. 15-17
7	Чому пасатні вітри відхиляються від південного (у південній півкулі) і північного (у північній півкулі) напрямків?	[4], стор. 16
8	Що означає $\overline{ppm}$ та $\overline{ppb}$?	[4], стор. 13
9	Причини випадіння найнижчих сум опадів та формування великих пустель в субтропічному поясі	[4], стор. 18
10	Якими причинами обумовлено опади взимку в середніх широтах?	[4], стор. 18-19
11	Чим обумовлена велика кількість опадів в районах від Індонезії у напрямку до 30° півд.ш., 130° зах.д.?	[4], стор. 18
12	Чим обумовлена менша кількість опадів у Центральній Азії за Західну Європу на тих самих широтах?	[4], стор. 18-19
13	Що генерує поверхневу океанічну циркуляцію?	[4], стор. 20
14	Дайте визначення апвелінгу і даунвелінгу.	[4], стор. 21
15	Причини „глибинної океанської конвекції”.	[4], стор. 22-23
16	Дайте визначення термохалінної циркуляції. Внаслідок яких причин вона виникає?	[4], стор. 21-22
17	Який час потрібен для переміщення водної маси з півночі Атлантики до Південного океану?	[4], стор. 22
18	Чому дорівнює одиниця вимірювання переносу океанської води, Свердруп?	[4], стор. 20
19	Які сезонні зміни товщини шару перемішування у середніх широтах?	[4], стор. 22-23
20	Яка складова кріосфери має найбільшу просторову протяжність взимку?	[4], стор. 25
21	Якими причинами обумовлено те, що переважна більшість снігового покриву розташована в Північній півкулі?	[4], стор. 25
22	В яких льодяних щитах в теперішній час розташована переважна більшість наявного на Землі льоду?	[4], стор. 28
23	Розставте типи підстильної поверхні в залежності від значення їх альbedo – від поверхні з найменшим до поверхні з найбільшим альbedo: океан, ліс, морський лід, свіжий сніг, старий сніг, пустеля, ґрунт, поле з травою, листяний ліс, хвойний ліс покритий снігом, хвойний ліс, поле з сільськогосподарською рослинністю.	[4], стор. 30
24	Дайте визначення поняття “біом”	[4], стор. 31

4.2 Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л2

Енергетичний баланс, гідрологічний і вуглецевий глобальні кругообіги		
1	Через які причини температура підстильної поверхні вища за ефективну температуру випромінювання?	[4], стор. 36
2	Через які причини амплітуда сезонного циклу (літній максимум температури мінус зимовий мінімум) може сягати 50 К над сушею проти 5–10 К над океанами?	[4], стор. 45
3	Якими фізичними процесами має бути врівноважена кількість опадів в окремому районі океану для того, щоб уникнути сильної зміни поверхневої солоності?	[4], стор. 50-52
4	Звідки походить більшість вологи, що випадає у вигляді опадів над сушею?	[4], стор. 50-52
5	Яка різниця між перенесенням тепла в північних районах Тихого океану й перенесенням тепла у Північній Атлантиці? Якщо ця різниця є, то чим вона спричинена?	[4], стор. 46-48
6	Чим компенсується річний дисбаланс між отриманою і випроміненою радіацією, якій виникає внаслідок того, що в цілому за рік кількість сонячної радіації, отриманої земною поверхнею на екваторі, більше, ніж у високих широтах?	[4], стор. 46-48
7	Сонце випромінює радіацію на менших, ніж Земля, довжинах хвиль. При якій ефективній температурі випромінювання Землі досягається баланс між короткохвильовою та довгохвильовою радіацією?	[4], стор. 35
8	У середніх широтах, біля 40° півн.ш., переноси тепла на північ в атмосфері порівняно з океаном є за величиною більші/менші/рівні? Як Ви можете обґрунтувати свою відповідь?	[4], стор. 47-48
9	Яке співвідношення над океаном потоків прихованого і доступного тепла?	[4], стор. 48-50
10	Через які причини температура у Північній півкулі впродовж бореального літа (червень, липень та серпень) вищі?	[4], стор. 39-41
11	До яких наслідків призводить атмосферне руйнування (вивітрювання) кальцитно-силікатних скель, пов'язане з дією вуглецевої кислоти, що міститься у воді?	[4], стор. 57-58
12	Через які причини океан є набагато більший, ніж атмосфера резервуар вуглецю?	[4], стор. 54-56
13	Як впливає фотосинтез в океані на DIC у поверхневому шарі?	[4], стор. 56-57
14	За рахунок якого фізичного процесу перенос річковим стоком продуктів атмосферного руйнування (вивітрювання) до океанів допомагає компенсувати втрати карбонатів?	[4], стор. 57-58
15	До яких наслідків призводить формування карбонату кальциту в океані?	[4], стор. 56-57
16	Лужність є мірою перевищення рН над основою у морській воді. Якщо лужність зростає, то які процеси відбуваються в океані і атмосфері?	[4], стор. 54-56
17	Що відбувається в процесі субдукції океанських відкладів?	[4], стор. 57-58
18	Потік CO ₂ між атмосферою та океаном є функцією різниці парціального тиску цього газу в двох середовищах. Чим зумовлені регіональні відмінності потоку CO ₂ ?	[4], стор. 54-56
19	Як впливає наявність біологічних конвеєрів на вертикальний розподіл вмісту DIC?	[4], стор. 56-57

4.3 Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-ЛЗ

Основи моделювання глобальної кліматичної системи		
1	Поясніть сенс поняття “параметризація”. Для чого використовується параметризація?	[4], стор. 62
2	Які процеси називають процесами підсіткового масштабу?	[4], стор. 62
3	З якою метою здійснюється спрощення кліматичних моделей Землі проміжної складності?	[4], стор. 63-64
4	Джерела вхідної інформації для кліматичних моделей?	[4], стор. 62
5	Достоїнства і недоліки моделей загальної циркуляції.	[4], стор. 62, 66
6	Які моделі називають енергесбалансовими, їх відмінності від інших видів моделей?	[4], стор. 62, 64-65
7	Які процеси зазвичай параметризуються в кліматичних моделях?	[4], стор. 62
8	Які чисельні методи розв’язань використовуються для кліматичних моделей?	[4], стор. 76-78
9	Поясніть термін “валідація моделі”.	[4], стор. 78-79
10	Поясніть термін “верифікація моделі”	[4], стор. 78-79
11	У чому сенс калібрування моделі?	[4], стор. 80
12	Які властивості мають бути притаманні чисельній схемі для коректного розв’язання поставленої фізичної задачі?	[4], стор. 74-75
13	Що таке трукційна похибка або похибка урізання?	[4], стор. 75
14	Як в енергесбалансових моделях враховується вплив парникового ефекту?	[4], стор. 64
15	При описанні термодинамічного накопичення або руйнування льоду в моделях морської криги чи враховують горизонтальну теплопровідність? Відповідь пояснити.	[4], стор. 68-69
16	Поясніть, які кліматичні моделі є найскладнішими, які – найпростішими?	[4], стор. 62
17	Опишіть, як виконується дискретизація у часі і просторі за допомогою скінченних різниць?	[4], стор. 76-77
18	Які рівняння використовуються для опису поведінки атмосфери?	[4], стор. 67
19	Які рівняння використовуються для опису динаміки океану?	[4], стор. 67-68
20	Опишіть головні процеси, які слід врахувати в моделі морської криги?	[4], стор. 69
21	На яких рівняннях базуються моделі біогеохімічних циклів?	[4], стор. 71

4.4 Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л4

Відгук кліматичної системи на збурення		
1	Які зміни сумарного радіаційного потоку на рівні тропопаузи необхідні для досягнення радіаційної рівноваги при додатному (направленому донизу) радіаційного форсингу?	[4], стор. 90-92
2	Рівноважна чутливість клімату зазвичай визначається як зміна глобальної середньої приземної температури у рівновазі у відповідь на подвоєння концентрації якого газу в атмосфері?	[4], стор. 90-92
3	Які з наведених радіаційних форсингів за величиною сумарного глобального радіаційного форсингу за період 1750 по 2005 роки є найбільшими: стратосферний озон; тропосферний озон; загальний вміст аерозолів; сонячна стала; довгоживучі парникові гази (CO ₂ , CH ₄ , H ₂ O тощо)	[4], стор. 85

4	Які з наведених радіаційних форсингів за величиною сумарного глобального радіаційного форсингу за період 1750 по 2005 роки є найменшими: стратосферний озон; тропосферний озон; загальний вміст аерозолів; сонячна стала; довгоживучі парникові гази (CO ₂ , CH ₄ , H ₂ O тощо)	[4], стор. 85
5	Аерозолі впливають на енергетичний баланс Землі різними шляхами. Які ефекти від аерозолей мають від'ємний (додатний) радіаційний форсинг?	[4], стор. 86-88
6	Відгук Землі як чорного тіла генерує від'ємний зворотний зв'язок. Якщо б існував тільки цей зворотний зв'язок, чому б дорівнювала рівноважна чутливість клімату?	[4], стор. 90-92
7	Від чого залежить час, який необхідний для того, щоб досягнути 65 % рівноважного відгуку на збурення?	[4], стор. 92-93
8	Зворотний зв'язок, пов'язаний з водяною парою, є дуже потужним зворотним зв'язком. Якщо б окрім відгуку Землі як чорного тіла існував ще тільки зворотний зв'язок, пов'язаний з водяною парою, чому б дорівнювала рівноважна чутливість клімату?	[4], стор. 93-94
9	Чим підтримується кріосферний зворотний зв'язок?	[4], стор. 95-96
10	Якій радіаційний форсинг генерує хмарність верхнього ярусу з малим альбедо?	[4], стор. 94-95
11	Якій радіаційний форсинг генерує хмарність нижнього ярусу?	[4], стор. 94-95
12	Збільшення річного стоку карбонату кальцію має компенсуватися в океані для того, щоб встановити новий баланс та уникнути нереалістичних коливань концентрації CO ₂ в атмосфері. За рахунок яких процесів це досягається?	[4], стор. 97-98
13	Що таке горизонт насичення?	[4], стор. 97
14	Опишіть альbedo-температурний зворотний зв'язок? В яких широтах він відіграє найважливішу роль?	[4], стор. 95-96
15	Якщо внаслідок потепління в тундрі почнуть рости дерева, тобто тундра перетвориться на тайгу, то як це вплине на альbedo і температуру повітря?	[4], стор. 100
16	Якими зворотними зв'язками можна пояснити спустелювання Сахари?	[4], стор. 100

4.5 Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л5

Коротка історія клімату: можливі причини і механізми кліматичних змін		
1	Внаслідок яких процесів останні 50 мільйонів років (починаючи з кліматичного оптимуму раннього Еоцену) температура повітря зменшувалася?	[4], стор. 114-116
2	Які фізичні механізми сприяють формуванню явища Ель-Ніньо?	[4], стор. 105-107
3	В чому виявляється явище Ель-Ніньо?	[4], стор. 105-107
4	Як виявляє себе додатна фаза Південно-атлантичного коливання?	[4], стор. 107-108
5	4,6 мільярда років тому, коли відбулося формування Землі як планети, сонячне випромінювання було на 30% меншим, ніж зараз. Але Земля не була повністю покрита льодом. Поясніть причини цього парадоксу.	[4], стор. 111
6	Чим обумовлені часові масштаби кліматичних коливань?	[4], стор. 103-105
7	Кисень, що вивільняється в процесі фотосинтезу, змінив хімічний склад атмосфери. Вважається, що це спричинило охолодження земної поверхні. Завдяки яким фізичним і/або хімічним процесам це	[4], стор. 103-104

	відбулось?	
8	В чому виявляється зворотний зв'язок Б'єркнеса?	[4], стор. 105-107
9	Чим спричинена великомасштабна у часі еволюція вуглецевого колообігу в Фанерозої?	[4], стор. 112-114
10	Які природні форсинги, які управляли кліматом останнього тисячоліття до початку індустріальної ери, були домінуючі?	[4], стор. 125-128
11	Якими факторами зумовлені регіональні зміни клімату впродовж останнього тисячоліття?	[4], стор. 128
12	Яким чином впливають на клімат Землі коливання ексцентриситету земної орбіти навколо Сонця?	[4], стор. 116-119
13	На що впливає критична кількість літньої інсоляції у високих широтах при поясненні розвитку льодовикових-міжльодовикових циклів в орбітальній теорії палеоклімату?	[4], стор. 119-122
14	Як впливає на інсоляцію кліматична прецесія, пов'язана зі змінами відстані Землі до Сонця у момент літнього сонцестояння?	[4], стор. 116-119
15	До чого призвело зменшення літньої інсоляції у Північній півкулі, починаючи з Раннього Голоцену?	[4], стор. 123-125
16	Що є головною причиною зменшення порівняно з міжльодовиковими періодами коливання концентрації CO ₂ в атмосфері на 80 ppm протягом льодових періодів?	[4], стор. 122-123
17	Якими фізичними механізмами можна пояснити приземне потепління, що спостерігається останні 150 років?	[4], стор. 129-133
18	В які геологічні епохи кліматичні умови зафіксовані у льодяних кернах Гренландії є найбільш сталими?	[4], стор. 123-125
19	Як впливає на інсоляцію схилення екліптики, яке визначається як кут між площиною екліптики та площиною небесного екватора?	[4], стор. 116-119
Можливі зміни клімату у майбутньому		
1	Дайте визначення сценарію/проекції клімату. Чим вони відрізняються?	[4], стор. 137-138, 142
2	У чому полягає головна різниця між сценаріями SRES та RCP?	[4], стор. 137-139
3	Впродовж XXI століття у більшості сценаріїв концентрації в атмосфері яких речовин збільшуються/зменшуються?	[4], стор. 140
4	Якої інтенсивності спостерігатиметься глобальне потепління до 2100 року при осередненні результаті декількох GCM-моделей, включених до 4-го оціночного звіту IPCC?	[4], стор. 143
5	Які джерела невизначеності в проєкціях майбутнього клімату?	[4], стор. 142-143
6	Згідно з проєкціями змін клімату на 2100 рік що відбуватиметься в кліматичній системі?	[4], стор. 144-146
7	Протягом наступних десятиліть частка антропогенного CO ₂ , що викидається в атмосферу при спалюванні викопного пального, буде поглинатися океаном. Ця частка буде зменшуватись чи збільшуватись? Відповідь обґрунтуйте.	[4], стор. 148
8	Зміни клімату впливають на біогеохімічні цикли, генеруючи „клімат-вуглець” як додатні, так і від'ємні зворотні зв'язки. При цьому сумарний вплив є додатним. Наведіть приклади додатних і від'ємних зворотних зв'язків.	[4], стор. 148-151
9	На великих проміжках часу взаємодії між океанськими відкладеннями та атмосферним руйнуванням скель буде спричиняти зменшення концентрації CO ₂ атмосфері. Якщо протягом наступних десятиліть концентрація CO ₂ в атмосфері досягне щонайменше 500 ppm, за який час вона зменшиться до значень, які спостерігалися	[4], стор. 152

	у перед індустріальний період?	
10	Який чинник зробив найбільший внесок у підвищення рівня Світового океану впродовж 1993-2003 років?	[4], стор. 154
11	На скільки метрів танення Гренландського льодяного щиту спричинить підйом рівня Світового океану?	[4], стор. 157

4.6 Практичні завдання для виконання практичної частини модуля **ЗМ-П1**

1. Завантажте кліматичні індекси (TG, TX_x, TN_n, TR, CDD, RR, RX1day, RX5day, R95p) з сайту www.ecad.eu в розділі “Indices of extremes” і розрахуйте біокліматичні індекси (AT, BIO5, BIO6, BIO7) для м. Луганськ й побудуйте графіки часового ходу завантажених і розрахованих індексів за обраний період.
2. Завантажте кліматичні індекси (TG, TX_x, TN_n, TR, CDD, RR, RX1day, RX5day, R95p) з сайту www.ecad.eu в розділі “Indices of extremes” і розрахуйте біокліматичні індекси (AT, BIO5, BIO6, BIO7) м. Київ й побудуйте графіки часового ходу завантажених і розрахованих індексів за обраний період.
3. Завантажте кліматичні індекси (TG, TX_x, TN_n, TR, CDD, RR, RX1day, RX5day, R95p) з сайту www.ecad.eu в розділі “Indices of extremes” і розрахуйте біокліматичні індекси (AT, BIO5, BIO6, BIO7) м. Сімферополь й побудуйте графіки часового ходу завантажених і розрахованих індексів за обраний період.
4. Завантажте кліматичні індекси (TG, TX_x, TN_n, TR, CDD, RR, RX1day, RX5day, R95p) з сайту www.ecad.eu в розділі “Indices of extremes” і розрахуйте біокліматичні індекси (AT, BIO5, BIO6, BIO7) м. Чернівці й побудуйте графіки часового ходу завантажених і розрахованих індексів за обраний період.
5. Завантажте кліматичні індекси (TG, TX_x, TN_n, TR, CDD, RR, RX1day, RX5day, R95p) з сайту www.ecad.eu в розділі “Indices of extremes” і розрахуйте біокліматичні індекси (AT, BIO5, BIO6, BIO7) м. Черкаси й побудуйте графіки часового ходу завантажених і розрахованих індексів за обраний період.
6. Завантажте кліматичні індекси (TG, TX_x, TN_n, TR, CDD, RR, RX1day, RX5day, R95p) з сайту www.ecad.eu в розділі “Indices of extremes” і розрахуйте біокліматичні індекси (AT, BIO5, BIO6, BIO7) м. Запоріжжя й побудуйте графіки часового ходу завантажених і розрахованих індексів за обраний період.
7. Завантажте кліматичні індекси (TG, TX_x, TN_n, TR, CDD, RR, RX1day, RX5day, R95p) з сайту www.ecad.eu в розділі “Indices of extremes” і розрахуйте біокліматичні індекси (AT, BIO5, BIO6, BIO7) м. Львів й побудуйте графіки часового ходу завантажених і розрахованих індексів за обраний період.
8. Завантажте кліматичні індекси (TG, TX_x, TN_n, TR, CDD, RR, RX1day, RX5day, R95p) з сайту www.ecad.eu в розділі “Indices of extremes” і розрахуйте біокліматичні індекси (AT, BIO5, BIO6, BIO7) м. Миколаїв й побудуйте графіки часового ходу завантажених і розрахованих індексів за обраний період.
9. Завантажте кліматичні індекси (TG, TX_x, TN_n, TR, CDD, RR, RX1day, RX5day, R95p) з сайту www.ecad.eu в розділі “Indices of extremes” і розрахуйте

біокліматичні індекси (AT, BIO5, BIO6, BIO7) м. Харків й побудуйте графіки часового ходу завантажених і розрахованих індексів за обраний період.

10. Завантажте кліматичні індекси (TG, TXx, TNn, TR, CDD, RR, RX1day, RX5day, R95p) з сайту www.ecad.eu в розділі “Indices of extremes” і розрахуйте біокліматичні індекси (AT, BIO5, BIO6, BIO7) м. Луцьк й побудуйте графіки часового ходу завантажених і розрахованих індексів за обраний період.

4.7 Практичні завдання для виконання практичної частини модуля **ЗМ-П2**

1. Надайте короткий фізико-географічний, економічний та соціальний опис м. Луганськ, проаналізуйте результати отримані в ЗМ-П1 та зробіть оцінку вразливості цього міста до кліматичного стресу.
2. Надайте короткий фізико-географічний, економічний та соціальний опис м. Київ, проаналізуйте результати отримані в ЗМ-П1 та зробіть оцінку вразливості цього міста до кліматичного стресу.
3. Надайте короткий фізико-географічний, економічний та соціальний опис м. Сімферополь, проаналізуйте результати отримані в ЗМ-П1 та зробіть оцінку вразливості цього міста до кліматичного стресу.
4. Надайте короткий фізико-географічний, економічний та соціальний опис м. Чернівці, проаналізуйте результати отримані в ЗМ-П1 та зробіть оцінку вразливості цього міста до кліматичного стресу.
5. Надайте короткий фізико-географічний, економічний та соціальний опис м. Черкаси, проаналізуйте результати отримані в ЗМ-П1 та зробіть оцінку вразливості цього міста до кліматичного стресу.
6. Надайте короткий фізико-географічний, економічний та соціальний опис м. Запоріжжя, проаналізуйте результати отримані в ЗМ-П1 та зробіть оцінку вразливості цього міста до кліматичного стресу.
7. Надайте короткий фізико-географічний, економічний та соціальний опис м. Львів, проаналізуйте результати отримані в ЗМ-П1 та зробіть оцінку вразливості цього міста до кліматичного стресу.
8. Надайте короткий фізико-географічний, економічний та соціальний опис м. Миколаїв, проаналізуйте результати отримані в ЗМ-П1 та зробіть оцінку вразливості цього міста до кліматичного стресу.
9. Надайте короткий фізико-географічний, економічний та соціальний опис м. Харків, проаналізуйте результати отримані в ЗМ-П1 та зробіть оцінку вразливості цього міста до кліматичного стресу.
10. Надайте короткий фізико-географічний, економічний та соціальний опис м. Луцьк, проаналізуйте результати отримані в ЗМ-П1 та зробіть оцінку вразливості цього міста до кліматичного стресу.

4.8 Практичні завдання для виконання практичної частини модуля **ЗМ-П3**

1. Завантажте середньодобові значення температури, добові значення максимальної і мінімальної температур, добові суми опадів для сценаріїв RC2.6, RCP8.5 для м. Луганськ за період 2021-2050 pp., розрахуйте кліматичні індекси (TG, TXx, TNn, TR, CDD, RR, RX1day, RX5day, R95p) і біокліматичні індекси (AT, BIO5, BIO6, BIO7), побудуйте графіки часового ходу розрахованих індексів за обраний період.
2. Завантажте середньодобові значення температури, добові значення максимальної і мінімальної температур, добові суми опадів для сценаріїв RC2.6, RCP8.5 для м. Київ за період 2021-2050 pp., розрахуйте кліматичні індекси (TG, TXx, TNn, TR, CDD, RR, RX1day, RX5day, R95p) і біокліматичні

- індекси (AT, BIO5, BIO6, BIO7), побудуйте графіки часового ходу розрахованих індексів за обраний період.
3. Завантажте середньодобові значення температури, добові значення максимальної і мінімальної температур, добові суми опадів для сценаріїв RC2.6, RCP8.5 для м. Сімферополь за період 2021-2050 рр., розрахуйте кліматичні індекси (TG, TXx, TNn, TR, CDD, RR, RX1day, RX5day, R95p) і біокліматичні індекси (AT, BIO5, BIO6, BIO7), побудуйте графіки часового ходу розрахованих індексів за обраний період.
 4. Завантажте середньодобові значення температури, добові значення максимальної і мінімальної температур, добові суми опадів для сценаріїв RC2.6, RCP8.5 для м. Чернівці за період 2021-2050 рр., розрахуйте кліматичні індекси (TG, TXx, TNn, TR, CDD, RR, RX1day, RX5day, R95p) і біокліматичні індекси (AT, BIO5, BIO6, BIO7), побудуйте графіки часового ходу розрахованих індексів за обраний період.
 5. Завантажте середньодобові значення температури, добові значення максимальної і мінімальної температур, добові суми опадів для сценаріїв RC2.6, RCP8.5 для м. Черкаси за період 2021-2050 рр., розрахуйте кліматичні індекси (TG, TXx, TNn, TR, CDD, RR, RX1day, RX5day, R95p) і біокліматичні індекси (AT, BIO5, BIO6, BIO7), побудуйте графіки часового ходу розрахованих індексів за обраний період.
 6. Завантажте середньодобові значення температури, добові значення максимальної і мінімальної температур, добові суми опадів для сценаріїв RC2.6, RCP8.5 для м. Запоріжжя за період 2021-2050 рр., розрахуйте кліматичні індекси (TG, TXx, TNn, TR, CDD, RR, RX1day, RX5day, R95p) і біокліматичні індекси (AT, BIO5, BIO6, BIO7), побудуйте графіки часового ходу розрахованих індексів за обраний період.
 7. Завантажте середньодобові значення температури, добові значення максимальної і мінімальної температур, добові суми опадів для сценаріїв RC2.6, RCP8.5 для м. Львів за період 2021-2050 рр., розрахуйте кліматичні індекси (TG, TXx, TNn, TR, CDD, RR, RX1day, RX5day, R95p) і біокліматичні індекси (AT, BIO5, BIO6, BIO7), побудуйте графіки часового ходу розрахованих індексів за обраний період.
 8. Завантажте середньодобові значення температури, добові значення максимальної і мінімальної температур, добові суми опадів для сценаріїв RC2.6, RCP8.5 для м. Миколаїв за період 2021-2050 рр., розрахуйте кліматичні індекси (TG, TXx, TNn, TR, CDD, RR, RX1day, RX5day, R95p) і біокліматичні індекси (AT, BIO5, BIO6, BIO7), побудуйте графіки часового ходу розрахованих індексів за обраний період.
 9. Завантажте середньодобові значення температури, добові значення максимальної і мінімальної температур, добові суми опадів для сценаріїв RC2.6, RCP8.5 для м. Харків за період 2021-2050 рр., розрахуйте кліматичні індекси (TG, TXx, TNn, TR, CDD, RR, RX1day, RX5day, R95p) і біокліматичні індекси (AT, BIO5, BIO6, BIO7), побудуйте графіки часового ходу розрахованих індексів за обраний період.
 10. Завантажте середньодобові значення температури, добові значення максимальної і мінімальної температур, добові суми опадів для сценаріїв RC2.6, RCP8.5 для м. Луцьк за період 2021-2050 рр., розрахуйте кліматичні індекси (TG, TXx, TNn, TR, CDD, RR, RX1day, RX5day, R95p) і біокліматичні

індекси (АТ, ВІО5, ВІО6, ВІО7), побудуйте графіки часового ходу розрахованих індексів за обраний період.

4.9 Практичні завдання для виконання практичної частини модуля ЗМ-П4

1. Проаналізуйте результати отримані в ЗМ-ПЗ та зробіть оцінку вразливості м. Луганськ до кліматичного стресу в майбутньому. Надайте рекомендації щодо заходів з адаптації до майбутніх змін клімату.
2. Проаналізуйте результати отримані в ЗМ-ПЗ та зробіть оцінку вразливості м. Київ до кліматичного стресу в майбутньому. Надайте рекомендації щодо заходів з адаптації до майбутніх змін клімату.
3. Проаналізуйте результати отримані в ЗМ-ПЗ та зробіть оцінку вразливості м. Сімферополь до кліматичного стресу в майбутньому. Надайте рекомендації щодо заходів з адаптації до майбутніх змін клімату.
4. Проаналізуйте результати отримані в ЗМ-ПЗ та зробіть оцінку вразливості м. Чернівці до кліматичного стресу в майбутньому. Надайте рекомендації щодо заходів з адаптації до майбутніх змін клімату.
5. Проаналізуйте результати отримані в ЗМ-ПЗ та зробіть оцінку вразливості м. Черкаси до кліматичного стресу в майбутньому. Надайте рекомендації щодо заходів з адаптації до майбутніх змін клімату.
6. Проаналізуйте результати отримані в ЗМ-ПЗ та зробіть оцінку вразливості м. Запоріжжя до кліматичного стресу в майбутньому. Надайте рекомендації щодо заходів з адаптації до майбутніх змін клімату.
7. Проаналізуйте результати отримані в ЗМ-ПЗ та зробіть оцінку вразливості м. Львів до кліматичного стресу в майбутньому. Надайте рекомендації щодо заходів з адаптації до майбутніх змін клімату.
8. Проаналізуйте результати отримані в ЗМ-ПЗ та зробіть оцінку вразливості м. Миколаїв до кліматичного стресу в майбутньому. Надайте рекомендації щодо заходів з адаптації до майбутніх змін клімату.
9. Проаналізуйте результати отримані в ЗМ-ПЗ та зробіть оцінку вразливості м. Харків до кліматичного стресу в майбутньому. Надайте рекомендації щодо заходів з адаптації до майбутніх змін клімату.
10. Проаналізуйте результати отримані в ЗМ-ПЗ та зробіть оцінку вразливості м. Луцьк до кліматичного стресу в майбутньому. Надайте рекомендації щодо заходів з адаптації до майбутніх змін клімату.

4.10 Тестові завдання до заліку

Опис глобальної кліматичної системи та її складових		
1	Дайте визначення клімату, коротко- і довгоперіодним коливанням, мінливості, спрямованим змінам клімату	[4], стор. 13
2	Які кліматоутворювальні чинники відносяться до астрономічних, зовнішніх і внутрішніх геофізичних факторів?	[4], стор. 12
3	Що розуміють під змінами, коливаннями і мінливістю клімату? Яка різниця між цими поняттями?	[4], стор. 13
4	Фізичні механізми виникнення комірок Хедлі, Фереля, полярної.	[4], стор. 15-17

5	Поясніть причини появи мусонної/пасатної циркуляції.	[4], стор. 16
6	Фізичні механізми формування і підтримання струминних течій в субтропічних широтах на висотах 3-5 км.	[4], стор. 15-17
7	Чому пасатні вітри відхиляються від південного (у південній півкулі) і північного (у північній півкулі) напрямків?	[4], стор. 16
8	Що означає r_{pm} та r_{pb} ?	[4], стор. 13
9	Причини випадіння найнижчих сум опадів та формування великих пустель в субтропічному поясі	[4], стор. 18
10	Якими причинами обумовлено опади взимку в середніх широтах?	[4], стор. 18-19
11	Чим обумовлена велика кількість опадів в районах від Індонезії у напрямку до 30^0 півд.ш., 130^0 зах.д.?	[4], стор. 18
12	Чим обумовлена менша кількість опадів у Центральній Азії за Західну Європу на тих самих широтах?	[4], стор. 18-19
13	Що генерує поверхневу океанічну циркуляцію?	[4], стор. 20
14	Дайте визначення апвелінгу і даунвелінгу.	[4], стор. 21
15	Причини „глибинної океанської конвекції”.	[4], стор. 22-23
16	Дайте визначення термохалінної циркуляції. Внаслідок яких причин вона виникає?	[4], стор. 21-22
17	Який час потрібен для переміщення водної маси з півночі Атлантики до Південного океану?	[4], стор. 22
18	Чому дорівнює одиниця вимірювання переносу океанської води, Свердруп?	[4], стор. 20
19	Які сезонні зміни товщини шару перемішування у середніх широтах?	[4], стор. 22-23
20	Яка складова кріосфери має найбільшу просторову протяжність взимку?	[4], стор. 25
21	Якими причинами обумовлено те, що переважна більшість снігового покриву розташована в Північній півкулі?	[4], стор. 25
22	В яких льодяних щитах в теперішній час розташована переважна більшість наявного на Землі льоду?	[4], стор. 28
23	Розставте типи підстильної поверхні в залежності від значення їх альbedo – від поверхні з найменшим до поверхні з найбільшим альbedo: океан, ліс, морський лід, свіжий сніг, старий сніг, пустеля, ґрунт, поле з травою, листяний ліс, хвойний ліс покритий снігом, хвойний ліс, поле з сільськогосподарською рослинністю.	[4], стор. 30
24	Дайте визначення поняття “біом”	[4], стор. 31
Енергетичний баланс, гідрологічний і вуглецевий глобальні кругообіги		
1	Через які причини температура підстильної поверхні вища за ефективну температуру випромінювання?	[4], стор. 36
2	Через які причини амплітуда сезонного циклу (літній максимум температури мінус зимовий мінімум) може сягати 50 К над сушею проти 5–10 К над океанами?	[4], стор. 45
3	Якими фізичними процесами має бути врівноважена кількість опадів в окремому районі океану для того, щоб уникнути сильної зміни поверхневої солоності?	[4], стор. 50-52
4	Звідки походить більшість вологи, що випадає у вигляді опадів над сушею?	[4], стор. 50-52
5	Яка різниця між перенесенням тепла в північних районах Тихого океану й перенесенням тепла у Північній Атлантиці? Якщо ця різниця є, то чим вона спричинена?	[4], стор. 46-48

6	Чим компенсується річний дисбаланс між отриманою і випроміненою радіацією, якій виникає внаслідок того, що в цілому за рік кількість сонячної радіації, отриманої земною поверхнею на екваторі, більше, ніж у високих широтах?	[4], стор. 46-48
7	Сонце випромінює радіацію на менших, ніж Земля, довжинах хвиль. При якій ефективній температурі випромінювання Землі досягається баланс між короткохвильовою та довгохвильовою радіацією?	[4], стор. 35
8	У середніх широтах, біля 40° півн.ш., переноси тепла на північ в атмосфері порівняно з океаном є за величиною більші/менші/рівні? Як Ви можете обґрунтувати свою відповідь?	[4], стор. 47-48
9	Яке співвідношення над океаном потоків прихованого і доступного тепла?	[4], стор. 48-50
10	Через які причини температура у Північній півкулі впродовж бореального літа (червень, липень та серпень) вищі?	[4], стор. 39-41
11	До яких наслідків призводить атмосферне руйнування (вивітрювання) кальцитно-силікатних скель, пов'язане з дією вуглецевої кислоти, що міститься у воді?	[4], стор. 57-58
12	Через які причини океан є набагато більший, ніж атмосфера резервуар вуглецю?	[4], стор. 54-56
13	Як впливає фотосинтез в океані на DIC у поверхневому шарі?	[4], стор. 56-57
14	За рахунок якого фізичного процесу перенос річковим стоком продуктів атмосферного руйнування (вивітрювання) до океанів допомагає компенсувати втрати карбонатів?	[4], стор. 57-58
15	До яких наслідків призводить формування карбонату кальциту в океані?	[4], стор. 56-57
16	Лужність є мірою перевищення рН над основою у морській воді. Якщо лужність зростає, то які процеси відбуваються в океані і атмосфері?	[4], стор. 54-56
17	Що відбувається в процесі субдукції океанських відкладів?	[4], стор. 57-58
18	Потік CO ₂ між атмосферою та океаном є функцією різниці парціального тиску цього газу в двох середовищах. Чим зумовлені регіональні відмінності потоку CO ₂ ?	[4], стор. 54-56
19	Як впливає наявність біологічних конвеєрів на вертикальний розподіл вмісту DIC?	[4], стор. 56-57
Основи моделювання глобальної кліматичної системи		
1	Поясніть сенс поняття “параметризація”. Для чого використовується параметризація?	[4], стор. 62
2	Які процеси називають процесами підсіткового масштабу?	[4], стор. 62
3	З якою метою здійснюється спрощення кліматичних моделей Землі проміжної складності?	[4], стор. 63-64
4	Джерела вхідної інформації для кліматичних моделей?	[4], стор. 62
5	Достоїнства і недоліки моделей загальної циркуляції.	[4], стор. 62, 66
6	Які моделі називають енергетичними, їх відмінності від інших видів моделей?	[4], стор. 62, 64-65
7	Які процеси зазвичай параметризуються в кліматичних моделях?	[4], стор. 62
8	Які чисельні методи розв’язань використовуються для кліматичних моделей?	[4], стор. 76-78
9	Поясніть термін “валідація моделі”.	[4], стор. 78-79
10	Поясніть термін “верифікація моделі”	[4], стор. 78-79

11	У чому сенс калібрування моделі?	[4], стор. 80
12	Які властивості мають бути притаманні чисельній схемі для коректного розв'язання поставленої фізичної задачі?	[4], стор. 74-75
13	Що таке трункаційна похибка або похибка урізання?	[4], стор. 75
14	Як в енергобалансових моделях враховується вплив парникового ефекту?	[4], стор. 64
15	При описанні термодинамічного накопичення або руйнування льоду в моделях морської криги чи враховують горизонтальну теплопровідність? Відповідь пояснити.	[4], стор. 68-69
16	Поясніть, які кліматичні моделі є найскладнішими, які – найпростішими?	[4], стор. 62
17	Опишіть, як виконується дискретизація у часі і просторі за допомогою скінченних різниць?	[4], стор. 76-77
18	Які рівняння використовуються для опису поведінки атмосфери?	[4], стор. 67
19	Які рівняння використовуються для опису динаміки океану?	[4], стор. 67-68
20	Опишіть головні процеси, які слід врахувати в моделі морської криги?	[4], стор. 69
21	На яких рівняннях базуються моделі біогеохімічних циклів?	[4], стор. 71

4.11 Тестові завдання до іспиту

Відгук кліматичної системи на збурення		
1	Які зміни сумарного радіаційного потоку на рівні тропопаузи необхідні для досягнення радіаційної рівноваги при додатному (направленому донизу) радіаційного форсингу?	[4], стор. 90-92
2	Рівноважна чутливість клімату зазвичай визначається як зміна глобальної середньої приземної температури у рівновазі у відповідь на подвоєння концентрації якого газу в атмосфері?	[4], стор. 90-92
3	Які з наведених радіаційних форсингів за величиною сумарного глобального радіаційного форсингу за період 1750 по 2005 роки є найбільшими: стратосферний озон; тропосферний озон; загальний вміст аерозолів; сонячна стала; довгоживучі парникові гази (CO ₂ , CH ₄ , H ₂ O тощо)	[4], стор. 85
4	Які з наведених радіаційних форсингів за величиною сумарного глобального радіаційного форсингу за період 1750 по 2005 роки є найменшими: стратосферний озон; тропосферний озон; загальний вміст аерозолів; сонячна стала; довгоживучі парникові гази (CO ₂ , CH ₄ , H ₂ O тощо)	[4], стор. 85
5	Аерозолі впливають на енергетичний баланс Землі різними шляхами. Які ефекти від аерозолів мають від'ємний (додатний) радіаційний форсинг?	[4], стор. 86-88
6	Відгук Землі як чорного тіла генерує від'ємний зворотний зв'язок. Якщо б існував тільки цей зворотний зв'язок, чому б дорівнювала рівноважна чутливість клімату?	[4], стор. 90-92
7	Від чого залежить час, який необхідний для того, щоб досягнути 65 % рівноважного відгуку на збурення?	[4], стор. 92-93
8	Зворотний зв'язок, пов'язаний з водяною парою, є дуже потужним зворотним зв'язком. Якщо б окрім відгуку Землі як чорного тіла існував ще тільки зворотний зв'язок, пов'язаний з водяною парою,	[4], стор. 93-94

	чому б дорівнювала рівноважна чутливість клімату?	
9	Чим підтримується кріосферний зворотний зв'язок?	[4], стор. 95-96
10	Якій радіаційний форсинг генерує хмарність верхнього ярусу з малим альбедо?	[4], стор. 94-95
11	Якій радіаційний форсинг генерує хмарність нижнього ярусу?	[4], стор. 94-95
12	Збільшення річного стоку карбонату кальцію має компенсуватися в океані для того, щоб встановити новий баланс та уникнути нереалістичних коливань концентрації CO ₂ в атмосфері. За рахунок яких процесів це досягається?	[4], стор. 97-98
13	Що таке горизонт насичення?	[4], стор. 97
14	Опишіть альbedo-температурний зворотний зв'язок? В яких широтах він відіграє найважливішу роль?	[4], стор. 95-96
15	Якщо внаслідок потепління в тундрі почнуть рости дерева, тобто тундра перетвориться на тайгу, то як це вплине на альbedo і температуру повітря?	[4], стор. 100
16	Якими зворотними зв'язками можна пояснити спустелювання Сахари?	[4], стор. 100
Коротка історія клімату: можливі причини і механізми кліматичних змін		
1	Внаслідок яких процесів останні 50 мільйонів років (починаючи з кліматичного оптимуму раннього Еоцену) температура повітря зменшувалася?	[4], стор. 114-116
2	Які фізичні механізми сприяють формуванню явища Ель-Ніньо?	[4], стор. 105-107
3	В чому виявляється явище Ель-Ніньо?	[4], стор. 105-107
4	Як виявляє себе додатна фаза Південно-атлантичного коливання?	[4], стор. 107-108
5	4,6 мільярда років тому, коли відбулося формування Землі як планети, сонячне випромінювання було на 30% меншим, ніж зараз. Але Земля не була повністю покрита льодом. Поясніть причини цього парадоксу.	[4], стор. 111
6	Чим обумовлені часові масштаби кліматичних коливань?	[4], стор. 103-105
7	Кисень, що вивільняється в процесі фотосинтезу, змінив хімічний склад атмосфери. Вважається, що це спричинило охолодження земної поверхні. Завдяки яким фізичним і/або хімічним процесам це відбулось?	[4], стор. 103-104
8	В чому виявляється зворотний зв'язок Б'єркнеса?	[4], стор. 105-107
9	Чим спричинена великомасштабна у часі еволюція вуглецевого колообігу в Фанерозої?	[4], стор. 112-114
10	Які природні форсинги, які управляли кліматом останнього тисячоліття до початку індустріальної ери, були домінуючі?	[4], стор. 125-128
11	Якими факторами зумовлені регіональні зміни клімату впродовж останнього тисячоліття?	[4], стор. 128
12	Яким чином впливають на клімат Землі коливання ексцентриситету земної орбіти навколо Сонця?	[4], стор. 116-119
13	На що впливає критична кількість літньої інсоляції у високих широтах при поясненні розвитку льодовикових-міжльодовикових циклів в орбітальній теорії палеоклімату?	[4], стор. 119-122
14	Як впливає на інсоляцію кліматична прецесія, пов'язана зі змінами відстані Землі до Сонця у момент літнього сонцестояння?	[4], стор. 116-119
15	До чого призвело зменшення літньої інсоляції у Північній півкулі, починаючи з Раннього Голоцену?	[4], стор. 123-125
16	Що є головною причиною зменшення порівняно з міжльодовиковими періодами коливання концентрації CO ₂ в	[4], стор. 122-123

	атмосфері на 80 ppm протягом льодових періодів?	
17	Якими фізичними механізмами можна пояснити приземне потепління, що спостерігається останні 150 років?	[4], стор. 129-133
18	В які геологічні епохи кліматичні умови зафіксовані у льодяних ядрах Гренландії є найбільш сталими?	[4], стор. 123-125
19	Як впливає на інсоляцію схилення екліптики, яке визначається як кут між площиною екліптики та площиною небесного екватора?	[4], стор. 116-119
Можливі зміни клімату у майбутньому		
1	Дайте визначення сценарію/проекції клімату. Чим вони відрізняються?	[4], стор. 137-138, 142
2	У чому полягає головна різниця між сценаріями SRES та RCP?	[4], стор. 137-139
3	Впродовж XXI століття у більшості сценаріїв концентрації в атмосфері яких речовин збільшуються/зменшуються?	[4], стор. 140
4	Якої інтенсивності спостерігатиметься глобальне потепління до 2100 року при осередненні результаті декількох GCM-моделей, включених до 4-го оціночного звіту IPCC?	[4], стор. 143
5	Які джерела невизначеності в проєкціях майбутнього клімату?	[4], стор. 142-143
6	Згідно з проєкціями змін клімату на 2100 рік що відбуватиметься в кліматичній системі?	[4], стор. 144-146
7	Протягом наступних десятиліть частка антропогенного CO ₂ , що викидається в атмосферу при спалюванні викопного пального, буде поглинатися океаном. Ця частка буде зменшуватись чи збільшуватись? Відповідь обґрунтуйте.	[4], стор. 148
8	Зміни клімату впливають на біогеохімічні цикли, генеруючи „клімат-вуглець” як додатні, так і від’ємні зворотні зв’язки. При цьому сумарний вплив є додатним. Наведіть приклади додатних і від’ємних зворотних зв’язків.	[4], стор. 148-151
9	На великих проміжках часу взаємодії між океанськими відкладеннями та атмосферним руйнуванням скель буде спричиняти зменшення концентрації CO ₂ атмосфері. Якщо протягом наступних десятиліть концентрація CO ₂ в атмосфері досягне щонайменше 500 ppm, за який час вона зменшиться до значень, які спостерігалися у перед індустріальний період?	[4], стор. 152
10	Який чинник зробив найбільший внесок у підвищення рівня Світового океану впродовж 1993-2003 років?	[4], стор. 154
11	На скільки метрів танення Гренландського льодяного щиту спричинить підйом рівня Світового океану?	[4], стор. 157

5 ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Основна

1. Врублевська О.О., Катеруша Г.П., Гончарова Л.Д. Кліматологія. – Одеса: Екологія, 2013. – 344 с.
2. Кислов А.В. (2001). Клімат в прошлом, настоящем и будущем. – М.: МАИК «Наука/ Интерпериодика». - 351 с.
3. Клімат України. (2003). За ред. Ліпінського В.М., Дячука В.А., Бабіченко В.М. -К.: Видавництво Раєвського. - 343 с.
4. Степаненко С.М. (2013). Динаміка та моделювання клімату. – Одеса, Видавництво: „Екологія”, 204 с.
5. Шевченко О. та інші Оцінка вразливості до зміни клімату. – Myflaer, Київ, 82 стор.
6. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1552 p.

Додаткова

1. Динамика климата. (1988). Под ред. С.Манабе. Пер. с англ. - Л.: Гидрометеиздат. – 574 с.
2. Изменения климата. (1980). Под ред. Дж. Гриббина. Пер. с англ. - Л.: Гидрометеиздат. – 360 с.
3. Логинов В.Ф. (2008). Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия. – Минск: «ТетраСистемс». – 496 с.
4. Монин А.С (1982). Введение в теорию климата. - Л.: Гидрометеиздат. – 245 с.
5. Goosse K, Barriat P.Y., Lefebvre W., Loutre M.F. andZunz V. (2009). Introduction to climate dynamics and climate modeling. - NOAA-CIRES Clim. Diag. Cent. Boulder, Colorado
6. Електронна бібліотека ОДЕКУ: www.library-odeku.16mb.com
7. Електронна пошта кафедри – geophys@ogmi.farlep.odessa.ua