

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до самостійної роботи студентів
та виконання контрольної роботи
з дисципліни “Метеорологія і кліматологія”
для студентів III курсу
заочної форми навчання**

Напрямок підготовки “Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування”

Одеса 2016

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів та виконання контрольної роботи з дисципліни “Метеорологія і кліматологія” для студентів III курсу заочної форми навчання. Напрямок підготовки “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування”.

Укладач: к.геогр.н., доцент Недострелова Л.В.– Одеса, ОДЕКУ, 2016 р.– 47 с.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Курс «Метеорологія і кліматологія» належить до системи природничо-наукових дисциплін. Ця дисципліна є обов'язковою в освітньо-професійній підготовці студентів напрямку екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування. Дисципліна «Метеорологія і кліматологія» складається з двох самостійних курсів: частина I «Основи фізики атмосфери» та частина II «Кліматологія». Метою дисципліни є підготовка спеціалістів, які володіють теоретичними знаннями та практичними навичками, необхідними для коректного врахування найважливіших результатів наукових досліджень. «Метеорологія і кліматологія» вивчається на 3-му курсі заочного факультету, коли студенти вже отримали необхідні знання з загальноосвітніх фундаментальних дисциплін: фізики, хімії, вищої математики, географії.

Частина I «Основи фізики атмосфери» має базовий, фундаментальний характер, тому що в ній розглядаються основи наукових знань про найбільш загальні процеси та явища, які відбуваються в атмосфері Землі. Задачею даної частини дисципліни є ознайомлення студентів зі складом та будовою газової оболонки Землі, основними метеорологічними величинами та явищами, фізичними процесами, які утворюються в атмосфері, їх закономірностями, взаємодією з підстильною поверхнею та космічним простором. З метою оцінки екологічного стану атмосфери, найбільш важливим підсумком вивчення цієї дисципліни є визначення впливу метеорологічних процесів на стан атмосфери, перенос та накопичення домішок в окремих шарах повітря, забруднення навколишнього середовища внаслідок природних та антропогенних причин.

«Кліматологія», маючи самостійне значення як дисципліна, що формує світогляд студента, розширюючи його кругозір щодо довкілля, перш за все, повинна забезпечити в подальшому правильне розуміння та допомогти засвоєнню спеціальних дисциплін. У розділі "Кліматологія" курсу «Метеорологія і кліматологія» викладаються основні положення вчення про клімат. Предметом кліматології є вивчення атмосферних процесів, які формуються під дією астрономічних факторів і складного комплексу фізико-географічних умов. Ці процеси виникають завдяки, головним чином, сонячній радіації, яка зумовлює перенесення повітря і його трансформацію внаслідок обміну теплом і вологою з поверхнею суші і океану. Розуміння закономірностей клімату можливо на основі вивчення тих загальних закономірностей, котрим підкоряються атмосферні процеси. Тому при аналізі причин виникнення різних типів клімату та їх розподілу по земній кулі кліматологія впливає із законів фізики атмосфери. У курсі

викладаються основні задачі кліматології: вивчення закономірностей формування клімату; дослідження взаємодії клімату з чинниками природокористування; дослідження змін умов формування клімату, які виникають як природним шляхом, так і під впливом людини; класифікація кліматів. Основним завданням частини II дисципліни є вивчення фізичних процесів та факторів, які формують клімат земної кулі і окремих географічних областей. Розділ «Кліматологія» ґрунтується на знаннях студентів, одержаних при вивченні таких дисциплін, як «Вища математика», «Фізика», «Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації».

Набуті знання та вміння будуть використані при вивченні наступних навчальних дисциплін: «Моделювання та прогнозування стану довкілля», «Моніторинг довкілля», «Нормування антропогенного навантаження на природне середовище».

Метою методичних вказівок є допомога студентам заочної форми навчання у вивченні та розумінні основних положень дисципліни «Метеорологія і кліматологія».

Студенти, що опанували зміст курсу, мають **знати**:

- будову та склад атмосфери;
- вплив озонового шару на спектр радіаційного потоку, що надходить до земної поверхні, та наслідки його змін;
- фізичні характеристики атмосфери, їх розподіл та зміни у просторі та часі;
- умови, внаслідок яких погіршується стан атмосферного повітря;
- вміст та розповсюдження потоків сонячної радіації, радіаційного та теплового балансів на поверхні і у граничному шарі атмосфери;
- процеси, що впливають на тепловий стан атмосфери;
- причини утворення туманів, хмар, опадів та їх фізичні властивості;
- астрономічні та геофізичні фактори формування кліматичної системи;
- закономірності формування клімату;
- змінювання умов формування клімату, які виникають як природним шляхом, так і під впливом людини;
- взаємодії клімату з чинниками природокористування.

Студент має **вміти**:

- розраховувати та аналізувати значення основних метеорологічних величин та їх мінливість;
- розраховувати термічну нестійкість атмосфери, яка впливає на перенос та накопичення домішок;
- розраховувати потоки променистої енергії та радіаційний баланс поверхні землі та атмосфери;
- розрахувати та проаналізувати складові теплового балансу атмосфери;

- розпізнавати процеси, які обумовлюють розподіл домішок в атмосфері.

- розрахувати та проаналізувати фізичні характеристики, які входять до складу рівнянь радіаційного і теплового балансу;

- розрахувати та проаналізувати складові рівняння водного балансу і вологообігу.

- розрахувати деякі кліматичні показники.

Навчальним планом з дисципліни передбачено проведення лекційних та практичних занять, виконання контрольної роботи у міжсесійний період і написання залікової контрольної роботи під час заліково-екзаменаційної сесії.

2 ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

2.1 Розділ «Основи фізики атмосфери»

2.1.1 Загальні характеристики атмосфери

Основні метеорологічні величини та явища: температура, атмосферний тиск, вологість повітря, хмари та вітер. Будова атмосфери. Вертикальний розподіл атмосфери на шари за різними ознаками, їх характеристика. Горизонтальна неоднорідність атмосфери, поняття про баричні системи, повітряні маси та фронти. Градієнт метеорологічної величини. Склад атмосферного повітря. Зміни озонового шару, одиниці його вимірювання, можливі наслідки зменшення озону в атмосфері. Міжнародне співробітництво з проблем захисту озонового шару. Рівняння стану сухого та вологого повітря. Поняття віртуальної температури. Вертикальний розподіл атмосферного тиску та густини повітря; основне рівняння статики та його розв'язання. Основні відомості про однорідну, ізотермічну та політропну атмосфери, баричний градієнт та баричну ступінь.

2.1.2 Термодинаміка атмосфери

Перший принцип термодинаміки в метеорології. Адіабатичні процеси в сухому повітрі, рівняння Пуассона. Суха адіабата, сухоадіабатичний градієнт, потенціальна температура. Стратифікація атмосфери. Умови стійкості атмосфери в сухому повітрі. Конвекція та рівень конвекції. Перший принцип термодинаміки у вологому повітрі. Волога адіабата, крива стану. Рівень конденсації. Вологоадіабатичний градієнт, його залежність від температури та тиску. Умови стійкості атмосфери у вологому повітрі. Енергія нестійкості та вплив її на перенос домішок та утворення хмар. Інверсії температури, їх походження та характеристики.

2.1.3 Промениста енергія в атмосфері

Основні поняття та величини, які характеризують променисту енергію. Закони випромінювання. Сонце як джерело променистої енергії. Спектральний склад сонячної радіації. Сонячна стала. Послаблення сонячної радіації в атмосфері: поглинання сонячної енергії, молекулярне та аерозольне розсіювання. Закон Буге. Спектральний та інтегральний коефіцієнти прозорості. Фактор мутності. Потоки прямої, розсіяної, сумарної та відбитої радіації в атмосфері. Випромінювання земної поверхні та атмосфери. Поглинання довгохвильового випромінювання. Парниковий ефект. Ефективне випромінювання та фактори, які його визначають. Радіаційний баланс земної поверхні, атмосфери та системи земля-атмосфера, його добовий та річний хід.

2.1.4 Тепловий режим підстильної поверхні та атмосфери

Тепловий режим земної поверхні. Основні закономірності розповсюдження тепла у ґрунті. Теплофізичні властивості ґрунту. Рівняння переносу тепла в ґрунті та закони його розподілу. Добовий та річний хід температури на поверхні ґрунту та у глибині. Вплив рослинного та снігового покриву на його тепловий режим. Перенос тепла в атмосфері. Характеристики турбулентного, конвективного потоків та фазові переходи води в атмосфері. Означення приземного та граничного шарів атмосфери, їх властивості. Розподіл температури з висотою в приземному шарі атмосфери, її добовий та річний хід. Заморозки.

2.1.5 Вода в атмосфері

Фазові переходи води в атмосфері. Умови фазової рівноваги. Залежність тиску насиченої водяної пари від різних факторів. Діаграма рівноваги фаз. Випаровування у природних умовах. Умови конденсації водяної пари в атмосфері. Ядра конденсації, їх утворення та характеристики. Фізико-метеорологічні умови утворення туманів, їх мікрофізичні властивості. Генетична класифікація хмар. Умови утворення хмар різних форм, їх мікрофізичні властивості. Атмосферні та наземні опади, їх класифікація та утворення.

2.2 Розділ «Кліматологія»

2.2.1 Загальні положення

Предмет і завдання кліматології. Стислі відомості з історії розвитку кліматології. Поняття про клімат і кліматичну систему. Кліматоутворювальні фактори.

2.2.2 Радіаційний і тепловий режим кліматичної системи. Підстильна поверхня та її кліматоутворювальне значення

Надходження сонячної радіації та широтно-часовий розподіл добової інсоляції на верхній границі атмосфери. Сезонні та річні суми радіації. Альbedo. Географічний розподіл річних значень сумарної радіації. Радіаційний баланс підстильної поверхні, атмосфери та системи Земля - атмосфера і його просторово-часова мінливість. Тепловий баланс підстильної поверхні. Роль складових теплового балансу в формуванні температурно-вологісного режиму атмосфери. Основні закономірності географічного розподілу та часової мінливості складових теплового балансу підстильної поверхні. Тепловий баланс атмосфери та системи Земля - атмосфера. Основні закономірності географічного розподілу складових теплового балансу системи Земля - атмосфера.

Вплив підстильної поверхні на клімат. Вплив материків та океанів на поля метеорологічних величин. Географічні особливості розподілу температури повітря та її широтні аномалії на земній кулі. Особливості термічного режиму північної та південної півкуль. Вплив материків та океанів на розподіл тиску біля поверхні землі і на висотах. Океанічні та континентальні типи кліматів.

2.2.3 Циркуляційні фактори клімату

Загальні поняття про циркуляцію атмосфери, її роль у формуванні клімату. Причини виникнення і складові загальної циркуляції атмосфери. Середнє поле тиску біля поверхні землі. Сталі і сезонні центри дії атмосфери. Закономірності вітрового режиму біля поверхні землі та їх кліматоутворювальна роль. Кліматологічні фронти. Пасати та їх вплив на клімат. Мусонна циркуляція. Тропічні циклони. Загальна циркуляція океану та її вплив на клімат.

2.2.4 Вологообіг і його вплив на клімат

Поняття про вологообіг. Глобальний водний баланс Землі та його складові. Географічний розподіл складових водного балансу. Регіональні

особливості вологообігу в атмосфері та його основні характеристики. Вологовміст атмосфери. Горизонтальний перенос вологи, швидкість ефективного переносу і коефіцієнт вологовикористання.

2.2.5 Класифікація регіональних кліматів

Поняття про класифікацію кліматів. Основні принципи та підходи до класифікації кліматів В. Кеппена, В.П. Алісова, Л.С. Берга, М.І.Будико – О.О. Григор'єва.

2.2.6 Зміни і коливання клімату

Поняття про зміни та коливання клімату. Значущі зміни та коливання клімату в історії Землі. Зміни та коливання астрономічних кліматоутворювальних факторів. Парниковий ефект та його вплив на зміни клімату. Зміни клімату у голоцені та у сучасну епоху.

2.3 Література

Основна

1. Школьнік Є.П.. Фізика атмосфери – Київ: КНТ, 2007. – С. 506.
2. Метеорологія і кліматологія. Підручник/Під редакцією д.ф.-м.н., професора Степаненка С.М. – Одеса, ТЕС, 2008. – С. 534.
3. Борисова С.В., Катеруша Г.П. Конспект лекцій «Метеорологія і кліматологія» - Одеса; «Екологія», 2008. – С. 149.
4. Борисова С.В. Озон в атмосфері – Одеса; ОГМІ, 2001. – С. 70.
5. Волошина Ж.В., Волошина О.В. фізика атмосфери (задачі і вправи). Навчальний посібник – Київ: КНТ, 2007. – С. 252.
6. Хромов С.П. Метеорологія и кліматологія / для географіческих факультетов/ - Л.: Гидрометеоздат, 1993. – 150 с.
7. Врублевська О.О., Катеруша Г.П., Миротворська Н.К. Кліматологічна обробка окремих метеорологічних величин. – Одеса: ТЭС, 2004. – 150 с.
8. Кліматологія / Научн. ред. Дроздова О.А., Кобышевой Н.В. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 568 с.
9. Врублевська О.О., Катеруша Г.П. Кліматологія. Конспект лекцій – Одеса: «Екологія», 2011. – 140 с.
10. www.library-odeku.16mb.com.

Додаткова

1. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – С. 567.

2. А.Х. Хргиан. Физика атмосфери – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – С. 247.
3. Атмосфера. Справочник – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 509.
4. Международный атлас облаков. Под ред. А.Х. Хргиана, Н.И. Новожилова. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – С. 220.
5. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – С. 751
6. Психрометрические таблицы –Л.:Гидрометеиздат, 1981.– С. 270.
7. Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 350 с.
8. Матвеев Л.Т. Теория общей циркуляции атмосферы и климата Земли. – Л.: Гидрометеиздат, 1991.
9. Клімат України / За ред. Ліпінського В.М., Дячука В.А., Бабіченко В.М. – Київ: Видавництво Раєвського, 2003. - 343 с.
10. Врублевська О.О., Катеруша Г.П., Трегубова М.В. Метеорологія і кліматологія (розділ «Кліматологія»). Збірник методичних вказівок до практичних робіт з дисципліни – Одеса: «Екологія», 2008. – 98 с.
11. Погосян Х.П. Общая циркуляция атмосферы. - Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 252 с.
12. Гончарова Л.Д., Серга Е.М., Школьный Є.П. Клімат і загальна циркуляція атмосфери.: Навчальний посібник. – К.: КНТ, 2005. – 251 с.
13. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України. Монографія/Під редакцією д.ф.-м.н.,професора Степаненка С.М., д.геогр.н.,професора Польового А.М. – Одеса: Екологія, 2011. –696 с.

З ЗМІСТ ТЕОРЕТИЧНИХ ПІДРОЗДІЛІВ КУРСУ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ЇХ ВИВЧЕННЮ

Зміст дисципліни «Метеорологія і кліматологія» вивчається за допомогою літератури, яка наведена у підрозділі 2.3 переліку основної і додаткової літератури. Якщо Ви вважаєте, що засвоїли зміст підрозділу курсу, то відповідайте на питання для самоконтролю після даного підрозділу. Після того, як Ви відповіли на всі питання для самоконтролю після кожного підрозділу курсу, можете приступати до виконання контрольної роботи.

3.1 Розділ «Основи фізики атмосфери»

3.1.1 Загальні характеристики атмосфери

Основні метеорологічні величини та явища: температура, атмосферний тиск, вологість повітря, хмари, вітер. Характеристики

вологості повітря: парціальний тиск водяної пари (e гПа), тиск насичення водяної пари (E гПа), абсолютна вологість повітря (a кг/м³), відносна вологість (f %), масова частка водяної пари (S г/г або г/кг), дефіцит насичення (d гПа), точка роси (t_d °C). Необхідно знати їх означення, зв'язок одного з іншим, формули, які дозволяють їх розрахувати [1.с. 25-29; 3.с. 5-11; 5.с. 49-51;].

Для вимірювання температури використовують дві шкали: Кельвіна та Цельсія. Треба знати як перейти від однієї до іншої. Зверніть увагу на одиниці вимірювання атмосферного тиску та їх зв'язок між собою, а також на одиниці вимірювання напряду та швидкості вітру [3.с. 5-6], [3.с.5-11] або [5.с. 49-51; 4.с. 6-9].

Морфологічна класифікація хмар міжнародна, тому форми хмар мають латинські назви. Їх необхідно запам'ятати та вміти писати скорочені назви [4], [5.с. 59-62], [1.с. 36].

Вивчити газовий склад атмосферного повітря біля поверхні землі та його зміни з висотою, основні мінливі складові атмосферного повітря: H₂O, CO₂, O₃ та їх вплив на температурний режим Землі та атмосфери. Озон (O₃) відіграє важливу роль у фізичних процесах у верхніх шарах атмосфери та в біологічних процесах біля поверхні землі. Звернути увагу на процеси утворення та руйнування озону, причини коливань та одиниці вимірювання його кількості. Міжнародне співробітництво з проблем захисту озону [4].

Будова атмосфери, її вертикальний розподіл на шари та горизонтальна неоднорідність розглядаються у підручниках [1.с. 35-38 та 5.с. 52-65]. Метеорологічні величини змінюються у просторі та часі, тобто вони є функцією точки x, y, z та часу t : $f = f(x, y, z, t)$. Кількісною мірою зміни метеорологічної величини у просторі є градієнт метеорологічної величини:

$$grad = -\frac{dt}{dN} \quad (1)$$

Найбільший практичний інтерес представляють його горизонтальна ($grad f = - (dt/dn)$) та вертикальна ($grad f = -(dt/dz)$) проекції [1.с. 50-52; 3.с. 11-19; 5.с. 31-34;].

Рівняння стану сухого та вологого повітря. Ці рівняння записуються на основі рівняння для ідеального газу Менделєєва- Клапейрона:

$$PV = RT \quad (2)$$

або

$$\rho = \frac{P}{RT} \quad (3)$$

Треба звернути увагу на поняття віртуальної температури [1.с. 39-44; 5.с. 43-49].

Вертикальний розподіл атмосферного тиску та густини повітря. Тут треба розглянути основне рівняння статики та його розв'язання, поняття про однорідну, ізотермічну та політропну атмосфери, закони вертикального розподілу в них атмосферного тиску та густини повітря. Зверніть увагу на зв'язок між баричним градієнтом та баричним ступенем [5.с. 74-88].

Питання для самоконтролю

1. Яким рівнянням пов'язані температурні шкали Кельвіна та Цельсія?
2. Що таке вологість повітря, її основні визначення?
3. Основні сталі складові атмосферного повітря.
4. Основні мінливі складові атмосферного повітря, їх роль в атмосферних процесах.
5. Де розташовано основний шар озону?
6. Чому озоновий шар називають щитом для біосфери землі?
7. Основні речовини, які руйнують озон в атмосфері.
8. Шари, на які розподіляється атмосфера по вертикалі.
9. Основні баричні системи та фронти.
10. Поняття градієнта метеорологічної величини.
11. Чи можливо, щоб атмосферний тиск з висотою зростав, чому?
12. Чи можливо, щоб густина повітря з висотою зростала або не змінювалась, хоча б у приземному шарі?
13. Як змінюється температура повітря в стратосфері з висотою, чому?
14. Назвіть одиниці вимірювання атмосферного тиску та зв'язок між ними.
15. Густина якого повітря більша при однакових тиску та температурі сухого чи вологого, чому?
16. Поняття віртуальної температури.
17. Які величини пов'язує основне рівняння статики?
18. Де швидше падає з висотою тиск в тропосфері чи мезосфері?
19. Що таке баричний градієнт та баричний ступінь?
20. Де величина атмосферного тиску більша – в центрі циклону чи антициклону?

3.1.2 Термодинаміка атмосфери

Вивчення розділу потрібно почати з розгляду 1-го принципу термодинаміки стосовно атмосфери, добре розуміючи, що мова йде про одне з формулювань закону збереження енергії. Найпростішим процесом у термодинаміці є адіабатичний, коли частинки повітря переміщуються без теплообміну з середовищем, яке оточує їх. При цьому зміна ентальпії

таких частинок виявляється пов'язаною тільки з пройденим ними шляхом вгору ($dz > 0$, тобто $dP < 0$) або вниз ($dz < 0$ і $dP > 0$). Важливим є питання, якої температури набере індивідуальний об'єм сухого або ненасиченого водяною парою повітря при адіабатичному пересуванні. Слід урахувати, що при адіабатичному піднятті частинки повітря вгору відбувається робота розширення, яка здійснюється за рахунок внутрішньої енергії частинки. Зміна температури об'єму повітря при сухоадіабатичних процесах характеризується рівнянням Пуассона [1.с. 118-120; 5.с. 94-99]:

$$\frac{T}{T_0} = \left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{R_c}{C_p}} \quad (4)$$

Для характеристики повного запасу енергії окремих об'ємів повітря, що знаходяться на різних висотах в атмосфері при різних значеннях тиску, використовують потенціальну температуру θ . Це термодинамічна температура, якої набуде об'єм повітря, якщо його сухоадіабатично привести до рівня 1000 гПа, її розподіл по вертикалі може служити для визначення типу стратифікації [5.с. 99-100].

Одним з найголовніших питань розділу термодинаміки атмосфери є питання її стійкості. Стійкість атмосфери залежить від розподілу з висотою температури повітря, який визначається вертикальним градієнтом температури $\gamma = - (dt/dz)$. Критерієм стійкості атмосфери може бути також розподіл з висотою потенціальної температури повітря ($d\theta/dz$) [5.с. 101-104].

Адіабатичні процеси у вологому повітрі, тобто вологоадіабатичні процеси, які утворюються в насиченому водяною парою повітрі, відрізняються від сухоадіабатичних тому, що вологоадіабатичний градієнт $\gamma_{ва}$ менше сухоадіабатичного і не постійний. Він зі зменшенням температури зростає [5.с. 105-108].

Для аналізу стійкості атмосфери використовують термодинамічні графіки, наприклад, аерологічні діаграми, які дозволяють оцінити енергію нестійкості атмосфери [5.с. 109-117].

Внаслідок перегріву окремих мас повітря в атмосфері можуть виникати конвективні рухи. За рахунок сили плавучості таке повітря підіймається до рівня конвекції. Якщо така частинка перетинає рівень конденсації, де її водяна пара досягає стану насичення, вище рівня конденсації утворюються хмари. Розрахувати висоту рівня конденсації можна з рівняння Ферреля [1.с. 145-147; 5.с. 403-406]:

$$h = 122(t - t_d) \quad (5)$$

Найбільш несприятливі для конвективних рухів в атмосфері шари інверсії температури, тобто шари, де температура повітря з висотою зростає. Такі шари можуть утворюватись як біля поверхні землі, так і у вільній атмосфері. Їх походження та характеристики дивіться у конспекті лекцій [3].

Питання для самоконтролю

1. Який процес називається адіабатичним?
2. Які фізичні властивості газу пов'язані рівнянням Пуассона?
3. Що таке сухоадіабатичний градієнт, чому він дорівнює?
4. Що таке температурна стратифікація атмосфери?
5. Яка стратифікація сприятлива для розвитку вертикальних рухів?
6. Як змінюється масова частка водяної пари частинки повітря, насиченого водяною парою, якщо ця частинка адіабатично підіймається, чому?
7. Як змінюється з висотою потенціальна температура в шарі повітря зі стійкою стратифікацією?
8. Як змінюється температура повітряної частинки при адіабатичному підйомі?
9. Що таке конвекція і що таке адвекція?
10. Чи сприяє конвекція зменшенню концентрації забруднюючих речовин, чому?
11. Як адвекція може впливати на забруднення повітря?
12. Що таке інверсії температури та чим вони характеризуються?
13. Інверсія температури сприяє чи перешкоджає розсіянню домішок?
14. Якою може бути енергія нестійкості і від чого вона залежить?

3.1.3 Промениста енергія в атмосфері

Вивчення цього розділу необхідно почати з основних понять та величин, які характеризують променисту енергію, та основних законів температурного випромінювання (закони Кірхгофа, Стефана-Больцмана, Планка, Віна) [1.с. 166-173; 5.с. 123-128].

Сонце є практично єдиним джерелом енергії для Землі. Спектральний склад сонячної радіації, розподіл енергії за спектром, сонячна стала, солярний клімат – це основні характеристики сонячної енергії, яку одержує Земля [1.с. 173-184; 5.с. 131-141].

Поглинання сонячної енергії та її молекулярне й аерозольне розсіювання послаблюють сонячну радіацію в атмосфері. При розгляданні цих процесів треба ознайомитись із законами Релея, Мі та Бугера. Основним є закон Бугера. Слід звернути увагу на поняття монохроматичних та інтегральних потоків, на селективний характер

поглинання та розсіювання сонячної радіації, на фізичний сенс коефіцієнта прозорості та фактора мутності атмосфери [1.с. 184-193; 5.с. 142-162].

Треба відрізнити пряму, розсіяну, сумарну та відбиту радіацію та вміти розраховувати можливі суми цих потоків для різних широт і періодів часу [1.с. 210-229; 5.с. 162-180].

Довгохвильове випромінювання земної поверхні та атмосфери складає довгохвильовий баланс поверхні. Він чисельно дорівнює ефективному випромінюванню, але має протилежний знак.

Атмосферне повітря нагрівається внаслідок поглинання земного довгохвильового випромінювання. Зверніть увагу на поняття ефективного випромінювання та фактори, які його визначають [1.с. 252-260; 5.с. 181-197].

На закінчення цього розділу тема – радіаційний баланс земної поверхні та системи земля-атмосфера. Треба вміти його розраховувати та знати його добовий і річний хід [1.с. 260-266; 5.с. 198-210].

Питання для самоконтролю

1. З яких частин складається сонячний спектр?
2. Що таке сонячна стала, чому вона дорівнює?
3. Що характеризує альbedo?
4. Що стверджує закон Кірхгофа?
5. Від чого залежить величина енергії, яку випромінює тіло?
6. Основні закономірності молекулярного розсіювання (закон Релея).
7. Які гази поглинають сонячне випромінювання і в якій частині спектра?
8. В чому полягає фізичний сенс закону Буге та коефіцієнта прозорості?
9. Яку радіацію з точки зору довжини хвиль випромінює земля?
10. Розсіяна радіація короткохвильова чи довгохвильова?
11. Що нагріває атмосферне повітря: Сонце чи Земля?
12. Які гази поглинають випромінювання землі?
13. В чому сенс парникового ефекту? Який парниковий газ найважливіший?
14. Що таке ефективне випромінювання? Порівняйте його з довгохвильовим балансом поверхні.
15. Що є приходною частиною радіаційного балансу, а що витратною?
16. Який знак має радіаційний баланс вночі, чому?

3.1.4 Тепловий режим підстильної поверхні та атмосфери

Тепловий режим земної поверхні. В цьому розділі слід розглянути такі питання: теплофізичні властивості ґрунту, основні закономірності розповсюдження тепла в ґрунті, добовий та річний хід температури на поверхні ґрунту та у глибині, вплив рослинного та снігового покриву на його тепловий режим [1.с. 284-302; 5.с. 258-260, 264-271].

При знайомстві з розповсюдженням тепла у водоймищах слід порівняти як це відбувається у ґрунті і як у воді, на яку максимальну глибину проникають температурні коливання, що таке сезонний термоклин, які амплітуди добових та річних коливань на поверхні води та ґрунту [1.с. 302-310; 5.с. 271-274].

Найбільш важливим та складним є перенос тепла в атмосфері. Є декілька шляхів переносу тепла від земної поверхні в атмосферу: (1) променистий, який було розглянуто в розділі 3.3, (2) молекулярний, що діє лише у шарі товщиною декілька см, (3) турбулентний, який залежить від динамічних та термічних факторів, (4) конвективний, якщо є конвекція, та (5) внаслідок фазових переходів води.

В приземному шарі тепловий режим визначається головним чином турбулентним перемішуванням; турбулентний потік тепла часто на 1-2 порядки перевищує променистий. Для характеристики інтенсивності турбулентного потоку використовується коефіцієнт турбулентного обміну (A кг/(с·м)) або коефіцієнт турбулентності (K м²/с) [1.с. 267-281; 2.с. 22-24; 5.с. 212-219].

Необхідно чітко розрізняти приземний та граничний шари в атмосфері, знати їх визначення та властивості. Зверніть увагу на розподіл температури з висотою в граничному шарі, його добовий та річний хід [5.с. 225-229, 233-257].

Тепловий баланс земної поверхні складається з приходної та витратної частин. Проаналізуйте складові теплового балансу, їх залежність від типу підстильної поверхні, добовий та річний хід, географічний розподіл [5.с. 260-264].

Питання для самоконтролю

1. Які фізичні характеристики ґрунту, води, повітря впливають на їх температурний режим?
2. Сформулюйте основні закони розповсюдження температурних коливань в ґрунті та повітрі.
3. Від чого і як залежать амплітуди добових та річних коливань температури на поверхні ґрунту?
4. На які середні глибини проникають добові та річні коливання температури в ґрунті та водоймищах?

5. Поясніть вплив рослинного та снігового покриву на тепловий режим ґрунту.
6. Які фактори впливають на інтенсивність турбулентності в атмосфері?
7. Кількісні характеристики турбулентності, які ви знаєте.
8. Які потоки тепла в атмосфері найважливіші?
9. При яких фазових переходах води в атмосфері тепло визволяється?
10. Де добова амплітуда температурних коливань більша, на поверхні води чи ґрунту і чому?
11. Дайте характеристику приземного шару атмосфери.
12. Що таке граничний шар атмосфери?
13. Як змінюються температурні коливання в граничному шарі з висотою?
14. Коли температура повітря в приземному шарі найбільша, а коли найменша?
15. Що є приходною частиною теплового балансу діяльного шару?
16. Як відрізняються витратні частини теплового балансу на поверхні океану та пустелі?
17. Які умови сприяють утворенню заморозків?

3.1.5 Вода в атмосфері

Вода – дивовижна хімічна сполука. Це єдина речовина, яка може знаходитись в атмосфері одночасно в трьох агрегатних станах: твердому (лід), рідкому (вода) і газоподібному (пара).

З точки зору погоди, вода є найважливішою складовою частиною атмосфери, оскільки випаровування і конденсація супроводжуються поглинанням та виділенням великої кількості енергії, від якої залежить багато видів рухів в атмосфері, що впливають на атмосферні процеси, а тому і на погоду.

Зверніть увагу на умови фазової рівноваги води та залежність тиску насиченої водяної пари від температури випарної поверхні (льоду чи води) та інших факторів. Ознайомтесь з випаровуванням в природних умовах, одиницями його вимірювання та методами визначення [5.с. 307-346].

Конденсація водяної пари в реальній атмосфері можлива лише на ядрах конденсації. Чому так, які бувають ядра конденсації, їх характеристики та причини утворення – важливі питання цього розділу [1.с. 310-315, 328-330; 5.с. 319-326, 350-351].

Тумани – це атмосферне явище, яке погіршує горизонтальну видимість, умови роботи транспорту, впливає на самопочуття людини.

Ознайомтесь з класифікацією туманів, фізико-метеорологічними умовами їх утворення, мікрофізичними властивостями [5.с. 362-380; 2.с. 414-429].

Конденсація і сублімація водяної пари на деякій висоті над рівнем земної поверхні приводить до утворення хмар. Відмінність фізичних процесів утворення хмар призводить до відмінності їх зовнішнього вигляду та мікрофізичних характеристик. Необхідно вивчити морфологічну та генетичну класифікацію хмар, в чому вам допоможе “Атлас облаков” [4]. Необхідно знати всі форми хмар в міжнародному, російському та українському позначеннях, а також фізичні процеси утворення основних форм хмарності. Зверніть увагу на те, з яких хмар можуть випадати опади [1.с. 366-388; 5.с. 401-403, 405-414, 428-439, 456-462, 474-478, 481-485].

Краплі води та кристали льоду, які випадають з хмар, називаються атмосферними опадами. Роса, іній, паморозь та інші – це наземні опади. Для того, щоб крапля або кристал льоду випали з хмари, треба, щоб вони виростили до розміру опадів. Зростання краплин відбувається за рахунок конденсації водяної пари на їх поверхні та коагуляції. Ознайомтесь з класифікацією опадів та процесами збільшення хмарних елементів, які призводять до утворення опадів [1.с. 388-413; 5.с. 500-512, 517-520, 530-536].

Зверніть увагу на збільшення в останні десятиріччя кількості CO_2 , зменшення O_3 та причини цих змін, на зростання переліку хімічних сполук, які потрапляють в атмосферу завдяки виробничій діяльності людства. Проаналізуйте, як метеорологічні фактори впливають на розповсюдження антропогенного аерозолі та його накопичення [5.с. 38-43, 65-73].

Активні впливи на атмосферні процеси почались у ХХ столітті. Прямий вплив, як, наприклад, створення хмари, не дає позитивних результатів, тому застосовуються методи, які дозволяють прискорити розвиток процесу у потрібному напрямку або сповільнити його. Ознайомтесь з методами впливів, їх цілями та ефективністю. Зрозумійте фізичний механізм, який діє у цих методах [5.с. 542-548].

Питання для самоконтролю

1. В яких фазах може водночас знаходитися H_2O в атмосфері?
2. Що таке рівновага фаз?
3. Які величини пов'язує рівняння Клаузіуса-Клапейрона?
4. Вода чи лід має більшу густину?
5. Де парціальний тиск насиченої пари при однаковій температурі більше – над водою чи над льодом?
6. Які фактори визначають випаровування в природних умовах?
7. Що таке ядра конденсації, які вони бувають?
8. До якої найменшої температури можуть існувати переохолоджені краплі в атмосфері?

9. Які фізичні процеси призводять до виникнення туманів?
10. Яка видимість в тумані і яка в серпанку?
11. Що таке водність туману або хмари?
12. Чи можливо утворення крапельнорідких хмар без ядер конденсації?
13. Які джерела атмосферних домішок Вам відомі?
14. Як утворюються купчастоподібні хмари?
15. Внаслідок яких процесів виникають хвилеподібні хмари?
16. Яке охолодження призводить до утворення шароподібних хмар?
17. Що служить нижньою та верхньою межами конвективної хмари?
18. Яка система хмар теплового фронту?
19. Чим відрізняються системи хмар холодного фронту 1 та 2 родів?
20. Водність яких хмар більша – Сб и Сс?
21. Які бувають опади?
22. Яка причина утворення роси та інею?
23. Які хімічні сполуки призводять до утворення кислотних дощів?
24. Які методи впливу на хмари вам відомі і для яких цілей їх використовують?

3.2 Розділ «Кліматологія»

3.2.1 Загальні положення

Перша тема ([1] с. 370-380; [4] с. 5-10, 181-195; [5] с. 10-15) формує у студентів уявлення про кліматологію як науку, знайомить з поняттям “клімат”. Клімат – це багаторічний режим погоди, який формується в кліматичній системі в результаті надходження сонячної радіації, фізичних та хімічних процесів, що відбуваються на підстильній поверхні при активній атмосферній циркуляції і вологообігу. Таке визначення клімату дозволяє вказати на основні кліматоутворювальні фактори, які по відношенню до кліматичної системи поділяються на зовнішні і внутрішні. Співвідношення взаємодіючих кліматоутворювальних процесів і факторів обумовлюють різноманітність кліматичних умов на земній кулі.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення глобального клімату. Чим він відрізняється від регіонального клімату?
2. Дайте визначення глобальної кліматичної системи та охарактеризуйте її складові.
3. Визначте зовнішні кліматоутворювальні фактори та охарактеризуйте їх вплив на глобальну кліматичну систему.

4. Визначте внутрішні кліматоутворювальні фактори та охарактеризуйте їх вплив на кліматичні умови.

3.2.2 Радіаційний і тепловий режим кліматичної системи. Підстильна поверхня та її кліматоутворювальне значення

Перший підрозділ «Радіаційний і тепловий режим кліматичної системи» 2-ї теми ([1] с. 92-98, 144-151; [4] с.195-245; [5] с. 16-38) знайомить студентів з просторово-часовим розподілом різних видів сонячної радіації, дає уявлення про радіаційний та тепловий баланс підстильної поверхні і розподіл по широтах їхніх складових, тепловий баланс атмосфери та системи Земля-атмосфера і географічний розподіл його складових. Кількість сонячної енергії, що надходить на поверхню Землі, повністю визначає фізичні процеси, які відбуваються на суші, в океані і атмосфері. Звернути увагу на карти географічного розподілу сумарної радіації, радіаційного балансу земної поверхні, турбулентного потоку тепла, затрат тепла на випаровування вологи (рис. 2.6, 2.9-2.11[4], рис. 2.4-2.11[5]).

Другий підрозділ «Підстильна поверхня та її кліматоутворювальне значення» 2-ї теми ([1] с. 398-400; [4] с. 246-262, 354-362; [5] с. 39-57) розкриває важливу роль підстильної поверхні в кліматоутворенні. Підстильна поверхня є основним поглиначем сонячної радіації. З нею пов'язані процеси випаровування і турбулентного теплообміну, вона випромінює довгохвильову радіацію і тим самим формує термічний режим тропосфери, режим зволоження, хмарності, опадів. Наявність на Землі океанів і материків є причиною горизонтальної неоднорідності радіаційного і теплового балансу земної поверхні уздовж широт, оскільки водна поверхня і суша мають різні фізичні властивості.

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте часові та просторові зміни добової інсоляції.
2. Назвіть основні складові радіаційного балансу підстильної поверхні.
3. Від чого залежить просторове розподілення по земній поверхні прямої, розсіяної, сумарної радіації, радіаційного балансу?
4. Які особливості просторового і часового розподілу радіаційного балансу підстильної поверхні?
5. Від чого залежать витрати тепла на випаровування? Як вони розподіляються на поверхнях океанів і суші?
6. Від чого залежить інтенсивність і напрямок турбулентного потоку тепла?

7. Які особливості просторового і часового розподілення турбулентного потоку тепла?
8. Яке співвідношення витрат тепла на випаровування та турбулентного теплообміну в різних широтних зонах?
9. Яка залежність існує між річною амплітудою температури повітря, величиною і напрямком теплообміну в ґрунті?
10. Охарактеризуйте розподіл складових теплового балансу по земній кулі.
11. Назвіть і охарактеризуйте складові теплового балансу системи Земля – атмосфера.
12. Назвіть основні розбіжності між континентальним і океанічним типами клімату.
13. Як можна оцінити континентальність клімату?
14. Яка роль снігового і льодяного покриву у формуванні клімату?
15. Які холодні і теплі течії формуються в океанах і яка їхня роль у формуванні особливостей клімату?

3.2.3 Циркуляційні фактори клімату

Третя тема ([1] с. 385-397; [2] с. 307-347; [4] с. 263-340; [5] с. 58-94) присвячена вивченню поля тиску і переважних напрямків вітру та формує уявлення про роль повітряних течій у формуванні клімату.

Під загальною циркуляцією атмосфери (ЗЦА) розуміють сукупність основних великомасштабних повітряних течій біля поверхні землі, в тропосфері, стратосфері і мезосфері, завдяки яким відбувається обмін великих мас повітря та пов'язаний з ним обмін теплом, вологою і кількістю руху в горизонтальному і вертикальному напрямках. Атмосферна циркуляція є дуже важливим кліматоутворювальним чинником, тому що з нею пов'язаний перенос повітряних мас з різними фізичними властивостями, які формують погоду.

Однією з особливостей загальної циркуляції атмосфери є зональне розподілення тиску і вітру, що найбільш чітко виражено у верхніх шарах атмосфери. На картах розподілу середніх багаторічних полів тиску, що приведені до рівня моря, у визначених районах земної кулі виділяються так звані центри дії атмосфери (ЦДА) (рис. 10.10, 10.11 [1], рис. 4.26, 4.30 [4], рис. 4.3, 4.4 [5]). Вони являють собою більш або менш стійкі баричні утворення, тому повітряні течії, які ними визиваються, для окремих районів земної поверхні будуть переважними. Повітряні течії відіграють велику роль у переносі мас повітря з різними фізичними властивостями. Фізичні властивості повітряної маси залежать від того, в яких умовах відбувається її формування. У процесі загальної циркуляції атмосфери повітряні маси того або іншого типу поширюються із головних областей формування в інші широтні зони, зберігаючи раніше набутих

властивостей. Кліматичне значення географічних типів повітряних мас полягає не тільки в запасах тепла, вологовмісті та ін., але і в тому, що при зустрічі одного з одним вони утворюють атмосферні фронти, котрі являють собою основні чинники, які забезпечують орошення земної поверхні опадами.

Під кліматичними фронтами розуміють зони найбільш частоті взаємодії різнорідних повітряних мас. У цих зонах спостерігається загострення синоптичних фронтів і інтенсивна циклонічна діяльність. Положення кліматичних фронтів змінюється в залежності від сезонів. На картах вони не зображені безперервними лініями, а розпадаються на окремі гілки (рис. 4.31 [4], рис. 4.5 [5]).

Для тропічної циркуляції головною рушійною силою повітряних течій є постійно підтримувана різниця температури між екваторіальними районами і районами субтропиків. Внаслідок цього в деяких районах тропічної зони спостерігаються великомасштабні циркуляційні системи, котрі характеризуються або винятковою постійністю (пасати), або винятковою періодичністю (мусони). Ці системи формують основну течію атмосфери тропічної зони. Разом з тим, на фоні великомасштабних циркуляційних систем видно циркуляційні системи меншого масштабу, котрі називають збуреннями (вихори, хвилюобразні збурення, лінійні системи). У районі екватора формується поле пониженого тиску (екваторіальна улоговина), де спостерігаються конвергенція повітряних потоків і підйом повітря. Збіжність повітряних потоків в області екваторіальної улоговини дала підставу називати її внутрітропічною зоною конвергенції (ВЗК). Її нерідко називають також тропічним фронтом. В залежності від пори року екваторіальна улоговина змінює своє положення. На активних ділянках екваторіальної улоговини спостерігаються хмарність і опади. Екваторіальна улоговина опоясує усю земну кулю. На одних її ділянках спостерігається значна конвергенція повітряних потоків, а на інших суттєво менша.

Між субтропічним поясом високого тиску і екваторіальною улоговиною в нижній частині тропосфери спостерігаються сильні вітри постійного північно-східного напрямку (у північній півкулі) і південно-східного (у південній півкулі). Ці вітри – пасати. Вони займають доволі велику площу від 20° широти в зимовій півкулі і 30° широти в літній півкулі до екваторіальної улоговини. У будь-яку пору року більше третини поверхні землі знаходиться під впливом пасатів.

У зоні пасатів розрізняють три чітко виражених шари: нижній, зазвичай вологий, пасатна інверсія і верхній, більш стійкий і сухий, ніж повітря нижніх пасатів.

Екваторіальні мусони, як і мусони, що спостерігаються на східному узбережжі помірних, субтропічних і тропічних зон, обумовлені термічними чинниками. Це, перш за все, сезонні розбіжності в

температурному режимі північної та південної півкуль в цілому, а також розбіжності між температурою повітря над континентами і океанами. Найбільш яскраво виявлений азійський мусон. На інших континентах він виявляється більш слабо.

Східні хвилі являють собою збурення, котрі виникають на екваторіальному боці субтропічного поясу високого тиску. Східні хвилі – явище середньої тропосфери, хоч вони певним чином впливають на погоду в цілому в тому районі, де вони виявляються. Сама хвиля є збуренням вітрового поля. Ці хвилі нерідко дають початок тропічним циклонам.

Тропічні циклони можуть виникати в будь-який час року в тропічних районах всіх океанів, коли температура води досягає 28°C. Їх кількість дуже змінюється від району до району і від року до року. Найбільш часто тропічні циклони виникають між широтами 10° і 20° в обох півкулях.

Тропічні циклони діють на основні повітряні течії і, перетворюючи їх, впливають на характер циркуляції атмосфери, принаймні, в регіональному масштабі.

Оскільки над деякими областями Світового океану існують стійкі системи вітрів, то вони породжують потужні дрейфові течії значних мас води. Дрейфові течії належать до найбільш поширених. Вони відіграють дуже велику роль у формуванні загальної циркуляції Світового океану. Океанічні течії, як і спрямовані з низьких широт до високих є теплими, а з високих широт до низьких – холодними. Теплі та холодні течії по-різному впливають на температурний і вологісний режими районів, в яких вони спостерігаються, і таким чином визначають клімат цих районів океану і їх узбереж.

Вітрову циркуляцію у Світовому океані доповнює циркуляція води, рух якої у вертикальному напрямку породжується розбіжностями в густині тих або інших шарів води, що обумовлюються коливаннями температури і солоності.

Зовнішнім проявом теплообміну між Світовим океаном і атмосферою є температура води на поверхні океану і змінування її з глибиною, а також температура повітря на рівні моря і в різних шарах атмосфери.

Розподілення температури поверхні води залежить від широти місця, характеру течії, турбулентного перемішування води, тепловіддачі за рахунок атмосферних опадів, припливу тепла від річного стоку і повітряних течій.

Вертикальний обмін теплом між Світовим океаном і атмосферою є величиною більш високого порядку, ніж перенос тепла в горизонтальному напрямку.

Континенти і океани постійно обмінюються теплом і вологою. Від цього обміну значно залежать кліматичні умови на материках і океанах.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення загальної циркуляції атмосфери та охарактеризуйте її роль як кліматоутворювального чинника.
2. Що таке центри дії атмосфери? Як вони утворюються і де розташовуються в залежності від сезонів? Назвіть їх.
3. Які особливості циркуляції атмосфери в низьких, помірних і високих широтах?
4. Що розуміють під кліматологічним фронтом? Які види фронтів відомі? Географічне положення і активність фронтів в залежності від сезонів і їх кліматологічна роль.
5. Що таке переважний вітер і як він розраховується?
6. Яка роль мусонної циркуляції у загальній циркуляції атмосфери?
7. Які основні повітряні течії характерні для тропічної зони?
8. Що таке пасат? Роль пасатів у формуванні клімату.
9. У яких географічних районах спостерігається мусонна циркуляція і який вплив на формування клімату вона спричиняє?
10. У яких районах виникають тропічні циклони? Чим вони небезпечні?
11. Що розуміють під загальною циркуляцією океану?
12. Під впливом яких причин виникають поверхневі течії?
13. Яку роль відіграють теплі і холодні течії у формуванні клімату?

3.2.4 Вологообіг і його вплив на клімат

Четверта тема ([1] с. 400-410; [2] с. 253-255; [4] с. 379-400; [5] с. 95-107) знайомить студентів з поняттям вологообігу і методами розрахунку складових вологообігу атмосфери над обмеженою територією земної поверхні.

Головне кільце, в якому виникає найбільш інтенсивний вологообіг, складається з випаровування вологи з поверхні океану, переносу її повітряними течіями на материки та випадіння опадів. Згідно з цим механізмом вологообіг поділяють на зовнішній та внутрішній. Під зовнішнім розуміють вологообіг, при якому опади випадають з водяної пари, принесеної ззовні. Випаровування води з поверхні обмеженої території суші та випадання її на цій території називають внутрішнім вологообігом. Зовнішній та внутрішній вологообіг складають загальний вологообіг.

Під загальним вологообігом розуміють обмін вологи між атмосферою та гідросферою, що пов'язаний з фазовими перетвореннями води і єднає тепловий (енергетичний) та водний баланси.

Відомості про кількісну оцінку складових атмосферного вологообігу континентів і всієї земної кулі являє собою виключно великий інтерес, оскільки дозволяє більш глибоко розібратись в закономірностях утворення опадів, а також в закономірностях формування клімату в різних районах земної кулі.

Питання для самоконтролю

1. Що розуміють під вологообігом? Охарактеризуйте його вплив на формування кліматичних умов.
2. Як записується рівняння водного балансу?
3. Яке співвідношення складових водного балансу на континентах і океанах?
4. Які особливості має просторово-часовий розподіл випаровування по території земної кулі?
5. Як впливають теплі та холодні течії на випаровування?
6. Які особливості має просторово-часовий розподіл опадів по території земної кулі?
7. Від чого залежить розподіл опадів і випаровування?
8. Яка роль місцевого випаровування у формуванні поля опадів на обмеженій території суші?

3.2.5 Класифікація кліматів

П'ята тема ([1] с. 410-420; [2] с. 399-403; [2] с. 443; [5] с. 108-118) знайомить студентів з поняттями класифікації та районування, принципами класифікації кліматів земної кулі, основними класифікаціями клімату. Для аналізу закономірностей формування кліматів у масштабах глобальної системи, а також для використання кліматології в розв'язанні низки практичних задач треба знати не тільки розподілення окремих величин по земній кулі або значному по площі району, але й кліматичного комплексу в цілому.

Відповідно до задач дослідження між різними значеннями комплексу проводяться межі, по різні боки яких різниця між кліматами стає суттєвою. Якщо це робиться з метою аналізу походження самого клімату або для ув'язки з усім комплексом природних умов (ландшафтно-географічних зон), то таке розподілення кліматів називається кліматичною класифікацією, а якщо для прикладних цілей (обслуговування сільського господарства, будівництва, авіації і т.ін.) – кліматичним районуванням.

Як класифікацій клімату, так і районувань є дуже багато відповідно до чисельності і різнобічності задач, що розв'язуються в кліматології. Найбільш відомими є класифікації В.Кеппена, Л.С.Берга, М.І.Будико-О.О.Григор'єва, Б.П.Алісова.

Класифікація В.Кеппена користується успіхом у дослідників всього світу. Це у певній мірі пов'язано з доступністю і простотою вихідних характеристик, що покладені в основу класифікації (середня температура, місячні і річні кількості опадів). В.Кеппен виділив 5 широтних кліматичних зон, що позначаються: А, В, С, D, Е.

При складанні своєї класифікації Б.П. Алісов використав переважання тих або інших зональних повітряних мас у різні сезони, а за межі кліматів були прийняті найбільш часті положення основних атмосферних фронтів. Кількісних характеристик для положення цих фронтів не існує, тому що вони проведені орієнтовно з урахуванням синоптичного досвіду про їх місцезнаходження. Усього Б.П. Алісов виділив 7 широтних зон (4 основних і 3 перехідні). В основних зонах протягом року переважає одна й та ж повітряна маса, а в перехідних відбувається їх сезонна зміна.

Питання для самоконтролю

1. Які принципи покладено в основу класифікації клімату В.Кеппена і які кліматичні зони виділяють згідно з цією класифікацією?
2. На чому ґрунтується класифікація Б.П.Алісова і які кліматичні зони виділяють згідно з цією класифікацією?
3. Як визначають межі кожної кліматичної зони?
4. Чим розрізняються між собою у кожній зоні континентальні та океанічні типи кліматів?
5. Як розрізняються між собою у кожній зоні типи кліматів західних і східних узбереж?

3.2.6 Зміни та коливання клімату

Шоста тема ([1] с. 441-469; [2] с. 427-430; [4] с. 488-557; [5] с. 126-140) знайомить студентів з уявленням про зміни та коливання клімату, природними та антропогенними чинниками цих змін і коливань, джерелами інформації про клімати минулого.

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте відмінності між мінливістю клімату, змінами та коливаннями клімату.
2. Охарактеризуйте крупні зміни та коливання клімату в історії Землі.

3. Охарактеризуйте зміни та коливання зовнішніх кліматоутворювальних факторів за час існування Землі.
4. Охарактеризуйте зміни та коливання внутрішніх кліматоутворювальних факторів за час існування Землі.
5. Дайте визначення парникового ефекту та охарактеризуйте його вплив на історичні зміни клімату.

4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Контроль при самостійному вивченні дисципліни «Метеорологія і кліматологія» здійснюється за допомогою контрольних заходів, які складаються з поточного та підсумкового контролю.

Поточний контроль всього навчального курсу здійснюється за формами: перевірка міжсесійної контрольної роботи, перевірка знань та вмінь студента під час аудиторних занять під час заліково-екзаменаційної сесії шляхом тестового та усного опитування.

Підсумковий контроль здійснюється під час заліку. Термін контрольних заходів – згідно графіка заочної форми навчання.

Кожен варіант міжсесійної контрольної роботи містить 5 теоретичних питань та 5 задач (завдання наведено у п. 5.). Максимальна кількість балів за одне теоретичне питання – 10 балів, за одну задачу – 10 балів, тобто максимальна сума балів за контрольну роботу – 100 балів. **Студент виконує той варіант, який збігається з останньою цифрою номера його залікової книжки.**

Оцінюється виконання завдання контрольної роботи за сумою балів таким чином:

- 60 – 100 балів – зараховано;
- менше 60 балів – незараховано; робота повертається студенту для виправлення помилок та доробки.

Студенти, які виконали контрольну роботу та за результатами перевірки отримали не менше ніж 60 балів (60%) мають допуск до заліку.

Студенти, які за контрольну роботу отримали менше 60 балів, після виправлення помилок у роботі та вторинної перевірки роботи викладачем, при отриманні більш високої кількості балів мають допуск до заліку.

Усне опитування під час аудиторних занять, якщо студент дає правильну відповідь на питання, наведені в кінці кожної теми, оцінюється у 2 бали за кожне питання.

Базові знання на підсумковому контролі є такими:

1. Основні метеорологічні величини та одиниці їх вимірювання.
2. Склад атмосферного повітря, його сталі та змінні частини.
3. Будава атмосфери, її неоднорідність та вертикальний і горизонтальний розподіли тиску та температури.
4. Озоновий шар та міжнародне співробітництво щодо його захисту.

5. Умови стійкості атмосфери, її вплив на накопичення та перенос домішок в атмосфері.
6. Сонце як джерело променистої енергії, склад його спектра, поняття сонячної сталої.
7. Поглинання сонячної радіації поверхнею землі, парниковий ефект.
8. Складові радіаційного балансу земної поверхні та їх зміни протягом доби.
9. Потоки тепла, які гріють ґрунт та атмосферне повітря.
10. Що таке ядра конденсації, їх роль в утворенні хмар та опадів.
11. Поняття про глобальний і регіональний клімат.
12. Кліматична система та її ланки.
13. Кліматоутворювальні фактори.
14. Вплив материків та океанів на формування полів температури і тиску.
15. Особливості океанічного і континентального типів кліматів.
16. Середній розподіл тиску біля поверхні землі.
17. Причини виникнення пасатної і мусонної циркуляції.
18. Зовнішній та внутрішній вологообіг.
19. Види класифікацій кліматів.
20. Поняття про мінливість, зміни та коливання клімату; сучасні уявлення про зміни клімату.

Якщо у Вас виникли питання або труднощі, які Ви не в змозі подолати самостійно, потрібно звернутися до викладача, який вів лекції, письмово на електронну адресу кафедри фізики атмосфери та кліматології **geophys@ogmi.farlep.odessa.ua**.

Після виконання міжсесійної контрольної роботи з дисципліни «Метеорологія і кліматологія» не менше ніж на 60 балів, студент має допуск до написання залікової контрольної роботи з дисципліни під час заліково-екзаменаційної сесії. Залікова контрольна робота містить 20 питань з теоретичного курсу, оцінюється максимально 100 балами (кожне питання по 5 балів). Якщо студент отримав за залікову контрольну роботу 60 балів (60%) та більше, він отримує залік. Студент, який отримав менше 60 балів, повинен виконати інший варіант залікової контрольної роботи.

Підсумкова оцінка (ПО) засвоєння студентом заочної форми навчання навчальної дисципліни розраховується за:

$$PO = 0,5 \times [0,5 \times (OZE + OM)] + 0,5 \times OZKP$$

де OZE – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) заходів контролю СРС під час проведення аудиторних занять;

OM – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) заходів контролю СРС у міжсесійний період;

OZKP – оцінка за залікову контрольну роботу.

При перевірці самостійної роботи студента в міжсесійний період використовуються елементи дистанційної форми контролю. В таблиці наведено терміни контролю вивчення дисципліни.

Таблиця – Терміни перевірки контрольної роботи в міжсесійний період

Номер завдання	Розділ дисципліни	Термін контролю
Завдання 1	Загальні характеристики атмосфери (відповідь на питання)	1-10 вересня
Завдання 2	Загальні характеристики атмосфери (розв'язання задачі)	20-30 вересня
Завдання 3	Термодинаміка атмосфери (розв'язання задачі)	1-10 жовтня
Завдання 4	Промениста енергія в атмосфері (відповідь на питання)	1-10 листопада
Завдання 5	Промениста енергія в атмосфері (розв'язання задачі)	20-30 листопада
Завдання 6	Тепловий режим підстильної поверхні та атмосфери (відповідь на питання)	1-10 грудня
Завдання 7	Вода в атмосфері (відповідь на питання)	1-10 лютого
Завдання 8	Вода в атмосфері (розв'язання задачі)	1-10 березня
Завдання 9	Кліматологія (відповіді на питання)	1-10 квітня
Завдання 10	Визначення переважного напрямку вітру (розв'язання задачі)	11-20 квітня

5 ЗАВДАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ ТА ВИМОГИ ДО ЇЇ ВИКОНАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ

Завдання 1

1. Вертикальний розподіл атмосфери на шари за ознаками зміни температури з висотою та складу атмосфери.
2. Озоносфера, її вертикальний та горизонтальний розподіл, одиниці вимірювання загального вмісту озону (ЗВО) або Х.

3. Міжнародне співробітництво з проблем озону та потепління клімату. Участь України в міжнародному співробітництві.
4. Горизонтальна неоднорідність атмосфери, повітряні маси та фронти.
5. Баричні системи та градієнт метеорологічної величини.
6. Температура повітря, одиниці її вимірювання та зв'язок між ними.
7. Основні характеристики вологості повітря, зв'язок між ними та одиниці вимірювання цих характеристик.
8. Атмосферний тиск, його вертикальний розподіл в атмосфері, одиниці вимірювання та зв'язок між ними.
9. Рівняння Менделєєва – Клапейрона для сухого та вологого повітря. Поняття віртуальної температури.
10. Основне рівняння статики, які метеорологічні величини воно пов'язує?

Завдання 2

Розрахувати густину сухого ρ_c кг/м³ і вологого ρ_v кг/м³ повітря, масову частку водяної пари S г/кг, віртуальну температуру T_v К, відносну вологість f % за такими даними: температура сухого повітря t °С, атмосферний тиск P гПа, парціальний тиск водяної пари e гПа. Наведіть ці результати розрахунків письмово. Проаналізуйте, як залежить густина повітря від температури, атмосферного тиску і вологості повітря.

Послідовність виконання завдання 2.

1. За рівнянням (3) розрахувати густину сухого повітря:

$$\rho_c = \frac{P}{RT},$$

де $R=287$ Дж/(кг·К), $T=T_0+t$, $T_0=273$ К, P – атмосферний тиск у Паскалях (1гПа=100Па).

2. Густина вологого повітря:

$$\rho_v = \frac{P}{RT_v},$$

де T_v – віртуальна температура.

3. Віртуальна температура:

$$T_v = T(1 + 0,608S),$$

де S – масова частка водяної пари.

4. Масова частка водяної пари:

$$S = 0,622 \frac{e}{P},$$

де e - парціальний тиск водяної пари, P – атмосферний тиск у гПа.
Необхідно визначити S , потім T_v і розрахувати ρ_θ .

5. Відносна вологість:

$$f = \frac{e}{E} \cdot 100,$$

де E – парціальний тиск насичення, визначається за психрометричними таблицями по температурі поверхні води t_0 ($^{\circ}\text{C}$).

Варіанти вихідних даних:

Варіант	t , $^{\circ}\text{C}$	P , гПа	e , гПа
1	15,4	1005	12,4
2	27,2	1000	28,4
3	24,1	980	19,3
4	-1,4	1015	3,7
5	17,0	960	12,2
6	0,0	1020	4,1
7	-8,0	1030	2,8
8	31,0	970	37,2
9	-4,4	1010	3,0
10	37,5	1020	48,1

Завдання 3

Розрахувати вертикальні градієнти температури $\gamma = \frac{\Delta t}{\Delta z} \text{ } ^{\circ}/100\text{м}$, потенціальну температуру θ за шкалою Кельвіна (К), якщо відома висота рівня, де $P=1000$ гПа. Знайти рівень конденсації h_m , визначити типи стратифікації для сухого та вологого повітря у кожному шарі, якщо відомий $\gamma_{\text{ва}}$ - вологоадіабатичний градієнт.

Для розрахунку θ , К треба пам'ятати її визначення та величину сухоадіабатичного градієнта $\gamma_a = 1^{\circ}/100$ м. Рівень конденсації (h_m) знайти з рівняння Ферреля, для чого потрібна температура точки роси t_d $^{\circ}\text{C}$ біля поверхні землі.

Послідовність виконання завдання 3.

1. Для кожного з вертикальних шарів розрахувати вертикальний температурний градієнт за рівняннями:

$$\gamma_1 = -\frac{t_{200} - t_0}{200 - 0} \cdot 100, \dots, \gamma_8 = -\frac{t_{4000} - t_{3200}}{4000 - 3200} \cdot 100$$

2. Визначити тип стратифікації сухого та вологого повітря для кожного шару за значенням вертикального градієнта температури у цьому шарі:

сухе повітря:

- якщо $\gamma_i < 1^\circ/100 \text{ м}$ – сухостійка стратифікація;
- якщо $\gamma_i = 1^\circ/100 \text{ м}$ – сухонейтральна стратифікація;
- якщо $\gamma_i > 1^\circ/100 \text{ м}$ – сухонестійка стратифікація.

вологе повітря:

- якщо $\gamma_i < \gamma_{\text{ва}}$ – вологостійка стратифікація;
- якщо $\gamma_i = \gamma_{\text{ва}}$ – вологонейтральна стратифікація;
- якщо $\gamma_i > \gamma_{\text{ва}}$ – вологонестійка стратифікація.

3. Знайти рівень конденсації h_m :

$$h_m = 122(t_0 - t_d).$$

4. Потенціальну температуру θ розрахувати в Кельвінах для кожної висоти за формулами:

$$\theta_0 = 273 + t_0 + \gamma_a(z_0 - z_{1000}), \dots, \theta_{4000} = 273 + t_{4000} + \gamma_a(z_{4000} - z_{1000}),$$

де z_{1000} – рівень, де $P=1000$ гПа; $\gamma_a = 1^\circ\text{C}/100\text{м}$ - сухоадіабатичний градієнт.

Варіанти вихідних даних:

Варіант	температура	Висота, м										Висота, м P=1000 гПа	$t_d, ^\circ\text{C}$	$\gamma_{\text{ва}}$
		00	200	500	1000	1200	1800	2500	3200	4000				
1	$t^\circ\text{C}$	11,4	12,7	10,9	4,3	4,3	2,8	-0,7	0,0	2,5	100	7,2	0,65	
2	$t^\circ\text{C}$	35,0	31,0	29,8	24,3	18,1	13,0	9,2	4,0	7,3	100	27,1	0,50	
3	$t^\circ\text{C}$	21,1	23,0	23,8	18,5	18,5	14,4	8,0	0,0	-8,0	150	18,3	0,60	
4	$t^\circ\text{C}$	6,7	6,7	4,8	1,1	-1,2	-7,0	-15,3	-21,1	-28,0	-50	1,2	0,65	
5	$t^\circ\text{C}$	-8,8	-7,0	-7,0	-9,2	-12,0	-16,4	-14,0	-9,3	-10,2	00	-10,8	0,70	
6	$t^\circ\text{C}$	18,3	17,0	13,2	7,1	6,5	4,2	2,8	6,1	11,4	200	16,7	0,60	
7	$t^\circ\text{C}$	27,1	28,3	24,5	21,0	17,7	13,8	6,3	6,3	7,9	100	23,5	0,60	
8	$t^\circ\text{C}$	14,8	12,2	10,0	7,3	5,5	0,0	-3,1	-4,8	-4,8	50	11,2	0,55	
9	$t^\circ\text{C}$	7,5	10,0	9,2	4,0	1,1	-6,8	-10,3	-14,0	-11,8	100	5,5	0,65	
10	$t^\circ\text{C}$	-1,2	-3,8	-6,1	-8,4	-10,7	-17,7	-23,3	-30,3	-21,5	-100	-5,0	0,70	

Завдання 4

1. Що відбувається з енергією променистого потоку, якщо він проходить крізь прозоре тіло, наприклад, скло?
2. Від чого залежить величина енергії, яку випромінює тіло? Якими законами ця залежність може бути описана?
3. Фактори, від яких залежить інтенсивність розсіювання радіації. Дати їм пояснення.
4. Чому колір неба голубий, а хмар білий?
5. У якому діапазоні хвиль випромінює Сонце і що таке сонячна стала?
6. Які атмосферні гази поглинають променисту енергію, в якій частині спектра?
7. Які процеси послабляють сонячну радіацію в атмосфері? Який закон описує це послаблення?
8. Чи може ефективно випромінювання бути з від'ємним знаком? Якщо так, то коли?
9. У чому суть парникового ефекту?
10. З чого складається приходна частина радіаційного балансу поверхні?

Завдання 5

Відомі значення прямої радіації на перпендикулярну поверхню (I кВт/м²), розсіяної радіації (i кВт/м²), альbedo (A) і радіаційного балансу діяльного шару (R_0 кВт/м²).

Для всіх строків, які надані у вихідних даних, знайти пряму радіацію на горизонтальну поверхню ($I = I \sin h$), сумарну радіацію ($Q = I + i$), частку прямої і частку розсіяної радіації в складі сумарної, частину сумарної радіації, що поглинута, довгохвильовий радіаційний баланс ($B_d = -F_0$).

Сонячна радіація надходить до земної поверхні під різними кутами, але вимірюється пряма сонячна радіація, що надходить на перпендикулярну поверхню (I). Щоб знати, скільки радіації одержує поверхня землі, треба знати висоту сонця (h). Розсіяна радіація (i) надходить від усіх точок небосхилу, тому для неї значення висоти сонця не потрібне.

Напишіть відповіді на питання (це завдання стосується кожного варіанта):

1. Чому у всі терміни пряма радіація на горизонтальну поверхню менша, ніж на перпендикулярну до променів? У якому випадку ці величини можуть бути однакові? Чи може перша бути більшою ніж друга?

2. Чому у всі строки поглинута короткохвильова радіація менша від сумарної? Чи можуть бути ці величини однаковими?

3. Як та чому змінюються протягом дня частка прямої та частка розсіяної радіації у складі сумарної?

4. Який зміст одержаних знаків радіаційного балансу діяльного шару?

Послідовність виконання завдання 5.

1. Розрахувати пряму радіацію на горизонтальну поверхню для всіх строків за формулою:

$$I' = I \sin h$$

Значення прямої радіації на перпендикулярну поверхню I та висота сонця h в кожен строк надано у Вашому варіанті.

2. Розрахувати сумарну радіацію θ у всі строки за формулою:

$$\theta = I' + i,$$

де i – розсіяна радіація.

3. Розрахувати відсоток прямої радіації та розсіяної у складі сумарної.

4. Поглинена радіація розраховується за рівнянням:

$$I_{\text{погл}} = Q(1 - A),$$

де A – альbedo, його значення для кожного строку наведено у Вашому варіанті.

5. Розрахувати довгохвильовий баланс B_D для кожного строку за рівнянням:

$$B_D = R_0 - I_{\text{погл}}$$

6. Відповісти на чотири питання, які наведено в умовах завдання.

Варіанти вихідних даних:

№ дата	Строк, год. хв.	h	I, кВт/м ²	i, кВт/м ²	A	R, кВт/м ²
1	2	3	4	5	6	7
10.07	0 30	–	0,00	0,00	–	-0,06
	6 30	22°42'	0,72	0,06	0,23	0,17
	9 30	44 00	0,85	0,09	0,19	0,43
	12 30	51 48	0,85	0,15	0,20	0,54
	15 30	37 48	0,81	0,15	0,20	0,35
	18 30	15 42	0,37	0,12	0,23	0,01
	0 30	–	0,00	0,00	–	-0,04

1	2	3	4	5	6	7
2 13.07	0 30	–	0,00	0,00	–	-0,06
	6 30	22 24	0,62	0,08	0,22	0,16
	9 30	43 36	0,77	0,12	0,19	0,44
	12 30	51 24	0,84	0,11	0,19	0,50
	15 30	37 24	0,77	0,10	0,20	0,32
	18 30	15 18	0,56	0,06	0,20	0,06
	0 30	–	0,00	0,00	–	-0,04
3 15.07	0 30	–	0,00	0,00	–	-0,06
	6 30	22 06	0,29	0,15	0,15	0,13
	9 30	43 24	0,52	0,23	0,23	0,33
	12 30	51 12	0,65	0,21	0,21	0,45
	15 30	37 18	0,60	0,18	0,18	0,28
	18 30	14 54	0,32	0,10	0,10	0,06
	0 30	–	0,00	0,00	–	-0,05
4 17.07	0 30	–	0,00	0,00	–	-0,07
	6 30	21 48	0,45	0,16	0,16	0,15
	9 30	43 00	0,43	0,30	0,30	0,37
	12 30	50 48	0,59	0,28	0,28	0,50
	15 30	36 54	0,62	0,17	0,17	0,33
	18 30	14 30	0,45	0,08	0,08	0,06
	0 30	–	0,00	0,00	–	-0,05
5 30.08	0 30	–	0,00	0,00	–	-0,06
	6 30	12 06	0,59	0,04	0,25	0,06
	9 30	32 00	0,88	0,06	0,20	0,34
	12 30	38 42	0,93	0,07	0,18	0,40
	15 30	25 42	0,82	0,08	0,22	0,24
	18 30	4 18	0,29	0,02	0,17	0,06
	0 30	–	0,00	0,00	–	-0,05
6 27.07	0 30	–	0,00	0,00	–	-0,04
	6 30	20 00	0,46	0,12	0,12	0,14
	9 30	41 18	0,71	0,13	0,13	0,39
	12 30	48 54	0,79	0,13	0,13	0,50
	15 30	35 12	0,70	0,17	0,17	0,32
	18 30	13 00	0,27	0,06	0,06	0,06
	0 30	–	0,00	0,00	–	-0,03
7 29.08	0 30	–	0,00	0,00	–	-0,01
	6 30	12 30	0,28	0,07	0,07	0,03
	9 30	42 48	0,34	0,23	0,23	0,22
	12 30	39 12	0,85	0,26	0,26	0,57
	15 30	26 00	0,73	0,12	0,12	0,26
	18 30	4 12	0,20	0,03	0,03	-0,03
	0 30	–	0,00	0,00	–	-0,05

1	2	3	4	5	6	7
8 23.05	0 30	–	0,00	0,00	–	-0,15
	6 30	22 18	0,70	0,08	0,08	0,17
	9 30	43 06	0,86	0,10	0,10	0,45
	12 30	49 54	0,87	0,11	0,11	0,50
	15 30	35 00	0,46	0,18	0,18	0,14
	18 30	13 12	0,47	0,06	0,06	0,03
	0 30	–	0,00	0,00	–	-0,04
9 26.05	0 30	–	0,00	0,00	–	-0,07
	6 30	22 54	0,59	0,09	0,17	0,20
	9 30	43 48	0,70	0,14	0,16	0,47
	12 30	50 18	0,68	0,17	0,17	0,56
	15 30	35 24	0,60	0,15	0,15	0,38
	18 30	13 06	0,29	0,08	0,20	0,06
	0 30	–	0,00	0,00	–	-0,06
10 7.09	0 30	–	0,00	0,00	–	-0,06
	6 30	10 06	0,61	0,04	0,24	0,03
	9 30	29 36	0,87	0,06	0,20	0,31
	12 30	35 42	0,90	0,08	0,19	0,40
	15 30	23 06	0,70	0,12	0,21	0,20
	18 30	1 48	0,03	0,01	0,20	0,06
	0 30	–	0,00	0,00	–	-0,04

Завдання 6

1. Які потоки тепла спостерігаються в атмосфері, які з них найважливіші?
2. Назвіть основні властивості турбулентних рухів, поясніть їх.
3. Що таке граничний шар атмосфери, його характеристики?
4. Як змінюються температурні коливання в граничному шарі атмосфери з висотою?
5. Що таке приземний шар атмосфери, його властивості?
6. Які теплові потоки існують в атмосфері вночі?
7. Що і як впливає на температурні коливання в ґрунті?
8. Що є приходною частиною теплового балансу діяльного шару землі та на що вона витрачається?
9. При яких фазових переходах води тепло визволяється, а при яких поглинається?
10. Поясніть, коли протягом доби повинна бути максимальна температура повітря, а коли мінімальна, чому?

Завдання 7

1. Які фізичні властивості води відрізняють її від інших речовин?
2. Що таке рівновага фаз? Поясніть за допомогою рисунку.
3. Що таке швидкість випаровування та випаровуваність? Їх одиниці вимірювання.
4. Що таке ядра конденсації? Їх походження та розподіл в атмосфері.
5. Які властивості повинні мати ядра конденсації, щоб конденсація на них водяної пари відбувалась при вологості меншій, ніж 100%?
6. Від чого залежить тиск насиченої пари і як?
7. При яких погодних умовах утворюються радіаційні та адвективні тумани?
8. Які фізичні процеси призводять до виникнення хмар?
9. Який рівень є нижньою і який верхньою межею конвективних хмар?
10. За рахунок яких процесів зростають краплі та кристали хмар?

Завдання 8

Розрахувати добові суми випаровування води з поверхні океану W (кг/(м²·доба)), якщо відомі температура поверхні води t_0 (°C), густина повітря ρ_0 (кг/м³) та атмосферний тиск P_0 (гПа) біля неї, а також швидкість вітру s (м/с) на висоті між поверхнею води та рівнем 10м, де вимірюється парціальний тиск водяної пари e (гПа). Середнє значення a_s – коефіцієнта вологообміну над океаном – становить $2,5 \cdot 10^{-3}$ (кг/м³). Характеризувати випаровування як товщину шару води, що випаровується з поверхні 1 м². Формули для розрахунків використовувати з підручників [5.с. 342; 3.с. 124]. Для визначення тиску насичення E_0 (гПа) використати психрометричні таблиці.

Послідовність виконання завдання 8.

1. Кількість води, яка випаровується з 1 м² поверхні океану за добу розраховується за формулою Дальтона:

$$W = b_1 c_1 (E_0 - e_1),$$

де

$$b_1 = 0,622 \frac{a_s \rho_0}{P_0}$$

2. Для розрахунку W необхідно знайти E_0 за психрометричними таблицями по температурі поверхні води t_0 (°C).

3. За формулою Дальтона розрахувати W (кг/(м²·доба)) або W (мм/доба).

Варіанти вихідних даних:

Варіант	t_0 , °C	ρ_0 , кг/м ³	P_0 , гПа	c_1 , м/с	e_1 , гПа	b_1	E_0 , гПа	W (кг/(м ² ·доба))= W (мм/доба)
1	15,4	1,21	1005	5	12,4			
2	27,2	1,16	1000	3	28,4			
3	24,1	1,15	980	6	19,3			
4	-1,4	1,30	1015	2	3,7			
5	17,0	1,15	960	8	12,2			
6	0,0	1,29	1020	5	4,1			
7	8,0	1,27	1030	7	6,8			
8	11,4	1,21	1000	11	9,1			
9	1,8	1,26	1010	9	5,0			
10	9,7	1,18	970	4	8,7			

Завдання 9

1. Дати визначення глобального і регіонального кліматів.
2. Визначити зовнішні і внутрішні кліматоутворювальні фактори.
3. Назвіть основні розбіжності між континентальними і океанічними типами клімату.
4. Назвіть причини виникнення і райони зародження тропічних циклонів.
5. Що розуміють під кліматологічним фронтом? Види кліматологічних фронтів.
6. Що розуміють під загальною циркуляцією атмосфери (ЗЦА)?
7. Що таке зовнішній і внутрішній вологообіг і яке їх відносне значення у зволоженні тієї чи іншої території?
8. Дайте визначення центрів дії атмосфери (ЦДА).
9. На чому ґрунтується класифікація Б.П.Алісова?
10. Охарактеризуйте відмінності між мінливістю клімату, змінами та коливаннями клімату.

Завдання 10

Порядок виконання завдання

1. Виписати вихідні дані у вигляді таблиці повторюваності вітру за румбами (Табл. А.1 – А.10).
2. Визначити пануючий напрямок вітру за даними (Табл. А.1 – А.10).

3. Вибрати за годинниковою стрілкою 4-и румби (n_1, n_2, n_3, n_4) , які розташовані один за одним (з обов'язковим врахуванням пануючого напрямку вітру) за умови $n_3 \geq n_1$, а $n_2 \geq n_4$.
4. Розрахувати положення бісектриси квадранта з найбільшою повторюваністю вітру в октантах x_{\max} за формулою

$$x_{\max} = 1 + \frac{(n_3 - n_1)}{(n_3 - n_1) + (n_2 - n_4)}. \quad (1)$$
5. Перевести в градуси положення бісектриси x_{\max} за формулою

$$\alpha_{\max} = x_{\max} \times 45^\circ. \quad (2)$$
6. Графічно визначити положення бісектриси квадранта з найбільшою повторюваністю вітру.
7. Записати положення бісектриси, як переважного напрямку вітру.
8. Графічно визначити квадрант переважного напрямку вітру.
9. Розрахувати повторюваність переважного напрямку вітру за формулою:

$$P_{\max} = n_2 + n_3 + \frac{(n_3 - n_1) + (n_2 - n_4)}{2} \left(\frac{3}{2} - x_{\max} \right)^2 \quad (3).$$

Приклад розрахунку переважного напрямку вітру

1. Надаємо вихідні дані

Таблиця 1 – Повторюваність (%) напрямків вітру. Травень. Одеса

Румби	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
Повторюваність (%)	17	11	6	5	9	13	16	23
	n_3	n_4					n_1	n_2

2. Вибираємо пануючий вітер – ПнЗ (найбільша повторюваність північно-західного вітру – 23%). Записуємо отриманий результат у підсумкову таблицю 2.
3. Визначаємо чотири румба: n_1, n_2, n_3, n_4 . Пануючий вітер – ПнЗ, два сусідніх румби – З і Пн. Пн має більшу повторюваність, ніж З, тому четвертий румб береться біля Пн, тобто ПнС.

Таким чином:

- З – n_1 (16%)
- ПнЗ – n_2 (23%)
- Пн – n_3 (17%)
- ПнС – n_4 (11%)

Необхідні умови виконуються, а саме:

$$n_3 = 17\%(Пн) > n_1 = 16\%(З)$$

$$n_2 = 23\%(ПнЗ) > n_4 = 11\%(ПнС)$$

Записуємо отриманий результат у підсумкову таблицю 2.

4. Розрахуємо положення бісектриси квадранта з найбільшою повторюваністю вітру в октантах за формулою (1):

$$x_{\max} = 1 + \frac{(17-16)}{(17-16) + (23-11)} = 1.1$$

Записуємо отриманий результат у підсумкову таблицю 2.

5. Переведемо x_{\max} в градуси за формулою (2):

$$\alpha_{\max} = 1.1 \times 45^\circ = 50^\circ$$

Записуємо отриманий результат у підсумкову таблицю 2.

6. Графічно визначаємо положення бісектриси квадранта з найбільшою повторюваністю вітру.

Кут $\alpha_{\max} = 50^\circ$ відкладається від З (n_1) за годинниковою стрілкою (рис. 1).

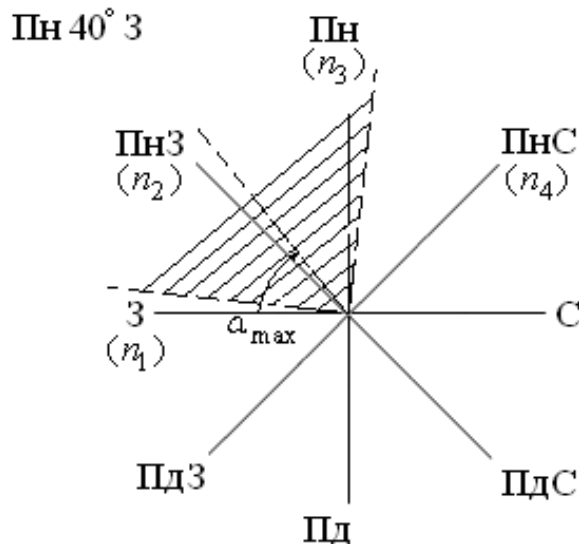


Рисунок 1 – Квадрант переважного напрямку вітру

7. Записуємо положення бісектриси квадранта з найбільшою повторюваністю вітру.

Бісектриса попадає в північну частину горизонту і відхилена на захід.

Кут, який складає бісектриса з головним напрямком (Пн) в бік додаткового (З), дорівнює 40° . ($90^\circ - 50^\circ = 40^\circ$). Тобто бісектриса розташована від Пн на 40° до З. Переважний напрямок вітру: Пн 40° З. Записуємо отриманий результат у підсумкову таблицю 2.

8. Для графічного зображення квадранту переважного напрямку вітру треба відкласти по 45° по обидва боки від нанесеної бісектриси (рис. 1).

9. Повторюваність переважного напрямку вітру складає за формулою (3):

$$P_{\max} = 23 + 17 + \frac{(17-16) + (23-11)}{2} \left(\frac{3}{2} - 1.1 \right)^2 = 41\%$$

Записуємо отриманий результат у підсумкову таблицю 2.

В ході роботи було розраховано переважний напрямок вітру – Пн 40° З, який має повторюваність 41%.

Таблиця 2 – Переважний вітер на ст. Одеса

№	Характеристика	Травень
1.	Пануючий вітер (румб, n , %)	ПнЗ (23%)
2.	Румби, які мають повторюваність (n , %), вибрані за умови: $n_3 \geq n_1$, $n_2 \geq n_4$	З – n_1 (16%) ПнЗ – n_2 (23%) Пн – n_3 (17%) ПнС – n_4 (11%)
3.	Положення бісектриси в октантах (x_{\max})	1.1
4.	Положення бісектриси в градусах (α_{\max} , °)	50°
5.	Переважний напрямок вітру	Пн 40° З
6.	Повторюваність переважного напрямку вітру (P , %)	41%

Таблиця 3 – Варіанти завдань розрахункової частини контрольної роботи (назва станції, Додаток А)

Сума двох останніх цифр залікової книжки	Назва метеорологічної станції	Номер таблиці вихідних даних
0	Любашівка	А.1
1	Щорс	А.2
2	Ромни	А.3
3	Луцьк	А.4
4	Славсьько	А.5
5	Дар'ївка	А.6
6	Знам'янка	А.7
7	Рахів	А.8
8	Чернівці	А.9
9	Херсон	А.10

Таблиця 4 – Варіанти завдань розрахункової частини контрольної роботи (назва місяця року, Додаток А)

Остання цифра номера залікової книжки	Номер і назва місяця року	Номер таблиці вихідних даних
0	X – жовтень	A.1
1	I – січень	A.2
2	II – лютий	A.3
3	III – березень	A.4
4	IV – квітень	A.5
5	V – травень	A.6
6	VI – червень	A.7
7	VII – липень	A.8
8	VIII – серпень	A.9
9	IX – вересень	A.10

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Повторюваність (%) напрямку вітру та штилю.
Одеська область, ст. Любашівка

Місяць	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Штиль
I	15	11	10	13	13	10	11	17	5
II	15	10	8	15	12	8	12	20	5
III	12	15	10	13	14	8	11	17	5
IV	13	14	12	15	17	7	8	14	6
V	15	15	11	13	14	8	8	16	7
VI	19	13	9	10	13	6	9	21	8
VII	18	11	6	6	9	8	14	28	11
VIII	16	12	7	7	12	7	11	28	9
IX	14	10	6	10	16	8	13	23	13
X	12	12	13	16	14	7	11	15	12
XI	11	9	18	20	14	8	9	11	7
XII	11	14	12	17	14	8	11	13	5
Рік	14	12	10	13	14	8	11	18	8

Таблиця А.2 – Повторюваність (%) напрямку вітру та штилю.
Чернігівська область, ст. Щорс

Місяць	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Штиль
I	8	14	10	17	15	15	11	10	6
II	9	11	10	21	12	11	11	15	6
III	10	12	10	18	14	11	11	14	7
IV	10	12	12	20	14	10	10	12	6
V	13	16	11	14	12	8	11	15	7
VI	15	13	9	15	8	10	12	18	9
VII	15	11	9	11	7	10	17	20	10
VIII	12	15	11	12	8	11	16	15	11
IX	10	9	7	13	13	18	16	14	13
X	7	12	8	15	15	16	13	14	11
XI	6	7	13	26	13	15	12	8	6
XII	7	11	11	22	16	16	10	7	4
Рік	10	12	10	17	12	13	12	14	8

Таблиця А.3 – Повторюваність (%) напрямку вітру та штилю.
Сумська область, ст. Ромни

Місяць	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Штиль
I	7	8	20	11	12	15	16	11	5
II	7	8	19	14	10	13	15	14	4
III	6	10	18	12	12	14	13	15	4
IV	9	9	19	13	12	12	13	13	5
V	11	13	18	9	11	11	11	16	7
VI	13	11	14	9	8	10	14	21	8
VII	13	10	12	6	7	9	17	26	9
VIII	10	12	14	8	9	9	16	22	11
IX	10	8	11	10	13	13	19	16	8
X	7	7	17	10	12	16	17	14	8
XI	5	7	23	17	12	15	13	8	5
XII	6	7	20	13	14	17	14	9	5
Рік	9	9	17	11	11	13	15	15	7

Таблиця А.4 – Повторюваність (%) напрямку вітру та штилю.
Волинська область, ст. Луцьк

Місяць	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Штиль
I	4	4	8	13	18	14	23	16	7
II	5	3	11	17	16	13	20	15	8
III	8	6	17	21	11	7	14	16	6
IV	8	5	13	22	14	9	13	16	8
V	10	10	14	12	13	6	13	22	12
VI	10	7	10	13	10	7	18	25	13
VII	7	6	7	8	10	12	26	24	14
VIII	8	6	10	11	10	9	24	22	16
IX	7	3	9	13	14	13	23	18	15
X	3	2	12	19	18	10	22	14	14
XI	7	5	12	25	19	7	15	10	8
XII	5	3	10	19	21	14	18	10	5
Рік	7	5	11	16	15	10	19	17	10

Таблиця А.5 – Повторюваність (%) напрямку вітру та штилю.
Львівська область, ст. Славсько

Місяць	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Штиль
I	21	11	1	1	39	22	1	4	38
II	22	12	0	1	37	20	2	6	35
III	28	20	1	1	24	15	3	8	37
IV	28	18	1	1	27	16	3	6	40
V	36	22	2	3	19	11	2	5	40
VI	36	19	2	2	24	9	2	6	43
VII	33	15	2	4	26	11	2	7	47
VIII	33	15	1	2	25	15	3	6	49
IX	25	14	1	1	33	19	1	6	50
X	24	13	0	2	39	17	1	4	46
XI	22	11	0	2	37	21	2	5	43
XII	20	8	0	1	40	25	2	4	38
Рік	27	15	1	1	31	17	2	6	42

Таблиця А.6 – Повторюваність (%) напрямку вітру та штилю.
Луганська область, ст. Дар'ївка

Місяць	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Штиль
I	12	21	10	20	10	16	7	4	2
II	12	17	11	21	10	15	8	6	2
III	11	16	11	17	11	16	9	9	2
IV	12	15	17	19	10	15	5	7	3
V	13	15	16	15	9	18	6	8	4
VI	19	18	10	11	7	16	9	10	6
VII	20	17	10	9	7	16	9	12	8
VIII	20	18	12	11	7	13	8	11	8
IX	19	17	10	15	7	13	8	11	9
X	15	16	14	15	9	15	8	8	6
XI	9	15	18	24	9	13	6	6	2
XII	9	19	14	20	10	16	7	5	2
Рік	14	17	13	16	9	15	8	8	5

Таблиця А.7 – Повторюваність (%) напрямку вітру та штилю.
Кіровоградська область, ст. Знам'янка

Місяць	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Штиль
I	17	15	8	11	12	13	13	11	3
II	18	12	9	14	11	11	11	14	3
III	17	16	9	11	12	13	10	12	4
IV	14	17	13	13	13	11	8	11	6
V	18	19	13	10	10	11	8	11	7
VI	25	16	8	9	9	10	8	15	9
VII	26	14	6	5	6	8	12	23	11
VIII	23	15	8	7	8	10	10	19	13
IX	20	12	6	8	11	13	12	18	11
X	17	12	9	10	14	12	13	13	11
XI	11	12	15	17	13	13	10	9	7
XII	12	15	10	14	13	16	12	8	4
Рік	17	15	9	11	11	12	11	14	8

Таблиця А.8 – Повторюваність (%) напрямку вітру та штилю.
Закарпатська область, ст. Рахів

Місяць	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Штиль
I	3	23	11	3	4	45	10	1	64
II	1	21	11	2	4	42	17	2	38
III	3	36	17	2	4	27	10	1	53
IV	2	33	17	2	5	29	10	2	56
V	3	37	14	2	5	27	11	1	56
VI	2	28	13	1	5	31	18	2	60
VII	1	18	13	4	7	37	19	1	66
VIII	3	19	12	3	7	36	18	2	64
IX	1	19	9	3	6	47	13	2	67
X	1	24	15	2	7	37	13	1	68
XI	2	28	14	3	4	38	9	2	70
XII	2	22	12	2	2	40	18	2	72
Рік	2	26	13	2	5	36	14	2	63

Таблиця А.9 – Повторюваність (%) напрямку вітру та штилю.
Чернівецька область, ст. Чернівці

Місяць	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Штиль
I	3	2	19	20	4	6	10	36	17
II	4	2	22	18	3	5	11	35	16
III	6	3	21	19	3	5	8	35	14
IV	7	4	19	20	3	5	9	33	17
V	8	5	14	15	5	5	12	36	17
VI	8	4	9	13	5	5	15	41	17
VII	6	3	8	11	4	7	18	43	20
VIII	6	3	10	12	3	7	17	42	21
IX	4	4	15	17	4	8	18	30	23
X	2	2	25	17	3	6	14	31	23
XI	3	2	28	28	3	5	9	22	16
XII	3	2	29	24	3	6	11	22	21
Рік	5	3	18	18	4	6	12	34	18

Таблиця А.10 – Повторюваність (%) напрямку вітру та штилю.
Херсонська область, ст. Херсон

Місяць	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Штиль
I	16	23	17	12	7	7	8	10	12
II	12	18	19	13	8	9	10	11	9
III	13	19	16	11	10	11	9	11	11
IV	14	16	17	12	12	13	8	8	10
V	14	16	14	10	12	17	8	9	11
VI	19	16	11	7	10	15	10	12	12
VII	22	14	9	5	7	18	10	15	14
VIII	20	18	11	7	7	15	10	12	16
IX	21	17	12	10	10	11	7	12	20
X	14	21	19	12	8	8	8	10	16
XI	12	22	23	15	6	8	6	8	10
XII	12	21	21	17	7	8	7	7	12
Рік	16	18	16	11	9	12	8	10	13

Зміст

1 Загальна частина	3
2 Зміст дисципліни	5
2.1 Розділ «Основи фізики атмосфери»	5
2.2 Розділ «Кліматологія»	7
2.3 Література	8
3 Зміст теоретичних підрозділів курсу та рекомендації по їх вивченню	9
3.1 Розділ «Основи фізики атмосфери»	9
3.2 Розділ «Кліматологія»	18
4 Організація контролю знань та вмінь	26
5 Завдання для контрольної роботи та вимоги до її виконання та оформлення	28
Додаток А	42

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до самостійної роботи студентів
та виконання контрольної роботи
з дисципліни “Метеорологія і кліматологія”
для студентів III курсу
заочної форми навчання

Укладачі: к.геогр.н., доцент Недострелова Л.В.

Підписано до друку . Формат 60x84/16. Папір офсетний.
Друк офсетний. Ум. друк. арк. 3,26.
Тираж 200 прим. Зам. № 94.

Надруковано з готового оригінал-макета

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

Друкарня видавництва «Екологія»
65045, м. Одеса, вул. Базарна, 106.
Тел.: (0482) 33-07-17, 37-07-95, 37-14-25