

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для практичних робіт з навчальної дисципліни
«Авіаційні прогнози погоди»

на тему: «Прогноз метеовеличин біля землі та на висотах»

для студентів денної форми навчання спеціальності 103 «Науки про Землю»,
рівень вищої освіти бакалавр

Методичні вказівки для виконання практичних робіт на тему «Прогноз метеовеличин біля землі та на висотах» при вивченні дисципліни «Авіаційні прогнози погоди» для студентів IV курсу денної форми навчання за спеціальністю 103 «Науки про Землю», рівень вищої освіти бакалавр. / Укладачі: к.ф.-м.н, Мансарлійський В. Ф., к.геогр.н., доц. Грушевський О.М., Шанюк О.В. – Одеса, ОДЕКУ, 2021. – 35 с.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1 Прогноз вітру біля поверхні землі та на висотах	6
ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ	6
ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	7
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2 Прогноз температури та вологості біля поверхні землі та на висотах	12
ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ	12
ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	17
ЛІТЕРАТУРА.....	35

ПЕРЕДМОВА

В основу розрахункових методів аналізу і прогнозу змінення метеорологічних елементів закладено уявлення про атмосферу як про безперервне середовище. Синоптично значимі процеси в цьому середовищі описуються фундаментальними законами фізики, до числа яких відносяться:

- закон збереження маси;
- закон збереження енергії.

Стосовно задачі аналізу і прогнозу змінень метеоелементів ці загальні закони формулюються з урахуванням ряду фізичних процесів, що є специфічними для атмосфери. До них відносяться:

- теплова і механічна взаємодія повітряних мас з неоднорідним підстильним середовищем;
- перенос і фазове перетворення вологи в атмосфері;
- поглинання в атмосфері випромінення Сонця, а також теплового випромінення підстильного середовища і випромінення різних шарів атмосфери і хмар.

Змінення з часом полів основних метеорологічних величин (атмосферного тиску, температури і вологості повітря, швидкості і напрямку вітру), а також утворення хмар і випадіння опадів є результатом сукупної дії цих факторів [4].

Метою методичних вказівок є формування у студентів теоретичних знань щодо принципів і порядку складання прогнозу метеовеличин, граничному шарі та у вільній атмосфері і практичних навичок щодо розробки прогнозу метеовеличин біля поверхні землі та у вільній атмосфері.

Після вивчення методичних вказівок студент повинен:

знати:

- порядок використання результатів гідродинамічного прогнозу геопотенціалу та тиску при прогнозі вітру біля землі та на висотах;
- принципи і порядок складання прогнозу температури у приземному шарі;
- принципи і порядок складання прогнозу максимальної і мінімальної температури повітря;

вміти:

- розробляти прогноз температури і вологості повітря, біля поверхні землі та на висотах;
- розробляти прогноз напрямку й швидкості вітру біля поверхні землі та на висотах.

Дані методичні вказівки містять в собі рекомендації з виконання двох практичних занять з теми «Прогноз метеовеличин біля землі та на висотах» дисципліни «Авіаційні прогнози погоди». Вивчення цієї теми передбачає засвоєння теоретичного матеріалу та усної відповіді на питання для самоперевірки.

Наведені нижче завдання виконуються студентами під час аудиторних занять. Максимальна кількість балів, яку може одержати студент при виконанні двох практичних робіт складає 9 балів (за виконання першої роботи 4 бали за виконання другої роботи 5 балів).

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1.

Прогноз вітру біля поверхні землі та на висотах

ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Зліт і посадка літальних апаратів, інженерно-штурманські розрахунки польоту, бойове застосування авіації пов'язані з інформацією про вітер. Зустрічний вітер в приземному шарі значно скочує довжину розбігу і пробігу літака, що є дуже важливим при обмеженій довжині злітно-посадкової смуги (ЗПС). Інформація про вітер на висоті польоту необхідна для введення до автоматичних навігаційних пристроїв. Використання цієї інформації дозволяє визначити найбільш оптимальний режим польоту і отримати значний економічний ефект.

Методика прогнозу вітру визначається завчасністю прогнозу, вихідною метеорологічною інформацією, вимогами до прогнозу, яка залежать від умов використання прогностичної інформації.

Зазвичай в прогностичній практиці застосовується синоптичний метод і розрахунково-графічні способи.

Синоптичний метод дозволяє розробити прогноз вітру з використанням фактичних (за умов, що суттєвої перебудови баричного поля не очікується) і прогностичних карт погоди. Рекомендується наступна послідовність розробки прогнозу.

Для пункту прогнозу на карті АТ₇₀₀ або АТ₅₀₀ методом геострофічних траєкторій визначити початкову точку траєкторії (вихідний район), яка переноситься на приземну карту погоди. У відповідності до особливостей розподілу баричного поля і поля вітру уздовж траєкторії переміщення формулюється прогноз напрямку і швидкості вітру. Особливу увагу треба приділити суттєвому змінненню швидкості і напрямку вітру при очікуваному проходженні через пункт прогнозу атмосферних фронтів, осей улоговин або гребенів тощо.

Попередні прогностичні характеристики вітру додатково уточнюються з урахуванням місцевих особливостей підстильної поверхні, часу доби, температури у граничному шарі атмосфери.

Для розробки прогнозу вітру біля поверхні землі з використанням прогностичних карт необхідно для пункту прогнозу визначити по положенню прогностичних ізобар напрям і, застосовуючи градієнтну лінійку, швидкість геострофічного вітру. При цьому необхідно врахувати, що вектор вітру відхиляється від ізобар в бік низького тиску над сушею на кут 30 – 40° над морем 10 – 20°.

Швидкість вітру в приземному шарі розраховується за формулою

$$V = k \cdot V_g, \quad (7.1)$$

де V_g – швидкість геострофічного вітру; k – коефіцієнт, який в середньому дорівнює над морем 0,7 – 0,8, над сушею 0,5 – 0,6 для швидкості вітру меншу за 15 м/с.

Величина коефіцієнту k залежить від різних факторів:

- сезону року і часу доби;
- стратифікації повітряної маси і добового ходу температури повітря;
- особливостей орографії і топографії місцевості.

Контрольні питання:

1. Чим визначається методика прогнозу вітру?
2. Яку послідовність розробки прогнозу передбачає синоптичний метод прогнозу вітру?
3. У якому напрямі і на яку величину відхиляється вектор дійсного вітру від вектору геострофічного вітру?
4. Яку величину має коефіцієнт зв'язку швидкості геострофічного та дійсного вітру і від чого він залежить?

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Мета роботи: набуття практичних навиків з розробки прогнозу напрямку і швидкості вітру біля поверхні та у вільній атмосфері.

Завдання 1. Провести аналіз розвитку синоптичних процесів і розробити прогноз синоптичного положення на 12 годин вперед .

Вихідні матеріали:

1. Комплект карт погоди (архів АРМ синоптика).
2. Градієнтні лінійки.

Таблиця 7.1 – Варіанти вхідних даних

№ вар.	Дата	Пункт прогнозу	Найменування файлу
1	02.11.17	Київ	An_AT850_PYUA85_M=0200, An_priz_Klc_K=0200
2	02.11.17	Харків	An_AT850_PYUA85_M=0200, An_priz_Klc_K=0200
3	03.11.17	Одеса	An_AT850_PYUA85_M=0300, An_priz_Klc_K=0300

4	01.12.17	Київ	An_AT700_PYUA70_M=0100, An_priz_Klc_K=0100
5	01.12.17	Харків	An_AT700_PYUA70_M=0100, An_priz_Klc_K=0100
6	01.12.17	Одеса	An_AT700_PYUA70_M=0100, An_priz_Klc_K=0100
7	06.12.17	Одеса	An_AT700_PYUA70_M=0600, An_priz_Klc_K=0600
8	07.12.17	Одеса	An_AT700_PYUA70_M=0700, An_priz_Klc_K=0700
9	14.12.17	Київ	An_AT700_PYUA70_M=1400, An_priz_Klc_K=1400
10	14.12.17	Харків	An_AT700_PYUA70_M=1400, An_priz_Klc_K=1400

Рекомендації по виконанню завдання:

1. Провести аналіз приземної карти і карт баричної топографії.
2. Розробити прогноз переміщення циклону в районі прогнозу.
3. Розробити прогноз переміщення атмосферних фронтів на 12 годин.
4. Для пункту прогнозу уточнити прогноз баричного поля та час проходження атмосферного фронту, якщо він спостерігається.

Звітні матеріали

Проаналізований аеросиноптичний матеріал за відповідний період і графічно оформлений прогноз синоптичного положення.

Завдання 2. Розробити прогноз вітру в пункті на період 12 год.

Вихідні матеріали:

Аналогічно завданню 1.

Рекомендації по виконанню завдання:

1. На період прогнозу визначити початковий район (район з якого очікується надходження повітряної маси протягом наступних 12 годин).

2. Напрямок вітру dd визначити по ізобарах з урахуванням відхилення дійсного вітру від напрямку ізобар.

Дійсний вітер біля поверхні землі відхиляється від напрямку ізобар у бік низького тиску і має швидкість менше швидкості градієнтного вітру. Кут відхилення вітру від ізобар складає над морем $10 - 20^\circ$, над суходолом – $25 - 30^\circ$. Швидкість дійсного вітру над морем складає $0,7 - 0,8$ швидкості градієнтного вітру, а над суходолом - $0,5 - 0,6$;

3. Визначити швидкість вітру:

а) з використанням градієнтної лінійки:

- визначити широту місця φ пункту прогнозу;
- у початковому районі визначити відстань між ізобарами;
- визначити швидкість градієнтного вітру;
- розрахувати прогностичну швидкість вітру за формулою 7.1:

б) з використанням графіка (рис.7.1):

– у початковому районі розрахувати величину баричного градієнту $\Delta P/\Delta n$ у гПа на 1° меридіану;

– по графіку на рис. 7.1 на вертикальній вісі відкласти величину баричного градієнту і провести горизонтальну лінію до перетину з лінією, що відповідає сезону року і часу доби;

– з точки перетину опуститися вниз і на горизонтальній шкалі визначити швидкість вітру.

4. До розробленого прогнозу вітру внести уточнення з урахуванням стратифікації повітряної маси, добового ходу температури і місцевих особливостей.

5. Для розробки прогнозу вітру на добу необхідно використовувати прогностичну приземну карту. Прогноз вітру в даному випадку розробляється аналогічно запропонованим вище способам.

6. На підставі розрахунків за двома способами прогнозу сформулювати прогноз вітру.

7. Результати розрахунків записати до таблиці 7.2.

Звітні матеріали

1. Траєкторії повітряних частинок, графічно відображені на відповідних картах, положення початкового району на приземній карті погоди.

2. Заповнена таблиця 7.2.

3. Текст прогнозу вітру.

Приклад:

1. У результаті аналізу аеросиноптичного матеріалу визначено, що пункт Київ на період прогнозу знаходиться в тилівій частині циклону. Початковий район знаходиться на 150 км на захід від пункту прогнозу.

2. Напрямок ізобар в початковому районі складає 350° . З урахуванням відхилення напрям дійсного вітру складає 320° .

3. Прогностична швидкість вітру:

а) з використанням градієнтної лінійки:

– широта місця пункту прогнозу $\varphi = 50^\circ$;

– відстань між ізобарами в початковому районі $\Delta n = 32 \text{ мм}$ (з урахуванням масштабу $\Delta n = 480 \text{ км}$);

– $V_g = 10 \text{ м/с}$;

– $V_{\text{пр}} = 0,6 \cdot 10 = 6 \text{ м/с}$;

б) з використанням графіка (рис.7.1):

– Δn (у меридіану) $= \Delta n$ (км)/111 $= 480/111 = 4,3^\circ$ меридіану;

– $\Delta P/\Delta n = 5(\text{гПа})/4,3^\circ$ меридіану $= 1,2 \text{ гПа}/1^\circ$ меридіану;

– по графіку визначаємо $V_{\text{пр}} = 11 \text{ м/с}$;

4. До прогностичного значення швидкості вітру $V_{\text{пр}}$ вносяться поправки з урахуванням впливу тилової частини циклону і на добовий хід

вітру. Оскільки прогноз складається на вечір $V_{пр}$ буде меншою за розрахункову на 2 – 3 м/с, тобто $V_{пр} = 8$ м/с.

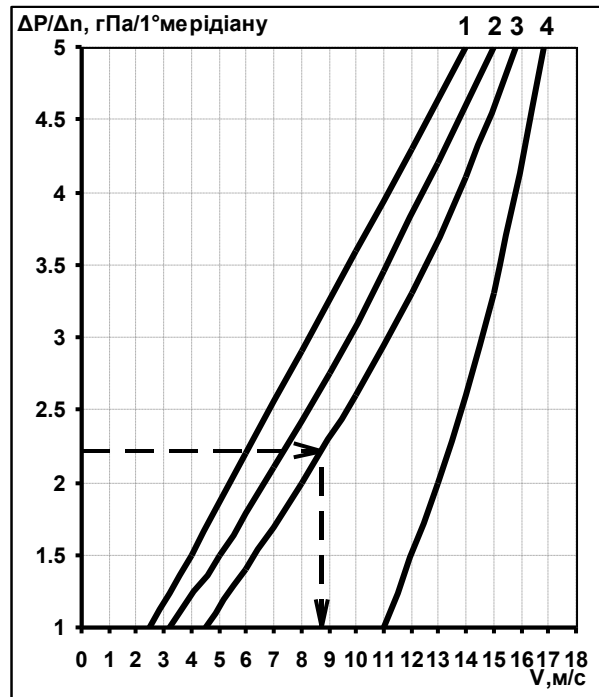


Рис. 7.1 Залежність швидкості вітру $V_{пр}$ від величини баричного градієнту: крива 1 відповідає - залежності швидкості вітру від баричного градієнту для літа (вночі); крива 2 відповідає - залежності швидкості вітру від баричного градієнту для зими (вночі); крива 3 відповідає - залежності швидкості вітру від баричного градієнту для зими (вдень); крива 4 відповідає - залежності швидкості вітру від баричного градієнту для літа (вдень).

5. По прогностичній карті за допомогою градієнтної лінійки (1 спосіб) визначаємо, що в п. Київ $dd = 320^\circ V_g = 9$ м/с. По графіку 7.1 (2 спосіб) виходить, що $\Delta n = 4,9^\circ$ меридіану, $\Delta P/\Delta n = 1$ гПа/1° меридіану, $V_{пр} = 11$ м/с; з урахуванням добового ходу вітру $V_{пр} = 9$ м/с.

6. Формулювання прогнозу: погода обумовиться впливом тилової частини циклону, вітер $310-330^\circ$, 6 – 9 м/с. На період прогнозу. погода також обумовлюватиметься впливом тилової частини циклону, вітер $310-330^\circ$, 7 – 10 м/с.

7. Результати розрахунків записані до таблиці 7.2.

Таблиця 7. 2 – Варіанти розрахунку напряму і швидкості біля поверхні землі

Вар-т	Пункт	$\overline{V}_{850},$ км/ГОД	L, км	dd, град	$\varphi,$ град	$\Delta n,$ мм	$V_g,$ м/с	$V_{пр},$ м/с	$\frac{\Delta P}{\Delta n},$ гПа/ °меридіану	$V_{пр},$ м/с	Прогноз
0	Київ	36	389	320	50	32	10	6	1,2	8	6 – 9
1	---/--										

Завдання 3. Розробити прогноз вітру над пунктом (згідно варіанту) на висоті 5 км із завчасністю 24 години.

Вихідні матеріали.

Карти баричної топографії АТ-500 (архів АРМ синоптика).

Таблиця 7.3 – Варіанти вхідних даних

№ вар.	Дата	Пункт прогнозу	Найменування файлу
1	02.11.17	Київ	An_AT500_PYUA50_M=0200, Pr24_36_AT500_PHUG50_M=0200
2	02.11.17	Харків	An_AT500_PYUA50_M=0200, Pr24_36_AT500_PHUG50_M=0200
3	03.11.17	Одеса	An_AT500_PYUA50_M=0300, Pr24_36_AT500_PHUG50_M=0300
4	01.12.17	Київ	An_AT500_PYUA50_M=0100, Pr24_36_AT500_PHUG50_M=0100
5	01.12.17	Харків	An_AT500_PYUA50_M=0100, Pr24_36_AT500_PHUG50_M=0100
6	01.12.17	Одеса	An_AT500_PYUA50_M=0100, Pr24_36_AT500_PHUG50_M=0100
7	06.12.17	Одеса	An_AT500_PYUA50_M=0600, Pr24_36_AT500_PHUG50_M=0600
8	07.12.17	Одеса	An_AT500_PYUA50_M=0700, Pr24_36_AT500_PHUG50_M=0700
9	14.12.17	Київ	An_AT500_PYUA50_M=1400, Pr24_36_AT500_PHUG50_M=1400
10	14.12.17	Харків	An_AT500_PYUA50_M=1400, Pr24_36_AT500_PHUG50_M=1400

Рекомендації по виконанню завдання:

1. На прогностичній карті АТ₅₀₀ позначити пункт прогнозу, (якщо необхідно, провести додаткову ізогіпсу) визначити напрям вітру;
2. Використовуючи градієнтну лінійку, визначити швидкість вітру, при цьому врахувати відмінність масштабів карти і градієнтної лінійки та сформулювати прогноз вітру.

Звітні матеріали

1. Текст прогнозу вітру на висоті 5 км.

Приклад:

Розробити прогноз вітру для п. Київ на висоті 5 км.

1. На прогностичній карті АТ₅₀₀ відмічаємо пункт Київ.
2. Напрямок вітру визначаємо по проведеній додатково ізогіпси, яка проходить через пункт прогнозу: $dd = 320^\circ$.
3. Відстань між ізогіпсами $\Delta n = 11$ мм.
4. Для того, щоб визначити по градієнтній лінійки швидкість вітру необхідно привести виміряну відстань між ізогіпсами $\Delta n = 11$ мм на карті АТ₅₀₀ з масштабом 1:150 км до Δn з масштабом градієнтної лінійки 1:100 км, тобто для цього необхідно $\Delta n_{1,5} = 16,5$ мм. Знаючи $\varphi = 50$ і приведене $\Delta n = 16,5$ визначаємо $V_{пр} = 9$ м/с = 68 км/год.
5. Прогноз вітру: вітер на висоті 5 км 310-330°, 60 – 80 км/год.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

Прогноз температури та вологості біля поверхні землі та на висотах

ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Температура повітря

Змінення температури повітря в деякій точці простору (локальне змінення), отримане з рівняння притоку тепла можна записати наступним чином

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\left(u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y}\right) + \frac{\gamma_a - \gamma}{g\rho} \tau + \frac{\varepsilon}{c_p}, \quad (8.1)$$

де T – температура повітря; u, v – складові фактичного вітру; $\gamma = \frac{\partial T}{\partial z}$,

$\gamma = \frac{A_g}{c_p}$ – фактичний і сухоадіабатичний вертикальні градієнти температури

відповідно (A – термічний еквівалент роботи); g – прискорення вільного падіння;

ρ – щільність повітря; $\tau = \frac{dp}{dt} \approx -g\rho w$ – баричний аналог вертикальної

швидкості w ; ε – приток тепла за час Δt , віднесений до одиниці маси повітря;

c_p – питома теплоємність повітря при атмосферному тиску $p = \text{const}$

З рівняння (8.1) виходить, що локальне змінення температури повітря

$\frac{\partial T}{\partial t}$ визначається:

- горизонтальною адвекцією температури (перша складова рівняння);
- характером вертикальних рухів повітря (друга складова);
- притоками тепла (третья складова).

Адвективні змінення температури повітря

Вираз для розрахунку адвективних змінень температури

$$\left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)_a = -\left(u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y}\right) \quad (8.2)$$

в кінцевих різницях має вигляд

$$(\Delta T)_a = -\left(u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y}\right) \Delta t. \quad (8.3)$$

Якщо вісь Ox спрямувати уздовж траєкторії руху ($v = 0$), то адвективні змінення дорівнюватимуть

$$(\Delta T)_a = -u \frac{\Delta T}{\Delta x} \Delta t.$$

Враховуючи, що $u\Delta t = \Delta x$, можна записати

$$(\Delta T)_a = -\Delta T = T' - T_0, \quad (8.4)$$

де T_0 – температура повітря в пункті прогнозу (рис 8.1); T' – температура повітря в точці, звідки частинка повітря переміститься за час Δt до пункту прогнозу. Цю траєкторію в подальшому називатимемо *початковою точкою траєкторії* або *вихідним районом*.

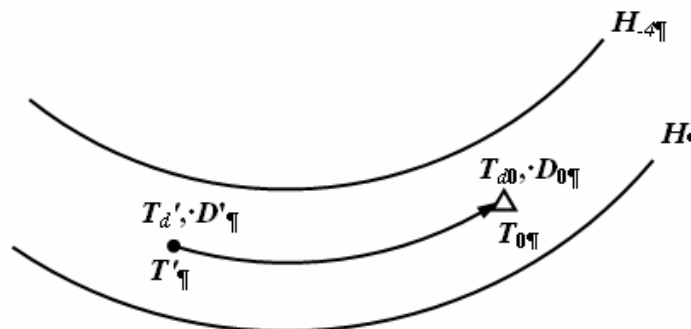


Рис. 8.1 – До визначення адвективних змінень температури і точки роси.

З аналізу формули (8.4) видно, що додатне адвективне змінення температури обумовлене адвекцією тепла в пункті прогнозу ($T' > T_0$), від'ємне – адвекцією холоду ($T' < T_0$).

Змінення температури в наслідок вертикальних переміщень повітря

Для розрахунку змінень температури, обумовлених вертикальними рухами відповідно до рівняння (8.1), використовується вираз

$$\left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)_\tau = \frac{\gamma_a - \gamma}{g\rho} \tau. \quad (8.5)$$

З рівняння (8.5) видно, що при стійкій стратифікації температури ($\gamma < \gamma_a$) і висхідних рухах ($\tau < 0$) температура повітря знижується, а при низхідних потоках ($\tau > 0$) – підвищується.

При нестійкій стратифікації температури ($\gamma > \gamma_a$), навпаки, при висхідних потоках температура підвищується, а при низхідних – знижується. При незначній стратифікації ($\gamma \approx \gamma_a$), температура повітря внаслідок вертикального переносу залишається майже незмінною.

Змінення температури повітря, обумовлене припливом тепла

З формули (8.1) видно, що змінення температури повітря, обумовлене припливом тепла, визначається виразом

$$\left(\frac{\partial T}{\partial t} \right)_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{c_p}, \quad (8.6)$$

Ці змінення температури на деякому рівні атмосфери називається *трансформаційними* або *індивідуальними*.

Приплив тепла ε в атмосфері обумовлений турбулентним переносом тепла ε_τ , фазовим переміщенням води в атмосфері ε_ϕ і променевою енергією ε_Π тобто

$$\varepsilon = \varepsilon_\tau + \varepsilon_\phi + \varepsilon_\Pi. \quad (8.7)$$

турбулентний приплив тепла без урахування його горизонтальних складових може бути розрахованим по формулі

$$\varepsilon_\tau = \frac{c_p}{\rho} \left(\frac{\partial}{\partial z} \rho k \frac{\partial T}{\partial z} \right), \quad (8.8)$$

де k – коефіцієнт турбулентності.

Як видно з формули (8.8), вертикальний турбулентний приплив тепла залежить від змінення по висоті вертикального градієнту температури і коефіцієнту турбулентності.

Деякі інші процеси теплообміну відбуваються, якщо повітряна маса протягом декількох діб знаходиться над одним і тим самим фізико-географічним районом і адвекція температури відсутня. В цьому випадку змінення температури в пункті прогнозу в основному відбувається за рахунок змінення теплового режиму підстильної поверхні протягом доби. Таке змінення температури називається *добовим ходом*.

Таким чином, біля поверхні землі локальне змінення температури в основному обумовлене:

- горизонтальним переносом температури повітря;
- трансформацією повітря, пов'язаною з вертикальним турбулентним обміном атмосфери з підстильною поверхнею.

У вільній атмосфері головними факторами, що визначають локальне змінення температури є:

- горизонтальний перенос поля температури;
- вертикальні рухи повітря.

Вологість повітря

Аналіз змінення вологості повітря в атмосфері можна провести за допомогою аналізу локального змінення двох метеовеличин – точки роси T_d і дефіциту точки роси $D = T - T_d$. Точка роси є непрямую характеристикою вмісту водяної пари в одиниці маси повітря, а дефіцит точки роси характеризує ступінь насичення повітря водяною парою.

Для насиченого водяною парою повітря рівняння переносу для T_d і D з урахуванням основних факторів мають вигляд:

$$\frac{\partial T_d}{\partial t} = -\left(u \frac{\partial T_d}{\partial x} + v \frac{\partial T_d}{\partial y}\right) + (\gamma_{aT_d} - \gamma_{T_d})w + \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial T_d}{\partial z}, \quad (8.9)$$

$$\frac{\partial D}{\partial t} = -\left(u \frac{\partial D}{\partial x} + v \frac{\partial D}{\partial y}\right) + (\gamma_{aD} - \gamma_D)w + \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial D}{\partial z}, \quad (8.10)$$

де γ_{aT_d} , γ_{T_d} і γ_{aD} , γ_D – адіабатичний і фактичний вертикальні градієнти точки роси і дефіциту точки роси відповідно; w – швидкість вертикальних рухів.

В приземному шарі атмосфери з урахуванням того, що вертикальні рухи w є зневажливо малими, локальні змінення точки роси та її дефіциту у насиченому повітрі відбуваються в основному за рахунок горизонтального переносу водяної пари [перші доданки правих частин рівнянь (8.9) і (8.10)] і турбулентного вологообміну з підстильною поверхнею (треті доданки).

Для розрахунку адвективних змінень вологості повітря в пункті прогнозу необхідно використати вираз:

$$\left(\frac{\partial T_d}{\partial t}\right)_a = -\left(u \frac{\partial T_d}{\partial x} + v \frac{\partial T_d}{\partial y}\right); \quad (8.11)$$

$$\left(\frac{\partial D}{\partial t}\right)_a = -\left(u \frac{\partial D}{\partial x} + v \frac{\partial D}{\partial y}\right). \quad (8.12)$$

Якщо вісь Ox спрямувати уздовж повітряного потоку, то адвективні змінення вологості повітря розраховуються за формулами:

$$(\Delta T_d)_a = T_d' - T_{d0}, \quad (8.13)$$

$$(\Delta D)_a = D' - D_0, \quad (8.14)$$

де T_d' і D' ; T_{d0} і D_0 – температура і дефіцит точки роси в початковій точці траєкторії (рис. 8.1) і в пункті прогнозу відповідно.

Змінення вологи за рахунок вертикальних рухів проаналізуємо відповідно до рівнянь (8.9) і (8.10) для T_d і D .

При висхідних потоках у насиченому повітрі як в умовах стійкої, так і в умовах нестійкої стратифікації, точка роси і температура об'єму повітря, що підіймається зближуються, тобто дефіцит зменшується і повітря наближується до стану насичення.

Якщо спостерігаються низхідні потоки в насиченому повітрі, температура повітря віддаляється від точки роси, відповідно, дефіцит збільшується і повітря віддаляється від стану насичення.

Турбулентний вертикальний вологообмін відіграє основну роль у трансформаційному змінненні вологості повітря біля поверхні землі.

Трансформаційні змінення приземної вологості повітря залежать головним чином від ступеню зволоженості підстильної поверхні уздовж траєкторії переносу та інтенсивності вертикального турбулентного обміну. Тому найбільші трансформаційні змінення вологості повітря спостерігаються при переміщенні з водної або зволоженої поверхні на сухий ґрунт, а найменші – навпаки. Слід також звернути увагу на те, що вологообмін між підстильною поверхнею і атмосферою залежить від вертикального розподілу вологи і є більш розвинутим при збільшенні швидкості вітру і вертикального градієнту температури. Відповідно, вологообмін має добовий і річний хід і є більш інтенсивним в теплу пору року вдень.

Таким чином, локальні змінення вологості повітря біля поверхні землі обумовлені:

- горизонтальним переносом;
- турбулентним вертикальним вологообміном з підстильною поверхнею.

У вільній атмосфері вологість повітря головним чином змінюється за рахунок:

- горизонтального переносу водяної пари;
- вертикальних рухів повітря.

Контрольні питання:

1. Яке рівняння описує локальне змінення температури повітря в деякій точці простору?
2. Чим в основному обумовлене локальне змінення температури біля поверхні землі та у вільній атмосфері?
3. Яким чином визначається адвентивне змінення температури?
4. Яким чином стратифікація атмосфери і напрям руху повітря впливають на змінення температури?
5. Як називається змінення температури повітря, обумовлене припливом тепла на деякому рівні атмосфери?
6. Як називається змінення температури в пункті прогнозу яке відбувається за рахунок змінення теплового режиму підстильної поверхні протягом доби?
7. Чим обумовлені локальні змінення вологості повітря біля поверхні землі та у вільній атмосфері?

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Мета роботи: набуття практичних навиків з розробки прогнозу температури і вологості повітря біля поверхні землі та у вільній атмосфері.

Завдання 1. Виконати аналіз аеросиноптичного матеріалу і розробити прогноз синоптичного положення на добу.

Вихідні матеріали.

Аеросиноптичний матеріал (аналогічно до завдання 1, теми 3, розділу 2).

Рекомендації по виконанню завдання:

1. Виконати комплексний аналіз аеросиноптичного матеріалу (провести обробку карт в повному об'ємі, звернути увагу на наявність атмосферних фронтів).
2. Розробити прогноз синоптичного положення на добу.

Звітні матеріали

1. Проаналізований аеросиноптичний матеріал.
2. Траєкторії частинок, графічно відображені на відповідних картах.
3. Прогноз синоптичного положення, графічно відображений на приземній карті.

Завдання 2. Розробити прогноз температури і вологості повітря в приземному шарі на добу для своєї станції (згідно варіантом).

Вихідні матеріали.

1. Аеросиноптичний матеріал (завдання 1 цієї теми).
2. Довідкові дані в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Довідкові дані

варіант	Дата	Пункт прогнозу	Підстильна поверхня	
			пункт прогнозу	вихідний район
1	02.11.17	Київ	волога	суха
2	02.11.17	Харків	суха	волога
3	03.11.17	Одеса	суха	волога
4	01.12.17	Київ	волога	волога
5	01.12.17	Харків	суха	волога
6	01.12.17	Одеса	волога	трава
7	06.12.17	Одеса	суха	вода
8	07.12.17	Одеса	суха	волога
9	14.12.17	Київ	волога	трава
10	14.12.17	Харків	волога	суха

Рекомендації по виконанню завдання:

1. Відповідно до варіанту відзначити на картах станцію і з урахуванням виконаного завдання 1 визначити, чим обумовлюватиметься погода на даній станції протягом наступної доби.

2. Прогностичне значення температури повітря ($T_{пр}$) і точки роси ($T_{дпр}$) визначаються за формулами 8.15 і 8.16:

$$T_{пр} = T_0 + \Delta T_a + \Delta T_{тр} + \Delta T_{дх}, \quad (8.15)$$

$$T_{дпр} = T_{d0} + \Delta T_{da} + \Delta T_{дтр} + \Delta T_{ддх} \quad (8.16)$$

де T_0 , T_{d0} - значення температури і точки роси в пункті прогнозу в початковий момент часу t_0 (у момент початку розробки прогнозу);

- ΔT_a , ΔT_{da} – адвективні зміни температури і точки роси;
- $\Delta T_{тр}$, $\Delta T_{дтр}$ – трансформаційні зміни температури і точки роси;

– $\Delta T_{дх}$, $\Delta T_{длх}$ – зміни температури і точки роси, обумовлені добовим ходом (враховуються тільки під час прогнозу із завчасністю відмінною від 24 годин).

Прогноз точки роси розробляти одночасно з прогнозом температури.

Для прогнозу температури і температури точки роси використовувати формули 8.17 і 8.18 ($\Delta T_{дх}$ не враховувати, оскільки прогноз розробляється на добу).

$$T_{пр} = T_0 + \Delta T_a + \Delta T_{тр}, \quad (8.17)$$

$$T_{дпр} = T_{d0} + \Delta T_{da} + \Delta T_{дтр} \quad (8.18)$$

3. Для виконання завдання необхідно на зворотному боці кільцевої карти, нанести таблицю 8.5 (приклад) і послідовно її заповнювати.

4. Визначити значення температури T_0 і точки роси T_{d0} в пункті прогнозу в початковий момент часу t_0 , знявши їх значення з приземної карти погоди і записавши в таблицю 8.5.

5. Розрахувати значення адвективних змінень температури і точки роси за формулами 8.19 і 8.20:

$$\Delta T_a = T' - T_0, \quad (8.19)$$

$$\Delta T_{da} = T_d' - T_{d0}, \quad (8.20)$$

де T' і T_d' - температура і точка роси біля поверхні землі в початковому районі у момент t_0 .

Для визначення початкового району під час прогнозу на добу необхідно:

– на прогностичній карті АТ₈₅₀ від пункту прогнозу проти потоку, паралельно до ізогипс відкласти відрізок траєкторії, що дорівнює шляху, який пройде частка повітря за останні 12 годин. Довжина траєкторії визначається за наступною формулою:

$$L_{850 пр} = 0,9 \bar{V}_{850 пр} \cdot \Delta t$$

де $\bar{V}_{850 пр}$ – середнє значення швидкості вітру на прогностичній карті АТ₈₅₀ уздовж траєкторії (визначити за допомогою градієнтної лінійки), Δt – завчасність прогнозу, у даному випадку = 12 год;

– кінцеву точку даного відрізка траєкторії на прогностичній карті АТ₈₅₀ перенести на фактичну карту АТ₈₅₀, і від цієї точки далі, як на прогностичній

карті відкласти відрізок траєкторії, що дорівнює шляху, який пройде частка за перші 12 годин свого руху. Довжина траєкторії визначається за формулою:

$$L_{850} = 0,9\bar{V}_{850} \cdot \Delta t$$

– кінцеву точку відрізка траєкторії на фактичній карті AT_{850} перенести і позначити на приземній карті погоди за строк t_0 . Ця точка на приземній карті показує орієнтовне положення початкового району.

Визначити значення температури T' і точки роси T_d' в початковому районі шляхом інтерполяції по сусідніх станціях і обчислити ΔT_a , ΔT_{da} , записавши результати в таблицю 8.5.

6. Розрахувати трансформаційні зміни температури за формулою 8.21:

$$\Delta T_{тр} = -0,2\Delta T_a - a\Delta\bar{N} - b\Delta A \text{ (день)}, \quad (8.21)$$

де ΔA – різниця між значеннями альбедо в пункті прогнозу A_0 і в початковому районі A' (визначити по таблиці 8.2); a , b – коефіцієнти, які залежать від швидкості вітру, ступеня зволоження ґрунту, сумарної радіації та ефективного випромінювання (визначити по таблиці 8.3); $\Delta\bar{N}$ – різниця між «приведеною» кількістю хмарності (в балах), яка очікуватиметься у момент часу $t_0 + 24$ год. в пункті прогнозу N .

Таблиця 8.2 – Значення альбедо для різних видів підстильної поверхні

Вид поверхні	Альбедо	Вид поверхні	Альбедо
Ґрунт сухий	0,17	Степ	0,20
Ґрунт вологий	0,11	Пустеля	0,27
Пісок	0,35	Сніг свіжий	0,85
Трава	0,20	Сніг талий	0,60
Ліс листяний	0,18	Сніг забруднений	0,45
Ліс хвойний	0,14	Вода	0,22

Таблиця 8.3 – Значення коефіцієнтів a і b для різних місяців

Коефіцієнти	Місяці					
	I	II	III	IV	V	VI
a	-0,36	-0,03	0,01	0,44	1,00	1,21
b	4	7	12	16	18	20
Коефіцієнти	VII	VIII	IX	X	XI	XII
a	1,13	0,88	0,56	0,19	0,05	-0,42
b	19	17	13	9	5	3

Якщо уздовж траєкторії переносу біля поверхні землі спостерігатиметься вітер більше 20 км/год., то до коефіцієнтів a і b вводиться поправочний множник (таблиця 8.4).

Таблиця 8.4 – Значення поправочного множника K до величини коефіцієнтів a і b для різних швидкостей вітру

Швидкість вітру уздовж траєкторії (км/ч)	20	30	40	50	60
K	1,0	0,39	0,80	0,65	0,50

За наявності хмар верхнього, середнього і нижнього ярусу, «приведена» кількість хмар розраховується за формулою 8.22:

$$\bar{N} = N_n + 0.75N_c + 0.25N_v, \quad (8.22)$$

де \bar{N} – «приведена» до нижнього ярусу кількість хмар (у балах);

N_n, N_c, N_v – кількість хмар нижнього, середнього і верхнього ярусів відповідно.

За відсутності відомостей про кількість балів окремо верхнього і середнього ярусів формула 8.23 приймає вигляд:

$$\bar{N} = N_n + 0,5(N_c + N_v), \quad (8.23)$$

7. Розрахувати трансформаційні зміни температури точки роси, враховуючи зміну характеру підстильної поверхні (таблиця 8.1).

Під час переміщення повітря над однорідно-зволоженою підстильною поверхнею і при очікуваному підвищенні температури повітря для визначення ΔT_{dtr} необхідно зробити наступне:

– розрахувати за формулою 8.24 зміну питомої вологості Δq :

$$\Delta q = 0,7q' \cdot \Delta T_{tr}, \quad (8.24)$$

де q' – питома вологість (г/кг) водяної пари в початковому районі (визначити по аерологічній діаграмі);

– по графіку на рис. 8.1, по значеннях Δq і T_d в пункті прогнозу в строк t_0 , визначити ΔT_{dtr} .

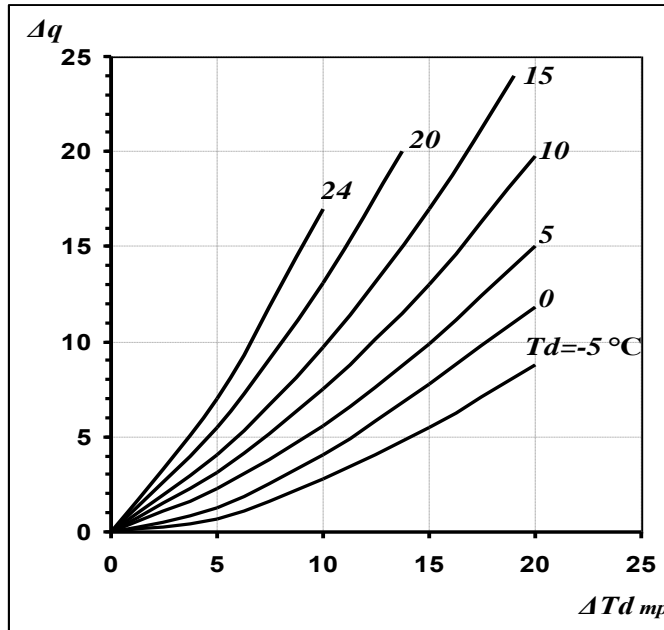


Рис. 8.1 – Зв'язок між приростом Δq і при різних значеннях T_d .

При переміщенні повітря над сухим ґрунтом $\Delta T_{dtp} = 0^\circ\text{C}$. У разі переміщення повітря з вологого ґрунту на сухий $\Delta T_{dtp} = -1,5^\circ\text{C}$. Визначення ΔT_{dtp} при переміщенні з сухого ґрунту на вологий залежить від ΔT_{da} . При цьому у випадках, коли $\Delta T_{da} \leq 4^\circ\text{C}$ $\Delta T_{dtp} \approx 0^\circ\text{C}$; при $4^\circ\text{C} < \Delta T_{da} \leq 8^\circ\text{C}$ $\Delta T_{dtp} \approx 2^\circ\text{C}$; при $8^\circ\text{C} < \Delta T_{da} \leq 12^\circ\text{C}$ $\Delta T_{dtp} \approx 3^\circ\text{C}$; при $12^\circ\text{C} < \Delta T_{da} \leq 20^\circ\text{C}$ $\Delta T_{dtp} \approx 6^\circ\text{C}$.

8. Розрахувати за формулами 8.15, 8.16 і записати до таблиці 8.5 прогностичні значення $T_{пр}$ і $T_{dпр}$. При цьому якщо $T_{dпр} > T_{пр}$, необхідно вважати що $T_{dпр} = T_{пр}$, тобто в даному випадку повітря досягає стану насичення і відносна вологість $R = 100\%$.

9. Записати текст прогнозу синоптичного положення і прогнозу температури (аналогічно до прикладу).

Звітні матеріали

1. Таблиця 8.5 з результатами розрахунків на зворотному боці карти АТ.
2. Положення початкового району на приземній карті.
3. Текст прогнозу синоптичного положення і температури біля поверхні землі.

Приклад:

Розробити прогноз температури $T_{пр}$ і точки роси $T_{dпр}$ на добу для станції Одеса.

Таблиця 8.5 – Результати розрахунків по станції Одеса

$\bar{V}_{850\text{пр}}$ м/с	$L_{850\text{пр}}$ км	$\bar{V}_{850,}$ м/с	L_{850} км	T_0 °С	T_{d0} °С	T' °С	$T_{d'}$ °С	ΔT_a °С	ΔT_{da} °С	$\bar{N}_{\text{пр}}$ бали
7,5	292	10	389	16	10	13	9,5	- 3	- 0,5	6,5

продовження таблиці 8.5

\bar{N}' бали	$\Delta \bar{N}_{\text{пр}}$ бали	A_0	A'	ΔA	$\Delta T_{\text{пр}}$ °С	$T_{\text{пр}}$ °С	$\Delta T_{d\text{пр}}$ °С	$T_{d\text{пр}}$ °С
9	- 2,5	0,17	0,20	-0,03	4,2	17,2	0	9,5

Прогноз

Погода в районі м. Одеса о 09 год. 11.06.19 обумовлена передньою частиною гребеня із заходу; на 09 год. 11.06.19, обумовлюватиметься віссю гребеня із заходу.

На 09 год. 11.06.19 очікується температура повітря 16 – 18 °С.

Завдання 3. Розробити прогноз температури і температури точки роси у вільній атмосфері для висот 1500, 3000 та 5000 м (без врахування вертикальних рухів).

Таблиця 8.6 – Данні про впорядковані вертикальні рухи у атмосфері.

Вар-т	Дата	Пункт прогнозу	τ (прогноз)		Вар-т	Дата	Пункт прогнозу	τ (прогноз)	
			850 гПа	700 гПа				850 гПа	700 гПа
			24 год.	24 год.				24 год.	24 год.
1	02.11.17	Київ	- 30	- 30	6	01.12.17	Одеса	- 30	- 30
2	02.11.17	Харків	- 20	- 20	7	06.12.17	Одеса	- 30	- 40
3	03.11.17	Одеса	- 20	- 20	8	07.12.17	Одеса	- 40	- 50
4	01.12.17	Київ	- 30	- 30	9	14.12.17	Київ	-30	-40
5	01.12.17	Харків	- 20	- 20	10	14.12.17	Харків	-20	-40

Рекомендації щодо виконання завдання:

1. Для прогнозу температури і точки роси використовувати наступні формули:

$$T_{\text{пр}} = T_0 + \Delta T_a + \Delta T_{\text{пр}} + \Delta T_{\tau},$$

$$T_{d\text{пр}} = T_{d0} + \Delta T_{da}$$

де T_0 , T_{d0} – значення температури и точки роси в пункті прогнозу на стандартних поверхнях 850, 700 гПа у вихідний момент часу t_0 (у момент початку прогнозу);

ΔT_{da} – адвективні змінення температури и точки роси у вільній атмосфері;

$\Delta T_{тр}$ – трансформаційні змінення температури у вільній атмосфері (в тєплу пору року можуть не враховуватись);

ΔT_{τ} – змінення температури на стандартних поверхнях 850, 700гПа, обумовлене впорядкованими вертикальними рухами.

2. Для виконання завдання необхідно на зворотній стороні карти АТ₇₀₀, сформувати таблицю 8.7 (приклад) і послідовно її заповнити.

3. Визначити і записати до таблиці 8.7 значення температури T_0 і точки роси T_{d0} в пункті прогнозу на стандартних поверхнях 850, 700 гПа у вихідний момент часу t_0 (у момент розробки прогнозу), знявши їхні значення с фактичних карт АТ₈₅₀, АТ₇₀₀.

4. Визначити значення температури T' и точки роси T_d' у вихідних районах і розрахувати адвективні змінення температури і точки роси на стандартних поверхнях 850, 700 гПа за наступними формулами:

$$\Delta T_a = T' - T_0,$$

$$\Delta T_{da} = T_d' - T_{d0},$$

де T' и T_d' – температура и точка роси у вихідному районі на стандартних поверхнях 850, 700 гПа у момент t_0 .

Визначені значення температури T' и точки роси T_d' у вихідних районах шляхом інтерполяції та розрахувані ΔT_a , ΔT_{da} , записавши результати у табл. 8.7.

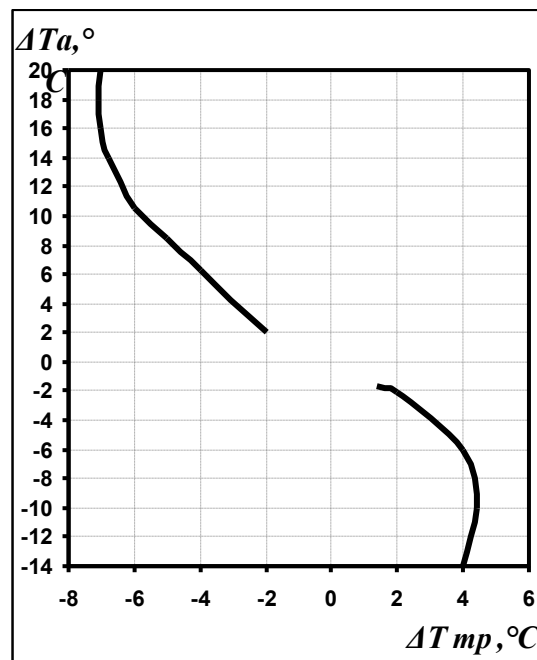


Рис. 8.2 – Графік для визначення $\Delta T_{тр}$ на стандартних поверхнях 925, 850, 700, 500 гПа.

5. Визначити трансформаційні змінення температури повітря $\Delta T_{\text{тр}}$ на стандартних поверхнях 850, 700 гПа, використовуючи графік Бачуриної (рис. 8.2). Поправки на трансформаційні змінення температури вносять тільки під час розробки прогнозу температури у холодне півріччя та при значній адвекції холоду на рівнях 925, 850, 700, 500 гПа.

6. Визначити та порівняти прогностичні значення температури $T_{\text{пр}}^*$ и точки роси $T_d^*_{\text{пр}}$ на стандартних поверхнях 850, 700 гПа (без врахування вертикальних рухів) за формулами:

$$T_{\text{пр}}^* = T_0 + \Delta T_a + \Delta T_{\text{тр}},$$

$$T_d^*_{\text{пр}} = T_d0 + \Delta T_{d_a}$$

Якщо при адвекції тепла з'ясується, що $T_d^*_{\text{пр}} > T_{\text{пр}}^*$, це говорить про те, що на даному рівні буде досягнуто стану насичення і утворяться хмари, тоді приймають $T_d^*_{\text{пр}} = T_{\text{пр}}^*$

6. Записати прогностичні значення температури $T_{\text{пр}}^*$ і точки роси $T_d^*_{\text{пр}}$ на стандартних поверхнях 850, 700 гПа (без врахування вертикальних рухів) до таблиці 8.7.

Звітні матеріали

1. Таблиця 8.7 з результатами розрахунків.
2. Траєкторії повітряних часток та положення вихідних районів на картах АТ₈₅₀, АТ₇₀₀.

Завдання 4. Розробити прогноз температури и точки роси у вільній атмосфері для висот 1500, 3000 і 5500 м з урахуванням вертикальних впорядкованих рухів повітря.

Рекомендації щодо виконання завдання

1. Розрахувати змінення температури, пов'язані з впорядкованими вертикальними рухами ΔT_{τ} . Для цього необхідно:

- по таблиці 8.6 визначити τ , гПа/24 год.;
- за вхідними даними (згідно варіанту) побудувати й проаналізувати фрагмент аерологічної діаграми (до рівня 500 гПа);
- на рівнях 850, 700гПа, на аерологічній діаграмі окремо нанести величини $T_d^*_{\text{пр}}$ і $T_{\text{пр}}^*$
- на аерологічній діаграмі при висхідних рухах ($\tau < 0$) від значення температури $T_{\text{пр}}^*$ на рівні 850, 700гПа необхідно зміститися по сухій адіабаті, а від значення точки роси $T_d^*_{\text{пр}}$ по ізограмі вверх на величину τ . У випадку,

коли під час зміщення прямі перетнуться (буде досягнуто стану насичення), від цього рівня (точки) і до кінця підйому необхідно зміщуватися по вологій адіабаті. У випадку, коли повітря вже насичене, зміщення з рівня, як під час прогнозу температури, так і під час прогнозу точки роси, необхідно проводити по вологій адіабаті на величину τ ;

– при низхідних рухах ($\tau > 0$) від значення температури T_{np}^* необхідно зміщуватись вниз по сухій адіабаті, а від значення точки роси T_{dnp}^* вниз по ізограмі на величину τ ;

– значення температури ($T_{np}^{850+\tau}$, $T_{np}^{700+\tau}$) і точки роси ($T_{dnp}^{850+\tau}$, $T_{dnp}^{700+\tau}$), отриманні під час цих маніпуляцій, будуть прогностичними для рівнів $850 + \tau$ и $700 + \tau$ (позначити їх на аерологічній діаграмі);

2. Для визначення прогностичних значень температури і точки роси на рівнях 850, 700 гПа, необхідно побудувати прогностичні криві температури і точки роси (по точках: T_{np} і T_{dnp} АТ₈₅₀, АТ₇₀₀; $T_{np}^{850+\tau}$, $T_{dnp}^{850+\tau}$ і $T_{np}^{700+\tau}$, $T_{dnp}^{700+\tau}$; T_{500} і T_{d500}) та в точках перетину цих кривих с рівнями 850 і 700гПа відрахувати прогностичні значення температури T_{np} і точки роси T_{dnp} .

3. Прогностичні значення температури T_{np} і точки роси T_{dnp} на стандартних поверхнях 850, 700гПа записати до таблиці 8.7 та сформулювати прогноз температури по висотах аналогічно до прикладу. Прогностичне значення температури на рівні 500гПа вважати рівним фактичній температурі на поверхні 500гПа, тому, що. змінення потягом доби на даній поверхні є незначними.

Звітні матеріали

1. Таблиця 8.7 з результатами розрахунків (згідно прикладу).
2. Фрагмент аерологічної діаграми пункту прогнозу з необхідними побудовами.
3. Текст прогнозу температури на рівне 1500, 3000, 5500 м (аналогічно прикладу).

Приклад

Розробити прогноз температури і точки роси на рівні 1500, 3000, 5500 м для м. Одеса (варіант 0).

Таблиця 8.7 – Результати розрахунків по станції Одеса

Рівень	\bar{V}_{np} М/с	L_{np} км	\bar{V}_{850} М/с	L_{850} км	T_0 °C	Td_0 °C	T' °C	Td' °C	ΔT_a °C	ΔTd_a °C	ΔT_{mp} °C	τ гПа	T_{np}^* °C	Td_{np}^* °C	$T_{np}^{P+\tau}$ °C	$Td_{np}^{P+\tau}$ °C	T_{np} °C	Td_{np} °C
850	7,5	365	7,5	365	12,0	9,8	3,0	- 1,0	- 9,0	- 10,8	4,5	- 20	7,5	- 1,0	6,0	- 1,4	7,6	0,0
700	5,0	216	7,5	324	2,0	1,2	- 3,0	- 18,0	- 5,0	- 19,2	3,0	- 20	0,0	- 18,0	- 2,5	- 18,4	- 1,5	- 16,0

На станції Одеса о 03 год. 12.06 на висоті 1500 м очкується температура 5 – 10°C, на висоті 3000 м 0 – - 5°C, на висоті 5500 м - 13 – - 18°C.

Завдання 5. Розробити прогноз максимальної температури та вологості повітря біля поверхні землі.

Вихідні матеріали.

Дані радіозондування атмосфери (табл. 8.8)

Таблиця 8.8 – Дані радіозондування атмосфери

Вар-т	Станції	Текст телеграми радіозондування
0	Одеса	ТТАА 28001 33837 99998 14244 36002 00082 // // // // 92739 13258 01506 85441 07657 36005 70996 03358 34505 50561 15157 27514 40725 27560 26013 30925 44558 25015 25044 51557 24519 20189 51958 25015 15376 50559 26511 10639 52760 26009 88248 51557 24519 77999=
1	Київ	ТТАА 28001 33345 99983 11239 33002 00105 // // // // 92758 13033 35007 85457 06412 35004 70006 06108 34508 50561 16532 29011 40724 28924 28510 30922 45734 31012 25041 52929 31516 20185 51337 28513 15372 51950 28511 10633 54556 27009 88248 53330 31516 77999=
2	Харків	ТТАА 28001 34300 99980 15628 00000 00103 // // // // 92770 15642 03504 85485 10832 31005 70088 04656 30009 50573 12961 28515 40739 24559 27524 30942 417// 27529 25063 507// 28029 20206 569// 28022 15391 541// 28017 10648 573// 28011 88198 571// 28022 77265 28032 40406=
3	Львів	ТТАА 28001 33393 99987 11616 00000 00086 // // // // 92741 13250 24504 85441 07025 25005 70996 03510 25006 50559 17525 28007 40722 29318 27509 30920 44931 29510 25039 52728 28511 20184 47739 27012 15375 48950 28510 88251 52528 28511 77999=
4	Одеса	ТТАА 29001 33837 99992 09622 00000 00091 // // // // 92742 09856 00000 85436 03424 00000 70986 05758 00000 50556 19537 25008 40718 31112 24010 30916 46115 24020 25035 54312 23523 20179 48735 24516 15368 49556 26511 10632 51158 28007 88245 55112 23523 77999=
5	Київ	ТТАА 29001 33345 99992 08017 00000 00065 // // // // 92711 09850 25008 85403 04036 25506 70943 07318 23508 50549 21158 27507 40710 31559 30011 30907 46950 27514 25025 55739 29012 20168 50756 26509 15357 48559 26509 10623 49361 26009 88242 56538 28512 77999=
6	Харків	ТТАА 29001 34300 99984 07419 00000 00106 // // // // 92753 11256 26505 85450 06037 28509 70999 05717 29509 50558 17923 28510 40720 29139 29513 30919 44333 31514 25039 53942 30515 20181 52749 27515 15370 49357 27010 10633 52358 30009 88238 55539 29517 77999=
7	Львів	ТТАА 29001 33393 99994 12237 24002 00034 // // // // 92688 10450 22512 85386 05629 22511 70942 04356 21016 50552 18327 24514 40715 30930 25013 30912 46756 23518 25030 56357 24517 20175 47563 26013 15367 45585 27508 10635 47184 28006 88254 56757 24018 77999=
8	Одеса	ТТАА 29001 33837 99999 10805 24002 00027 // // // // 92676 08015 29010 85370 03850 30011 70926 03966 31016 50550 20361 26017 40710 33159 26018 30906 475// 25518 25026 507// 26516 20174 433// 27513 15366 465// 29511 10635 491// 31007 88261 515// 26517 77999=

9	Київ	ТТАА 29001 33345 99993 08017 22501 00056 // // // // 92703 08239 30008 85394 02428 28007 70936 07142 27011 50548 21960 27510 40708 34956 27511 30903 49546 27014 25022 49356 26016 20169 46958 25011 15360 46559 23508 10627 49360 20004 88279 51147 26017 77999=
10	Харків	ТТАА 29001 34300 99990 17036 00000 92720 18057 22003 85440 13442 23505 70050 02424 24509 50569 13122 23506 40735 24321 25011 30938 40529 24516 25060 51338 25019 20203 55135 24515 15388 53350 25514 10647 55957 26510 88235 54534 25020 77999=

Рекомендації щодо виконання завдання

1. Проаналізувати приземну карту погоди. Визначити, і вказати в тексті прогнозу, чім обумовлюється погода в пункті прогнозу.

2. Розробити прогноз максимальної температури повітря T_{\max} біля поверхні землі на день за способом Бельського. Завдання виконати згідно з варіантом для одного з пунктів (таблиця 8.8). Для цього необхідно:

– проаналізувати аерологічну діаграму пункту прогнозу (побудувати фрагмент АД за даними таблиці 8.8 до висоти 3 км);

– по таблиці 8.9 визначити висоту розповсюдження сухоадіабатичного градієнту для даного місяця і дня спостереження;

Таблиця 8.9 – Висота розповсюдження сухоадіабатичного градієнту (у км)

Місяць	На початку місяця	Наприкінці місяця
грудень - лютий	0,4	0,4
березень	0,7	1,0
квітень	1,0	1,6
травень	1,5	2,0
червень	2,0	2,5
липень	2,5	2,0
серпень	2,0	1,5
вересень	1,5	1,0
жовтень	1,0	0,7

– на АД знайти точку перетину висоти розповсюдження сухоадіабатичного градієнту з кривою стратифікації (рис. 8.4);

– від точки перетину по сухій адіабаті (в теплий період року) або по вологій адіабаті (у холодний період року) опуститися до ізобари приземного тиску, знайдена таким чином точка визначатиме прогностичне максимальне значення температури повітря T_{\max} при безхмарному небі.

Примітка:

– при наявності хмарності максимальна температура розраховується за формулою:

$$T_{\max \text{ .хм.}} = T_0 + m\Delta T ,$$

де

$$\Delta T = T_{\max} - T_0,$$

m – коефіцієнт, який враховує прогностичне значення кількості та висоти хмар (рисунок 8.3)

– при швидкості вітру в шарі від землі і до висоти розповсюдження сухоадіабатичного градієнту більшій за 4 м/с необхідно призвести побудову прогностичної кривої стратифікації (порядок її побудови буде розглядатися на наступному занятті);

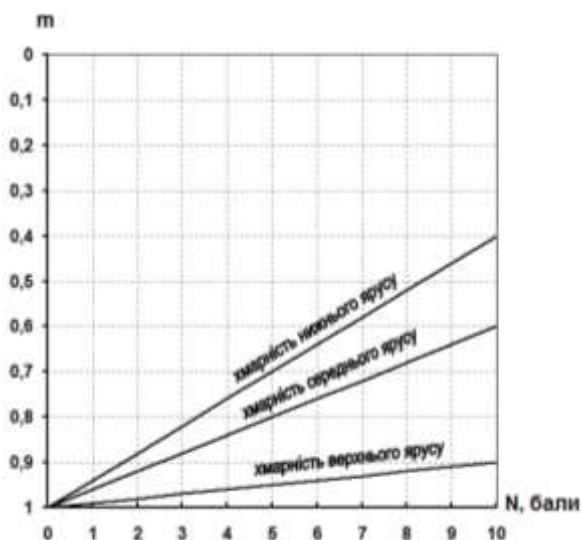


Рис. 8.3 – Графік для визначення поправочного коефіцієнту m , який враховує прогностичне значення кількості та висоти хмар.

– в тих випадках, коли в шарі від землі і до висоти розповсюдження сухоадіабатичного градієнту очікується збереження підведеної інверсії або ізотермії, розрахункову адіабату проводять від її нижньої межі;

3. Розробити прогноз температури точки роси $T_{d\max}$ на момент максимального розвитку конвекції методом рівновеликих площин. Для цього необхідно:

– на АД від точки перетину висоти розповсюдження сухоадіабатичного градієнту і кривої температури точки роси (рис. 8.4) провести пряму лінію (CF), яка перетинаючись з кривою точки роси, утворила б рівновеликі площини S_1 і S_2 .

– прогностичне значення точки роси ($T_{dпр}$) біля поверхні землі визначається на ізобарі приземного тиску (в точка F).

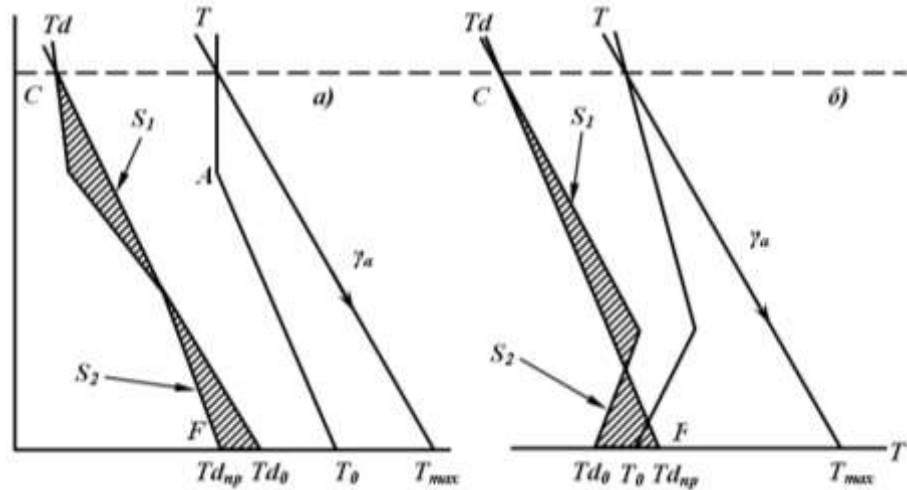


Рис. 8.4 – Приклади прогнозу T_{\max} і $T_{\text{дрп}}$ за даними ранкового радіозондування атмосфери.

Звітні матеріали

1. Фрагмент аерологічної діаграми пункту прогнозу з необхідними побудовами.
2. Прогностичні значення максимальної температури повітря T_{\max} і точки роси $T_{\text{дрп}}$ на день.
3. Текст прогнозу синоптичного положення і прогнозів максимальної температури і точки роси на день.

Приклад

Розробити за способом Бельського прогноз максимальної температури і температури точки роси на день 28.06.19 для м. Одеса.

1. З таблиці 8.9 визначаємо, що висота розповсюдження сухоадіабатичного градієнту складає 2,5 км.
2. Зробивши графічні побудови на аерологічній діаграмі (рис. 4), отримуємо $T_{\max} = 24^{\circ}\text{C}$ і $T_{\text{дрп}} = 10^{\circ}\text{C}$.

Прогноз погоди

Погода району м. Одеса 28 червня обумовлюється малоградієнтним баричним полем підвищеного тиску. Вдень очікується температура 23 – 26 °С, температура точки роси 9 – 12 °С.

Завдання 6. Для станції (згідно варіанту) розробити прогноз мінімальної температури на ніч за способом М.Є. Берлянда.

Вихідні дані.

1. Довідкові дані (таблиця 8.10).

Таблиця 8.10 – Довідкові дані

Вар-т	Станції	Схід сонця, год. хв.	$T_{19}, ^\circ\text{C}$	$e_{19}, \text{гПа}$	Прогноз на ніч		Стан ґрунту
					Хмарність	$V, \text{м/с}$	
0	Одеса	5: 51	24	11,3	5 Ci	1	сухий
1	Київ	6: 00	25	12,2	5 Ci 2 Sc	1	сухий
2	Сімферополь	7: 00	28	13,8	6 Ac	1	сухий
3	Луцьк	5: 33	22	13,1	8 Ac 5 Sc	1	вологий
4	Львів	5: 10	19	11,4	5 Ci 4 Ac	1	сухий
5	Харків	5: 00	18	14,5	9 Ac 8 Sc	2	вологий
6	Вінниця	6: 05	18	15,3	9 Sc	2	вологий
7	Миколаїв	5: 35	17	13,9	9 Ac 8 Sc	3	вологий
8	Херсон	5: 55	16	11,5	9 Ac 7 Sc	3	вологий
9	Тернопіль	5: 10	22	13,1	5 Ci 5 Ac	1	сухий
10	Запоріжжя	6: 00	26	14,0	3 Ci	1	сухий
11	Донецьк	5: 40	21	10,7	8 Ci 5Ac	3	вологий

Рекомендації щодо виконання завдання

1. По таблиці 8.10 розрахувати проміжок часу Δt , який охоплює період від моменту t_0 (вечірній строк, у який розробляється прогноз) до моменту сходу Сонця $t_{\text{дх}}$ (настання мінімуму температури).

2. По таблиці 8.11 визначити ефективне відлунення земної поверхні при безхмарному небі E_0 .

Таблиця 8.11 – Ефективне відлунення поверхні землі E_0 (кВт/м²)

$T_{19}, ^\circ\text{C}$	Пружність водяної пари $e, \text{гПа}$						
	9	10	11	12	13	14	15
- 10							
- 5							
0							
5	0,084						
10	0,084	0,084	0,081	0,077			
15	0,088	0,084	0,084	0,084	0,081	0,077	0,074
20	0,095	0,091	0,088	0,084	0,081	0,077	0,077
25	0,102	0,098	0,095	0,091	0,091	0,091	0,088
30	0,109	0,105	0,102	0,098	0,095	0,091	0,091

3. Розрахувати за формулою наступною приведену кількість хмарності \bar{N} (у долях одиниці), яка очікується у період Δt (вночі).

$$\bar{N} = 1 - (0,8 \cdot N_{\text{H}} + 0,6 \cdot N_{\text{C}} + 0,2 \cdot N_{\text{B}}) \cdot (N_{\text{H}} + N_{\text{C}} + N_{\text{B}}).$$

4. За наступною формулою розрахувати ефективне відлунення E у період Δt для очікуваного стану неба.

$$E = \bar{N} \cdot E_0.$$

5. За допомогою номограми (рис. 8.5) визначити зниження температури повітря ΔT за час Δt для чого:

– в лівій частині номограми з точки, яка відповідає значенню E , провести перпендикуляр до перетину з нахильною лінією, яка відповідає стану ґрунту і прогностичній швидкості вітру V ;

– з точки перетину провести горизонтальну лінію до нахильної прямої, яка відповідає інтервалу часу Δt ;

– з останньої точки перетину опустити перпендикуляр на горизонтальну вісь, де і розрахувати величину зниження температури ΔT .

6. За наступною формулою розрахувати мінімальну температуру повітря T_{\min} на ніч.

$$T_{\min} = T_0 - \Delta T.$$

Звітні матеріали

1. Необхідні розрахунки для визначення мінімальної температури на ніч.
2. Прогностичне значення мінімальної температури повітря T_{\min} на ніч.
3. Текст прогнозу синоптичного положення та прогнозу температури на ніч.

Приклад

Розробити для станції Одеса прогноз мінімальної температури на ніч за способом Берлянда.

1. Проміжок часу Δt , який охоплює період від моменту початку прогнозу до моменту сходу Сонця t_{cx} складає 11 год. 51 хв.
2. Ефективне відлунення землі при безхмарному небі $E_0 = 0,093$.
3. Приведена прогностична кількість хмарності

$$\bar{N} = 1 - (0,8 \cdot 0 + 0,6 \cdot 0 + 0,2 \cdot 0,4) \cdot (0 + 0 + 0,4) = 0,968.$$

4. Ефективне відлунення $E = 0,968 \cdot 0,093 = 0,09$.

1. 5. По рис. 8.5 визначаємо $\Delta T = 10^\circ\text{C}$.

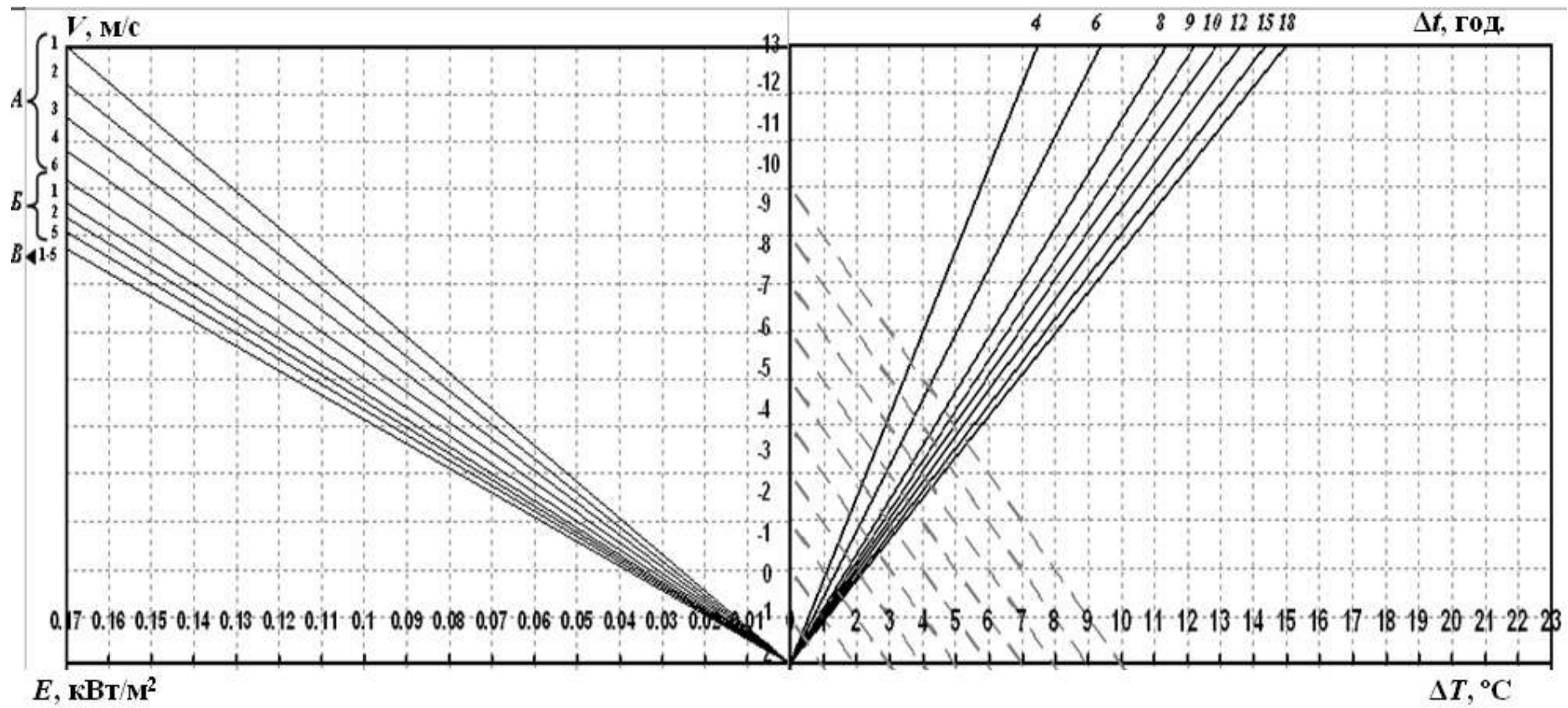


Рис. 8.5 Номограма для визначення радіаційного зниження температури повітря (стан ґрунту: *A* – сухий, *B* – вологий, *B* – мокрий).

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 482-485.
2. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – С. 430-494.
3. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – С. 220-225.
4. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды, ч.1. Л.: Гидрометиздат, 1986. – С. 296-350.
5. Руководство по практическим работам метеорологических подразделений авиации Вооруженных Сил СССР. М.: Воениздат, 1981. 376 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для практичних робіт з навчальної дисципліни
«Авіаційні прогнози погоди»
на тему: «Прогноз метеовеличин біля землі та на висотах»
для студентів денної форми навчання спеціальності 103 «Науки про Землю»,
рівень вищої освіти бакалавр

Укладачі: к.ф.-м.н. Мансарлійський В.Ф.

к.геогр.н., доц. Грушевський О.М.

Шанюк О.В.

Електронна версія © Мансарлійський В.Ф.