

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для самостійної роботи студентів
та виконанню практичних робіт
з дисципліни**

**«АЕРОКЛІМАТОЛОГІЯ»
для магістрів**

Спеціальність – 8.04010507 «Кліматологія»

ОДЕСА - 2015

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для самостійної роботи студентів
та виконанню практичних робіт
з дисципліни**

**«АЕРОКЛІМАТОЛОГІЯ»
для магістрів**

Спеціальність – 8.04010507 «Кліматологія»

УЗГОДЖЕНО
на факультеті магістерської та
аспірантської підготовки

ОДЕСА - 2015

Методичні вказівки для самостійної роботи студентів по вивченню дисципліни «Аерокліматологія» для магістрів денної форми навчання, спеціальність 8.04010507 «Кліматологія». / Укладач: Галич Є.А. – Одеса, ОДЕКУ, 2015. - 24 с.

ЗМІСТ

I	Загальна частина.....	4
1.1	Передмова.....	6
1.2	Зміст дисципліни	5
1.3	Перелік навчально-методичної літератури.....	5
1.4	Перелік знань та вмінь.....	6
1.5	Організація навчального процесу.....	6
II	Організація самостійної роботи студента.....	7
2.1	Повчання по вивченню теоретичного матеріалу.....	7
2.1.1	Загальні поради.....	7
2.1.2	Зміст теоретичного модулю № 1.....	8
2.1.3	Зміст теоретичного модулю № 2.....	15
2.2	Повчання по виконанню практичних робіт.....	17
2.2.1	Практичний модуль №1.....	17
2.2.2	Практичний модуль №2.....	18
2.3	Вказівки по підготовці реферату.....	19
III	Організація контролю знань та вмінь студентів.....	20
3.1	Система контролю знань та вмінь студентів.....	20
3.1.1	Поточний контроль.....	20
3.1.2	Підсумковий контроль.....	20
3.2	Перелік контролюючих заходів.....	21
3.2	Перелік базових знань та вмінь.....	22

І ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Передмова

Дисципліна «Аерокліматології» належить до циклу вибіркового в системі природничо-наукових дисциплін і є однією з важливих частин кліматології для спеціальності – кліматологія, 8.04010507.

«Аерокліматологія» – розділ кліматології присвячений дослідженню клімату тропосфери й стратосфери, його формуванню та часовому коливанню.

Для вивчення сучасного клімату необхідно мати повне уявлення про взаємозв'язки процесів у просторі та часі. Найбільш повні дані про клімат та можливі зміни його у часі можуть бути отримані в результаті фізико-статистичного узагальнення спостережень за метеорологічними величинами, які отримані різними методами дослідження і аналіз найбільш суттєвих кліматичних показників як на рівні моря, так і на інших рівнях в атмосфері.

Вивчення термічного та пов'язаного з ним баричного режимів атмосфери до великих висот у планетарному масштабі або над окремими півкулями, має першорядне значення для пізнання клімату вільної атмосфери та дослідження загальної циркуляції атмосфери як основи для розробки методів довгострокових прогнозів погоди.

Мета дисципліни – надати основні закономірності глобального висотного режиму температури, вологості, геопотенціалу і циркуляції в тропосфері та стратосфері з визначенням різниць в режимі фізичних параметрів атмосфери обох півкуль.

Завданням дисципліни є формування у магістрів-кліматологів глибоких уявлень про фізичні взаємодії в ланках кліматичної системи у зв'язку з глобальними змінами клімату Землі у кінці ХХ-го та на початку ХХІ століть. Ознайомлення з сучасним аналізом кліматичних показників метеорологічних величин дозволяє виявити загальні закономірності просторово-часового розподілу багаторічних середньомісячних значень метеорологічних величин у тропосфері й нижній стратосфері та розглянути особливості їх вертикального розподілу в різних широтних зонах.

Дисципліна «Аерокліматологія» у великій мірі синтезує знання, що отримані студентами при проходженні дисциплін «Фізика атмосфери», «Динамічна метеорологія», «Синоптична метеорологія», «Кліматологія», «Астрономія», «Багатовимірний статистичний аналіз», «Основи теорії клімату».

1.2 Зміст дисципліни

1. Вступ. Опис основних етапів розвитку дисципліни

Предмет і завдання дисципліни «Аерокліматологія». Поняття кліматичної системи та кліматоутворюючих факторів. Поняття тиску, густини та температури для верхньої атмосфери. Нерівноважність атмосфери і межі застосованості рівнянь гідростатики. Деякі відомості про індекси сонячної та геомагнітної активності. Методи вимірювань параметрів верхньої атмосфери.

2. Термічний режим тропосфери та стратосфери

Основні аерокліматичні характеристики температури. Основні закономірності сезонних змін середнього температурного режиму тропосфери та стратосфери. Географічні положення зон найвищих меридіональних і зональних градієнтів температури у вільній атмосфері.

3. Характеристика баричного та вологісного режимів вільної атмосфери

Баричний режим та переважаючі умови циркуляції в тропо-стратосфері. Режим вологості у вільній атмосфері.

1.3 Перелік навчально-методичної літератури

Основна

1. Гаврилова Л.А. Аэроклиматология (климат свободной атмосферы). Учебное пособие. – Л., 1982. – 156 с.
2. Школьный Є.П., Данова Т.Є., Галич Є.А. Фізичні процеси у верхній атмосфері Землі: Навчальний посібник.– Одеса: ОДЕКУ, ТЕС, 2010. – 190 с.
3. Гончарова Л.Д., Серга Е.М., Школьный Є.П. Клімат і загальна циркуляція атмосфери. – К.: КНТ, 2005. – 251 с.
4. Гончарова Л.Д. Воздушные течения тропосферы и стратосферы северного полушария. Монография. – Одесса, 2014. – 298 с.
5. Белов Н.Ф., Васильев В.А. Практикум по климатологии. Учебное пособие. – Л.: Ленингр. гидрометеор. ин-т, 1990. – 204 с.
6. Холтон Дж. Р. Динамическая метеорология стратосферы и мезосферы. – Л.: Гидрометеоздат, 1979. – 224 с.
7. www.library-odeku.16mb.com

Додаткова

1. Ханевская И.В. Температурный режим свободной атмосферы над северным полушарием. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 300 с.
2. Э. Пальмен, Ч. Ньютон. Циркуляционные системы атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 615 с.
3. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. – С. Петербург: Гидрометеиздат, 2000. – 780 с.

1.4 Перелік знань та вмінь

Після вивчення дисципліни студент має засвоїти базові знання, він повинен **знати**:

- основні аерокліматичні характеристики температури, вологості та геопотенціалу в тропосфері та стратосфері;
- основні закономірності сезонних змін середнього температурного режиму тропосфери та стратосфери;
- географічні положення зон найвищих меридіональних і зональних градієнтів температури в вільній атмосфері;
- особливості баричного режиму та переважаючі умови циркуляції у тропосфері та стратосфері обох півкуль;
- умови порушення переважаючих умов циркуляції у вільній атмосфері;
- прояви довгоперіодних циклічностей в атмосфері Землі позатропічних широт;
- особливості вертикального розподілу вологості в різних широтних зонах вільної атмосфери;

Студент повинен **вміти**:

- аналізувати аерокліматичні показники, використовуючи емпіричні дані;
- використовувати основні фізичні закони, що притаманні крупномасштабним атмосферним процесам, при поясненні причин змінення й коливання глобального клімату наприкінці ХХ-го та на початку ХХІ-го століть;
- творчо самостійно працювати з науковою літературою за основними напрямками дослідження термічного, баричного режимів шарів вільної атмосфери.

1.5 Організація навчального процесу

Вивчення дисципліни «Аерокліматологія» складається з трьох видів навчальних занять:

- лекційні заняття;

- практичні заняття;
- самостійна робота студентів із засвоєння теоретичної частини курсу та виконання практичних робіт.

Контроль самостійної роботи студента здійснюється шляхом перевірки контрольних робіт з теоретичної частини курсу, які пишуться в аудиторії та захисту практичних робіт (домашніх завдань).

Організація поточного контролю побудована за кредитно-модульною системою організації навчання.

Форма підсумкового контролю: залік.

Реєстрація на підсумковий контроль: допуск здійснюється лектором згідно з результатами поточного контролю за навчальний семестр.

II ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА

2.1 Повчання по вивченню теоретичного матеріалу

2.1.1 Загальні поради

- спочатку ознайомтесь із змістом тем навчальної дисципліни (пункт 1.2) та переліком навчальної літератури (пункт 1.3), який відповідає послідовному вивченню теоретичного матеріалу;
- після вивчення теоретичного матеріалу відповідних тем з окремого теоретичного модулю, спробуй відповісти на «запитання для самоперевірки», що наведені в кінці кожного змістовного модулю;
- після засвоєння теоретичного матеріалу необхідно отримати у викладача завдання для виконання практичної роботи з відповідної теми курсу;
- якщо у Вас виникли запитання або труднощі при виконанні практичних модулів (домашніх завдань), потрібно звернутися до викладача, який читає лекції.

Нижче представлені загальні повчання з послідовного вивчення теоретичного матеріалу.

2.1.2 Зміст теоретичного модулю № 1 «Термічний режим тропосфери та стратосфери»

При вивченні цього теоретичного модулю особливу увагу необхідно звернути на слідуючі теми. До кожної з них кратко представлена основна, базова інформація, яка є необхідною для успішного вивчення дисципліни.

Тема 1. Поняття тиску, густини та температури для верхньої атмосфери [2]: с.7.

Верхній атмосфері притаманні такі властивості:

- високий ступінь розрідженості, який визначається, особливо у верхній частині, низькими значеннями густини ρ й атмосферного тиску P повітря (уявлення про це можна отримати за даними табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Значення та порядки фізичних параметрів верхньої атмосфери

z , км	50	100	150	200
T , К	300	170	900	1200
ρ , $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	10^{-3}	10^{-5}	$5 \cdot 10^{-8}$	10^{-10}
P , Па	10^2	10^{-1}	10^{-3}	$5 \cdot 10^{-4}$
μ , $\frac{\text{кг}}{\text{моль}}$	29	29	26	25

- нагрівання повітряного середовища за рахунок енергії фотохімічних процесів, яке створює специфічний вертикальний профіль температури;
- зміни газового складу атмосфери і зменшення відносної молекулярної маси μ вище 100 км (табл. 1.1), обумовлене збільшенням з висотою температури, що приводить до утворення стійкої стратифікації і, як наслідок, до несприятливих умов для виникнення упорядкованих вертикальних рухів і турбулентності, під дією яких у гомосфері (шар з верхньою межею 90-100 км) відбувається перемішування атмосферного повітря.

Тема 2. Нерівноважність атмосфери і межі застосованості рівнянь гідростатики [1].

Термічний режим атмосфери формується під впливом складної взаємодії багатьох фізичних процесів кліматичної системи: атмосфера-океан-суходіл-кріосфера-біомаса.

Деякі уявлення про це може надати рівняння притоку тепла, де $\frac{\partial T}{\partial t}$ – локальна зміна температури:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\left(u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y}\right) + \omega (\gamma - \gamma_a) + \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial \Theta}{\partial z} + \frac{\varepsilon_n + \varepsilon_l}{c_p}, \quad (1.1)$$

де

$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y}$ – зміна температури, що обумовлена адвекцією;

$\omega (\gamma - \gamma_a)$ – зміна температури, що обумовлена упорядкованими вертикальними рухами;

$\frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial \Theta}{\partial z}$ – зміна температури, що обумовлено турбулентним обміном;

$\frac{\varepsilon_n + \varepsilon_l}{c_p}$ – зміна температури, що обумовлено фазовими

перетвореннями води й променистим притоком тепла.

Тема 3. Деякі відомості про індекси сонячної і геомагнітної активності [2]: с.37-43; 123-126.

Сонячна активність – це сукупність фізичних явищ, які відбуваються на Сонці. Оскільки вони виникають у центрах активності, то сонячна активність безпосередньо пов'язана з кількістю і інтенсивністю центрів активності на Сонці.

Кількість сонячних плям й площа, яку вони займають на поверхні Сонця, безперервно змінюється. Для характеристики плямоутворюючої діяльності використовують відносне число сонячних плям, яке називають **числом Вольфа** (рис. 1.1). Воно розраховується за формулою

$$W = k(10g + f) \quad (1.2)$$

де

g – кількість груп плям;

f – кількість плям;

k – коефіцієнт зведення до однорідного ряду.

Крім того, при вивченні впливу Сонця на процеси у верхній атмосфері у якості індексу сонячної активності використовують величину потоку сонячного радіовипромінювання на деякій довжині хвилі сантиметрового чи дециметрового діапазону. Як показали дослідження, форма кривої згладженого потоку радіовипромінювання на довжині хвилі 10,7 см (F) у великій мірі повторює форму кривої середньомісячних згладжених відносних чисел Вольфа (коефіцієнт кореляції 0,98). Кореляційний зв'язок між цими характеристиками визначається співвідношенням

$$F = 70,8 + 0,84 W, \quad (1.3)$$

де

F – в одиницях 10^{-22} Вт/м² · Гц.

Отже, величина потоку радіовипромінювання Сонця на довжині хвилі 10,7 см може бути достовірним показником рівня сонячної активності.

Перевагою цих індексів сонячної активності є їх об'єктивність, простота і незалежність визначення від метеорологічних умов.

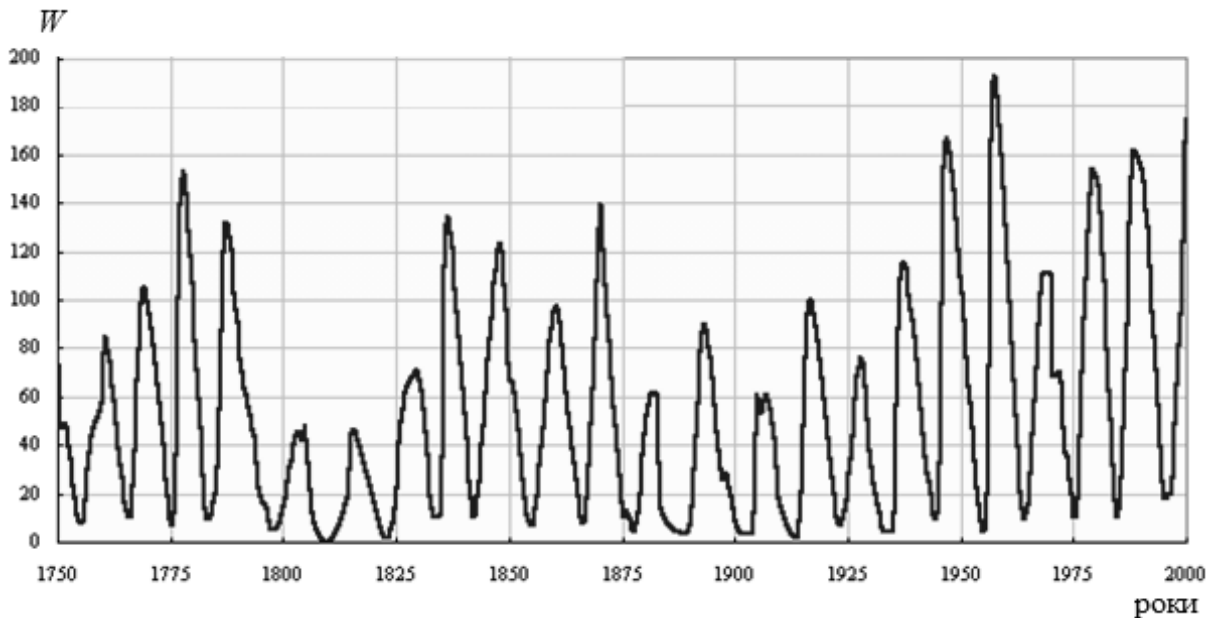


Рис. 1.1 – Середньомісячні значення чисел Вольфа (W)

Магнітне поле Землі може бути спокійним або збуреним. Для оцінки його збуреності застосовують **індекси геомагнітної активності**.

Найбільш простим геомагнітним індексом є міжнародне геомагнітне характеристичне число C , яке характеризує магнітну збуреність за добу.

Відповідно до загального вигляду магнітограми (крива безперервної реєстрації елементів магнітного поля) кожної доби (за гринвіцьким часом) приписується характеристика: 0,0 – магнітне поле спокійне; 0,5 – слабо збурене; 1,0 – помірно збурене; 1,5 – сильно збурене; 2,0 – магнітне поле дуже збурене. Дані сітки магнітних обсерваторій осереднюються, і отримане таким чином число вважається міжнародною характеристикою геомагнітної збуреності доби (C_{int}). По добових значеннях розраховуються місячні і річні середні значення.

Широке використання має інший індекс геомагнітної збуреності – міжнародний планетарний індекс $\sum K_p$. У окремій магнітній обсерваторії спочатку визначається індекс K , який має десятибальну шкалу. Він є кількісною характеристикою найбільш збуреного геомагнітного елемента у балах. Кожному балу відповідає амплітуда коливання елемента, яка береться відносно спокійного добового ходу за тригодинний інтервал часу доби.

Оскільки ступінь збуреності магнітного поля Землі залежить від геомагнітної широти, то для кожної магнітної обсерваторії ціна бала індексу K вибирається різною.

Тема 4. Методи вимірювань параметрів верхньої атмосфери [1].

Важливим завданням фізики верхньої атмосфери є з'ясування їх складу на різних висотах. Здійснення експериментів на штучних супутниках дозволяє безпосередньо дослідити склад верхньої атмосфери на різних широтах в різний час доби. Це дає можливість простежити зміни іонного складу в умовах різної освітленості, а також зміни, пов'язані з варіаціями інтенсивності ультрафіолетового випромінювання та корпускулярних потоків Сонця.

Штучні супутники Землі та космічні ракети відкрили найширші можливості для вивчення верхньої атмосфери шляхом постановки прямих експериментів і проведення безпосередніх вимірювань на значних висотах. Відмінною особливістю штучних супутників як засобу наукового дослідження є можливість тривалого вивчення ряду фізичних явищ над усіма районами земної кулі.

Атомні і молекулярні ваги елементів та їхніх сполук, що становлять якусь суміш, можуть бути визначені за допомогою приладів, які називаються **мас-спектрометрами** (рис. 4.1). Мас-спектрометр MSIS-83 – емпірична модель температури, густини і складу атмосфери, що складається з даних ракетних польотів, семі супутників, і п'яти радарів некогерентного розсіяння, у тому числі даних з високої сонячної активності. Модель розширює попередній опис параметрів нейтральних шарів до основи термосфери в безперервному режимі при збереженні базової структури моделі MSIS-83 на великих висотах.



Рис. 1.2 – Хромато-мас-спектрометр

Тема 5. Основні аерокліматичні характеристики температури [1].

Основним джерелом тепла є сонячна радіація. Винятково важливе значення для нагріву кліматичної системи має характер підстильної поверхні. Різниця у фізичних властивостях її обумовлюють різниці в значеннях поглинутої радіації, що має основне кліматичне значення:

- льодовики і сніговий покрив забезпечують ефективний сток тепла обумовлений великими значеннями альбедо й значними затратами тепла на танення;
- над океанами 90% радіаційного балансу поверхні витрачається на випаровування, а наявність водяної пари, рідини і льоду в атмосфері, має велике значення для нагріву системи, бо відбиття і випромінювання радіації хмарами складає біля 50% радіації, що втрачає атмосфера. Хмари обумовлюють 2/3 планетарного альбедо в області коротких хвиль.

Просторовий розподіл температури, її горизонтальні контрасти, зміна з висотою в просторі та за часом у значній мірі визначає розподіл інших метеовеличин: тиску, вітру, вологості, хмарності та опадів.

Основні закономірності просторово-вертикального розподілу температури, особливості сезонної перебудови у різних широтних зонах, найбільш чітко виявлені при дослідженні середньої зональної температури.

Середня зональна температура (\bar{t}_3) – температура, осереднена вздовж широтних кіл на різних рівнях:

$$\bar{t}_3 = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N}, \quad (1.4)$$

де

t_i – значення температури в вузлах координатної сітки;

N – число вузлів координатної сітки вздовж відповідної шитоти.

Для визначення середніх багаторічних значень \bar{t}_3 використовують багаторічні данні в вузлах координатної сітки через 10°.

Середня зональна температура є функцією широти (φ), висоти (H), часу року (h_{\odot}) і не залежить від довготи (λ).

$$\bar{t}_3 = f(\varphi, H, h_{\odot}) \quad (1.5)$$

Тема 6. Основні закономірності сезонних змінень середнього температурного режиму тропосфери та стратосфери. [1]: с.

Характерні особливості просторового розподілу середньої зональної температури в **тропосфері**. В тропосфері північної півкулі взимку зона найбільших значень температури (термічний екватор) розташовується в шарі від рівня моря до 200 гПа ізобаричної поверхні (12 км) поблизу географічного екватору.

Нижня тропосфера до 5 км (500 гПа) взимку північної півкуля холодніша південної, а літом тепліша. На широті 50° середня зональна температура в північній півкулі на рівні моря на 12 °С нижче, ніж в південній, а влітку на 8 °С вище. Зі збільшенням висоти різниця температур зменшується.

Характерні особливості просторового розподілу середньої зональної температури в *стратосфері*. Особливості полів температури нижньої стратосфери є наявність впродовж всього року обширної при екваторіальній області холоду з центром по близу ізобаричної поверхні 100 гПа (16 км), де значення досягають -82 °С. Товщина цього шару досягає 10-12 км. Горизонтальна протяжність розташовується в межах 40° півн.ш. - 45° півд.ш. Ця зона є наслідком, як значного вологовмісту, що спричиняє значне поглинання довгохвильового випромінювання Землі, перешкоджаючи його проникненню вгору, так і інтенсивних турбулентного й конвективного теплообмінів в тропічній тропосфері.

Взимку, над високими широтами обох півкуль розташовуються приполюсні області холоду від 8-12 км до 55 км, які є наслідком зимового радіаційного вихолодження стратосфери, обумовленого висхідними рухами арктичного й антарктичного стратосферних циклонів.

Тема 7. Географічні положення зон найвищих меридіональних і зональних градієнтів температури у вільній атмосфері. [1]: с.

Градієнт температури додатній, якщо температура повітря зменшується від географічного екватора до полюсів, а від'ємний навпаки:

$$\Gamma = -\frac{\overline{\partial t_z}}{\partial \varphi}. \quad (1.6)$$

Температура в тропосфері знижується до полюсів, тому горизонтальний градієнт у тропосфері додатній. Однак швидкість зміни температури вздовж меридіану не однакова. Чітко виділяються зони значних значень градієнтів температури. Схожість між півкулями відмічається лише влітку в тропічних зонах ($\pm 30^\circ$ ш.), яка обумовлена подібними радіаційними умовами та фізичними властивостями підстильної поверхні, що визначає близькі умови формування термічного режиму тропосфери.

В тропосфері субтропічних, помірних і субарктичних широт (30 - 70°ш) обох півкуль відрізняються значними розбіжностями швидкості зміни середньої зональної температури:

- у північній півкулі зона значних додатніх меридіанальних градієнтів проходить між 30 і 40° півн.ш. Градієнти досягають 1 – 1,2 °С / 1° φ . Ця зона розповсюджується до ізобаричної поверхні 850 гПа і є **планетарною фронтальною зоною**. Їй відповідають стійкі західні

течії, середня швидкість яких взимку у верхній тропосфері досягає 30 м/с.

- друга зона значних додатніх меридіанальних градієнтів спостерігається за полярним колом. Охоплює лише нижню тропосферу, що розмежує повітряні маси прогріті над континентом і вихолодженні поверхнею арктичних морів уздовж 75° півн.ш. Збільшені горизонтальні контрасти сприяють розвитку циклонічної діяльності;
- в південній півкулі, додатні градієнти температури охоплюють більш значні території в межах всієї тропосфери.

В результаті вивчення цього змістовного модулю необхідно **знати:**

- основні положення молекулярно-кінетичної теорії газів;
- поняття тиску, густини та температури для верхньої атмосфери;
- критеріальні співвідношення і межі областей течій розрідженого газу;
- індекси хвильової та корпускулярної групи параметрів;
- основні методи вимірювань параметрів верхньої атмосфери.
- основні аерокліматичні характеристики температури в тропосфері та стратосфері ;
- загальні закономірності розподілу температури повітря у тропосфері та стратосфері північної та південної півкуль;
- основні риси горизонтальної та вертикальної термічної структури атмосфери;
- сезонні змінення температури у зимовій стратосфері та мезосфері;
- основні радіаційні умови формування поля температури в атмосфері Землі;
- загальні закономірності розподілу температури повітря у тропосфері та стратосфері;
- просторове-часове розподілення середньої температури повітря у вільній атмосфері;
- причини сезонних змінень температури повітря у вільній атмосфері.

Питання для самоперевірки

1. Які властивості притаманні верхній атмосфері?
2. Який фізичний сенс складових рівняння притоку тепла?
3. Дайте визначення сонячної активності.
4. Які індекси сонячної активності широко використовуються?
5. Показником яких процесів є числа Вольфа?
6. Який період коливання є характерним для сонячної активності?
7. Які індекси геомагнітної активності вам відомі?
8. Для чого використовуються індекси геомагнітної активності?
9. Які методи вимірювань параметрів верхньої атмосфери?

10. Як визначається середня зональна температура?

2.1.3 Зміст теоретичного модулю № 2 «Характеристика баричного та вологісного режимів вільної атмосфери»

При вивченні цього теоретичного модулю особливу увагу необхідно звернути на наступні теми. До кожної з них коротко представлена основна, базова інформація, яка є необхідною для успішного вивчення дисципліни.

Тема 1. Баричний режим та переважаючі умови циркуляції в тропосфері [1].

Загальною циркуляцією атмосфери називають систему великомасштабних повітряних течій. Завдяки повітряним течіям здійснюється обмін великих мас повітря, вологи, тепла й кількості рухів у горизонтальному і вертикальному напрямках атмосфери. До них відносять:

- зональний перенос повітря, в якому виникають довгі хвилі;
- великомасштабні турбулентні вихори, циклони, антициклони, пасати й мусони.

Вони відіграють важливу роль у формуванні погоди і клімату Землі. Стійке зміння переважаючих умов циркуляції атмосфери впродовж довгого періоду часу – викликає зміну клімату.

Циркуляція атмосфери – один з основних кліматоутворюючих процесів. Тому її дослідженню приділяється велика увага.

Розрізняють два методи дослідження:

- 1) фізико-статистичний (дослідження метеорологічних величин);
- 2) гідродинамічний.

Сезонні особливості полів тиску і переважаючі умови циркуляції в тропосфері. Поблизу екватора ($\pm 5^\circ$ ш.) впродовж всього року переважає область зниженого тиску, що характеризується слабкими і нестійкими за напрямком вітрами.

Із збільшенням широти значення тиску збільшується. В субтропічній і тропічній зонах ($15-35^\circ$ ш.) розташовуються пояса високого тиску, що є наслідком переважання антициклональної циркуляції. В зимовій півкулі антициклональна циркуляція формується над вихолодженими континентами: Північної Америки, Азією (Сибірський антициклон). В той час як над океанами розвиваються значні **циклонічні вихори**.

Тоді як у літній південній півкулі найбільше число антициклонів розташовується над океанами з центрами вздовж 35° півд.ш.: Південно-атлантичний, Південно-індійський. Південно-тихоокеанський антициклони.

Субтропічні антициклони формують великомасштабні циркуляційні системи в тропосфері, характеризуються значною стійкістю (називають центрами дії атмосфери) у часі. Вони обумовлюють повітряобмін між

тропічними й помірними широтами. Повітряні течії на периферіях антициклонів спрямовані до екватору – називають *пасатими*.

Тема 2. Режим вологості у вільній атмосфері [1].

Водяна пара відноситься до несталої компоненти складу атмосферного повітря і у ваговому відношенні складає лише декілька відсотків. Однак його вміст в атмосфері і перехід від одного агрегатного стану в інший пов'язан з найважливішими процесами формування погоди та клімату.

Вміст водяної пари в атмосфері істотно впливає на тепловий баланс діяльної поверхні і системи земля-атмосфера в наслідок поглинання і випромінювання довгохвильової радіації.

Хмари, що виникають у результаті конденсації водяної пари в атмосфері відбивають, розсіюють і поглинають сонячну радіацію, визначаючи тим самим противовипромінювання атмосфери.

Для характеристики режиму вологості в атмосфері, широко використовується питома вологість (q).

Вміст водяної пари в атмосфері і її зміни з часом залежать від багатьох фізичних процесів та їх складної взаємодії в системі океан-атмосфера-суходіл. Деяке уявлення про їх взаємодію відбиває рівняння притоку вологи:

$$\frac{\partial q}{\partial t} = -\left(u \frac{\partial q}{\partial x} + v \frac{\partial q}{\partial y}\right) - \omega \frac{\partial q}{\partial z} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} \left(k\rho \frac{\partial q}{\partial z}\right) + r, \quad (2.1)$$

де

$u \frac{\partial q}{\partial x} + v \frac{\partial q}{\partial y}$ – зміна вологості, що обумовлена адвекцією;

ω – вертикальна складова вектора швидкості;

$\omega \frac{\partial q}{\partial z}$ – перенесення водяної пари упорядкованими вертикальними рухами (конвекція);

$\frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} \left(k\rho \frac{\partial q}{\partial z}\right)$ – турбулентна дифузія, що приводить до згладжування питокої вологості;

ρ – щільність повітря;

k – коефіцієнт турбулентної дифузії водяної пари;

r – кількість сконденсованої або випарованої вологи.

В результаті вивчення цього змістовного модулю необхідно **знати**:

- особливості баричного режиму та переважаючі умови циркуляції у тропосфері та стратосфері обох півкуль ;

- умови порушення переважаючих умов циркуляції у вільній атмосфері;
- прояви довгоперіодних циклічностей в атмосфері Землі позатропічних широт.
- основні фізичні процеси, що формують режим вологості у вільній атмосфері;
- особливості вертикального розподілу вологості у різних широтних зонах вільної атмосфери;
- параметри горизонтального переносу вологи;
- сезонні зміни волого переносу.

Питання для самоперевірки

1. Що відносять до системи великомасштабних повітряних течій?
2. Які методи використовують для дослідження циркуляції атмосфери?
3. В якому широтному поясі впродовж всього року переважає область зниженого тиску?
4. Які центри дії утворюються в північній півкулі взимку?
5. Які центри дії утворюються в південній півкулі взимку?
6. Які центри дії утворюються в північній півкулі влітку?
7. Які центри дії утворюються в південній півкулі влітку?
8. Що називають пасатими?
9. Як хмарність впливає на поглинання радіації?
10. Яким є потенціал забруднення атмосфери в Україні?
11. Які характеристики вологості використовуються при дослідженні вологісного режиму атмосфери ?
12. Перелічте складові рівняння притоку вологи.

2.2 Повчання по виконанню практичних робіт

2.2.1 Практичний модуль №1 (ЗМП-1) – «Вертикальні розрізи глобальної зональної температури у зимовий та літній періоди» [6]: с.83-92.

Для виконання першого практичного модулю, по-перше необхідно отримати у викладача завдання, по-друге взяти навчальний посібник Белов Н.Ф., Васильев В.А. Практикум по климатологии, 1990. – 204 с.

Мета роботи – дослідити особливості просторово-часового розподілу температури повітря у тропосфері та стратосфері й визначити причини, що формують неоднорідність її розподілу.

Завдання: Побудувати вертикальні розрізи зональної глобальної температури повітря для січня або липня (визначається викладачем) та відповісти письмово на наступуючі запитання:

- 1) Які характерні особливості розподілу зональної температури в тропосфері й стратосфері в залежності від сезону?
- 2) На яких широтах розташовується термічний екватор?
- 3) Яка вертикальна та горизонтальна протяжність при екваторіальній стратосферній області холода? Причини її утворення?
- 4) Як змінюється річна амплітуда температури в залежності від широти (тропічні, помірні та полярні) і висоти (тропосфера, стратосфера) місця?
- 5) Які відмінності в розподілі температури між півкулями?
- 6) На яких широтах відмічаються найбільші горизонтальні градієнти температури?

Необхідно **вміти:**

- розраховувати основні радіаційні характеристики, що формують поля температури в атмосфері Землі;
- будувати та описувати вертикальні розрізи зональної глобальної температури повітря;
- аналізувати загальні закономірності розподілу температури повітря у тропосфері та стратосфері;
- будувати просторово-часові розподілення середньої температури повітря в вільній атмосфері;
- визначати причини сезонних змін температури повітря в вільній атмосфері.

2.2.2 Практичний модуль №2 (ЗМП-2) – «Вертикальний розподіл середніх широтних швидкостей зональної та меридіональної компонент вітру» [6]: с.46-71.

Для виконання другого практичного модулю, по-перше необхідно отримати у викладача завдання, по-друге взяти навчальний посібник Белов Н.Ф., Васильев В.А. Практикум по климатологии, 1990. – 204 с.

Мета роботи – дослідити поле тиску та переважаючи напрямки вітру, а також оцінити вклад повітряних течій у кліматоутворенні.

Завдання: Побудувати вертикальні розподіли середніх широтних швидкостей зональної та меридіональної складових вітру в січні або липні (визначається викладачем) та проаналізувати і письмово відповісти на запитання:

- 1) Де розміщуються центри максимальних західних течій? Причини їх утворення;

- 2) Де розміщуються центри максимальних східних течій? Причини їх утворення;
- 3) Які відмінності в розподілу зональної складової швидкості вітру між півкулями?
- 4) Яка кліматична роль меридіональних течій?
- 5) Чим відрізняється розташовуються циркуляційних комірок Фереля помірних широт в обох півкулях? Де вона інтенсивніша?
- 6) Чим відрізняється розташовуються циркуляційних комірок Гадлея тропічних широт в обох півкулях? Де вона інтенсивніша?
- 7) На яких широтах спостерігаються найбільші швидкості меридіональної складової швидкості вітру?

Необхідно **вміти**:

- будувати вертикальне розподілення середніх широтних швидкостей зональної складової вітру;
- будувати та аналізувати вертикальне розподілення середніх широтних швидкостей меридіональної складової вітру.

2.3 Вказівки по підготовці реферату

Модуль індивідуальне завдання (ЗМ-ІЗ) – Підготовка реферату з окремих тем лекційного курсу.

В межах самостійної роботи студентів передбачено індивідуальне завдання в рамках робочої програми.

Студенти в рамках індивідуального завдання отримують теми для підготовки реферату з окремих тем лекційного курсу.

Для підготовки реферату можна використовувати вказані навчальні посібники, але необхідно доповнити матеріалом з інтернет ресурсів, з обов'язковим посиланням на джерело.

1. Індокси сонячної активності.
2. Методи вимірювань параметрів верхньої атмосфери.
3. Індокси геомагнітної активності.
4. Термічний режим тропосфери.
5. Термічний режим стратосфери.
6. Переважаючі умови циркуляції в тропосфері.
7. Переважаючі умови циркуляції в стратосфері.
8. Циркуляційний режим верхньої атмосфери північної півкулі.
9. Циркуляційний режим верхньої атмосфери південної півкулі
10. Режим вологості у вільній атмосфері.

III ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ СТУДЕНТІВ

3.1 Форми контролю знань та вмінь студентів

Комплекс контролюючих заходів регламентує організацію поточного та підсумкового контролю рівня набутих студентами знань, вмінь та навичок у ході вивчення дисципліни «Аерокліматологія», а також конкретизує виконання графіку навчального процесу по цій дисципліні за напрямом гідрометеорологія на освітньо-кваліфікаційному рівні – магістр.

Форми контролю рівня засвоєння змістовних модулів (ЗМ):

- усне опитування під час практичних та лекційних занять;
- письмові модульні контрольні роботи;
- захист ДЗ;
- захист реферату;
- письмова тестова залікова контрольна робота.

3.1.1 Поточний контроль

Поточний контроль здійснюється у формі інтегрованої оцінки контрольних робіт з теоретичної частини курсу та захисту практичних робіт. Для оцінки кожного контролюючого заходу використовується кількісна оцінка.

Кількісна оцінка (бал успішності) – це відсоток, отриманий студентом на контролюючих заходах, по відношенню до максимально можливої суми балів, що встановлена робочою програмою дисципліни.

3.1.2 Підсумковий контроль

Підсумковий контроль здійснюється у формі письмової тестової залікової контрольної роботи. До підсумкового контролю допускаються студенти, які мають накопичену суму балів поточного контролю не менше 50% від максимально можливої.

Максимальна сума балів, яку студент може отримати за залікову контрольну роботу, становить 100 балів (або 100%).

Кожний білет складається з 20 тестових питань, які покривають усі теми дисципліни та співпадають з переліком базових знань та вмінь.

Кожна правильна відповідь оцінюється в «5» балів, а не правильна - «0» балів. Правильна відповідь на 11 і більше питань свідчить про задовільний стан оволодінням студентом базовою компонентою дисципліни.

3.2 Перелік контролюючих заходів

Загальна кількість змістовних модулів відповідає розподіленню робочої програми дисципліни на завершені структурно-логічні розділи (у відповідності з проведенням навчальних занять): 2 змістовних модулів з теоретичної (лекційної) частини курсу (ЗМЛ-1, ЗМЛ-2) два модулі практичної частини курсу (ЗМП-1 і ЗМП-2) та модуль індивідуального завдання (ЗМ-ІЗ).

Види завдань та кількість балів, що нараховані за виконання певного виду завдань, зведені в наступній таблиці.

Оцінка виконання всіх видів підготовки студентів

Змістовні модулі	Денна форма		
	Зміст контрольних завдань	Форма контролю	Максимальна сума балів
1	2	3	4
ЗМЛ-1	Модульна контрольна робота з певних тем курсу.	КР1	20
ЗМЛ-2	Модульна контрольна робота з певних тем курсу.	КР2	15
ЗМ-ІЗ	Захист реферату.	РФ	15
	Загальна сума балів за теоретичний модуль.		50
ЗМП-1	Вертикальні розрізи глобальної зональної температури у зимовий та літній періоди.	ДЗ1	25
ЗМ-П2	Вертикальний розподіл середніх широтних швидкостей зональної та меридіональної компонент вітру (01, 07).	ДЗ2	25
	Загальна сума балів за практичні модулі		50
Сума балів з дисципліни		100	

Суми балів, які отримав студент за всіма змістовними модулями дисципліни «Аерокліматологія», формують інтегральну оцінку поточного контролю студента з навчальної дисципліни. Вона є підставою для допуску студента до семестрового заліку.

Для денної форми навчання питання про допуск до семестрового заліку за підсумками модульного накопичувального контролю, а саме студент вважається допущеним до підсумкового семестрового контролю з дисципліни «Аерокліматологія», якщо він виконав всі види робіт, передбачених робочою програмою та набрав за модульною системою суму балів не менше 50% від максимальної можливої за практичну та теоретичну частини (тобто 50 балів).

Дисципліна «Аерокліматологія» закінчується заліком і студент пише залікову роботу, а інтегральна оцінка (В) з дисципліни розраховується за формулою:

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

де ОЗ – кількісна оцінка (у відсотках від максимальної можливої) за змістовними модулями.

ОЗКР – кількісна оцінка (у відсотках від максимальної можливої) залікової контрольної роботи.

3.3 Перелік базових знань та вмінь

Після вивчення всіх тем, що були включені в лекційний змістовний модуль ЗМЛ-1 студенти повинні отримати базові знання, тобто мінімальний обсяг рівня підготовки, що необхідний для засвоєння дисципліни. А саме знати:

- основні положення молекулярно-кінетичної теорії газів;
- поняття тиску, густини та температури для верхньої атмосфери;
- критеріальні співвідношення і межі областей течій розрідженого газу;
- індекси хвильової та корпускулярної групи параметрів;
- основні методи вимірювань параметрів верхньої атмосфери;
- основні аерокліматичні характеристики температури в тропосфері та стратосфері;
- загальні закономірності розподілу температури повітря у тропосфері та стратосфері північної та південної півкуль;
- основні риси горизонтальної та вертикальної термічної структури атмосфери;
- сезонні змінення температури в зимовій стратосфері та мезосфері.

Після вивчення всіх тем, що були включені в лекційний змістовний модуль ЗМЛ-2 студенти повинні отримати базові знання, тобто мінімальний обсяг рівня підготовки, що необхідний для засвоєння дисципліни. А саме знати:

- особливості баричного режиму та переважаючі умови циркуляції у тропосфері та стратосфері обох півкуль;
- умови порушення переважаючих умов циркуляції у вільній атмосфері;
- прояви довгоперіодних циклічностей в атмосфері Землі позатропічних широт;
- основні фізичні процеси, що формують режим вологості у вільній атмосфері;
- особливості вертикального розподілу вологості у різних широтних зонах вільної атмосфери;
- параметри горизонтального переносу вологи;
- сезонні зміни вологопереносу.

В процесі виконання практичних змістовних модулів ЗМП-1 і ЗМП-2 студенти використовують знання, набуті при підготовці до лекцій. Студенти мають оволодіти базовими знаннями та вміннями, що конче необхідні їм в подальшій діяльності.

Після виконання ЗМП-1 студенти повинні знати:

- основні радіаційні умови формування поля температури в атмосфері Землі;
- загальні закономірності розподілу температури повітря у тропосфері та стратосфері;
- просторове-часове розподілення середньої температури повітря у вільній атмосфері;
- причини сезонних змінень температури повітря у вільній атмосфері.

Виконання змістовного практичного модулю ЗМП-2 повинно допомогти сформуванню у студентів базові знання такі як

- особливості баричного режиму та переважаючі умови циркуляції у тропосфері та стратосфері обох півкуль;
- умови порушення переважаючих умов циркуляції у вільній атмосфері;
- прояви довгоперіодних циклічностей в атмосфері Землі позатропічних широт.

Перевірка рівня знань студента здійснюється, в першу чергу, з базової компоненти теоретичної частини дисципліни «Аерокліматологія» з метою оцінок вміння використовувати одержані знання в типових виробничих ситуаціях.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**для самостійної роботи студентів
та виконанню практичних робіт
з дисципліни**

„ АЕРОКЛІМАТОЛОГІЯ ”

Укладач: к.г.н., доц. Галич Є.А.

Підп. до друку
Умовн. друк. арк..

Формат
Тираж

Папір
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул. Львівська, 15
