

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

для практичних робіт з навчальної дисципліни  
«Авіаційні прогнози погоди»

**на тему: «Прогноз неконвективної хмарності нижнього ярусу»**  
для студентів денної форми навчання спеціальності 103 «Науки про Землю»,  
рівень вищої освіти бакалавр

Методичні вказівки для виконання практичних робіт на тему «Прогноз неконвективної хмарності нижнього ярусу» 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. – 28 с.

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА .....	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1 Прогноз внутрішньомасової низької хмарності розрахунково-графічними способами .....	6
ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ .....	6
ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА .....	9
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2 Прогноз неконвективної фронтальної хмарності .....	16
ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ .....	16
ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА .....	17
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3 Прогноз облогових опадів .....	20
ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ .....	20
ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА .....	21
ЛІТЕРАТУРА.....	27

## ПЕРЕДМОВА

Прогноз хмарності містить у собі найбільш важливу і складну частину прогнозу погоди. По-перше, хмарність є одним з елементів льотної обстановки, який визначає мінімум екіпажу, літального апарату, аеродрому. По-друге, процес утворення неконвективної хмарності в основному визначається зміненням полів температури, вологості і вертикальних рухів. Тому прогноз хмарності залежить від якості прогнозу цих метеорологічних величин. По-третє, для розробки прогнозу хмарності необхідно мати наявності об'єктивну інформацію про фактичний стан погоди поля хмарності. Для її отримання синоптик окрім даних приземних карт погоди має використовувати дані повітряної і радіолокаційної розвідки погоди, знімки ШСЗ.

Прогноз хмарності у загальному вигляді має містити інформацію про її кількість, форму і висоту нижньої і верхньої межі. Методика прогнозу хмарності головним чином визначається завчасністю прогнозу і наявністю вихідної інформації.

Найбільшу небезпеку для авіації представляє низька хмарність. Поняття «низька хмарність» не має конкретних обмежень стосовно висоти нижньої межі. Вона залежить від підготовки льотного складу, характеру вирішуваних завдань тощо.

*Метою* методичних вказівок є формування у студентів теоретичних знань щодо фізичних механізмів, синоптичних та метеорологічних умови утворення фронтальної та внутрішньомасової низької хмарності і практичних навичок щодо застосування методів прогнозу низької хмарності, облогових та мрячних опадів.

Після вивчення методичних вказівок студент повинен:

знати:

- закономірності еволюції низької хмарності, причини її просторово-часової мінливості;
- основні методи прогнозу низької хмарності;
- способи прогнозу облогових та мрячних опадів, пов'язаних з неконвективною хмарністю нижнього ярусу;

вміти:

- розробляти прогноз низької хмарності з урахуванням поточної синоптичної ситуації;
- розробляти прогноз облогових та мрячних опадів з урахуванням поточної синоптичної ситуації.

Дані методичні вказівки містять в собі рекомендації з виконання трьох практичних занять з теми «Прогноз неконвективної хмарності нижнього ярусу» 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 трьох практичних робіт складає 12 балів (по 4 бали за кожну роботу).

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №1.

### Прогноз внутрішньомасової низької хмарності розрахунково-графічними способами

#### ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Процес утворення шаруватої ( $St$ ) і шарувато-купчастої ( $Sc$ ) хмарності у загальному вигляді представляється наступним чином. У повітряній масі, що переміщується, під впливом динамічних факторів і підстильної поверхні, з якою відбувається тепло- і вологообмін, змінюються у часі і просторі температура повітря і вміст водяної пари. При цьому в самій повітряній масі перерозподіл тепла і вологи здійснюється під впливом вертикальних рухів. В результаті чого в окремих об'ємах або шарах повітря може досягатись стан насичення, тобто починатись конденсація водяної пари.

Типовими синоптичними положеннями, при яких утворюється низька внутрішньомасова хмарність, є: західна периферія антициклону і теплий сектор циклону при адвекції тепла; тилова частина циклону і передня частина антициклону, де спостерігається адвекція холоду; високий антициклон, що послаблюється.

Механізм утворення хмар нижнього ярусу дещо розрізняється в двох випадках: 1) коли надходження вологи до нижніх шарів атмосфери обумовлене випаровуванням з підстильної поверхні і 2) коли в нижній частині тропосфери спостерігаються адвекція тепла і вологи з інших районів.

В першому випадку сприятливі умові утворюються в центральній частині малорухливих і передній частині антициклонів, що розвиваються.

Появі хмарності сприяють:

- високий вологовміст повітря в приземному шарі, коли відносна вологість біля землі  $R \geq 85\%$ ;

- активний турбулентний обмін, який в передніх частинах антициклонів, що розвиваються існує завжди, а в малорухомих спостерігається при вертикальних градієнтах температури в нижньому шарі атмосфери більше за  $0,5^\circ\text{C}/100\text{м}$ ;

- наявність інверсії осідання, розташованої вище за рівень конденсації.

Наявність низхідних рухів та радіаційне зниження температури сприяє утворенню підведеної інверсії. В результаті цього підінверсійний шар повітря ізолюється від впливу шарів, що знаходяться вище за нього. Активний турбулентний обмін спостерігатиметься від землі до нижньої межі інверсії

( $R_i \leq 1$ ). Накопичення вологи під шаром інверсії сприяє досягненню в деякому шарі стану насичення, тобто утворенню хмарності (рис. 9.1, *a*).

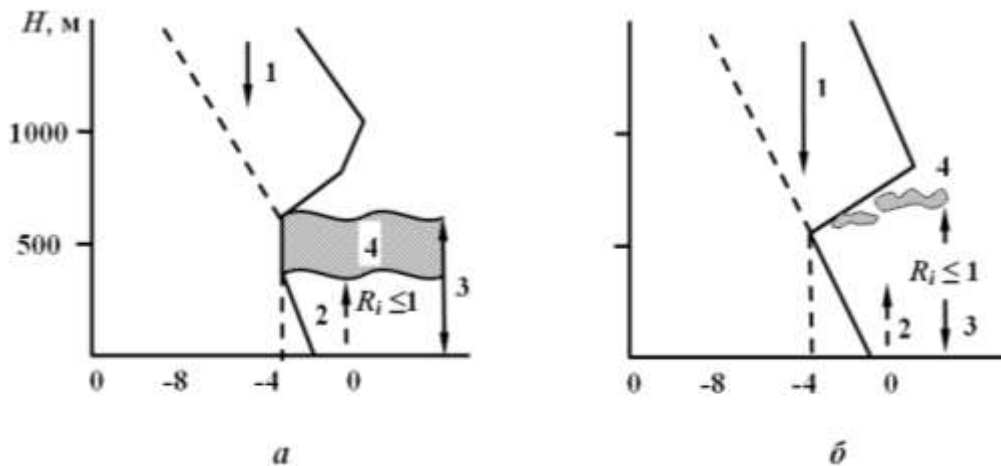


Рис. 9.1 – Схема появи і розмивання нижньої хмарності при відсутності адвекції тепла: *a* – стратифікація в нижніх шатах при появі хмар; *б* – змінення стратифікації, що приводить до розмиванню хмар в антициклонічному полі (опускання інверсії осідання нижче за рівень конденсації); 1 – впорядковані вертикальні рухи; 2 – турбулентний потік водяної пари; 3 – шар активного турбулентного обміну; 4 – хмари.

В другому випадку при адвекції теплого вологого повітря на західній периферії антициклону в передній частині і теплому секторі циклону появи низької хмарності сприяє трансформаційне охолодження повітря в пограничному шарі атмосфери.

У вихідному районі повітря знаходиться у стані термічної рівноваги, що означає нормальний розподіл температури і вологості з висотою (рис 9.2, *a*). під впливом турбулентних і впорядкованих висхідних рухів у повітряній масі, що переміщується відбувається перерозподіл температури і вологості повітря, що призводить до утворення приземної інверсії (рис 9.2, *б*). Внаслідок посилення турбулентності інверсія руйнується знизу, але залишається на деякій висоті (рис 9.2, *в*). Верхня межа шаруватої хмарності, як правило розташовується в шарі інверсії, іноді досягає її верхньої межі.

Формування внутрішньомасової хмарності може бути пов'язаним також з адвекцією теплого і вологого повітря на південній периферії циклону. Інверсія температури під впливом турбулентності, що посилюється при наближенні теплого фронту часто підіймається, а потім руйнується. В подальшому роль затримуючого шару виконує фронтальна поверхня (рис. 9.3).

Під час руйнування внутрішньомасової інверсії перед фронтом може спостерігатись підіймання нижньої межі шаруватої хмарності або її розсіяння, а в зоні фронту зниження нижньої межі хмарності.

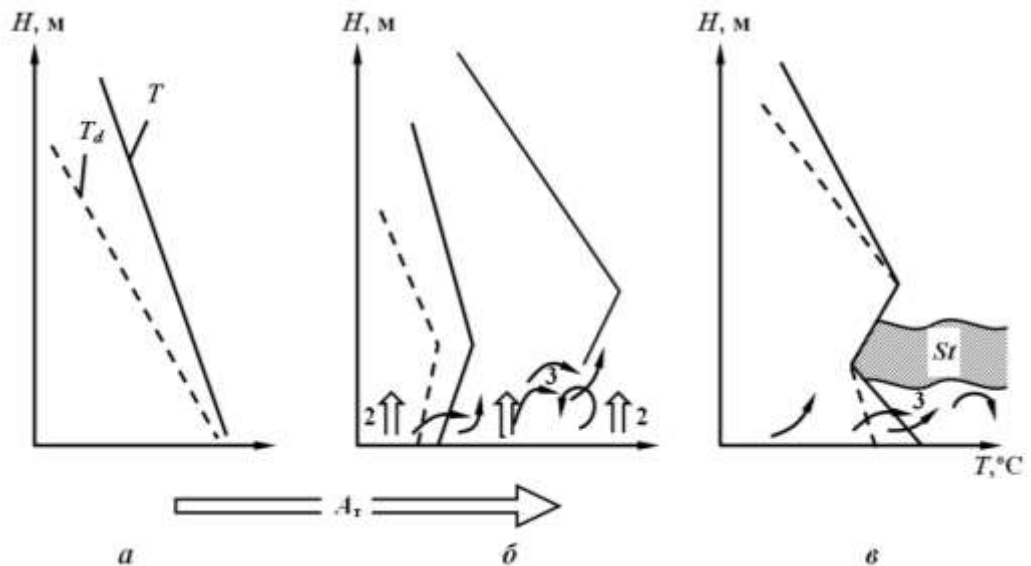


Рис. 9.2 – Схема появи низької хмарності при адвекції теплого повітря: 1 – адвекція тепла і вологи; 2 – впорядковані висхідні рухи; 3 – турбулентні рухи.

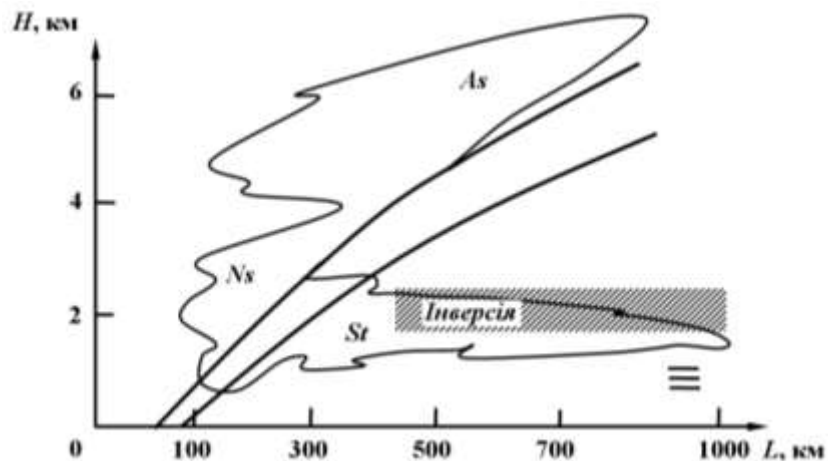


Рис. 9.3 – Схема розташування внутрішньомасової хмарності в клині холодного повітря під хмарністю теплого фронту.

Таким чином, аналіз фізичних умов виникнення низької хмарності при різних синоптичних ситуаціях дозволяє сформуванати *перелік основних термогігрометричних та інших характеристик атмосфери*, що визначають формування цієї хмарності:

- значення температури повітря і точки роси у вихідний момент часу в пункті прогнозу;
- значення прогностичної температури повітря на період дії прогнозу;
- адвективні значення температури повітря і точки роси на початку траєкторії (у вихідному районі);



- дефіцит точки роси в пункті прогнозу та у вихідному районі відповідно;
- адвективні змінення температури повітря і точки роси;
- вертикальний градієнт температури шару;
- швидкість вітру в пункті прогнозу та середня швидкість траєкторії переміщення повітря.

Характер вертикальних рухів та їх інтенсивність у граничному шарі атмосфери можуть бути якісно врахованими у відповідності до синоптичного положення.

#### Контрольні питання:

1. Які фізичні умови сприяють утворенню низької хмарності шаруватих форм?
2. Які синоптичні умови сприяють утворенню низької хмарності шаруватих форм?
3. Які основні термогірометричні та інші характеристики атмосфери, що визначають формування низької хмарності ви знаєте?

### ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

*Мета роботи:* набуття практичних навиків з розробки прогнозу виникнення і висоти нижньої межі внутрішньомасової неконвективної хмарності розрахунково-графічними способами

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

*Вихідні матеріали.*

1. Кільцева карта погоди.
2. Фактичні карти баричної топографії (АТ-850, АТ-700).
3. Прогностичні карти баричної топографії (АТ-850<sub>+(24-36)</sub>, АТ-700<sub>+(24-36)</sub>).

Таблиця 9.1 – Варіанти вхідних даних

№ варіанту	Дата	Пункт прогнозу	№ варіанту	Дата	Пункт прогнозу
1	13.11.17	Вінниця	6	16.02.17	Корнєши (Кишинів)
2	28.11.12	Тернопіль	7	02.02.21	Харків
3	26.11.12	Київ	8	03.01.21	Львів
4	20.02.17	Хмельницьк	9	04.02.21	Одеса
5	27.02.17	Одеса	10	28.01.20	Київ

*Рекомендації по виконанню завдання:*

1. Провести аналіз аеросиноптичного матеріалу.
2. Виділити зони з внутрішньомасовою низькою хмарністю.
3. Розробити прогноз синоптичного положення на 12 години вперед, виконавши його графічно на приземній карті погоди.

*Звітні матеріали*

1. Проаналізований комплект карт.
2. Прогноз синоптичного положення у графічному вигляді.

Завдання 2. Розробити прогноз висоти нижньої межі хмарності для району аеродрому (згідно варіанту) за способом Гоголевої із завчасністю 12 годин.

*Вихідні матеріали.*

Аналогічно до завдання 1, практичного заняття 1, теми 4.

*Рекомендації по виконанню завдання:*

1. По приземній карті (фактичній) визначити температуру повітря біля поверхні землі в пункті прогнозу  $T_0$ .
2. Визначити початковий район за методом зворотних траєкторій, використовуючи карту  $AT_{850}$ .

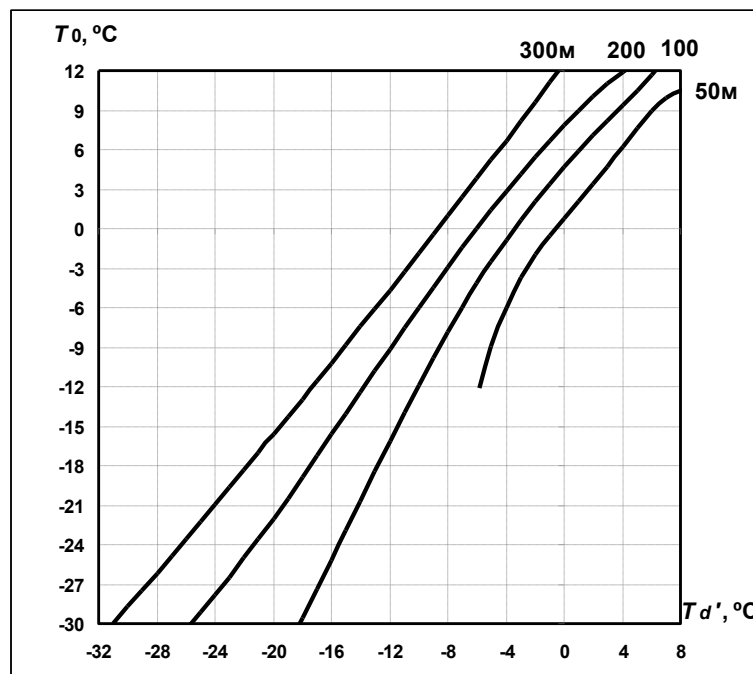


Рис. 9.4 – Графік для прогнозу ВНМХ за способом Гоголевої.

3. Розрахувати середню температуру точки роси в початковому районі  $T_d'$ .

4. По графіку на рис. 9.4. визначити висоту нижньої межі хмар.
5. Сформулювати прогноз ВНМХ у встановлених градаціях.
6. Порівняти прогностичне значення ВНМХ з фактичним на контрольній приземній карті.

*Звітні матеріали*

1. Розрахунки висоти нижньої межі хмарності (ВНМХ) за способом Гоголевої в конспекті.
2. Формулювання прогнозу ВНМХ.

*Приклад:*

Розробити прогноз ВНМХ для станції Київ.

1. З приземної карти знімаємо значення температури повітря біля землі на станції Київ:  $T_0 = -0,7^\circ\text{C}$ .

2. Розраховуємо відстань до початкового району на карті  $AT_{850}$ :

$$L_{09-12} = 0,9 \cdot V_{850} \cdot \Delta t = 0,9 \cdot 5 \cdot 3,6 \cdot 12 = 194 \text{ км.}$$

Напрямок обираємо протилежний по відношенню до потоку уздовж ізогіпс  $AT_{850}$ .

3. На приземній карті визначаємо середню температуру точки роси  $T_d'$  у початковому районі за даними в радіусі 50 км від точки на приземній карті.

$$T_d' = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_{di} = \frac{0 + 1,6 + 4,4}{3} = 2,0^\circ\text{C}.$$

4. По графіку на рис. 9.4. визначаємо: ВНМХ - < 50 м.
5. В районі станції Київ очікується шарувата хмарність з висотою нижньої межі менш 50 м.
6. По контрольній приземній карті визначаємо, що в районі станції Київ спостерігається 10балів шаруватої хмарності з висотою нижньої межі 90 м.

Завдання 3. Розробити прогноз висоти нижньої межі хмарності для району аеродрому (згідно варіанту) за способом А.К. Лугченко із завчасністю 24 год.

*Вихідні матеріали.*

Аналогічно до завдання 1, практичного заняття 1, теми 4.

*Рекомендації по виконанню завдання.*

1. Зняти з приземної карти значення температури повітря біля поверхні землі в пункті прогнозу  $T_0$ .

2. Розробити прогноз температури повітря біля землі на 24 години вперед для пункту прогнозу.

3. По графіку на рис. 9.5. визначити вірогідність появи хмар висотою 200 м і нижче.

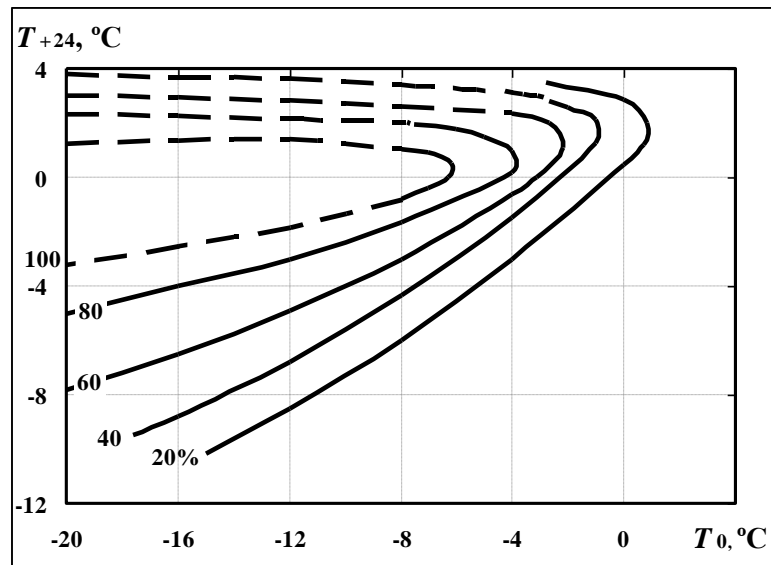


Рис. 9.5 – Графік для визначення вірогідності появи хмар висотою 200 м і нижче за способом А.К. Лугченко.

4. Сформулювати прогноз ВНМХ.

5. Порівняти прогностичне значення ВНМХ з фактичним на контрольній приземній карті.

#### *Звітні матеріали*

1. Розрахунки ВНМХ за способом А.К. Лугченко в конспекті.

2. Формулювання прогнозу ВНМХ.

#### *Приклад:*

Розробити прогноз ВНМХ для району Києва.

1. З приземної карти знімаємо значення температури повітря в Києві:  
 $T_0 = -0,7^\circ\text{C}$ .

2. Розробити прогноз температури повітря на добу для пункту прогнозу, використовуючи формулу 8.15 (тема 3, практичне заняття 2)

Для знаходження початкового району визначаємо, який шлях пройде частка за останні 12 годин по прогностичній карті  $AT_{850}$ :

$$L_{21-09} = 0,9 \cdot V_{850} \cdot \Delta t = 0,9 \cdot 5 \cdot 3,6 \cdot 12 = 194 \text{ км.}$$

На другому етапі розраховуємо, який шлях пройде частка за перші 12 годин, по фактичній карті АТ<sub>850</sub> за 03 год.:

$$L_{09-21} = 0,9 \cdot V_{850} \cdot \Delta t = 0,9 \cdot 7 \cdot 3,6 \cdot 12 = 272 \text{ км.}$$

На приземній карті визначаємо:

$$T' = 6,9^\circ\text{C}, \Delta T_{\text{адв}} = 6,9 - (-0,7) = 7,6^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_{\text{тр}} = -0,2 \cdot \Delta T_{\text{адв}} + 0,4N, \Delta N = \overline{N}_{\text{пр}} - \overline{N}' = 10 - 10 = 0;$$

$$\Delta T_{\text{тр}} = -0,2 \cdot 7,6 + 0,4 \cdot 0 = -1,5^\circ\text{C};$$

оскільки прогноз розробляється на добу, приймаємо  $\Delta T_{\text{д.х}} \approx 0^\circ\text{C}$ ;

$$T_{\text{пр}} = -0,7 + 7,6 - 1,5 = 5,4^\circ\text{C}.$$

3. По графіку на рис. 9.5 визначаємо, що вірогідність появи хмар висотою 200 м і нижче складає менше 20%.

4. В районі Києва очікується хмарність з висотою нижньої межі хмар 200-300 м.

5. По контрольній приземній карті визначаємо, що на станції Київ через 24 години спостерігається 10б шаруватої хмарності висотою нижньої межі 240 м.

Завдання 4. Розробити прогноз висоти нижньої межі хмарності та її еволюції для району аеродрому (згідно варіанту) за способом Спарішкіної із завчасністю 12 годин.

*Вихідні матеріали.*

Аналогічно до завдання 1, практичного заняття 1, теми 4.

*Рекомендації по виконанню завдання.*

1. Зняти в пункті прогнозу з приземної карти значення температури повітря  $T_0$  і температури точки роси  $T_{d0}$  біля поверхні землі.

2. Визначити температуру повітря  $T'$  і температуру точки роси  $T_d'$  та їх адвективні змінення  $T_{\text{адв}}$  і  $T_{d\text{адв}}$  по шляху переносу.

3. Розробити прогноз температури повітря біля землі  $T_{\text{пр}}$  в пункті прогнозу із завчасністю 12 годин.

4. По значеннях  $T_{\text{пр}}$  і  $\Delta T_{d\text{адв}}$ , використовуючи графік на рис. 9.6, визначити ВНМХ.

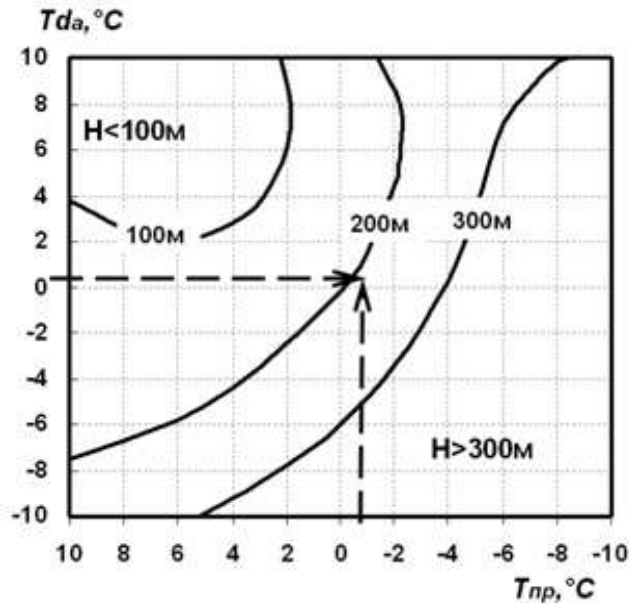


Рис. 9.6 – Графік для прогнозу ВНМХ залежно від  $T_{дадв}$  і  $T_{пр}$ .

5. По  $T'$  і  $T_d'$ , використовуючи графік на рис. 9.7, уточнити ВНМХ.

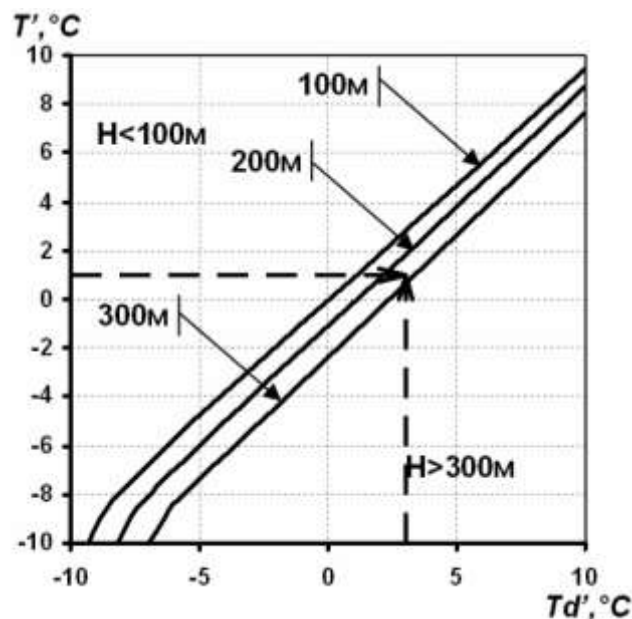


Рис. 9.7 – Графік для прогнозу ВНМХ у залежності від значень  $T'$  і  $T_d'$  в початковому районі.

6. По графіку на рис. 9.8 оцінити еволюцію висоти низької хмарності за шляхом траєкторії.

7. Сформулювати прогноз ВНМХ.

8. Порівняти прогностичне значення ВНМХ з фактичним на контрольній приземній карті.

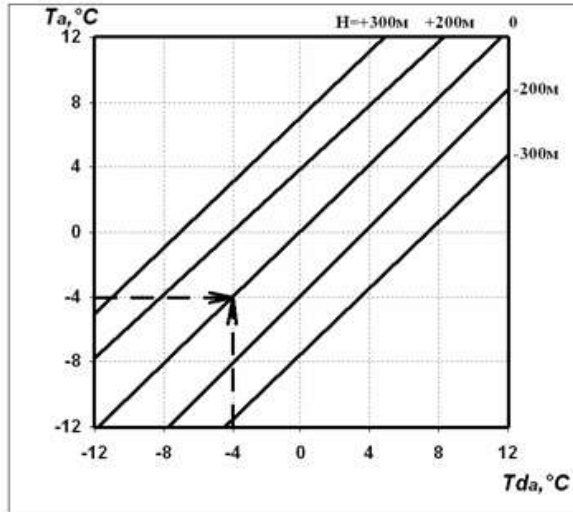


Рис. 9.8. – Графік для прогнозу еволюції ВНМХ залежно від  $T_{адв}$  і  $T_{дадв}$  уздовж траєкторії переносу.

### Звітні матеріали

1. Розрахунки ВНМХ за способом Спарішкіної в конспекті.
2. Формулювання прогнозу ВНМХ.

### Приклад:

Розробити прогноз ВНМХ і її еволюції для району Києва.

1. По приземній карті визначаємо  $T_0 = 0,2^\circ\text{C}$ ,  $T_{d0} = -0,1^\circ\text{C}$ .
2. Знаходимо початковий район:  $L_{21-09} = 194$  км.
3. Розраховуємо температуру  $T' = 2,8^\circ\text{C}$  і точку роси  $T_d' = 2,3^\circ\text{C}$ .

4. Обчислюємо адвективні зміни температури і точки роси уздовж траєкторії:

$$T_{адв} = T' - T_0 = 2,8 - 0,2 = 2,6^\circ\text{C}, \quad T_{дадв} = T_d' - T_{d0} = 2,3 - (-0,1) = 2,4^\circ\text{C}.$$

5. Розраховуємо  $T_{пр} = 5,4^\circ\text{C}$

4. По графіку на рис. 9.6, використовуючи  $T_{дадв}$  і  $T_{пр}$  визначаємо: ВНМХ менш ніж 100 м.

5. По графіку на рис. 9.7, використовуючи  $T'$  і  $T_d'$  уточнюємо: ВНМХ менше 100 м.

6. Проводимо оцінку еволюції ВНМХ. По приземній карті визначаємо середню ВНМХ в початковому районі: 90 м. Використовуючи  $T_{адв}$  і  $T_{дадв}$ , по графіку на рис. 9.8, прогнозуємо, що зміни ВНМХ уздовж траєкторії не очікується.

7. У районі Києва очікується хмарність з висотою нижньої межі 50-100 м.

8. По контрольній приземній карті визначаємо, що в районі Києва спостерігається 106 St 90м.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

### Прогноз неконвективної фронтальної хмарності

#### ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Найбільш сприятливі умови для утворення хмарних систем великої горизонтальної протяжності утворюються в зоні атмосферних фронтів. Це пояснюється тим, що саме у фронтальних зонах частіше за все виникають значні по величині впорядковані вертикальні рухи повітря, які охоплюють великі простори. Аналіз випадків зі складними метеорологічними умовами дозволяє стверджувати, що їх вірогідність в зоні атмосферних фронтів є значно більшою, ніж при внутришньомасових процесах.

Прогноз фронтальної хмарності дещо відрізняється від прогнозу внутришньомасової, оскільки при внутришньомасовому процесі прогнозист має спрогнозувати факт появи низької хмарності, а потім її характеристики. При прогнози фронтальної хмарності прогнозист в більшості випадків має справу зі сформованою хмарною системою. Головною методичною основою прогнозу фронтальної хмарності є врахування генетичної обумовленості існуючої системи хмар і факторів її еволюції у просторі та часі. Прогнозист має дуже добре уявляти собі складну структуру хмарних систем, пов'язаних з різними типами атмосферних фронтів.

Якщо у залежності від призначення прогнозу вимагається деталізація характеристик фронтальної хмарності, то процедура розробки прогнозу вирішується шляхом використання методу екстраполяції в часі та просторі. Рекомендується наступна послідовність розробки прогнозу.

1. Розробляється прогноз синоптичного положення.
2. Уточнюється положення тієї ділянки атмосферного фронту, яка обумовлюватиме погоду в пункті прогнозу.
3. Уточнюються межі розподілу різних ярусів і форм хмарності.
4. Розраховується швидкість переміщення атмосферного фронту та його еволюція.
5. З припущенням, що хмарність переміщується з тією ж самою швидкістю, що і фронт, визначається час проходження через пункт прогнозу хмарності різних форм і висота її нижньої межі.

Особливу увагу слід приділити розрахунку часу натікання низької хмарності, пов'язаною з атмосферним фронтом.

При прогнозі фронтальної хмарності найскладнішим є прогноз еволюції атмосферного фронту і хмарної системи, пов'язаної з ним. Загострення фронту викликає збільшення горизонтальних і вертикальних розмірів



хмарності, зниження нижньої та підвищення верхньої меж, змінення форм хмарності, збільшення вірогідності та інтенсивності небезпечних для авіації явищ, пов'язаних з цією хмарністю. Розмиття атмосферного фронту приводить до протилежних процесів. При прогнозі еволюції фронту необхідно враховувати добовий хід і місцеві фізико-географічні умови.

Авіаційні прогнози потребують певної деталізації, що в свою чергу, ускладнює алгоритм прогнозу. Прогностичні висновки відносно хмарності базуються на діагнозі вертикального розподілу хмарності, який здійснюється за допомогою приземних карт, карт баричної топографії та даних вертикального зондування атмосфери.

При діагнозі необхідно визначити такі характеристики хмарності, як висота нижньої і верхньої меж хмарності, наявність безхмарних прошарків, фазовий стан хмарності.

#### Контрольні питання:

1. Якої послідовності рекомендується дотримуватись під час розробки прогнозу фронтальної низької хмарності?
2. Яким чином еволюція атмосферного фронту впливає на пов'язані з ним фронтальні системи?
3. На які характеристики хмарності слід звертати увагу при формуванні авіаційних прогнозів погоди?

### ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

*Мета роботи:* набуття практичних навиків з розробки прогнозу форми і висоти нижньої та верхньої межі фронтальної хмарності синоптичним методом.

*Завдання 1.* Виконати обробку аеросиноптичного матеріалу та розробити прогноз синоптичного положення на 12 годин

*Вихідні матеріали:*

1. Комплект карт погоди (архів АРМ синоптика).

Таблиця 10.1 – Варіанти вхідних даних

№ варіанту	дата	Приземна карта погоди	Карта баричної топографії
1	30.03.15	An_priz_Klc_K=3000.T4	An_AT850_PYUA50_M=3000.T4
2	27.01.21	An_priz_Klc_K=2700.T4	An_AT850_PYUA50_M=2700.T4
3	26.01.21	An_priz_Klc_K=2600.T4	An_AT850_PYUA50_M=2600.T4

4	01.02.21	An_priz_Klc_K=0100.T4	An_AT850_PYUA50_M=0100.T4
5	25.09.18	An_priz_Klc_K=2500.T4	An_AT850_PYUA50_M=2500.T4
6	18.01.18	An_priz_Klc_K=1800.T4	An_AT850_PYUA50_M=1800.T4
7	08.10.17	An_priz_Klc_K=0800.T4	An_AT850_PYUA50_M=0800.T4
8	03.11.17	An_priz_Klc_K=0300.T4	An_AT850_PYUA50_M=0300.T4
9	28.07.17	An_priz_Klc_K=2800.T4	An_AT850_PYUA50_M=2800.T4
10	04.02.18	An_priz_Klc_K=0400.T4	An_AT850_PYUA50_M=0400.T4

*Рекомендації по виконанню завдання.*

1. Провести комплексний аналіз аеросиноптичного матеріалу.
2. Виділити зони з низькою фронтальною хмарністю.
3. Розробити прогноз синоптичного положення на кільцевій карті на 12 годин вперед.
4. Згідно варіанту, (таблиця 10.1), знайти та позначити на картах пункт прогнозу.

*Звітні матеріали*

1. Проаналізований аеросиноптичний матеріал.
2. Прогноз синоптичного положення у графічному вигляді.

Завдання 2. Розробити прогноз кількості, форми, висоти нижньої та верхньої меж хмар, хмарних опадів і видимості в них синоптичним методом для пунктів (згідно варіанту) на строк 12год.

*Вихідні матеріали.*

Аналогічно до завдання 1, практичного заняття 2, теми 4.

*Рекомендації по виконанню завдання*

1. На приземній карті визначити зони хмарності верхнього, середнього ярусів, хмарності з висотою нижньої межі  $h \leq 300$  м, зони хмарних опадів.
2. Розробити прогноз переміщення циклону та пов'язаних з ним теплового і холодного фронтів за правилом провідного потоку на 12 год.
3. Розрахувати час появи хмарності різних ярусів, ВНМХ  $h \leq 300$  м, початку хмарних опадів.
4. Визначити розшарованість, верхню межу хмарності, висоту ізотерми  $-10^{\circ}\text{C}$ , використовуючи данні радіозондування за 03 год.
5. Сформулювати прогноз хмарності та опадів з деталізацією за часом на прогностичний період.

*Звітні матеріали*

1. Графічний прогноз зон хмарності та опадів.
2. Розрахунки і формулювання прогнозу в робочому зошиті.

### Приклад

Розробити прогноз хмарності та опадів для району Києва на період з 15 год. 17.03.10 г. до 03 год. 18.03.10 р.

1. На приземній карті за 15 год. 17 березня теплий фронт розташовувався на віддаленні 320 км від Києва, зона хмар з висотою нижньої межі  $h \leq 300$  м на віддаленні 200-250 км, зона опадів 150-200 км.

2. За правилом провідного потоку визначаємо, що лінія теплового фронту через 12 годин буде розташовуватись на віддаленні 40 км від Києва.

3. Виходячи з результатів розрахунків прогнозуємо появу пір'ястої, пір'ясто-шаруватої хмарності о 6-7 годині, високошаруватої о 12-13 годині, шарувато-дощової, розірвано-дощової на висоті 300-500 м о 21-22 годині, її пониження до 200-300 м о 00-01 годині 18.03.10 р., до 150-200 м о 02-03 годині 18.03.10 г. Початок випадіння опадів прогнозуємо о 21-22 годині.

4. За даними радіозондування атмосфери в Києві визначаємо, що потужність системи  $A_s - N_s$  складає 4000 м, ізотерма  $-10^\circ$  розташована в шарі хмарності, що свідчить про те, що існують умови для випадіння інтенсивних хмарних опадів.

5. Формулюємо прогноз погоди на період з 15 до 03 годин 17 березня. Погода в районі Києва обумовлюється впливом теплового фронту. хмарність 8-10 балів верхня, середня шарувато-купчаста з висотою нижньої межі 400-600 м, з 22 год. шарувато-дощова, розірвано-дощова з висотою нижньої межі 250-350 м, наприкінці строку з пониженням до 150-200 м, верхня межа хмар 4-5 км. Серпанок, в другій половині строку опади. Видимість 4-6 км, наприкінці строку 1500-2000 м. Вітер  $160-180^\circ$  3-6 м/с. Температура «біля  $0^\circ\text{C}$ ». Тропопауза на висоті 10-11 км температура  $-55 \div -60^\circ\text{C}$ .

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

### Прогноз облогових опадів

#### ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

*Облогові опади* – це довготривалі, достатньо рівномірної інтенсивності опади у вигляді дощу або снігу, які одночасно випадають на великій території з шарувато-дощових і високошаруватих (фронтальні опади) або шаруватих (внутрішньомасові опади) хмар.

В авіаційних прогнозах вказуються вид опадів, їхня інтенсивність і час випадіння. Дозволяється використовувати термін «опади» (без уточнення виду), якщо прогнозована температура повітря є близькою до 0°C (в межах від -2°C до +2°C). якщо не прогнозується кількість опадів, то їхня інтенсивність характеризується горизонтальною видимістю в них.

В авіаційних прогнозах опади прогноуються зі зазначенням інтенсивності: слабкий (слабка) при видимості 2 км і більше; помірний (помірна) при видимості від 1000 до 2000м і сильний (сильна) при видимості менше 1000м.

В практиці метеорологічного забезпечення авіації для прогнозу опадів використовуються синоптичний і розрахунково-графічний способи.

Синоптичний спосіб є основним для оперативного прогнозу. При його застосуванні можливі два основних випадки: коли зона облогових опадів вже існує на синоптичному матеріалі, що аналізується і коли її немає.

*В першому випадку* припускають, що зони опадів переміщуються у відповідності з очікуваним переміщенням тих синоптичних об'єктів (циклонів, антициклонів), з якими ці зони пов'язані у вихідний і попередній періоди. У залежності від завчасності прогнозу і вихідної метеорологічної інформації можуть застосовуватися екстраполяційні методи або правило провідного потоку – переміщення уздовж ізогіпс карти АТ<sub>700</sub>.

Можлива еволюція зон опадів на період прогнозу оцінюється у відповідності до очікуваної еволюції циклону або фронту. Наприклад, якщо очікується поглиблення циклону або загострення фронту, то в прогнозі облогових опадів необхідно передбачити посилення їхньої інтенсивності, збільшення зони опадів і, можливо, випадіння мрячних опадів в теплому секторі циклону. Якщо за прогнозом очікується заповнення циклону або розмивання фронту, то у відповідності до прогнозу вертикальної потужності хмар слід передбачити послаблення або припинення облогових опадів.

Висновки, зроблені на основі оцінки переміщення і еволюції синоптичних об'єктів, мають уточнюватися з урахуванням місцевих фізико-

географічних умов. Особливого значення це набуває в тих випадках, коли ділянка фронту, що розглядається (або циклон) наближуються до гірських хребтів або превалюють через них, переміщується з водної поверхні на сушу або навпаки, тощо.

Визначивши швидкість переміщення і ширину зони опадів, можна розрахувати час початку, їхню тривалість та час закінчення.

*В другому випадку*, коли зони опадів на приземній карті немає зони опадів, алгоритм прогнозу є наступним.

1. Розробляється прогноз синоптичного положення. При цьому особлива увага приділяється аналізу і переміщенню облогових полів (фронтальних і внутрішньомасових), з яких можуть випадати опади.

2. Аналізуються частини баричних систем, ділянки атмосферних фронтів, де спостерігається падіння тиску, виникають умови для збільшення збіжності повітряних потоків, що обумовлює збільшення висхідних потоків.

3. Розробляється прогноз хмарності: кількість, форма, висота нижньої і верхньої меж, прогноз температури повітря біля поверхні землі і на висотах. Якщо вертикальна протяжність хмарності більше за 400м, а верхня межа розташована вище за ізотерму  $-10^{\circ}\text{C}$ , то в прогнозі вказують опади.

#### Контрольні питання:

1. Дайте визначення облогових опадів.
2. Яка інформація стосовно опадів вказується в авіаційних прогнозах погоди?
3. За яким алгоритмом має діяти синоптик при прогнозі облогових опадів у випадках коли зона облогових опадів вже проглядається на синоптичному матеріалі, що аналізується і коли її немає?

#### ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Мета роботи: набуття практичних навиків з розробки прогнозу облогових опадів на 12 і 24 години за допомогою розрахунково-графічних методів.

Завдання 1. Розробити прогноз опадів за способом Нікольського із завчасністю 12 годин.

*Вихідні матеріали.*

Аналогічно до завдання 1, практичного заняття 2, теми 4.

*Рекомендації по виконанню завдання*

1. Провести аналіз погодних умов, розробити ПСП на 12 годин.

2. На карті АТ<sub>700</sub> побудувати траєкторії переміщення часток повітря до пункту прогнозу з завчасністю 12 годин.
3. На ділянках траєкторії, на ізобаричній поверхні 700гПа, знайти точки з найменшими значеннями дефіциту точки роси  $D_{700}$ .
4. Перенести ці точки на карту АТ<sub>500</sub> та визначити в них значення дефіциту  $D_{500}$ .
5. Розрахувати  $D_{700} - D_{500}$ .
6. По значеннях  $D_{700}$  и  $D_{700} - D_{500}$ , використовуючи таблицю 11.1, визначити імовірність випадіння опадів.

Таблиця 11.1. – Імовірність випадіння опадів  $B_0$  у залежності від значень  $D_{700}$  та  $D_{700} - D_{500}$

$D_{700} \backslash D_{700} - D_{500}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	63	61	58	55	52	49	46	44	41	38	35
1	61	58	55	53	50	47	44	41	39	36	33
2	58	55	52	49	47	44	41	38	35	33	30
3	55	53	49	46	43	41	38	35	32	29	27
4	52	50	47	43	40	37	34	32	29	26	23
5	50	47	44	41	37	34	31	29	26	23	20
6	47	44	41	38	35	31	28	25	23	20	17
7	44	42	38	35	32	29	25	22	19	17	14
8	42	39	36	32	29	26	23	19	16	13	11
9	38	36	33	30	26	23	20	17	14	11	9
10	36	34	30	27	24	21	17	14	8	8	6

7. По прогностичній приземній карті на 12 годин розрахувати спрощений лапсасіан тиску за формулою:

$$\nabla^2 p_{12np} = p_1 + p_2 - 2 \cdot p_0, \quad (11.1)$$

де  $p_1$  и  $p_2$  - тиск в точках, які знаходяться на відстані від пункту прогнозу на захід і схід на відстані 500 км,  $p_0$  - тиск в пункті прогнозу.

8. По значеннях  $\nabla^2 p_{12np}$  і  $B_0$ , використовуючи графік на рис. 11.1, оцінити можливість випадіння опадів.

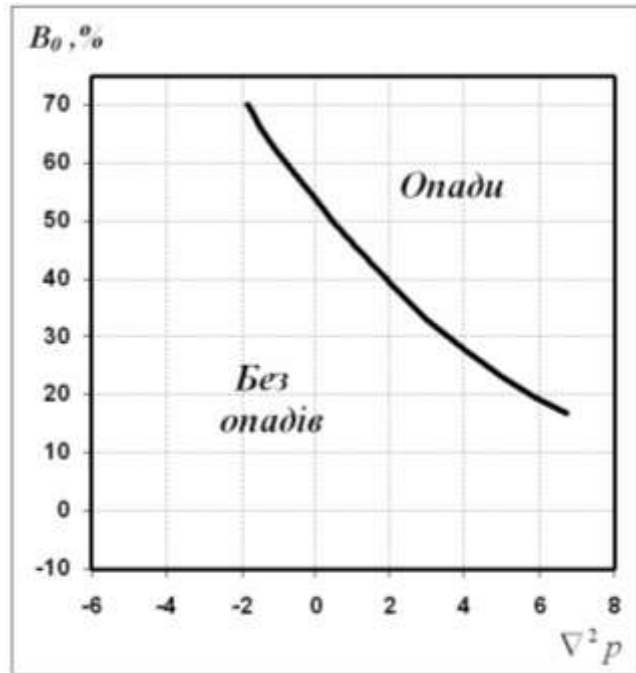


Рис. 11.1 – Графік для прогнозу випадіння опадів по способу Нікольського

9. Сформулювати прогноз опадів.

*Звітні матеріали*

1. Результати розрахунків.
2. Формулювання прогнозу.

*Приклад*

Розробити прогноз облогових опадів для району Києва з завчасністю 12 годин.

1. Погода в районі Києва в період з 15 до 22 годин обумовлюється теплим фронтом із заходу.

2.  $L_{700} = V_{700} \Delta t = 15 \cdot 3,6 \cdot 12 = 648 \text{ км.}$

3.  $D_{700} = 4,6^\circ \text{C.}$

4.  $D_{500} = 4,6^\circ \text{C.}$

5.  $D_{700} - D_{500} = 0.$

6. По таблиці 11.1 визначаємо:  $B_0 = 51\%.$

7.  $\nabla^2 p_{12np} = 989,0 + 1009,0 - 27997,5 = 3,0 \text{ гПа.}$

8. По графіку на рис. 11.1 робимо висновок про можливість випадіння опадів.

9. В районі станції Київ в період з 15 до 22 годин 12 липня очікується дощ. Видимість 6-10 км, наприкінці строку 2-3 км.

Завдання 2. Розробити прогноз облогових опадів за способом Ягудіна для пунктів із завчасністю 12 годин.

*Вихідні матеріали.*

Аналогічно до завдання 1, практичного заняття 2, теми 4.

*Рекомендації щодо виконання завдання*

1. Проаналізувати аеросиноптичний матеріал та розробити прогноз синоптичного положення (ПСП) на 12 години вперед. Графічне відображення ПСП виконати на приземній карті.

2. По прогностичним і фактичним картам  $AT_{850}$  і  $AT_{700}$  побудувати траєкторії переміщення часток повітря.

3. На ділянках 12-ти годинній траєкторій, відповідно, знайти точки з найменшими значеннями дефіцитів точки роси  $D_{850}$  і  $D_{700}$  та розрахувати їхню суму за формулою 11.2:

$$\sum_{850}^{700} D = D_{850} + D_{700}. \quad (11.2)$$

4. В точках с найменшими дефіцитами точки роси визначити значення масової долі водяної пари на цих поверхнях та розрахувати їхню суму за формулою 11.3:

$$\sum_{850}^{700} q = q_{850} + q_{700}. \quad (11.3)$$

5. По прогностичним картам вертикальних токів визначити значення  $\tau_{850}$  і  $\tau_{700}$  в районі пункту прогнозу на відповідні періоди та визначити їх сумарне значення за формулою 11.4:

$$\sum_{850}^{700} \tau = \tau_{850} + \tau_{700}. \quad (11.4)$$

Під час виконання цього завдання прийняти  $\tau_{850} = -20 \text{ гПа}/24 \text{ год}$ ,  $\tau_{700} = -30 \text{ гПа}/24 \text{ год}$ .

6. По знайденим значенням  $\sum_{850}^{700} D$  і  $\sum_{850}^{700} \tau$ , використовуючи графік на рис. 11.2, визначити можливість випадіння опадів на заданий період прогнозу.



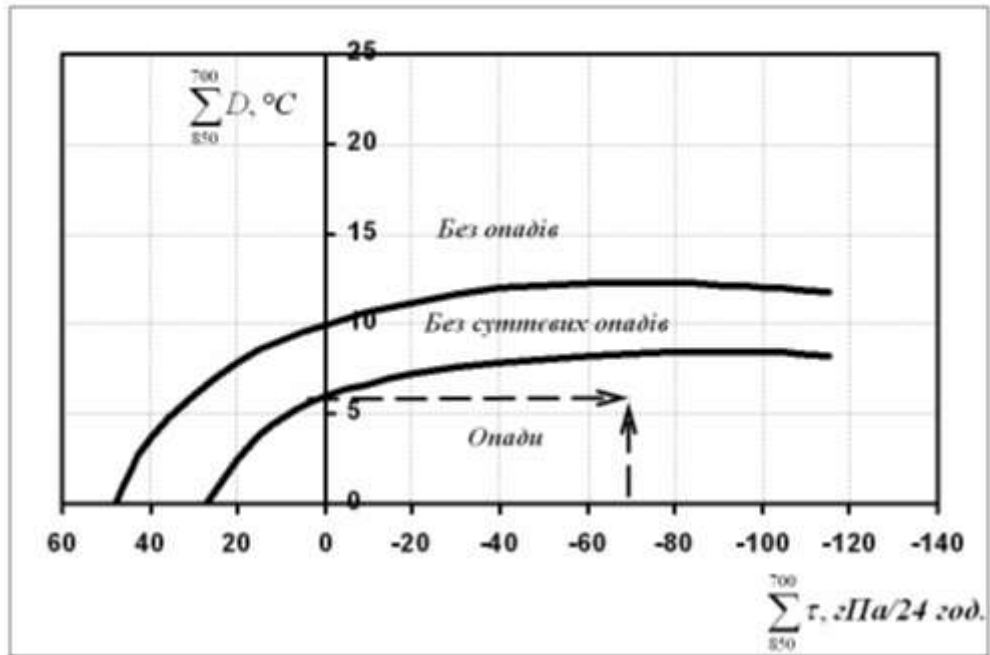


Рис. 11.2 – Імовірність випадіння опадів у залежності від  $\sum_{850}^{700} D$  і  $\sum_{850}^{700} \tau$

7. Якщо по графіку 11.2 очікуються опади, необхідно по графіку на рисунку 11.3, визначити їхню очікувану кількість (у мм).

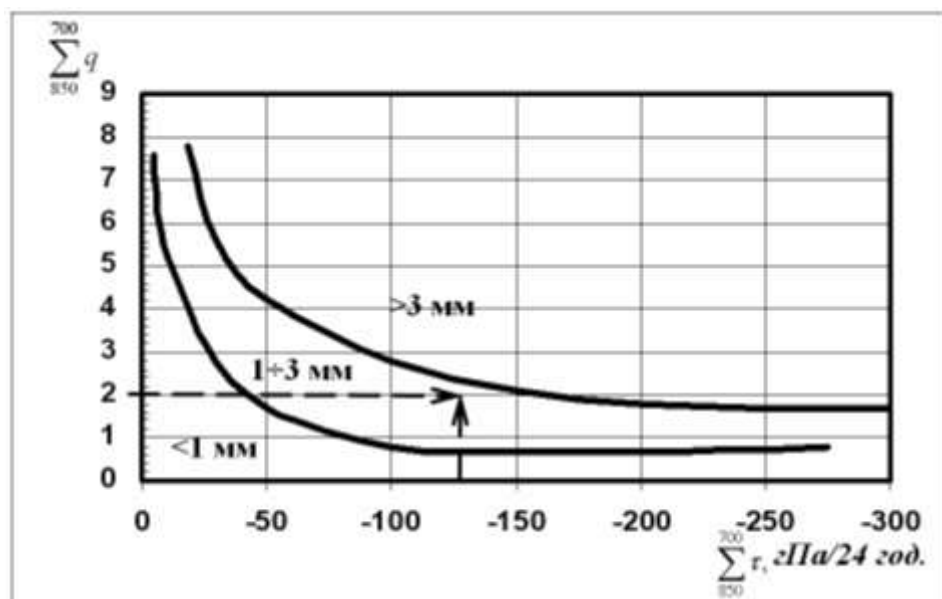


Рис. 11.3 – Графік для визначення кількості опадів по значеннях  $\sum_{850}^{700} q$  і

$$\sum_{850}^{700} \tau$$

8. Сформулювати прогноз опадів.

9. Порівняти отриманні результати з даними кати за строк на який робився прогноз.

### *Звітні матеріали*

1. Проаналізований комплект карт.
2. ПСП у графічному вигляді на 12 години вперед.
3. Розрахунки.
4. Формулювання прогнозу.

### *Приклад*

Розробити прогноз облогових опадів в районі Києва з завчасністю 24 години.

1. Погода в районі станції Київ на період з 03 год. до 15 год. 18.03.18 р. – теплим сектором циклону на початку строку проходженням теплового фронту.

2. На АТ<sub>850</sub>:

$$L_{03-15} = \bar{V}_{850np} \cdot \Delta t = 16 \cdot 3,6 \cdot 0,9 \cdot 12 = 622 \text{ км (1 ділянка),}$$

на АТ<sub>700</sub>:

$$L_{03-15} = \bar{V}_{700np} \cdot \Delta t = 20 \cdot 3,6 \cdot 0,8 \cdot 12 = 691 \text{ км (1 ділянка),}$$

3. Використовуючи інтерполяцію, визначаємо для 1 ділянки траєкторії:

$$D_{850} = 1^{\circ}\text{C}, D_{700} = 1^{\circ}\text{C}, \sum_{850}^{700} D = 2^{\circ}\text{C};$$

4. Використовуючи аерологічну діаграму визначаємо:

$$\text{для 1 ділянки} - q_{850} = 2,7 \text{ г/кг}, q_{700} = 2,4 \text{ г/кг}, \sum_{850}^{700} q = 2,7 + 2,4 = 5,1 \text{ г/кг};$$

$$5. \sum_{850}^{700} \tau = \tau_{850} + \tau_{700} = -20 + (-30) = -50 \text{ гПа/24 год.}$$

6. По графіку на рис. 11.2 для 1 ділянки прогнозуються опади.

7. По графіку на рис. 11.3 видно, що для ділянки 1 прогнозується кількість опадів більше 3 мм.

8. В районі Києва у період з 03 год. 18.03.18 р. до 15 год. 18.03.18 р. очікуються опади більше 3 мм. Визначивши синоптичним методом час початку 21-22 год.

9. Аналізуючи прогностичні карти, в районі Києва визначаємо: о 15 год. 18.03.18 р. спостерігаються помірні облогові опади.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды, ч.1. Л.: Гидрометиздат, 1986. – С. 362-399.
2. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 557-569.
3. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – С. 495-525.
4. 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 неконвективної хмарності нижнього ярусу»**  
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.