

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Одеський державний екологічний університет

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні групи забезпечення  
спеціальності 103 Науки про Землю  
від «02» березня 2021 року  
протокол № 6

Голова групи

Шакірманова Ж. Р.



УЗГОДЖЕНО

Директор Гідрометеорологічного  
інституту

Овчарук В. А.



## СИЛЛАБУС

навчальної дисципліни  
Чисельні прогнози погоди

(назва навчальної дисципліни)

103 Науки про Землю

(шифр та назва спеціальностей)

«Метеорологія і кліматологія»

(назви освітніх програм)

Другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

денна, заочна

(форма навчання)

2

(рік навчання)

3

(семестр навчання)

2 / 60

(кількість кредитів ЄКТС/годин)

залік

(форма контролю)

метеорології та кліматології

(кафедра)

Одеса, 2021 р.

Автор: Хохлов В. М., професор кафедри метеорології та кліматології,  
д-р геогр. наук  
(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Поточна редакція розглянута на засіданні кафедри метеорології та кліматології  
«05» лютого 2021 року, протокол № 7.

Викладачі: лекційні і практичні заняття – Хохлов В. М.  
(вид навчального заняття: прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

теоретичний і практичний модуль (заочна форма) – Хохлов В. М.  
(вид навчального заняття: прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Перелік попередніх редакцій

Прізвища та ініціали авторів	Дата, № протоколу	Дата набуття чинності

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета	Навчити студентів розуміти принципи побудови чисельних моделей прогнозу погоди на основі повних рівнянь гідротермодинаміки, ознайомити їх з методами чисельної реалізації цих моделей, способами параметризації процесів підсіткового масштабу, а також методами верифікації результатів прогнозування.		
Компетентність	Розуміння принципів, що визначають різномасштабні атмосферні процеси та явища погоди. Здатність описувати та пояснювати наукове підґрунтя, характеристики і обмежуючі фактори чисельного прогнозу погоди та методики його застосування		
Результат навчання	Створювати, налаштовувати і реалізовувати незалежні чисельні модельні експерименти; виконувати математичну обробку та візуалізацію результатів чисельних розрахунків метеорологічних полів; пояснювати переваги і недоліки чисельних прогнозів погоди та причини обмеженої передбачуваності атмосфери		
Базові знання	1. Принципи побудови чисельних моделей прогнозу погоди. 2. Методи розв'язання системи рівнянь гідротермодинаміки.		
Базові вміння	1. Використовувати скінченнорізницеві схеми запису рівнянь гідротермодинаміки. 2. Вміти застосовувати різні методи для верифікації прогнозу погоди.		
Базові навички	Відсутні		
Пов'язані силлабуси	Відсутні		
Попередня дисципліна	Відсутня		
Наступна дисципліна	Відсутня		
Кількість годин	Форма навчання	денна	заочна
	лекції:	14	2
	практичні заняття:	14	—
	самостійна робота студентів:	32	50
	консультації:	—	8

## 2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 2.1. Лекційні модулі

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин			
		д/ф		з/ф	
		ауд.	СРС	ауд.	СРС
	Настановна лекція	2		2	

ЗМ-Л1	Принципи побудови та чисельної реалізації моделей за повними рівняннями для великомасштабних атмосферних процесів.				
	1. Система повних рівнянь в ізобаричній і $\sigma$ -системах координат. Початкові та межові умови.	4	4		6
	2. Інтегрування повної системи рівнянь ГТД. Схеми інтегрування за часом.	4	8		8
	3. Параметризації процесів підсіткового масштабу	4	4		6
Разом:		14	16	2	20

Примітка: д/ф – денна форма навчання, з/ф – заочна форма навчання

Консультації:

Хохлов Валерій Миколайович – понеділок, 14<sup>30</sup>, ауд. 415 (НЛК № 1).

## 2.2. Практичні модулі

Код	Назва практичних робіт	Кількість годин			
		д/ф		з/ф	
		ауд.	СРС	ауд.	СРС
ЗМ-П1	1. Розрахунок статистичних характеристик справджуваності чисельних прогнозів температури повітря та/або опадів.	6	5		12
	2. Розробка алгоритму обчислення та розрахунок майбутніх значень метеорологічних величин у вузлах регулярної сітки.	6	6		13
	Аудиторний колоквиум	1			
	Залікова контрольна робота	1	5		5
Разом:		14	16		30

Примітка: д/ф – денна форма навчання, з/ф – заочна форма навчання

Консультації:

Хохлов Валерій Миколайович – понеділок, 14<sup>30</sup>, ауд. 415 (НЛК № 1).

## 2.3. Самостійна робота студента та контрольні заходи

### 2.3.1. Денна форма навчання

Код модуля	Завдання на СРС та контрольні заходи	Кількість годин	Строк проведення
ЗМ-Л1	• Підготовка до лекційних занять	7	1–7
	• Усне опитування під час лекційних занять	4	1–7
	• Модульна контрольна робота (обов'язковий)	5	5
ЗМ-П1	• Підготовка до усного опитування на практичних заняттях	4	1–7
	• Підготовка матеріалів практичних робіт № 1 і № 2 (обов'язковий)	7	3, 7
	Підготовка до залікової контрольної роботи	5	7
Разом:		32	

### Методика проведення та оцінювання контрольних заходів для ЗМ-Л1.

1) Модульна тестова контрольна робота проводиться під час аудиторного колоквіуму на 5-му тижні семестру і складається з 10 тестових завдань, правильна відповідь на кожне з яких оцінюється в 4 бали. У разі відсутності на контрольному заході з поважних причин модульна тестова контрольна робота може бути написана протягом семестру у строки, погоджені з викладачем. У разі незадовільної оцінки (менше 24 балів) або відсутності на контрольному заході з неповажних причин модульна тестова контрольна робота один раз може бути написана протягом семестру у строки, погоджені з викладачем, але максимальна кількість балів за цей контрольний захід становитиме 24.

2) Усне опитування здійснюється протягом останніх 10 хвилин кожного заняття серед студентів присутніх на лекційних заняттях. Кожна правильна відповідь оцінюється в 2 бали. Оцінювання здійснюється згідно з Положенням про критерії оцінки знань студентів в ОДЕКУ.

### Методика проведення та оцінювання контрольних заходів для ЗМ-П1.

1) Контроль виконання практичної роботи здійснюється через перевірку виконання практичних робіт (див. п. 2.2). При цьому, максимальна оцінка, яку може отримати студент за кожну практичну роботу 30 балів. Оцінювання здійснюється згідно з Положенням про критерії оцінки знань студентів в ОДЕКУ. У разі відсутності на практичних заняттях з поважних причин відпрацювання пройденого матеріалу і захист доповіді може бути виконано протягом семестру у строки, погоджені з викладачем. У разі незадовільної оцінки (менше 18 балів за практичну роботу) або відсутності на практичних заняттях з неповажних причин може бути дана можливість повторного захисту доповіді один раз протягом семестру у строки, погоджені з викладачем, але максимальна кількість балів за цей контрольний захід становитиме 18.

2) Усне опитування здійснюється протягом останніх 10 хвилин кожного заняття серед студентів присутніх на практичних заняттях. Кожна правильна відповідь оцінюється в 2 бал. Оцінювання здійснюється згідно з Положенням про критерії оцінки знань студентів в ОДЕКУ.

#### 2.3.2. Заочна форма навчання

Код модуля	Завдання на СРС та контрольні заходи	Кількість годин	Строк проведення
ЗМ-Л1	• Вивчення тем лекційного модуля (п. 2.1)	15	серпень-жовтень
	• Модульна тестова контрольна робота (обов'язковий)	5	вересень
ЗМ-П1	• Виконання практичних робіт № 1 і № 2 (обов'язковий)	25	серпень-жовтень
	Підготовка до залікової контрольної роботи	5	жовтень
	Разом:	50	

### Методика проведення та оцінювання контрольних заходів для ЗМ-Л1.

1) Модульна тестова контрольна робота проводиться за допомогою сис-

теми е-навчання університету у вересні поточного навчального року і складається з 10 тестових завдань, правильна відповідь на кожне з яких оцінюється в 4 бали. У разі відсутності на контрольному заході з поважних причин модульна тестова контрольна робота може бути написана протягом семестру у строки, погоджені з викладачем. У разі незадовільної оцінки (менше 24 балів) або відсутності на контрольному заході з неповажних причин модульна тестова контрольна робота один раз може бути написана протягом семестру у строки, погоджені з викладачем, але максимальна кількість балів за цей контрольний захід становитиме 24.

2) Усне опитування здійснюється під час консультацій серед присутніх студентів. Кожна правильна відповідь оцінюється в 2 бали. Оцінювання здійснюється згідно з Положенням про критерії оцінки знань студентів в ОДЕКУ.

#### Методика проведення та оцінювання контрольних заходів для ЗМ-П1.

1) Контроль виконання практичних робіт здійснюється за допомогою системи е-навчання університету у вересні та жовтні поточного навчального року і складається з оцінювання виконаних завдань, які надають студенти в особистому профілі електронного курсу «Чисельний прогноз погоди» системи е-навчання (<http://dpt17s.odeku.edu.ua>) в зазначені у курсі терміни.

2) Усне опитування здійснюється під час консультацій серед присутніх студентів. Кожна правильна відповідь оцінюється в 2 бали. Оцінювання здійснюється згідно з Положенням про критерії оцінки знань студентів в ОДЕКУ.

### **3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ**

3.1. Під час опанування лекційним модулем ЗМ-Л1 здобувачі мають ретельно ознайомитися з наведеною у розділі 5 літературою. Особливу увагу потрібно приділяти запитанням для самоперевірки, наведених в [1, 5].

3.2. Опанування змістовним модулем ЗМ-П1 передбачає виконання двох практичних робіт. Практична робота № 1 виконується за допомогою MS Excel відповідно до рекомендацій, наведених у розділі 8 Практикуму [2]. Практична робота № 2 виконується за допомогою MS Excel відповідно до рекомендацій, наведених у Додатку А Методичних вказівок [3].

### **4. ПИТАННЯ ДО ЗАХОДІВ ПОТОЧНОГО, ПІДСУМКОВОГО ТА СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ**

4.1. Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л1.

- 1) Що є фізичною основою для гідродинамічного прогнозу? ([1]: с. 12–14)
- 2) Що розуміється під силою тяжіння? ([1]: с. 12–14)
- 3) Які дві сили урівноважуються для великомасштабних атмосферних процесів? ([1]: с. 14–16)
- 4) Що передбачає адіабатичне наближення? ([1]: с. 15–17)
- 5) Що називається скінченнорізницевою схемою? ([1]: с. 15–17)
- 6) Які рівняння називаються рівняннями Нав'є-Стокса? ([1]: с. 19–20)
- 7) Якою складовою сили Коріоліса нехтують у помірних широтах для

процесів макромасштабу? ([1]: с. 19–22)

8) Які головні процеси визначають приплив тепла в атмосфері? ([1]: с. 45–47)

9) Якою є розмірність ізобаричної вертикальної швидкості в системі одиниць Si? ([1]: с. 50–52)

10) Який знак має параметр статичної стійкості за стійкої стратифікації? ([1]: с. 55–56)

11) Яка характеристика атмосферного повітря не міститься в рівняннях в ізобаричній системі координат у порівнянні з декартовою? ([1]: с. 60–61)

12) Використовуючи різні наближення та рівняння, для якої єдиної невідомої величини можна записати рівняння в ізобаричній системі координат? ([1]: с. 60–61)

13) Що відрізняє  $\sigma$ -систему координат від ізобаричної? ([1]: с. 62–63)

14) Що є головним недоліком  $\sigma$ -системи координат? ([1]: с. 68–69)

15) Які осі в горизонтальній площині використовуються у сферичній системі координат? ([1]: с. 69–70)

16) Що називають скінченними різницями? ([1]: с. 133–135)

17) Що називають похибкою апроксимації? ([1]: с. 134–136, 139)

18) Що називають похибкою чисельного розв'язання? ([1]: с. 141–143)

19) Що є умовою збіжності чисельного розв'язку? ([1]: с. 150–152, 158)

20) Які величини пов'язує критерій Куранта-Фрідрікса-Леві? ([1]: с. 153–155)

4.2. Тестові завдання залікової контрольної роботи.

1) З яких рівнянь складається система рівнянь гідротермодинаміки для вільної атмосфери? ([1]: с. 28–30)

2) Якою є нижня межа умова для системи рівнянь в декартових координатах?

3) Яке рівняння в ізобаричній системі має тільки лінійні члени?

4) За якими координатами задаються бічні межові умови?

5) Який вигляд має верхня межа умова в ізобаричній системі координат?

6) Які члени в першому рівнянні руху є лінійними?

7) В яких рівняннях повна система гідротермодинаміки в ізобаричній системі координат має прогностичні члени?

8) Що є ознакою ізобаричної системи координат?

9) Якою є умова замкненості системи рівнянь?

10) Де задаються бічні умови для півсферних моделей?

11) Для чого задаються початкові і межові умови при розв'язанні системи рівнянь гідротермодинаміки?

12) Якою є реальна атмосфера?

13) Який вигляд має скінченнорізницеve подання лапласіану?

14) Який вигляд має апроксимація першої похідної однобічними різницями?

15) Який вигляд має рівняння нерозривності в ізобаричній системі коор-

динат?

- 16) Який вигляд має скінченнорізницева апроксимація похідних центральними різницями?
- 17) Яку систему рівнянь можна одержати після заміни похідних скінченними різницями в рівняннях гідротермодинаміки?
- 18) Що є ознакою декартової система координат?
- 19) Який вигляд має верхня межева умова для системи рівнянь в декартових координатах?
- 20) Які зміни метеорологічної величини описує повна похідна?
- 21) Які хвилі потрібно враховувати в першу чергу при побудові гідродинамічних моделей прогнозу великомасштабних процесів?
- 22) Що описує двовимірну дивергенцію?
- 23) Яку властивість має баротропна атмосфера?
- 24) Який вигляд має прогностичне рівняння для середнього рівня баротропної атмосфери?
- 25) Як буде змінюватися атмосферний тиск біля поверхні землі за адвекції циклонічного вихору біля точки прогнозу?
- 26) Як буде змінюватися атмосферний тиск біля поверхні землі за адвекції холоду у всій тропосфері?
- 27) Чому дорівнює точність  $\epsilon$  скінченнорізницевої апроксимації другої похідної центральними різницями?
- 28) Якою є ознака неявної схема?
- 29) Які умови використовуються як початкові при реалізації моделей за повними рівняннями?
- 30) Що описує відносний вихор?
- 31) Що описує тривимірну дивергенцію?
- 32) Який вигляд має права частина прогностичного рівняння для середнього рівня баротропної атмосфери?
- 33) Яку властивість має бароклінна атмосфера?
- 34) Чим визначаються зміни тиску в барокліній атмосфері?
- 35) Що таке динамічний фактор змін тиску?
- 36) За якої умови в усій тропосфері тиск в нижній тропосфері буде падати?
- 37) Який вигляд має функція Гріна для динамічного фактора?
- 38) Що описує планетарний вихор?
- 39) Яку ознаку мають фільтровані моделі прогнозу?
- 40) Чому дорівнює точність  $\epsilon$  скінченнорізницевої апроксимації першої похідної центральними різницями?

## 5. ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Основна література.

1. Хоменко Г.В., Хохлов В.М. Гідродинамічні методи прогнозу погоди: підручник. – Одеса: Екологія, 2008. – 338 с.
2. Хоменко Г.В., Хохлов В.М., Бондаренко В.М. Практикум з гідродина-



мічних методів прогнозу погоди: Навчальний посібник. – Одеса: ОДЕКУ, 2012. – 208 с.

3. Хоменко Г.В., Івус Г.П. Методичні вказівки для самостійної роботи магістрів та виконання міжсесійної контрольної роботи з дисципліни «Чисельні прогнози погоди та даунскелінг» з елементами дистанційної форми навчання. – Одеса: ОДЕКУ, 2018. – 54 с.

Додаткова література.

4. Ківганов А.Ф., Хоменко Г.В., Хохлов В.М., Бондаренко В.М. Гідродинамічні моделі прогнозу погоди і сіткові методи їх реалізації. – Одеса: ТЕС, 2002 – 180 с.

5. Хоменко Г.В. Гідродинамічне моделювання природних процесів: конспект лекцій. – Одеса: ОДЕКУ, 2014. – 203 с.