

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
для чергувань в Центрі прогнозів  
з дисципліни «Синоптична метеорологія»

на тему  
**«Траєкторії повітряних часток»**

Одеса 2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
для чергувань в Центрі прогнозів  
з дисципліни «Синоптична метеорологія»

на тему  
**«Траєкторії повітряних часток»**

Затверджено на засіданні кафедри  
метеорології та кліматології

Пр. № 10 від 06.05.2019 р.

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ Хохлов В.М.

Затверджено на засіданні

методичної комісії ГМІ

Пр. № 9 від 01.07.2019 р.

Голова методкомісії \_\_\_\_\_ Овчарук В.А.

Одеса 2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
для чергувань в Центрі прогнозів  
з дисципліни «Синоптична метеорологія»

на тему  
**«Траєкторії повітряних часток»**

Затверджено на засіданні  
методичної комісії ГМІ  
Пр. № 9 від 01.07.2019 р.

Одеса 2019

Методичні вказівки для чергувань в Центрі прогнозів погоди (ЦПП) з дисципліни «Синоптична метеорологія» для студентів III та IV курсів денної форми навчання.

Напрямок підготовки: 103 Науки про Землю, РПД Атмосферні науки

Кафедра: метеорології та кліматології  
Одеського державного екологічного університету  
ОДЕКУ, Одеса, 2019 р., укр., 15 с.

Укладач: Нажмудінова Олена Миколаївна, к.геогр.н., доц.

## ВСТУП

Чергування в навчальному бюро погоди (НБП) за темою «Траєкторії повітряних часток» здійснюється на основі зв'язку моделей геострофічного і градієнтного вітру з атмосферним тиском із застосуванням градієнтної лінійки при комплексному використанні базової аеросиноптичної інформації (фактичні та прогностичні карти погоди і карти баричної топографії).

Метою чергування є засвоєння методики побудови траєкторії повітряних часток для визначення початкових умов при прогнозі погоди.

За результатами виконання завдань студент повинен:

### Знати

- характеристики поля вітру і поля тиску;
- моделі зв'язку поля тиску і вітру;
- особливості поля вітру в баричних системах;
- особливості великомасштабних процесів, що виникають в атмосфері та ведуть до зміни погоди у просторі і часі.

### Вміти

- користуватися градієнтними лінійками;
- аналізувати вплив кривизни ізолій, фронтальних розділів та нестійкості атмосфери на швидкість вітру;
- визначати на картах погоди основні синоптичні об'єкти: баричні утворення, атмосферні фронти.

Чергування виконується студентами за планом чергувань в ЦПП.

## Список літератури

1. Нажмудінова О.М. Методичні вказівки для чергувань в НБП з дисципліни «Синоптична метеорологія» на тему «Первинний аналіз приземних карт погоди і карт баричної топографії». Одеса: ОДЕКУ, 2016. 30 с.
2. Нажмудінова О.М. Методичні вказівки для чергувань в НБП з дисципліни «Синоптична метеорологія» на тему «Комплексний аналіз атмосферних фронтів». Одеса: ОДЕКУ, 2013. 33 с.
3. Нажмудінова О.М. Методичні вказівки для чергувань в НБП з дисципліни «Синоптична метеорологія» на тему «Прогноз напрямку і швидкості вітру біля поверхні землі та на висотах» Одеса: ОДЕКУ, 2016, 30 с.
4. Нажмудінова О.М. Синоптична метеорологія: Конспект лекцій. Одеса: Екологія, 2011. 76 с.
5. Нажмудінова О.М., Уманська О.В. Робоча програма літньої навчальної практики з дисципліни «Синоптична метеорологія» (VI семестр). Одеса: ОДЕКУ, 2019. 16 с.
6. Практикум з синоптичної метеорології: Навчальний посібник / Під ред. Г.П. Івус, С.М. Іванової. Одеса: Вид-во «ТЭС», 2004. 419 с.
7. Хохлов В.М. Аналіз та прогноз розвитку повітряних мас, атмосферних фронтів та баричних утворень (конспект лекцій). Одеса: ТЭС, 2004. 125 с.

# МЕТОД ТРАЄКТОРІЇ ПОВІТРЯНИХ ЧАСТОК

## 1 Визначення швидкості градієнтного вітру

Швидкість вітру на прогностичних картах визначається за допомогою градієнтної лінійки. Така лінійка надає швидкість геострофічного вітру.

Формули геострофічного вітру за полем тиску і геопотенціалу є вихідними рівняннями, за якими можна отримати робочі формули для побудови градієнтної лінійки:

$$V_g = \frac{1}{l\rho} \frac{\partial p}{\partial n}, \quad (1)$$

$$V_g = \frac{9,8}{l} \frac{\partial H}{\partial n}. \quad (2)$$

Для обчислювальних цілей зручно вибрати одну з координатних осей так, щоб вона була дотичною до ізобари (ізогіпси). Тоді швидкість геострофічного вітру обчислюється за такою формулою:

$$V_g = \frac{\alpha \delta p}{l \delta n} = \frac{g}{l} \frac{\delta H}{\delta n}, \quad (3)$$

де  $\delta p$  і  $\delta H$  – стандартні інтервали, через які проводяться ізобари і ізогіпси.  $\delta n$  – відстань між вказаними ізолініями.

Якщо вважати, що густина  $\rho = 1,276 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$  (при  $p=1000 \text{ гПа}$  і  $T=0 \text{ }^\circ\text{C}$ ), градієнт тиску вимірювати в  $\text{гПа}/100 \text{ км}$ , а градієнт геопотенціалу в  $\text{гп.дам}/100 \text{ км}$ , то (3) можна переписати:

$$V_g = \frac{5,4}{\sin \varphi} \frac{\delta p}{\delta n} = \frac{6,7}{\sin \varphi} \frac{\delta H}{\delta n}. \quad (4)$$

Крім того, якщо використовувати стандартні карти погоди, на яких ізобари проведені через  $5 \text{ гПа}$ , а ізогіпси – через  $4 \text{ гп.дам}$ , то (4) переписеться як:

$$V_g = \frac{27}{\sin \varphi} \frac{1}{\delta n}, \quad (5)$$

де  $\delta n$  дорівнює  $100 \text{ км}$ .

На основі (5) можна побудувати градієнтну лінійку, що дозволяє розраховувати швидкість геострофічного вітру за відстанню між ізобарами чи ізогіпсами для певних географічних широт і різних масштабів карт

погоди (рис.1). При цьому лінійку можна побудувати для швидкості вітру в  $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$  або в  $\text{км}\cdot\text{год}^{-1}$ , шляхом введення коефіцієнта.

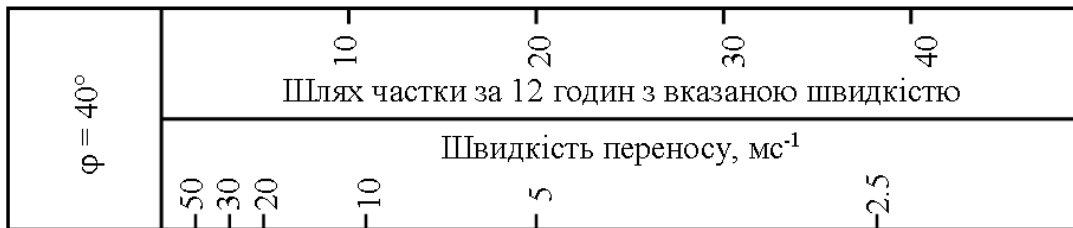


Рис. 1. Градієнтна екстраполяційна лінійка (масштаб не збережений)

Градієнтну лінійку будують на прозорому гнучкому матеріалі (наприклад кальці). При вимірах геострофічного вітру необхідно вісь ОУ на лінійці спрямувати по дотичній до однієї ізобари чи ізогіпси, а з поділки, що проходить через другу ізолінію, зняти швидкість вітру. При цьому вісь ОХ виставляють перпендикулярно ізолініям (по нормалі), так, щоб пункт прогнозу знаходився між ізолініями.

Для визначення поправки до швидкості геострофічного вітру на кривизну ізоліній (ізобар або ізогіпс) необхідно вирахувати радіус кривизни ізоліній. Він визначається за допомогою лекала, яке являє собою поєднання сполучених дуг  $\alpha$ , окреслених радіусами різної довжини. Вихідні дані для побудови номограми (лекала) для обрахунку радіусу кривизни ізоліній представлені у табл. 1.

Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахунку номограми для визначення радіусу кривизни ізоліній

$R$ , км	3000	2500	2000	1500	1000	800	600	400	200
$\alpha$ , °	10	12	15	20	50	30	30	45	80
$R$ , см карти М 1:1,5·10 <sup>7</sup>	20	16,7	13,3	10	6,7	5,3	4,0	2,7	1,3

Номограма будується наступним чином: з точки 0 проводиться радіус  $0a$  і окреслюється дуга  $ab$  радіусом 3000 км на карті відповідного масштабу. При цьому кут  $\alpha$  відраховується за допомогою транспортира, проводиться радіус  $0b$ . З точки  $b$  на радіусі  $0b$  відкладається відрізок  $b0_1$ , що відповідає радіусу 2500 км, з точки  $0_1$  радіусом  $0_1b$  окреслюється друга дуга  $bc$ , сполучена з дугою  $ab$ . Далі проводять аналогічні операції до радіусу 200 км і точки  $d$  – рис. 4.

Побудувавши номограму на щільному прозорому матеріалі (кальці), її вирізають точно за профілем кривої. Для виміру кривизни траєкторії,

вигнута дуга  $abcd$  прикладається до викривленої ізолінії, і в області дуги, яка найбільшою частиною стикається з ізолінією, знімається величина відповідного радіусу кривизни.

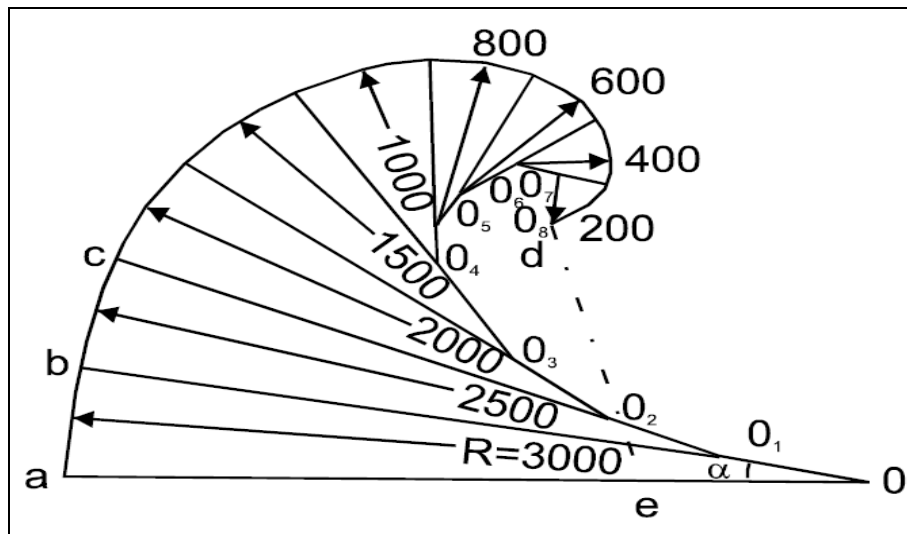


Рис. 2. Номограма для визначення радіусу кривизни ізоліній

## 2 Побудова траєкторії повітряної частки

Термін «повітряна частка» відноситься до деякої маси повітря.

*Траєкторія* – це набір послідовних положень повітряної частки (синоптичного об’єкта) за деякий інтервал часу. Траєкторії частки мають горизонтальну і вертикальну складові.

Траєкторія повітряної частки дає уявлення про послідовне її положення у просторі або на площині. Побудова траєкторії повітряної частки дозволяє визначити звідки перемістилася (переміститься) повітряна частка в даний район, а також, куди зміститься дана частка зі своїми властивостями за період часу  $t$ . Ці дві задачі вирішують також для синоптичних об’єктів, таких як циклони, антициклони, баричні улоговини і гребені, атмосферні фронти.

**На картах баричної топографії за напрям переносу частки приймають напрям ізогіпси, а біля поверхні землі – проміжний напрям між напрямом ізобари і напрямом вітру.**

При вирішенні задачі про те, звідки перемістилася (переміститься) повітряна маса в даний район (пункт прогнозу) траєкторія відкладається від заданої точки (пункту прогнозу) **проти повітряного потоку (спосіб зворотного переносу)**, при вирішенні задачі про те, куди зміститься повітряна частка за період часу  $\Delta t$  траєкторія відкладається у **напрямку повітряної течії (спосіб прямого переносу)**.



Обидві задачі можуть мати і діагностичний і прогностичний характер. Наприклад, можна встановити звідки перемістився циклон чи антициклон (діагностична задача), або звідки через добу в даний пункт зміститься повітряна маса зі своїми погодними характеристиками (прогностична задача). При рішенні питання, де, наприклад, через добу буде розташовуватися даний циклон чи антициклон (прогностична задача), можна визначити, чи буде дане баричне утворення впливати на пункт прогнозу, якщо буде, то яка його частина, коли слід очікувати опади, зміну напрямку вітру і т.д.

При розрахунках на 12 годин використовують фактичні карти погоди (цього часто буває достатньо, оскільки атмосферні процеси мають визначену інерцію, і за 12 годин суттєвих перебудов висотного баричного поля, як правило, не відбувається). При розрахунку на строк більше 12 годин необхідно використовувати як фактичну, так і прогностичну карту, побудовану на момент прогнозу.

На практиці при розрахунку траєкторій повітряних часток за картами погоди визначають тільки горизонтальну проекцію графічним або розрахунковим способом.

Існують наступні способи побудови траєкторії:

- графічний;
- чисельний;
- аналітичний.

Графічний і чисельний способи використовуються як для прогнозу, так і для діагнозу, аналітичний спосіб застосовується тільки для прогнозу.

Розглянемо графічний спосіб побудови траєкторії повітряних часток біля поверхні землі та на основних ізобаричних поверхнях 925, 850, 700, 500, 300 гПа.

У синоптичній практиці розраховуються як прогностичні, так і діагностичні траєкторії. Прогностичні використовують частіше при розборі (аналізі) прогнозів, що не виправдалися. Діагностичні траєкторії використовують при складанні прогнозів погоди.

Графічний спосіб побудови траєкторії повітряних часток передбачає використання початкових (вихідних) карт погоди.

Прогностична траєкторія будується за даними прогностичних карт та однієї фактичної карти; діагностична траєкторія будується за даними фактичних карт за початковий та всі наступні або попередні строки спостережень. Методика побудови тієї чи іншої траєкторії одна і та ж.

При розрахунках прогностичних траєкторій повітряної частки необхідно використовувати прогностичні через 12 годин та фактичну (за вихідний строк спостереження) карти баричної топографії, а також відповідні їм приземні карти погоди.

У тепле півріччя для побудови траєкторії біля поверхні землі використовують відповідні карти АТ-850. При такій побудові траєкторії

слід починати з прогностичних карт, що мають найбільшу завчасність, а потім використовувати послідовні прогностичні карти меншої завчасності та фактичну карту.

У таблиці 2 наведені інтервали «часу переносу» частки вздовж ізогіпс поля абсолютної топографії тієї чи іншої ізобаричної поверхні.

Для більш правильної (точної) побудови траєкторії повітряної частки необхідна велика кількість спостережень у порівнянні з тими даними, які нанесені на фактичних картах погоди. Внаслідок цього часто виникають похибки у побудованих траєкторіях, особливо для зон атмосферних фронтів, що переміщуються і циклонів та антициклонів, що розвиваються.

Таблиця 2 – Інтервали «часу переносу», години

Завчасність прогнозу траєкторії частки, год.	Вихідна карта за початковий момент, год.	Прогностична карта, год.		
		12	24	36
6	6			
12	12			
12	6	6		
24	12		12	
24	6	12	6	
36	12		24	
36	12		18	6
36	6	12	18	
36	6	12	12	6

Існує кілька способів графічної побудови траєкторій повітряної частки.

### 2.1 Побудова траєкторії повітряної частки з урахуванням поля вітру на картах погоди (спосіб зворотного переносу)

На основних ізобаричних поверхнях 850...300 гПа для ряду послідовних строків спостережень траєкторію складають з окремих відрізків, розмір і напрям кожного з них визначають, використовуючи геострофічне співвідношення: розрахунок швидкості геострофічного вітру виконується по полю геопотенціалу за допомогою градієнтної лінійки, а за напрям вітру у першому наближенні приймають напрям ізогіпс на відповідній ізобаричній поверхні.

Для того, щоб побудувати траєкторію частки, яка переміщується до моменту часу  $t$  в точку А, виконують наступні етапи:

- 1) На прогностичній карті від пункту прогнозу – точка *A* (ст.Кишинів) у протилежний бік від напрямку руху повітряного потоку проводять відрізок лінії течії *AB* з урахуванням даних про вітер у точці *A* та у найближчих до неї точках. Довжина відрізка дорівнює середній швидкості геострофічного вітру  $V_g$  на відрізку між ізолініями по нормалі до пункту прогнозу т.*A*, визначеній за допомогою градієнтної лінійки – рис.3.

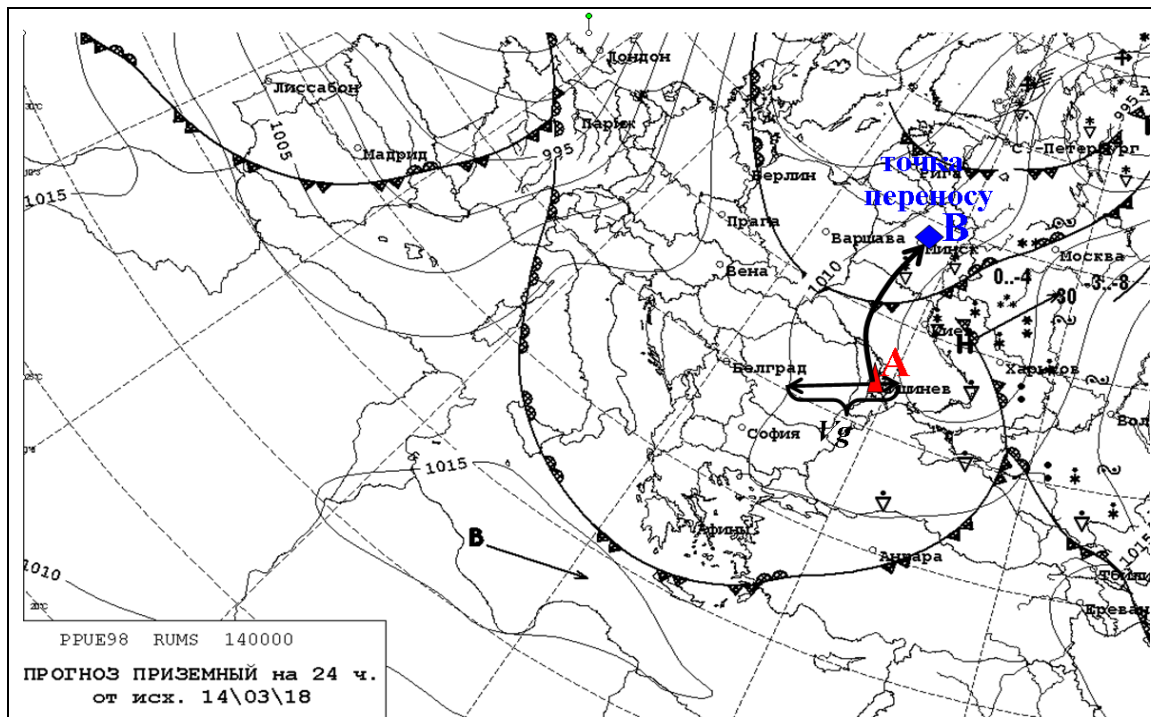


Рис. 3. Схема побудови першого півдобового відрізка траєкторії на прогностичній карті

- 2) Знайдена точка *B*, яка називається «точка переносу», переноситься на вихідну карту за географічними координатами.
- 3) На вихідній (фактичній карті) повторюють операцію побудови другого відрізка проти повітряного потоку - *BC*, але при цьому використовують швидкість вітру, визначену не за градієнтною лінійкою, а фактичну швидкість, осереднену за даними станцій поблизу точки переносу *B*, оскільки цей відрізок траєкторії будується на фактичній карті – рис.4. (на прикладі середній фактичний вітер складає  $5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ ).

Таким чином, переміщення частки відбувається спочатку за відрізком *CB*, а потім *BA*. Відповідно точка *C* буде початком прогностичної траєкторії, це адвективна точка переносу. Кінцева точка траєкторії завжди пункт прогнозу, для якого проводиться розрахунок.

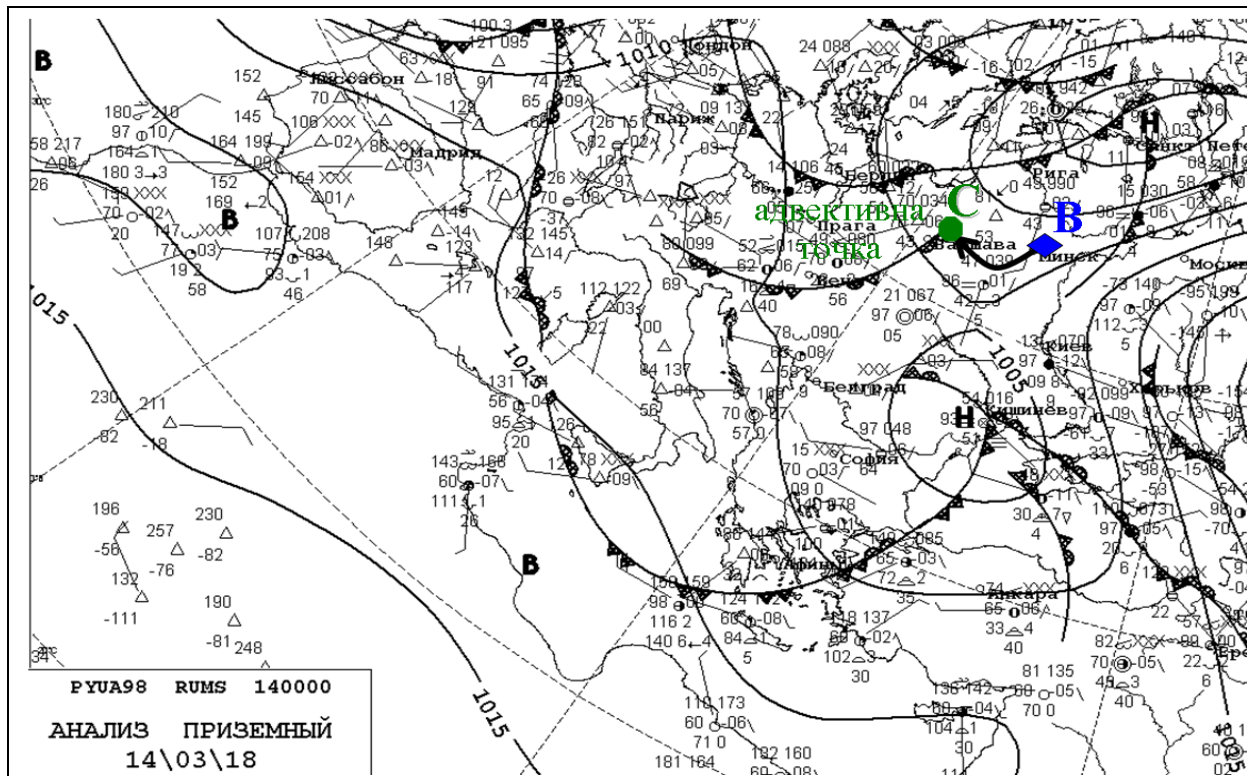


Рис. 4. Схема побудови другого півдобового відрізка траєкторії на фактичній карті за 14.03.2018 р., 00 UTC

Приклад побудови траєкторії на карті АТ-500 (ст. Харків) – рис.5-6.

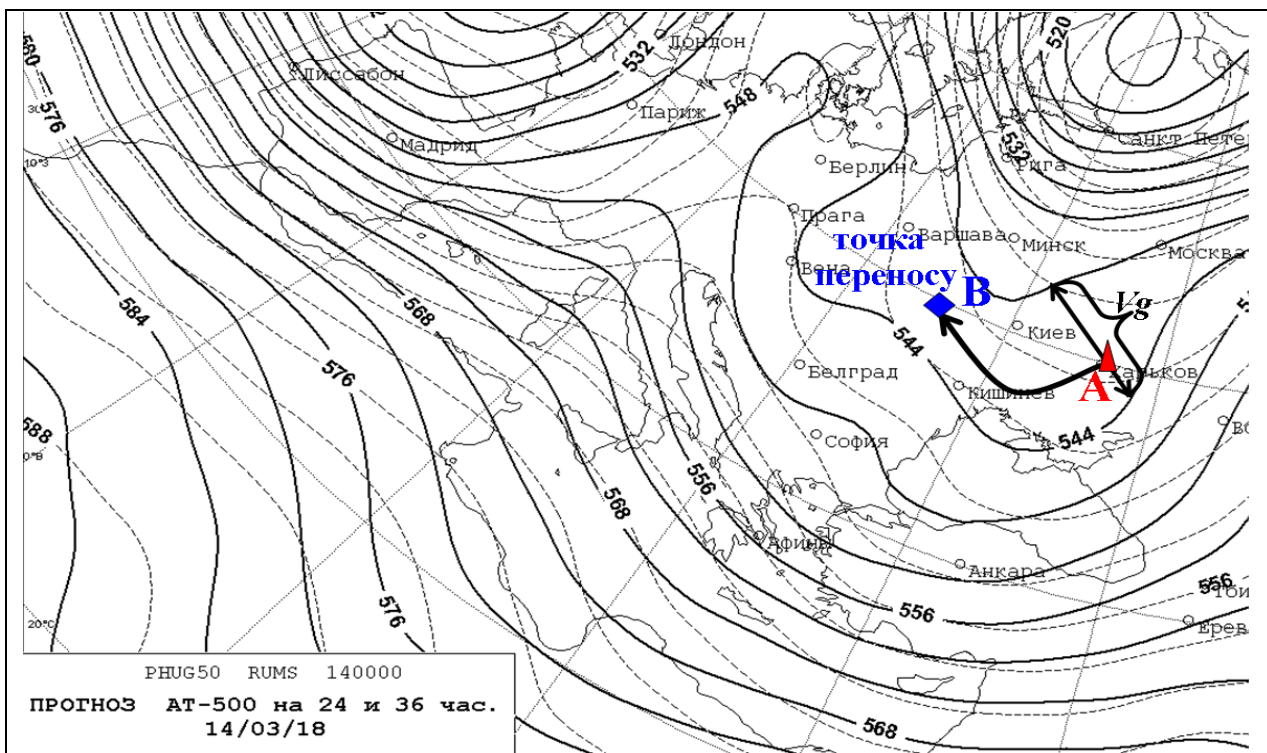


Рис. 5. Прогностична карта АТ-500 14.03.2018 р., 00 UTC

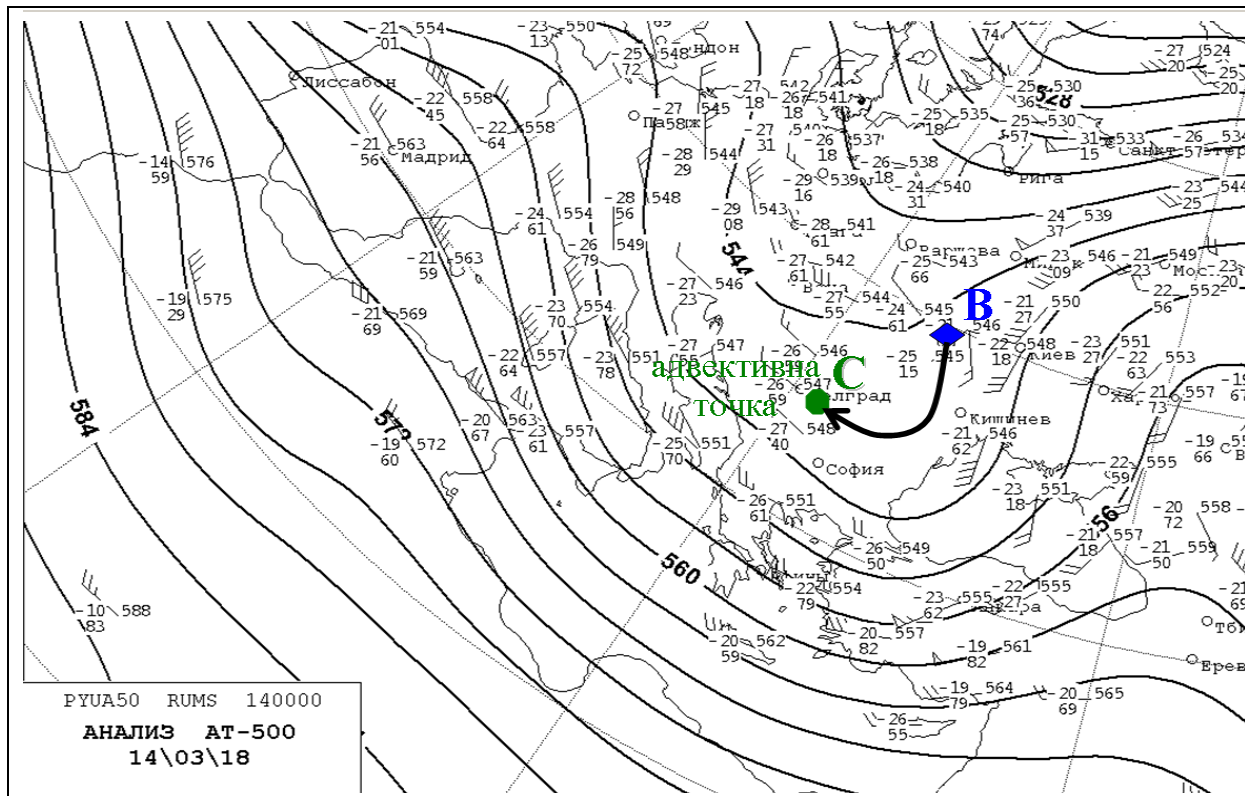


Рис. 6. Фактична карта АТ-500 14.03.2018 р., 00 UTC  
(середній фактичний вітер в районі точки переносу  $7 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ ).

### **Практичні рекомендації при побудові траєкторії повітряних часток:**

1. Для визначення геострофічного вітру на прогностичній карті градієнтну лінійку прикладають нижньою шкалою - «швидкість переносу,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ » по нормалі до ізогіпс (ізобар) приблизно на середині шляху. За шкалою швидкості між двома ізогіпсами (у точці перетину з іншою ізолінією) визначають середню швидкість  $V_g$ . Нижня шкала швидкості на лінійці логарифмована: чим більші баричні градієнти на картах, тим більша швидкість вітру і тим густіші поділки на шкалі.

2. За верхньою шкалою на градієнтній лінійці відкладають швидкість переносу частки - «шлях переносу частки за 12 годин з вказаною швидкістю», а саме, визначену швидкість  $V_g$  з нижньої шкали відкладають на верхній шкалі і від точки прогнозу проти потоку паралельно ізогіпсам (ізобарам) відкладають перший відрізок переносу для визначення точки переносу. Так визначають довжину півдобової траєкторії в геострофічному наближенні.

3. Зазначимо, що верхня шкала на градієнтній лінійці використовується для побудови другого відрізка півдобової траєкторії повітряних часток на фактичній карті. При цьому фактична осереднена швидкість вітру навколо точки переносу відкладається знову проти

поток верхньою шкалою градієнтної лінійки. В результаті на кінці добової траєкторії знаходять початкову (адвективну) точку переносу.

4. При значній кривизні ізобар (ізогіпс) -  $R \leq 500$  км, і повільному русі баричних утворень - швидкість переміщення  $\leq 40$  км·год<sup>-1</sup>, у розрахунки геострофічного вітру  $V_g$  вводяться виправлення або розраховується швидкість градієнтного вітру  $V_{gr}$ :

- при великій циклонічній кривизні ізогіпс  $R \leq 500$  км,  $V = \frac{2}{3}V_g$ ;
- при великій антициклонічній кривизні ізогіпс  $R \leq 500$  км,  $V = \frac{3}{2}V_g$ ;
- при прямолінійних ізогіпсах  $R > 1000$  км і середньому радіусі кривизни ізогіпс  $500$  км  $< R \leq 1000$  км використовується геострофічний вітер  $V_g$ .

Біля поверхні землі для баричних утворень, які повільно переміщуються, використовуються наступні співвідношення між величинами  $V$  і  $V_g$ :

- при великій циклонічній кривизні ізобар  $R \leq 500$  км,  $V = \frac{2}{3}V_g$ ;
- при великій антициклонічній кривизні ізогіпс  $R \leq 500$  км,  $V = \frac{1}{3}V_g$ ;
- при прямолінійних ізогіпсах  $R > 1000$  км і середньому радіусі кривизни ізогіпс  $500$  км  $< R \leq 1000$  км використовується геострофічний вітер  $V_g$ .

Таким чином, градієнтний вітер  $V_{gr}$  потрібно використовувати при побудові траєкторій повітряних часток при великій циклонічній або антициклонічній кривизні ізобар чи ізогіпс в системах баричних утворень, які повільно рухаються, тобто при стаціонарних процесах в атмосфері.

Геострофічний вітер  $V_g$  без введення поправок слід використовувати при прямолінійних (або таких, що мають середній радіус кривизни) ізогіпсах чи ізобарах при будь-якій швидкості переміщення баричних утворень, а також при великій циклонічній і антициклонічній кривизні  $R \leq 500$  км або ізоліній у баричних системах, що швидко переміщуються ( $V > 40$  км·год<sup>-1</sup>), тобто при нестаціонарних процесах в атмосфері.

Способом зворотного переносу можна оцінити властивості повітряної маси, що знаходиться в даний момент на початку траєкторії, і через час  $\Delta t$  (12 чи 24 год. залежно від побудови) буде визначати погодні умови в пункті прогнозу.

## 2.2 Спосіб прямого переносу повітряної частки

Рішення задачі про те, куди переміститься повітряна частка з даного пункту, виробляється аналогічно способу зворотного переносу, але траєкторія будується не назад проти потоку, а у напрямку потоку.

При цьому, якщо спосіб зворотного переносу припускає визначення району (початку траєкторії), з якого прийде в даний пункт (кінець траєкторії) повітряна частка зі своїми властивостями, то спосіб прямого переносу дозволяє визначати район, куди зміститься повітряна частка, циклон, атмосферний фронт і ін. (кінець траєкторії) з даного району (початок траєкторії).

На термін  $\Delta t \leq 12$  год. розрахунки виконуються по одній карті погоди, на термін  $\Delta t > 12$  год. спочатку використовується фактична карта АТ, потім прогностична. Середні швидкості переносу при цьому визначаються не позаду точки, для якої проводиться розрахунок, а попереду цієї точки.

На практиці для рішення задач прямого і зворотного переносу по приземній карті погоди побудова траєкторій часток виконується з врахуванням правила ведучого потоку, тобто використовуються карти баричної топографії АТ-700 або АТ-500. Але на висотах швидкість вітру значно вища, ніж біля поверхні землі. Правило ведучого потоку враховує цю особливість шляхом введення в розрахунки відповідних коефіцієнтів, що використовують залежність швидкості переміщення біля поверхні землі від швидкості переміщення на висотах.

Координати точки, для якої виконується розрахунок на приземній карті (це може бути пункт прогнозу, приземний центр баричного утворення, точка на атмосферному фронті і т.д.), переносяться на карту АТ-700 або АТ-500 (карти рівня ведучого потоку).

Потім проводяться аналогічні розрахунки шляху і побудови траєкторій, але формула для шляху буде мати вигляд:

$$S = \Delta t k V,$$

де  $k$  – коефіцієнт пропорційності (коефіцієнт переносу) між швидкістю вітру біля землі і на висотах.

Коефіцієнт переносу залежить від швидкості на висотах (табл. 3).

У середньому коефіцієнт пропорційності для АТ-700 приймається рівним 0,8; для АТ-500 – 0,6.

Після визначення початкової точки траєкторії на висотній карті погоди, ця точка переноситься на приземну карту і по ній оцінюють характеристики повітряної маси, яка зміститься в даний район зі своїми властивостями.

Таблиця 3 – Залежність коефіцієнта переносу від швидкості вітру на рівнях АТ-700 і АТ-500

Швидкість потоку на висотах, км·год <sup>-1</sup>	Коефіцієнт переносу для рівнів	
	АТ-700	АТ-500
≥30	1,5	1,2
30-35	1,2	1,0
35-45	1,0	0,8
45-55	0,8	0,7
55-85	0,7	0,6
85-100	0,6	0,4

Методом траєкторій визначають адвективні зміни метеорологічних величин, наприклад, температури повітря:

$$\Delta T_{adv} = T_p - T_k,$$

де  $T_p$  - температура повітря на даному рівні на початку траєкторії;  
 $T_k$  - температура повітря на даному рівні на кінці траєкторії (у пункті прогнозу).

Аналогічно характеризують зміни поля вологості (на приземній карті і хмарності).

При розрахунку поля вертикальних рухів у початковій і кінцевій точках траєкторії повітряних часток для основних ізобаричних поверхонь розраховують лапласіани тиску чи геопотенціалу за допомогою спеціальної палетки сітки значень.

### ЗМІСТ ЗАВДАННЯ.

1. Для запропонованих викладачем пунктів прогнозу розрахувати швидкість геострофічного вітру  $V_g$  на прогностичних картах різних рівнів з врахуванням кривизни ізолій для можливого введення виправлень швидкості вітру і побудувати перший відрізок півдобової траєкторії.
2. На фактичних картах побудувати другий відрізок півдобової траєкторії повітряних часток і визначити початкові (адвективні точки).
3. У початкових точках траєкторії відповідно поставлених задач розрахувати адвективні зміни метеорологічних величин або лапласіани тиску чи геопотенціалу.

### **Вихідні матеріали.**

Комплекти прогностичних і фактичних карт погоди.



## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

для чергувань в Центрі прогнозів  
з дисципліни “Синоптична метеорологія”

на тему  
«Траєкторії повітряних часток»

Укладач: к.геогр.н., доц. Нажмудінова О.М.

Електронна версія © Нажмудінова О.М.