МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для чергувань в НБП
з дисципліни «Синоптична метеорологія»

на тему

«Первинний аналіз приземних карт погоди і карт баричної топографії»

Затверджено на засіданні
методичної комісії ГМІ
протокол №___від _____

Одеса 2017

Методичні вказівки для чергувань в Навчальному бюро погоди (НБП) з дисципліни «Синоптична метеорологія» для студентів III та IV курсів денної форми навчання.

Напрям підготовки: гідрометеорологія, шифр 6.040105

Кафедра: метеорології та кліматології
Одеського державного екологічного університету
ОДЕКУ, Одеса, 2017 р., укр., 30 с.

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

ВСТУП

Чергування в навчальному бюро погоди (НБП) за темою «Первинний аналіз приземних карт погоди і карт баричної топографії» здійснюється при комплексному використанні базової аеросиноптичної інформації (фактичні та прогностичні карти погоди і карти баричної топографії).

Метою чергувань є отримання та поглиблення практичних навичок роботи з різноплановою сучасною оперативною інформацією; проведення аналізу синоптичних процесів, повітряних мас, баричних утворень; складання загального прогнозу синоптичного положення.

За результатами виконання завдань студент повинен:

Знати

- системи отримання метеорологічної інформації;
- види метеорологічної інформації та способи її представлення;
- характеристики основних метеорологічних полів;
- фізичні закономірності розвитку атмосферних процесів та передбачення можливих змін умов погоди.

Вміти

- отримувати та інтерпретувати різнопланову синоптичну та метеорологічну інформацію;
- проводити первинну обробку та аналіз метеорологічної інформації про фізичний стан атмосфери;
- визначати на картах погоди основні синоптичні об'єкти: повітряні маси, атмосферні фронти, баричні утворення та пов’язані з ними явища погоди.

Чергування виконується студентами за планом чергувань в навчальному бюро погоди (НБП).

Список літератури

1. Нажмудінова О.М. Методичні вказівки для чергувань в НБП з дисципліни «Синоптична метеорологія» тему «Комплексний аналіз атмосферних фронтів». Одеса: ОДЕКУ, 2013. 33 с.
2. Нажмудінова О.М. Синоптична метеорологія: Конспект лекцій. Одеса: Екологія, 2011. 76 с.
3. Практикум з синоптичної метеорології: Навчальний посібник / Під ред. Г.П. Івус, С.М. Іванової. Одеса: Вид-во «ТЭС», 2004. 419 с.
4. Хохлов В.М. Аналіз та прогноз розвитку повітряних мас, атмосферних фронтів та баричних утворень (конспект лекцій). Одеса: ТЭС, 2004. 125 с.
5. Manual on Codes. International Codes. Volume I.1. WMO-№306, 2011. 466 p.

І МЕТЕОРОЛОГІЧНА ІНФОРМАЦІЯ І СПОСОБИ ЇЇ ПРЕДСТАВЛЕННЯ

Метеорологічна інформація - сукупність відомостей про стан атмосфери або про стан окремих метеорологічних величин.

Розрізняють два види метеорологічної інформації:

1. *Первинна інформація* - про поточну погоду, безпосередньо отримана в результаті метеорологічних спостережень.
2. *Вторинна інформація* - про погоду, що спостерігалася, у вигляді різних зведень, синоптичних карт, аерологічних діаграм, вертикальних розрізів, знімків хмарності і т.п.

Правильність аналізу атмосферних процесів і успішність прогнозів у значній мірі залежать від якості і своєчасності надходження первинної метеоінформації.

Первинна метеорологічна інформація повинна відповідати ряду вимог, які зумовлюються задачами, поставленими перед службою погоди:

1. *Глобальність* - метеоінформація повинна надходити в прогностичні центри з прилеглої території, за розмірами порівнянної з територією континентів або океанів. Це визначається масштабністю і швидкоплинністю розвитку атмосферних процесів, які необхідно враховувати при складанні прогнозу навіть для якого-небудь одного пункту.
2. *Тривимірність* - дані спостережень повинні характеризувати стан атмосфери не тільки за площею над великими географічними районами, але і по висотах, тобто у тривимірному просторі. Атмосферні процеси, що формують погоду біля поверхні землі, розвиваються у великому шарі тропосфери і стратосфери.
3. *Комплексність* - визначається необхідністю комплексного аналізу полів тиску, температури, вітру, вологості з метою найбільш повного виявлення закономірностей розвитку атмосферних процесів.
4. *Синхронність* - проведення метеорологічних спостережень у єдині фізичні моменти часу по всій території, охоплюваній спостереженнями. Це дозволяє проводити <u>порівняльний аналіз</u> для єдиного терміну спостережень полів метеорологічних величин і явищ. Синхронність полегшує збір і поширення метеоінформації в масштабах земної кулі.
5. *Регулярність* - систематичне проведення спостережень у встановлені строки безперервно. Саме регулярність дозволяє проводити <u>послідовний аналіз</u> атмосферних процесів, прослідкувати їх розвиток у часі, що є основою для короткострокових прогнозів.
6. *Оперативність* - інформація повинна надходити споживачеві в мінімально припустимий термін.

Системи отримання метеоінформації надають дискретні або безперервні дані про розподіл у часі і просторі значень багатьох характеристик атмосфери. Ці поля метеовеличин можуть бути виражені різними способами чи у різній формі: **мовній; табличній; аналітичній; графічній.**

При забезпеченні деяких галузей н/г і населення широке поширення має *мовна форма.* Перевагою форми є доступність змісту без будь-якої підготовки в області метеорології, що надає можливість її представлення через засоби масового зв'язку (радіо-, теле-, публікації, тощо).

Для складання прогнозів і застосування у наукових розробках застосовується більш конкретна і повна первинна метеоінформація, яку можна отримати в першу чергу з метеорологічних і аерологічних зведень, які є прикладом *табличного способу* представлення інформації. Ці таблиці являють собою систематизовані за районами і часом спостережень набір цифрових телеграм, в яких у закодованому вигляді містяться результати наземних і висотних спостережень.

Для табуляції даних спостережень наземних і морських станцій використовується код КН-01, для систематизації даних одночасних аерологічних спостережень у виді телеграм використовується код КН-04.

Складання телеграм введене з метою скорочення об'єму і прискорення передачі засобами зв'язку тексту результатів метео- і аеро- спостережень. Такі телеграми усувають «мовний бар'єр» при міжнародному обміні метеоінформацією; зручні для архівації та подальшого використання великих масивів даних.

Для вирішення багатьох розрахункових задач при застосування моделей прогнозу, що мають складний математичний апарат, найбільш зручною є *аналітична* форма характеристик полів метеовеличин. Аналітичне представлення полів метеовеличин зводиться до вибору функції апроксимації, такої, що найкращим чином описує взаємозв'язки між значеннями метеовеличин у різних точках поля і у різні моменти часу, тобто має задану точність.

Основним і найбільш наочним способом представлення метеоінформації для синоптичного аналізу і прогнозу є *графічний*, а саме – складання приземних карт погоди і карт баричної топографії (БТ).

Карти погоди карти БТ складаються на основі інформації, що наводиться у метеорологічних і аерологічних телеграмах.

Синоптичні карти дають можливість вивчати макромасштабні атмосферні рухи, просторові розміри яких порівнянні по площі з материками й океанами або їх частинами, і умови погоди над будь-яким районом Земної кулі, де зібрана метеорологічна інформація.

Аналіз макромасштабних атмосферних структур за допомогою синоптичних карт дозволяє виділити загальну синоптичну обстановку над регіоном, що є основою для наступного прогнозу умов погоди.

II ПЕРВИННИЙ АНАЛІЗ ПРИЗЕМНИХ КАРТ ПОГОДИ

Значення будь-якої скалярної метеовеличини у прямокутній системі координат можна надати у вигляді функції просторових координат і часу:

$$F=F(x, y, z, t)$$

Це рівняння описує положення у чотиривимірному просторі сімейства поверхонь *F=const*. Але воно не може бути визначено графічно. З цією метою розглядають структуру поля *F*, частина координат якого є фіксованими чи незмінними. Якщо розглядати поле *F у фіксований момент часу, тобто строк спостереження*, функція буде мати вигляд:

$$F=F(x, y, z)$$

і описувати структуру поля у тривимірному просторі. Таке сімейство поверхонь можна представити у вигляді об'ємної моделі, тобто карти значень метеовеличини. На практиці є зручним проведення аналізу полів метеовеличин, фіксуючи постійними дві координати, тобто будуючи розріз поля якоюсь площиною. Сукупність таких розрізів дозволяє наочно виділити основні особливості структури поля метеовеличини *F* у всій товщині атмосфери, простежити її зміни у часі у будь-якому напрямі чи районі.

Розріз поля метеовеличини *F* горизонтальною площиною являє собою систему ізоліній *F=const*, що показують розподіл величини *F* на деякій горизонтальній площині *z=const при t=const.* Система таких ізоліній описується рівнянням:

$$F=F(x, y)$$

В синоптичній практиці така система ізоліній наноситься на бланк географічної карти, а сам розріз має назву карти значень метеорологічної величини *F на висоті z. Ця система утворюється як сліди перетинань поверхонь F=const з площиною z=const.* Для того, щоб описати тривимірне поле *F* необхідно побудувати такі карти для декількох поверхонь *z=const.* Карта значень метеовеличини *F* на висоті *z складається тільки для характеристики розподілу тиску повітря на рівні моря, тобто для висоти z=0.* Ці карти мають назву приземних карт погоди.

Приземні карти погоди складаються для опису розподілу метеорологічних величин на рівні моря.

За даними спостережень в основні строки - 00, 06, 12, 18 ВСЧ будуються карти погоди, які охоплюють велику територію. Це дозволяє одночасно спостерігати атмосферні процеси протяжністю декілька тисяч кілометрів. На таких картах базуються прогнози погоди на 24…36 годин, а

самі карти мають назву *основних.* Основні карти, що використовуються для роботи в позатропічних широтах, будуються на бланках карт в стереографічній полярній проекції з масштабами на паралелі 60°, які дорівнюють 1:15 000 000 або 1:20 000 000 (рис. 2.1).

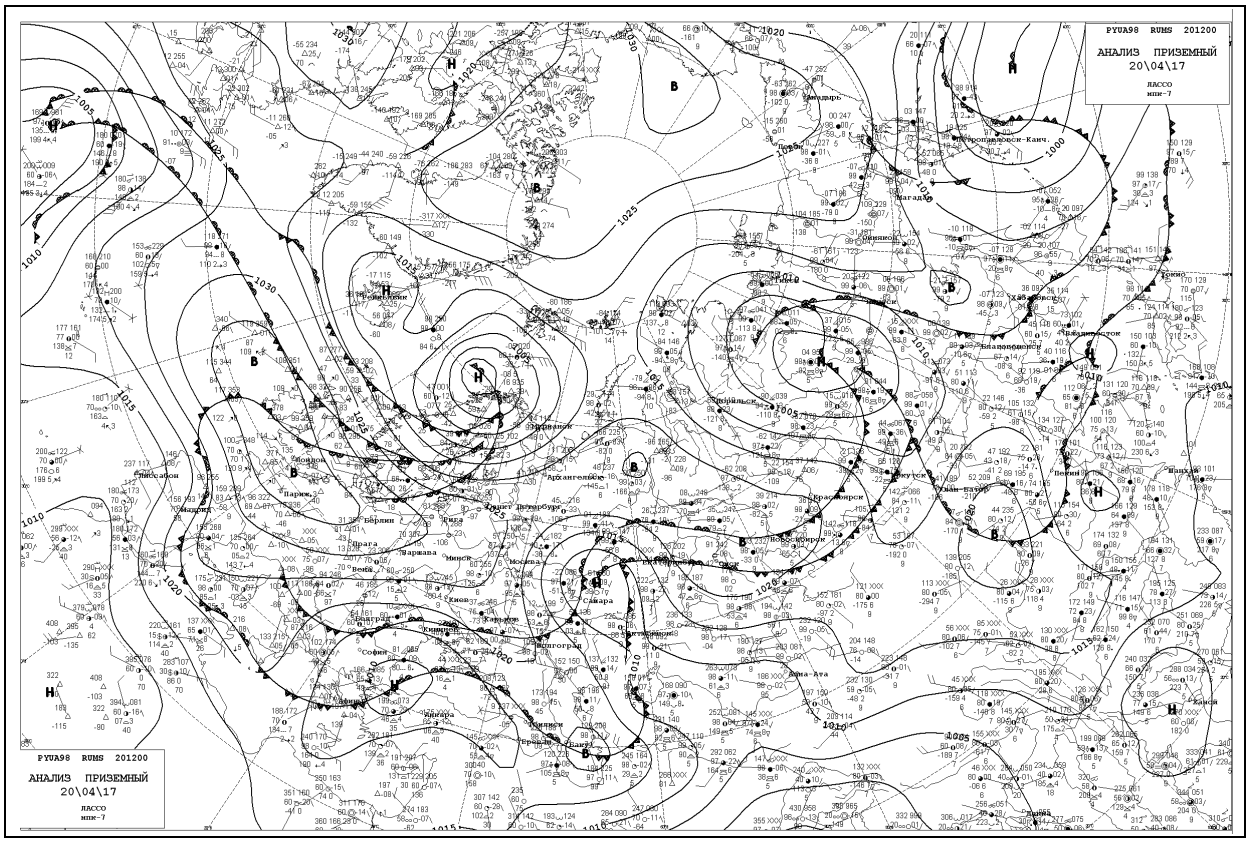


Рис. 2.1. Основна приземна карта погоди 20.04.2017 р., 12 ВСЧ

За спостереженнями в додаткові строки - 03, 09, 15, 21 ВСЧ складаються приземні карти меншого територіального охвату - *додаткові карти.* Такі карти використовуються для уточнення розвитку атмосферних процесів, а також для складання короткострокових прогнозів погоди для конкретного району. Зведення про погоду для складання таких карт збираються з території деякого кільця метеорологічних станцій, тому такі карти мають назву *кільцевих карт* або *кільцівок.* Масштаб кільцевих карт менший - 1:5 000 000, мікрокільцевих карт - 1:2 500 000, проекція стереографічна, полярна (рис. 2.2).

Карта погоди представляє собою бланк географічної карти, на який наносять біля кожної станції умовними позначками значення метеорологічних величин і атмосферних явищ, які зафіксовано в момент спостережень.

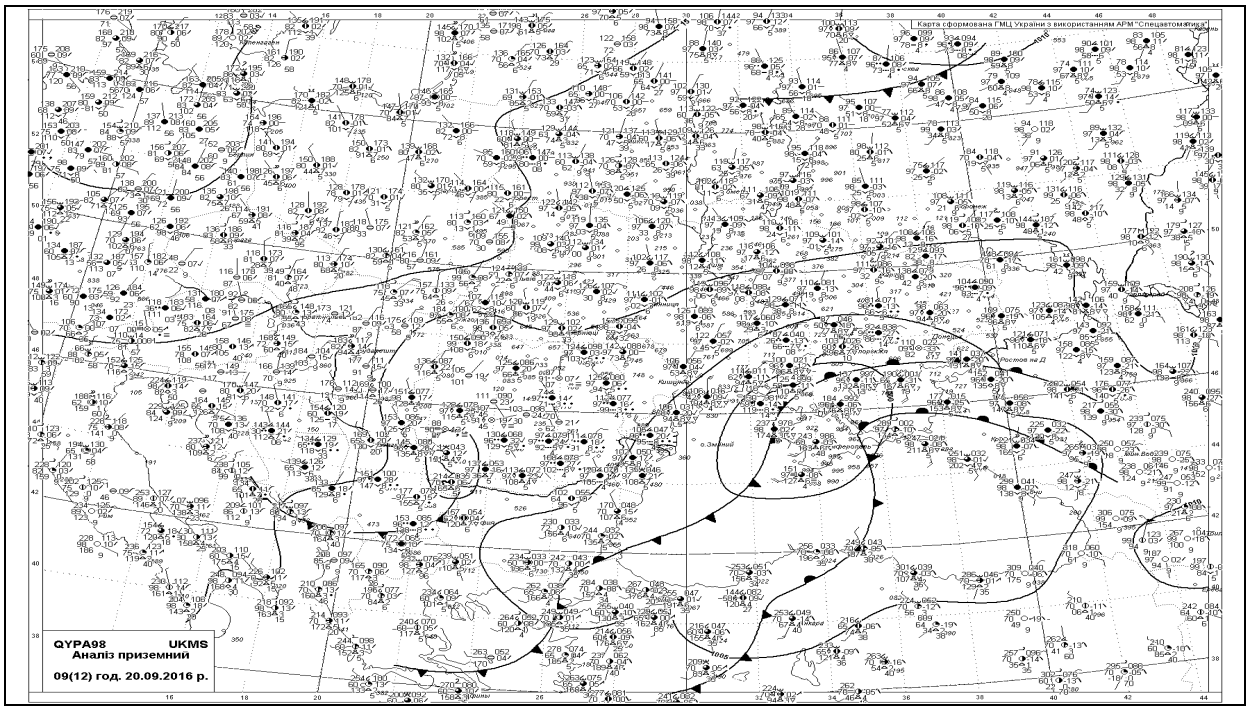


Рис. 2.2. Кільцева карта погоди 20.09.2016 р., 09 ВСЧ

Для кодування даних, отриманих на наземних та суднових станціях, використовують код КН-01 (міжнародна форма FM12-IX SYNOP і FM13-IX SHIP). Час від часу в схему можуть вноситися деякі зміни стосовно окремих параметрів. Повна зміна схеми коду, як правило, супроводжується зміною схеми нанесення даних на карти та позначок окремих метеорологічних величин.

Групи коду об’єднані у 5 розділів, згідно з цим кодом кількісні та якісні характеристики метеорологічних величин кодуються п'ятизначними цифровими групами та передаються у вигляді метеорологічних телеграм. Групам коду (за виключенням кількох) присвоєні розпізнавальні номери:

У розділ 0 включені: буквений розпізнавач коду, дата і строк спостереження, покажчик використовуваних одиниць швидкості вітру і способу її визначення. Для коду SYNOP - індексний номер гідрометеорологічної станції, для коду SHIP – позивний сигнал радіостанції судна і координати його місцезнаходження (географічна широта і довгота).

Розділ 1 включає метеорологічні дані про стан атмосфери біля поверхні землі - температуру повітря, вологість, атмосферний тиск, характеристику зміни тиску – баричну тенденцію (знак і величину), видимість, швидкість і напрям вітру, опади, погоду у строк спостереження і минулу погоду; висоту, кількість і форму хмар, а також покажчики включення в телеграму груп опадів і явищ погоди.

Розділ 2 включає гідрометеорологічні дані про стан поверхні морів і океанів: температуру води, висоту і період вітрових хвиль і хвиль брижі,

напрям переміщення хвиль брижі, зведення про зледеніння судна, характеристику морського і материкового льоду, швидкість і напрям переміщення судна.

У розділ 3 входять зведення про екстремальні температури повітря за добу, кількість опадів за півдоби, інструментально вимірювану висоту хмар, їх кількість, форму, характеристику явищ погоди.

Розділ 4 містить дані високогірних станцій про хмарність, висота яких знаходиться нижче рівня станції.

Розділ 5 включає дані про середньодобову температуру повітря; мінімальну за добу температуру у вегетаційний період, якщо вона нижче +5°С, стан поверхні ґрунту; стан і висоту снігового покриву; кількість опадів за добу і півдоби; характеристики явищ погоди.

Цифри і умовні позначки наносять на карти зі строгим дотриманням стандартних схем (рис. 2.3.).

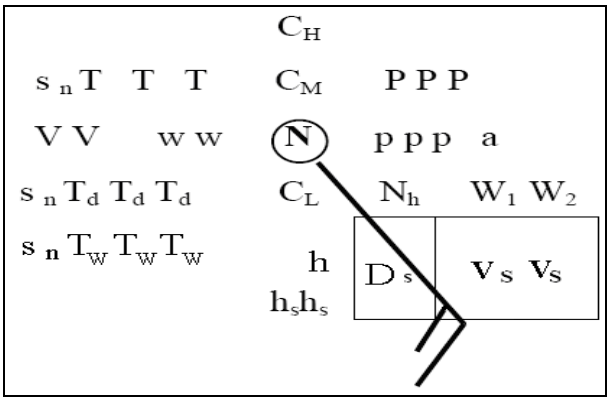


Рис. 2.3. Схема нанесення даних на станцію за кодом КН -01

Напрямок вітру вказують стрілкою, яка йде до центра кружка станції за напрямком вітру. Стрілка вітру повинна бути орієнтована відносно меридіану, який проходить через даний пункт. Швидкість вітру надається у вигляді оперення. Оперення відхиляється ліворуч від стрілки (якщо дивитися за напрямком вітру) в північній півкулі і праворуч в південній півкулі. Кут між пером і стрілкою повинен дорівнювати приблизно 120°. При штилі (dd = 00 і ff = 00) кружок станції обводять ще одним кружком більшого діаметру: ◎.

Видимість *VV*, кількість хмар N_h, висоту їх нижньої межі *h* наносять у цифрах коду. Якщо в телеграмі в розділі 3 є група $8N_sC\ h_s\ h_s$ і на місці *C* вказана така форма, що і в C_L, тоді замість *h* на карту наносять $h_s\,h_s$.

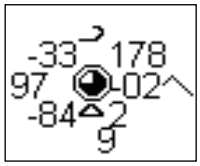
Температуру повітря (*TTT*), точки роси (*TdTdTd*), температуру поверхні води моря (океану) ($T_wT_wT_w$), ізобаричну тенденцію (*ppp*) наносять на карту з точністю до десятих долей. При цьому десяткова крапка не ставиться.

Атмосферний тиск (*PPP*) наноситься трьома цифрами з точністю до десятих долей. При цьому відкидаються цифри, які відповідають сотням і тисячам гектопаскалей (наприклад, тиск P = 1020,5 гПа буде нанесений на карту, як 205, тиск P = 990,5 гПа – як 905).

Якщо погода між строками W_1 або W_2 закодована цифрою 3, то на карту наносять один з символів – хуртовина або пилова буря в залежності від сезону і географічного району. Якщо W_1 і W_2 мають однакові цифри коду, символ явища погоди наноситься один раз.

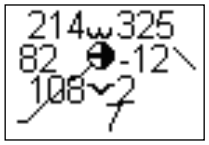
Приклади нанесення даних за кодом КН-01 на карту погоди:

1) Температура повітря -3,3°С; температура точки роси -8,4°С;



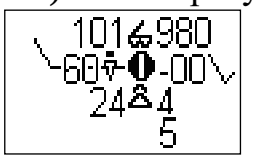
атмосферний тиск 1017,8 гПа, барична тенденція слабке зростання потім падіння на 0,2 гПа; видимість *VV* - цифри коду 97, що відповідає 10 км; вітер - штиль; загальна кількість хмарності *N* (те, як заштрихований кружок станції) 7-8 балів; висота нижньої межі найнижчої хмарності *h* - цифра коду 9 – хмарності нижче 2500 м немає; кількість хмар C_L або C_M – цифра коду 2, це 2-3 бали; хмарність нижнього ярусу (значок під кружком станції) купчасті *Cu* пласкі, хмарності середнього ярусу немає, хмарність верхнього ярусу (значок над кружком станції угорі) – перисті *Ci*.

2) Температура повітря 21,4°С; температура точки роси 10,8°С;



атмосферний тиск 1032,5 гПа, барична тенденція падіння на 1,2 гПа; видимість *VV* - цифри коду 82, це 40 км; напрям вітру – південно-західний (~220°), швидкість вітру 2-3 м·с$^{-1}$; загальна кількість хмарності *N* (те, як заштрихований кружок станції) 6 балів; висота нижньої межі найнижчої хмарності *h* - цифра коду 7, це 1500-2000 м; кількість хмар C_L або C_M – цифра коду 2, це 2-3 бали; хмарність нижнього ярусу (значок під кружком станції) шарувато-купчасті *Sc* не з *Cu* чи *Cb*, хмарність середнього ярусу (значок над кружком станції між температурою і тиском) високошаруваті *As* прозорі такі, що не змінюються, хмарності верхнього ярусу немає.

3) Температура повітря 10,1°С; температура точки роси 2,4°С;



атмосферний тиск 998,0 гПа, барична тенденція - падіння потім слабке зростання 0,0 гПа; видимість *VV* - цифри коду 60, це 10 км; напрям вітру - західний 270°, швидкість вітру 5 м·с$^{-1}$; загальна кількість хмарності *N* (те, як заштрихований кружок станції) 9 балів; висота нижньої межі найнижчої хмарності *h* - цифра коду 5, це 600-1000 м; кількість хмар C_L або C_M – цифра коду 4, це 5 балів; хмарність нижнього ярусу (значок під кружком станції) купчасті середні або потужні *Cu*, хмарність середнього ярусу (значок над кружком станції між температурою і тиском) висококупчасті *Ac* з високошаруватими *As* або без них, хмарності верхнього ярусу немає (або не видно); явища погоди в строк (значок зліва від кружка станції) зливовий дощ слабкий.

Аналіз приземних карт погоди включає наступні операції:

1. Проведення *ізобар* і визначення областей високого і низького тиску.
2. Проведення ізоліній баричних тенденцій – *ізотенденцій*.
3. Виділення особливих явищ погоди – *«підйом карти».*
4. Проведення ліній атмосферних фронтів.

СИСТЕМА ІЗОБАР

Поле тиску на площині зручно описувати **ізобарами – лініями однакового значення тиску** $p(x,y)=const$, що являють собою сліди перетину ізобаричної поверхні з рівневою поверхнею.

Ізобари на приземних картах погоди проводяться через цілих 5 гПа, кратні 5, на кільцевих картах та на картах, що використовуються в авіаційному обслуговуванні, ізобари проводять через 2,5 гПа. Це *суцільні плавні лінії чорного кольору, які надписуються значенням тиску на кінцях, якщо вони розімкнені і один раз на колі, якщо ізобара замкнена.* Надписи на кінцях ізобар ставляться паралельно колам географічної широти.

Внаслідок неперервності поля тиску *ізобари не можуть перетинатися між собою*, на картах різного масштабу вони можуть обриватися на границях карти, але у межах земної кулі це завжди замкнені ізолінії. Обрив ізобар на границях карт рекомендується виконувати вздовж однієї прямої лінії, а надписи проставляти один над іншим. Для північної півкулі ізобара проводиться таким чином, щоб станції з більш низьким тиском залишалися завжди зліва від напрямку ізобари.

При проведенні ізобар застосовують *інтерполяцію* між значеннями атмосферного тиску на сусідніх станціях. При цьому допускають, що тиск між двома близько розташованими метеостанціями змінюється рівномірно. Неможна інтерполювати між двома віддаленими одна від одної метеостанціями, особливо якщо різниця тиску мала, а вітри на станціях спрямовані у протилежний бік.

Проводять *згладжені* ізобари без зайвої хвилястості, враховують напрям і швидкість вітру на станціях. Оскільки швидкість вітру пропорційна величині баричного градієнта, ізобари проводять густіше там, де сильніший вітер. Відхилення вітру від ізобар, а також співвідношення швидкості фактичного вітру до градієнтного можуть змінюватися в широких межах в залежності від характеру підстильної поверхні, орографії і стратифікації нижнього шару атмосфери. У середньому над морем вітер відхиляється на 15-20° вліво від напрямку ізобар, а над сушею – 30-45°.

В центрах областей низького тиску проставляють чорним олівцем букву *Н* (низький тиск), а у центрах областей високого тиску проставляють чорним олівцем букву *В* (високий тиск) (рис. 2.4).

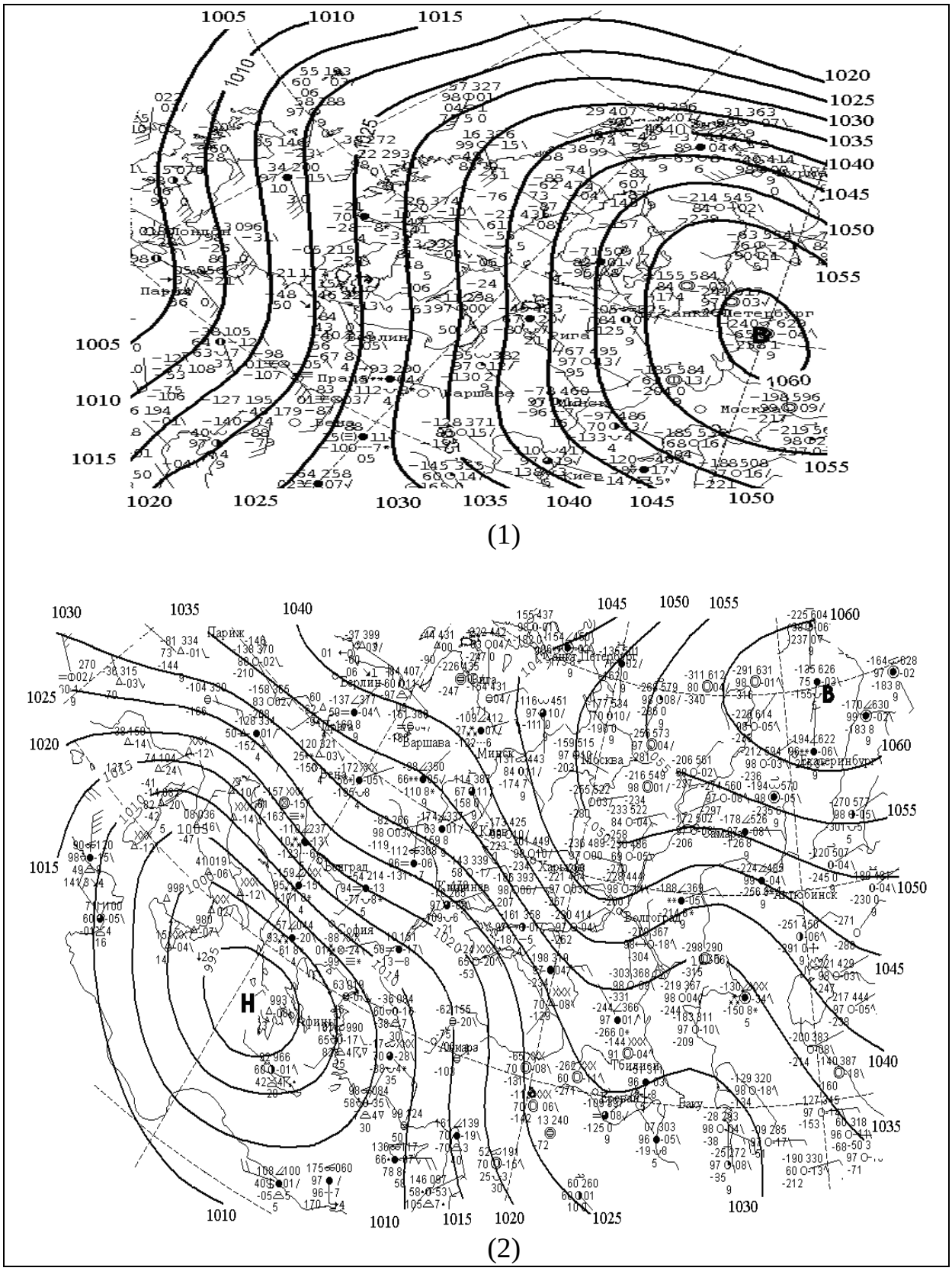


Рис. 2.4. Приклади інтерполяції при проведенні ізобар на приземних картах погоди

При перетині ліній атмосферних фронтів ізобари, як правило, мають характерний циклонічний вигин (злам), при чому не повинна порушуватися неперервність поля тиску. Чим різкіше виражений фронт, тим більший вигин ізобар. Циклонічний вигин здебільшого краще виражений перед фронтом, ніж за ним. За фронтом ізобари часто становляться близькими до прямолінійних. За холодним фронтом, або фронтом оклюзії за типом холодного, нерідко спостерігається антициклонічний вигин ізобар.

У гірських районах холодне повітря іноді накопичується з одного боку гір, в результаті чого атмосферний тиск по обидва боки гір уздовж нормалі до гірського хребта, різко відрізняється. В таких випадках виявляється сильне згущення ізобар уздовж гірського хребта, що не відповідає дійсним швидкостям вітру (наприклад на фоні слабих швидкостей). Розрив у полі тиску проявляється тим різкіше, чим вища гірська система; найбільший розрив присутній біля поверхні землі, а з висотою поступово зменшується. При чому взимку такий розрив відмічається значно частіше, ніж літом.

Для пояснення розриву поля тиску при цьому уздовж хребта проводять хвилястими лініями *орографічні ізобари.* Процедура полягає у проведення ізобар у звичайному порядку з обох боків хребта, а потім однозначні ізобари з'єднуються відрізками над хребтом (рис. 2.5).

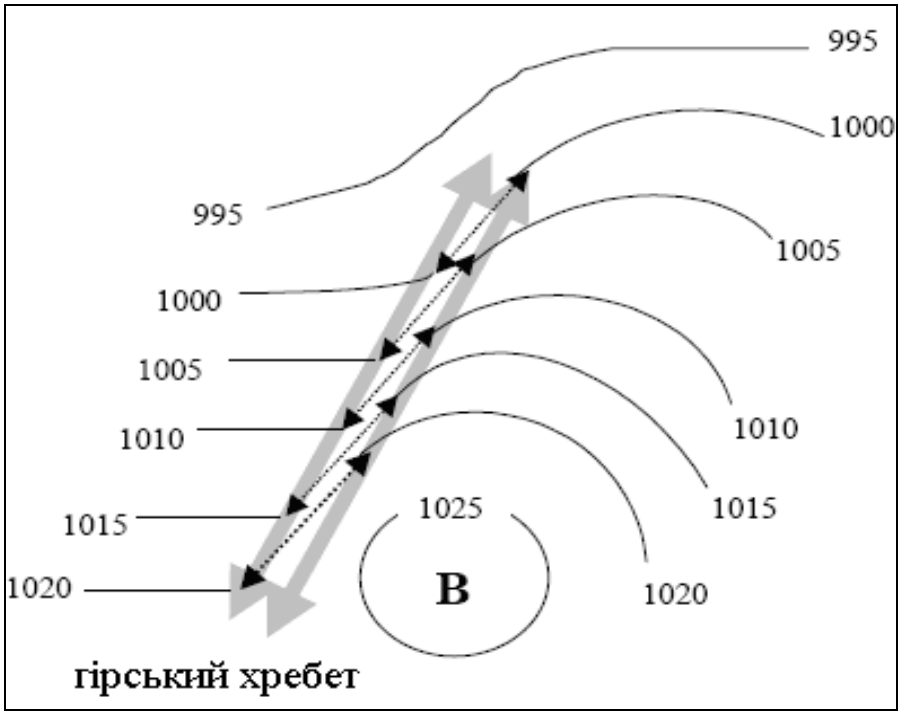


Рис. 2.5. Схематичне проведення орографічних ізобар

СИСТЕМА ІЗОТЕНДЕНЦІЙ

При розвитку атмосферних процесів істотна роль належить змінам тиску у часі. Для цього на приземних картах погоди визначають ще одну характеристику поля тиску – баричну тенденцію, ізолінії - *ізотенденції* або *ізалобари*, проводять чорним кольором пунктирними плавними лініями через ±1 гПа, надписуються цілим числом у центрі, коли ізолінія замкнена, або на кінцях, коли ізотенденції розімкнені; *0-ва ізотенденція, як правило, не проводиться.* При значних змінах тиску – більше ±5 гПа, дозволяється проводити ізотенденції непарних значень ±1, 3, 5, 7. У центрі області падіння тиску ставиться червоним кольором буква *П* – «падіння» і надписується значення мінімального зниження тиску; у центрі зростання тиску ставиться синім кольором буква *Р* – «ріст» і ставиться значення максимального підвищення тиску.

На фрагменті приземної карти погоди (рис.2.6) зображене поле баричних тенденцій у системі південного циклону, визначається типовий розподіл зміни тиску: у передній частині циклону в області теплого фронту тиск знижується, мінімальне падіння -3,9 гПа у центрі замкненої ізотенденції зі значенням -3; у тиловій частині циклону за холодним ростом тиск зростає, максимальне зростання 3,5 гПа у центрі замкненої ізотенденції зі значенням 3.

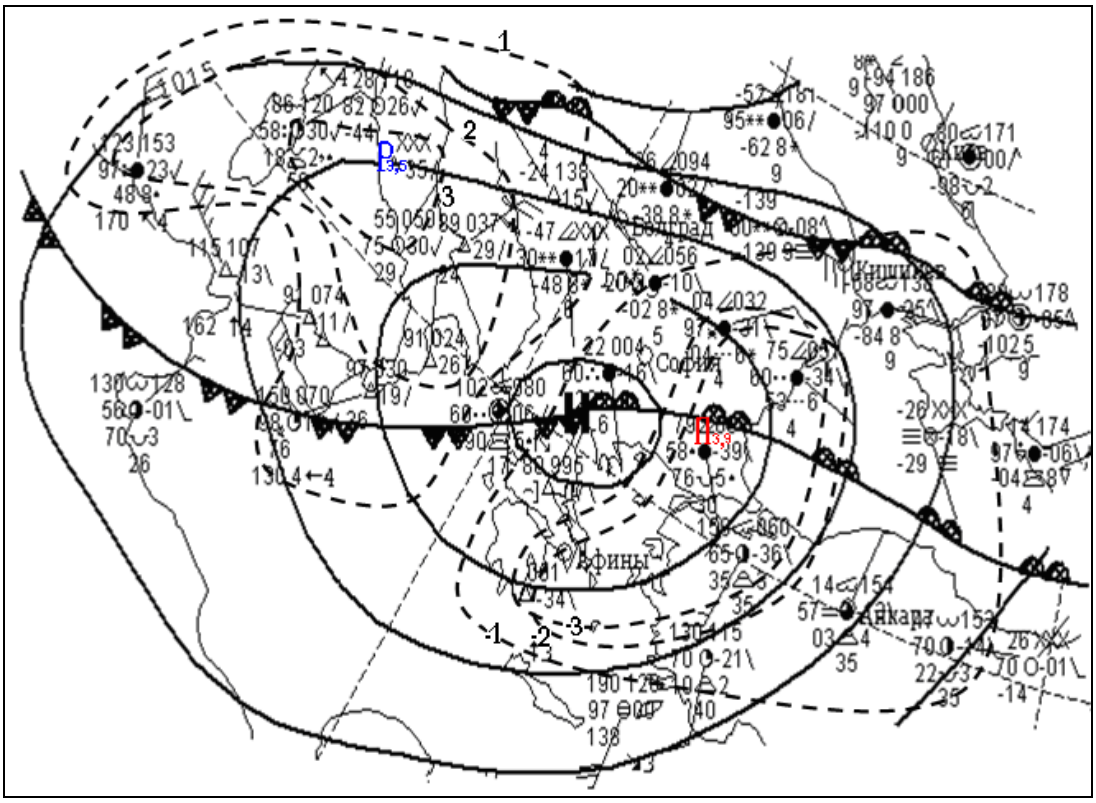


Рис. 2.6. Фрагмент приземної карти погоди з системою ізобар та ізотенденцій

«ПІДЙОМ КАРТИ»

Ряд операцій первинного аналізу карт погоди проводять із застосуванням кольорових позначень з метою акцентування уваги прогнозиста на найбільш важливих характеристиках погоди. Ця операція називається *«підйом карти»*. Явища погоди виділяють на приземних картах погоди умовними позначками, згідно прийнятих вимог – табл.2.1.

Таблиця 2.1 – Умовні позначення явищ погоди при аналізі основних карт погоди

Явища погоди	Знак	Колір	Примітка
Зона облогових опадів		зелений	Включають опади (сніг, дощ) тільки в строк спостереження
Облогові опади місцями		зелений	В строк спостереження
Слабкий сніг у зонах інверсії		зелений	В строк спостереження
Зливові опади		зелений	В строк спостереження і протягом останньої години
Гроза		зелений	В строк спостереження і протягом останньої години
Зірниця		зелений	В строк спостереження. При великій кількості грози не відмічається
Мряка		зелений	В строк спостереження
Ожеледь		зелений	В строк спостереження і протягом останньої години
Зона туманів		жовтий	В строк спостереження
Туман місцями		жовтий	В строк спостереження
Туман, який супроводжується мрячними опадами		жовтий, зелений	В строк спостереження
Імла		жовтий	При видимості менше 2 км
Загальна хуртовина		зелений	В строк спостереження
Пилові або піщані бурі		жовтий	В строк спостереження і між строками
Пилові або піщані вихори		фіолетовий	В строк спостереження і між строками
Смерч		червоний	В строк спостереження і між строками
Межа снігового покриву	—*—*—	синій	На картах екстремальних температур, опадів, снігового покриву і стану ґрунту
Межа заморозків	⊥⊥⊥⊥⊥⊥⊥	чорний	На картах екстремальних температур, опадів. Штрихи спрямовані у бік області заморозків

III АНАЛІЗ КАРТ БАРИЧНОЇ ТОПОГРАФІЇ

Для графічного зображення поля метеовеличини *F* приймають фіксованими які-небудь дві-три координати. Таким чином отримують розріз поверхні рівних висот *z* координатними площинами. Одним з основних видів таких розрізів є карта топографії поверхні рівних значень метеорологічної величини *F*. Її можна побудувати, якщо зафіксувати координати *F* і *t*, тобто розглядати деяку поверхню рівних значень *F* у фіксовані проміжки часу. Рівняння такої функції буде мати вигляд:

$$z=z(x, y).$$

Таке рівняння описує сімейство ізоліній – ***ізогіпс*** – ліній однакових висот, яке є слідами перетину поверхні *F=const* різними поверхнями *XOY*, що знаходяться на різних висотах *z* в один і той же момент часу. Карта з такими ізолініями надає наочну уяву про рельєф поверхні *F=const* і називається картою топографії цієї поверхні.

З метою отримання повної інформації про поле метеовеличини *F* необхідно мати карти топографії для різних значень *F* за декілька строків спостережень. Карти топографії можна будувати для будь-яких метеорологічних величин.

Для відображення розподілу метеорологічних величин в фіксований момент часу на фіксованих рівнях в атмосфері використовують карти баричної топографії. Карта баричної топографії будується для певної ізобаричної поверхні, висота якої змінюється за простором і часом, тобто за допомогою ізогіпс можна отримати баричний рельєф.

У якості вертикальної координати на картах баричної топографії використовується не лінійна, а **геопотенціальна висота** *H*, таким чином рівняння переписується у вигляді:

$$H=H(x, y),$$

Раціональність заміни координати *z* на *H* витікає з труднощів використання карт розподілу тиску на фіксованих висотах, побудованих у системі координат *x y z t*, оскільки за таких умов виникає необхідність залучення додаткових даних про температуру повітря для врахування щільності. Необхідність обрахунку щільності відпадає при зображенні баричного поля у вільній атмосфері за допомогою карт абсолютної топографії, на яких положення ізобаричної поверхні у просторі відлічується від рівня моря в одиницях геопотенціалу.

Положення будь-якої точки в атмосфері можна задати її висотою над рівнем моря. Для цієї ж мети можна скористатися потенціалом сили ваги (або геопотенціалом). *Висоти ізобаричних поверхонь обчислюються за барометричною формулою геопотенціалу.*

Геопотенціал Φ - робота, що затрачається на подолання сили тяжіння при переміщенні частинки з одиницею маси від центра Землі до заданого рівня z. Для зручності геопотенціал на рівні моря приймається рівним нулю. Розрізняють *абсолютний геопотенціал (відлічуваний від рівня моря) і відносний (відлічуваний не від рівня моря, а від ізобаричної поверхні, що розташована нижче).*

Формула **абсолютного геопотенціалу** має вигляд:

$$\Phi = \int_0^z g dz$$

Формула **відносного геопотенціалу**:

$$\Phi_2 - \Phi_1 = \int_{z_1}^{z_2} g dz$$

Враховуючи, що у межах тропосфери і нижньої стратосфери g практично не залежить від z, отримуємо:

$$\Phi = gz \ .$$

Звідси:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial x} = g\frac{\partial z}{\partial x}, \quad \frac{\partial \Phi}{\partial y} = g\frac{\partial z}{\partial y}.$$

За одиницю геопотенціалу прийнята величина – *9,8* $м^2 \cdot с^{-2}$, тобто робота по підняттю одиниці маси у полі сили тяжіння з прискоренням рівним *9,8* $м \cdot с^{-2}$; але така одиниця є незручною у використанні, тому введена інша одиниця – **геопотенціальний метр** – гп.м., який чисельно практично рівний лінійному метру, але має розмірність роботи:

$$H = \frac{\Phi}{9{,}8} = \frac{gz}{9{,}8}$$. (де *9,8* – безрозмірна величина)

Абсолютний геопотенціал ізобаричної поверхні залежить від тиску на рівні моря і середньої температури шару між рівнем моря і ізобаричною поверхнею. Це витікає з барометричної формули геопотенціалу, що є одним з інтегралів рівняння статики:

$$-\frac{dp}{dz} = g\rho \ .$$

Використовуючи рівняння стану сухого повітря:

$$-\frac{dp}{p} = \frac{gdz}{RT},$$

В результаті інтегрування від *0* до *z* і від p_0 до p_1 та після введення середньої температури шару від рівня моря до висоти *z*, отримуємо барометричну формулу геопотенціалу:

$$\Phi_{абс} = RT_m \ln \frac{p_0}{p},$$

де: *R* – газова стала;
T_m – середня температура шару повітря;
p_0 – тиск біля поверхні землі, приведений до рівня моря;
p – ізобарична поверхня.

Якщо положення ізобаричної поверхні у просторі вимірюється від рівня моря в одиницях геопотенціалу, то така карта називається **картою абсолютної топографії (АТ).** *В оперативній практиці будують і використовують карти АТ ізобаричних поверхонь 850, 700, 500, 400, 300, 200, 100 і 50 гПа, які називають головними (основними) ізобаричними поверхнями*. З різною метою можуть бути побудовані карти АТ проміжних і більш високих рівнів. Таким чином, карта абсолютної топографії ізобаричної поверхні *p=const* характеризує стан баричного поля. Ізогіпси абсолютної топографії еквівалентні ізобарам на рівні *p=const*.

Таблиця 2.2 - Середні висоти основних ізобаричних поверхонь

P, гПа	1000	925	850	700	500	400	300	250	200	150	100	50
H, км	0-0,5	~0,7	1,5	3	5,5	7	9	10	12	14	16	20

Місце розташування аерологічного пункту визначається для сухопутних станцій по індексу, для суднових - по географічних координатах, що повідомляється в телеграмі. Карти баричної топографії складаються відповідно до інформації, переданої аерологічними станціями, відповідно до коду КН-04. Для кодування та передачі даних температурно-вітрового зондування з наземних і суднових станцій використовуються міжнародні коди - відповідно FM 35.D TEMP і FM 36.D TEMP SHIP, національний варіант цих кодів - код КН-04.

Код КН-04 складається з чотирьох частин. В частинах *A* і *B* передаються дані для рівнів, розташованих до 100 гПа включно, а в частинах *C* і *D* - дані для рівнів вище 100 гПа. Частини коду використовуються для передачі таких даних:

- частина А - для передачі даних про висоти ізобаричних поверхонь, температуру повітря, дефіцит точки роси, напрямок та швидкість вітру на стандартних ізобаричних поверхнях - Земля, 1000, 925, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150 і 100 гПа; даних про тропопаузу, максимальний вітер і вертикальні зсуви вітру;

- частина B - для передачі даних про тиск, температуру, вологість повітря і вітер на рівнях особливих точок;
- частина C - для передачі даних про висоти ізобаричних поверхонь, температуру повітря, дефіцит точки роси, напрямок та швидкість вітру на стандартних ізобаричних поверхнях - 70, 50, 30, 20, 10 гПа;
- частина D - для передачі даних про тиск, температуру, вологість повітря і вітер на рівнях особливих точок та для рівня обертання вітру.

Піднімаючись в атмосфері, радіозонд досягає якогось рівня з заданим тиском або рівня тієї або іншої стандартної ізобаричної поверхні. Але в більш теплій повітряній масі тиск убуває повільніше, ніж у холодній. Отже, при однаковому атмосферному тиску біля поверхні Землі на одній і тій же висоті в атмосфері тиск у повітряних масах буде різним. Наприклад, на рівні 5,5 км, для станції, що знаходиться у теплому повітрі, тиск може скласти 560 гПа, а в більш холодному - 488 гПа. Отже, рівень, де тиск складає 500 гПа буде розташовуватися вище для станції, що знаходиться у теплій повітряній масі, і нижче для станції, де холодніше.

Якщо нанести на бланк карти висоту якої-небудь поверхні для всіх станцій, охоплених аерологічним зондуванням, то одержимо карту висот даної поверхні над рівнем моря або абсолютних висот даної поверхні. У деяких районах із близькими термічними умовами, розходження висот для даної поверхні будуть невеликими - можна провести ізолінії таких рівних висот цієї ізобаричної поверхні. Представимо стандартну ізобаричну поверхню *p=const* не у вигляді проекції на площину (карту погоди), а в тривимірному просторі, як це має місце насправді в атмосфері. *В одних областях поверхня буде прогинатися до землі (висоти поверхні менше), і утворювати від'ємні форми баричного рельєфу (у циклонічних областях), в інших, навпаки, утворювати опуклості - додатні форми баричного рельєфу (в антициклонічних областях).* Таким чином, *ізобарична поверхня практично завжди нахилена до горизонту, лише в окремих випадках вона може бути рівнобіжна горизонту.* Кут нахилу ізобаричної поверхні визначається за формулою:

$$tg\beta = \frac{l}{g}\mathrm{Vg},$$

де: β – кут нахилу;
$l=2\omega sin\varphi$ – параметр Коріоліса (ω – кутова швидкість обертання Землі, φ – географічна широта);
g – прискорення вільного падіння;
V_g - швидкість геострофічного вітру.

Тангенс кута нахилу ізобаричної поверхні має порядок 10^{-4} – 10^{-5}.

Кут нахилу ізобаричної поверхні дуже малий - близько 0,5 хвилин, але цим нахилом визначається рух атмосфери, її динаміка.

Карти абсолютної баричної топографії (АТ) містять зведення про висоти стандартної ізобаричної поверхні над рівнем моря і деякі характеристики погоди на цій висоті. Дані аерологічних спостережень наносяться на карти баричної топографії відповідно до схем.

На карти АТ наносять висоти стандартних ізобаричних поверхонь (*hhh*), температуру повітря (*TT*), дефіцит точки роси (*TdTd*), напрямок *dd* і швидкість вітру (*fff*) схемою, наведеною на рис. 2.7. На схемі: *hhh* – висота ізобаричної поверхні в геопотенціальних декаметрах, *TT* – температура повітря (в цілих градусах), *DD* – дефіцит точки роси (в цифрах коду), $d_n d_n$ - напрямок вітру, $f_n f_n f_n$ - швидкість вітру в м·с$^{-1}$. Характеристики вітру – напрям і швидкість зберігають правила нанесення на карти різних рівнів, аналогічні приземним картам (див. вище).

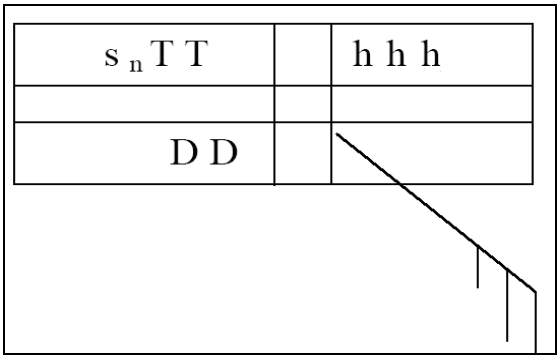


Рис. 2.7. Схема нанесення даних на станцію за кодом КН -04

Обробка карт БТ складається з наступних операцій:

1. Проведення *ізотерм*. Визначення областей холоду та тепла.
2. Проведення *ізогіпс*. Визначення областей високого і низького значень геопотенціалу.
3. Визначення областей малих та високих значень дефіциту точки роси.
4. Перенесення з приземної карти на інші рівні положень центрів основних баричних утворень.

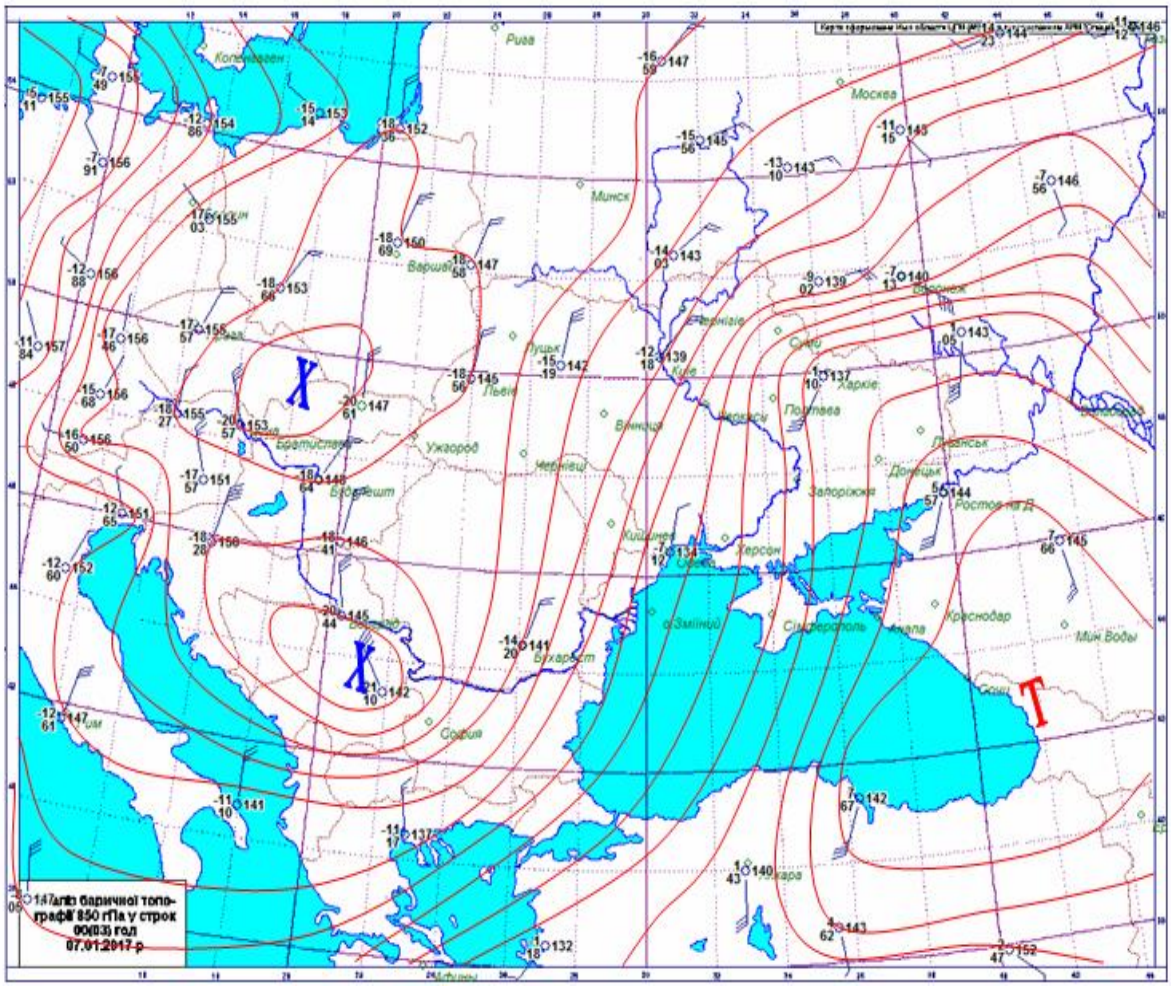
Лінії атмосферних фронтів проводять лише на рівні 850 гПа. Проведення фронтів на картах БТ полегшує їх аналіз на приземних картах і дозволяє робити висновки про особливості просторової структури фронту, це: кут нахилу, положення верхніх компонент фронту оклюзії, розподіл температури, вологості і вітру в зоні фронту, зміна контрасту температури з висотою, вертикальна потужність повітряних мас.

Основне значення при виявленні фронтів на висотах має поле температури, поле геопотенціалу, вітру і вологості виступають додатковими ознаками. Лінію фронту прийнято проводити всередині перехідної зони, там, де горизонтальний градієнт температури найбільший. Для фронту оклюзії на поверхні АТ-850 характерний гребінь тепла.

СИСТЕМА ІЗОТЕРМ

На ізобаричних поверхнях виділяють осередки тепла і холоду. Поле температури описується за допомогою ізоліній - **ізотерм - ліній однакового значення температури** *T=const*, на картах АТ-850 і АТ-700 *ізотерми проводяться суцільними плавними лініями червоного кольору через 2ºС*, кратні двом. *В центрах областей тепла проставляється буква Т – червоним кольором, а в центрах областей холоду – буква Х синім кольором.* **Значення ізотерм не надписується** (ні у замкнених центрах, ні на кінцях ізоліній).

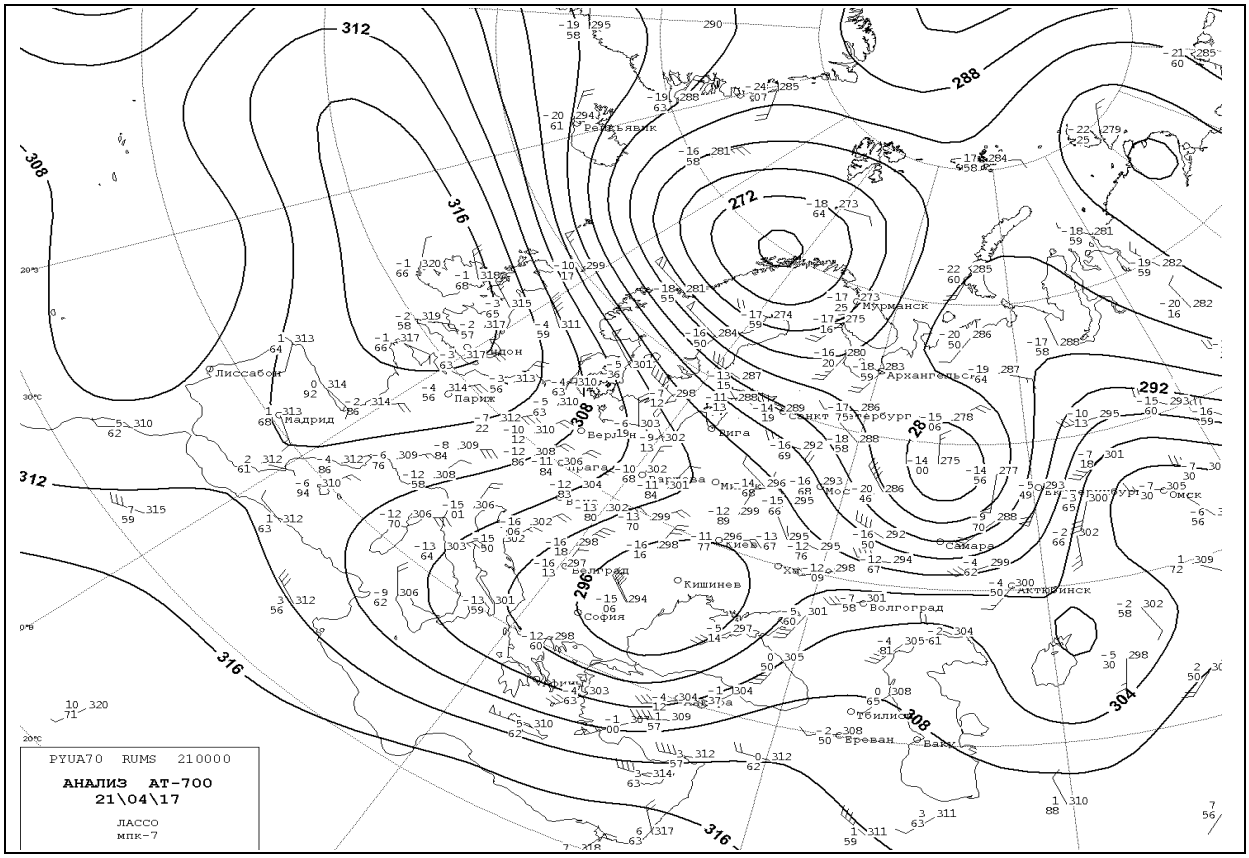
Приклад – карта АТ-850 за 07.01.2017 р. з нанесеною системою ізотерм.



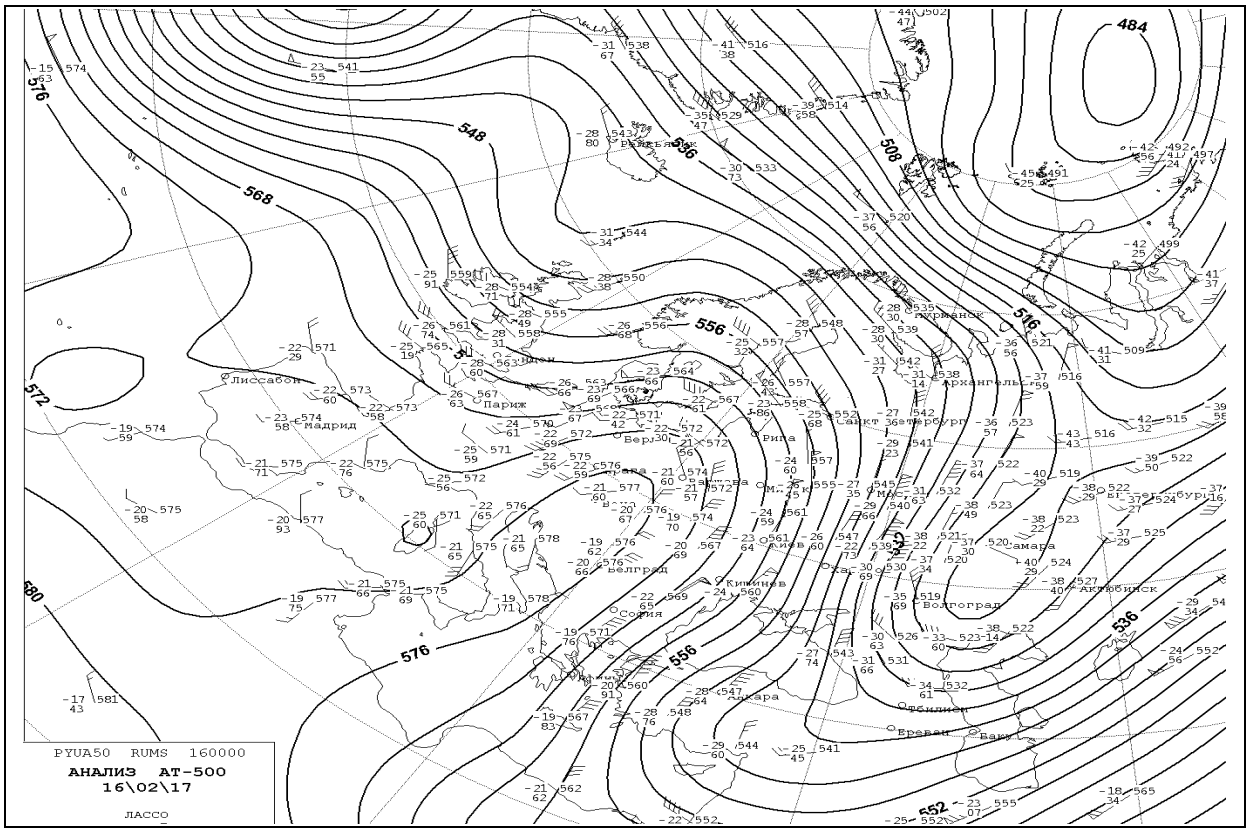
СИСТЕМА ІЗОГІПС

При обробці карт абсолютної топографії проводять лінії однакових геопотенціальних висот за даними *hhh* – **ізогіпси** (через 4 гп.м, кратні чотирьом). Ізогіпси проводять суцільними плавними лініями чорного кольору. На відміну від ізобар, *ізогіпси проводять паралельно вектору вітру,* при цьому для північної півкулі зліва повинні знаходитися менші, а справа більші значення геопотенціальних висот. В окремих випадках ізогіпси мають великі кути з вектором вітру, що може бути наслідком нестаціонарності атмосферних течій. Ізогіпси слід проводити тим густіше, де сильніший вітер. *Ізогіпси надписуються аналогічно ізобарам* – в замкнених центрах низьких значень геопотенціалу на картах АТ ставиться буква *Н* чорним кольором, а у центрах високих значень геопотенціалу – буква *В* чорним кольором. Якщо ізогіпси розімкнені - надписуються значенням геопотенціалу на кінцях ізолінії, надписи на кінцях ізогіпс ставляться паралельно колам географічної широти. *Ізогіпси не можуть перетинатися між собою*.

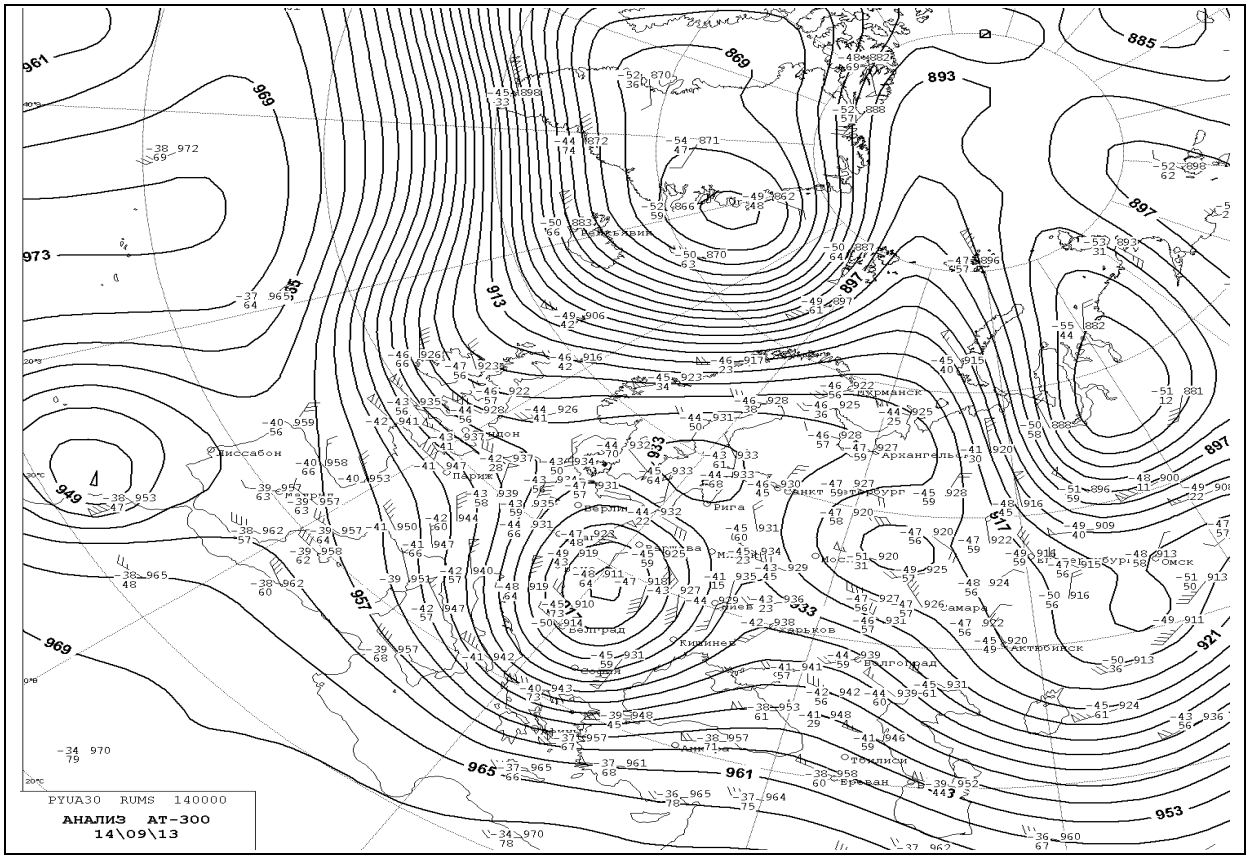
Приклади системи ізогіпс на різних рівнях.



Карта АТ-700 21.04.2017 р.



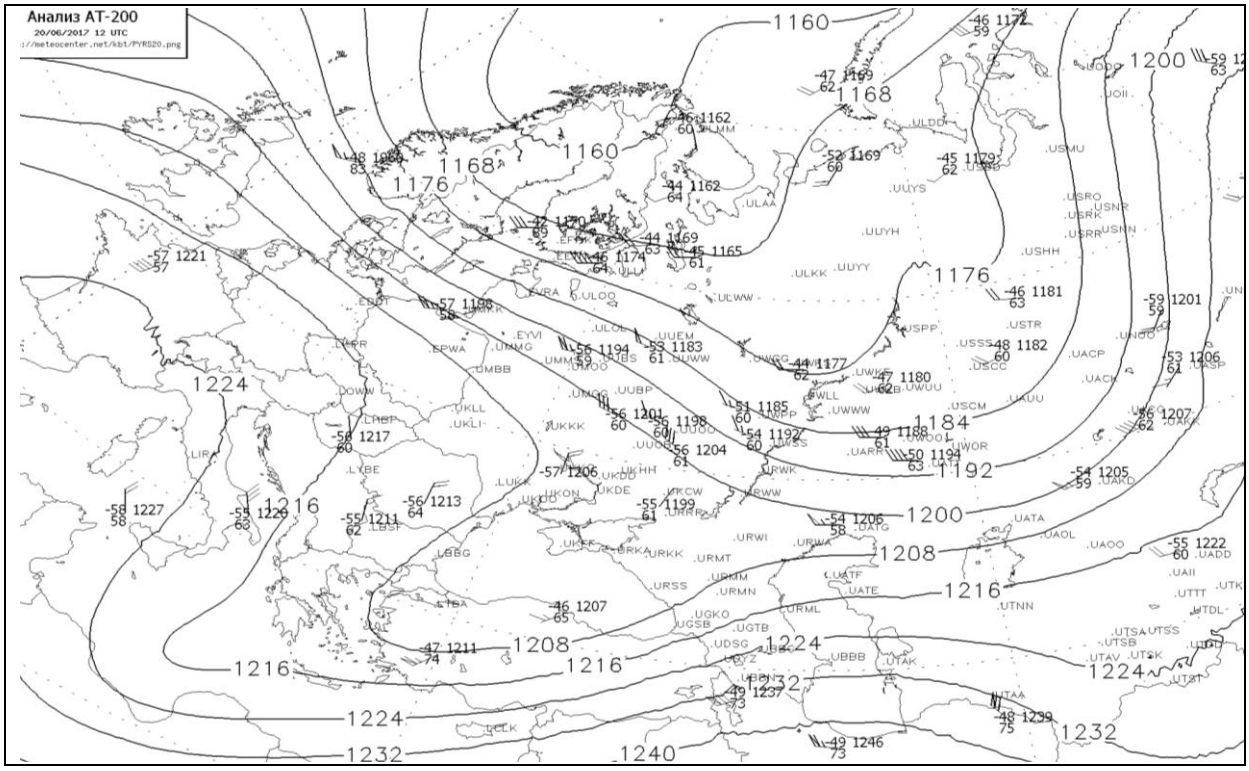
Карта АТ-500 16.02.2017 р.



Карта АТ-300 14.09.2013 р.

На картах АТ для рівнів вище 400 гПа ізогіпси часто проводять через 8 гп.м, кратні 8. Оскільки геопотенціальна висота на картах АТ вказується у декаметрах, то для рівнів вище 10 000 км, на карту буде нанесено геопотенціальну висоту чотиризначними цифрами.

Приклад - карта АТ-200.



ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГИХ І СУХИХ ПОВІТРЯНИХ МАС

Локальні зміни вологості визначаються переносом вологи по горизонталі, вертикалі і трансформаційними змінами.

Для поверхонь 850, 700 і 500 гПа виділяють області малих значень дефіциту точки роси *DD*, окреслених ізолінією ≤2 ºС, яку відмічають зеленими штрихами і написом «волого», і області великих значень *DD*, окреслених ізолініями 12, 15 і 22ºС, які відмічають червоними (жовтими) штрихами і написом «сухо».

В районах з низьким значенням дефіциту вологості *DD*≤2 ºС, як правило, спостерігається хмарність і можливе формування опадів, такі області виступають додатковою ознакою для визначення положення атмосферних фронтів на висотних картах.

КАРТИ ВІДНОСНОЇ ТОПОГРАФІЇ

Поряд з картами АТ будують карти відносної топографії (ВТ), тобто карти товщини шарів між головними ізобаричними поверхнями - H_{p1}^{p2} .

Найчастіше в оперативній практиці застосовується карта товщини шару між ізобаричними поверхнями 1000 і 500 гПа - H_{1000}^{500} *(ВТ-500/1000).*

Оскільки при визначенні відносного геопотенціалу шару ізобаричні поверхні фіксовані, то барометрична формула для відносного геопотенціалу має вигляд:

$$\Phi_{отн} = RT_m \ln \frac{p_1}{p_2}, \text{ де } \ln \frac{p_1}{p_2} = const,$$

В результаті $\Phi_{отн} = \Phi(T_m)$, отже **відносний геопотенціал залежить тільки від середньої температури шару між ізобаричними поверхнями.**

Карта відносної топографії еквівалентна карті розподілу середньої температури шару між ізобаричними поверхнями p_1 і p_2 .

Ізогіпси карти ВТ-p_1/p_2 розглядаються як ізотерми середньої температури шару між p_1 і p_2. Чим вище середня температура шару між ізобаричними поверхнями, тим більше товщина даного шару.

Карти відносної баричної топографії (ВТ) містять відомості про товщину шару між заданими ізобаричними поверхнями. Це дуже інформативні карти, тому що за розподілом відносних висот (товщин шарів) можна судити про середню температуру повітря даного шару.

На карти ВТ наносять різницю висот ізобаричних поверхонь в десятках метрів: для карти ВТ-500/1000 з величини абсолютного геопотенціалу поверхні 500 гПа в даній точці віднімається величина абсолютного геопотенціалу поверхні 1000 гПа, виражена в гп. дам.

При обробці карти ВТ проводять ізогіпси через 4 гп.м, кратні чотирьом, що еквівалентно проведенню через 2°С ізотерм середньої температури нижнього п'ятикілометрового шару у відповідності до формули:

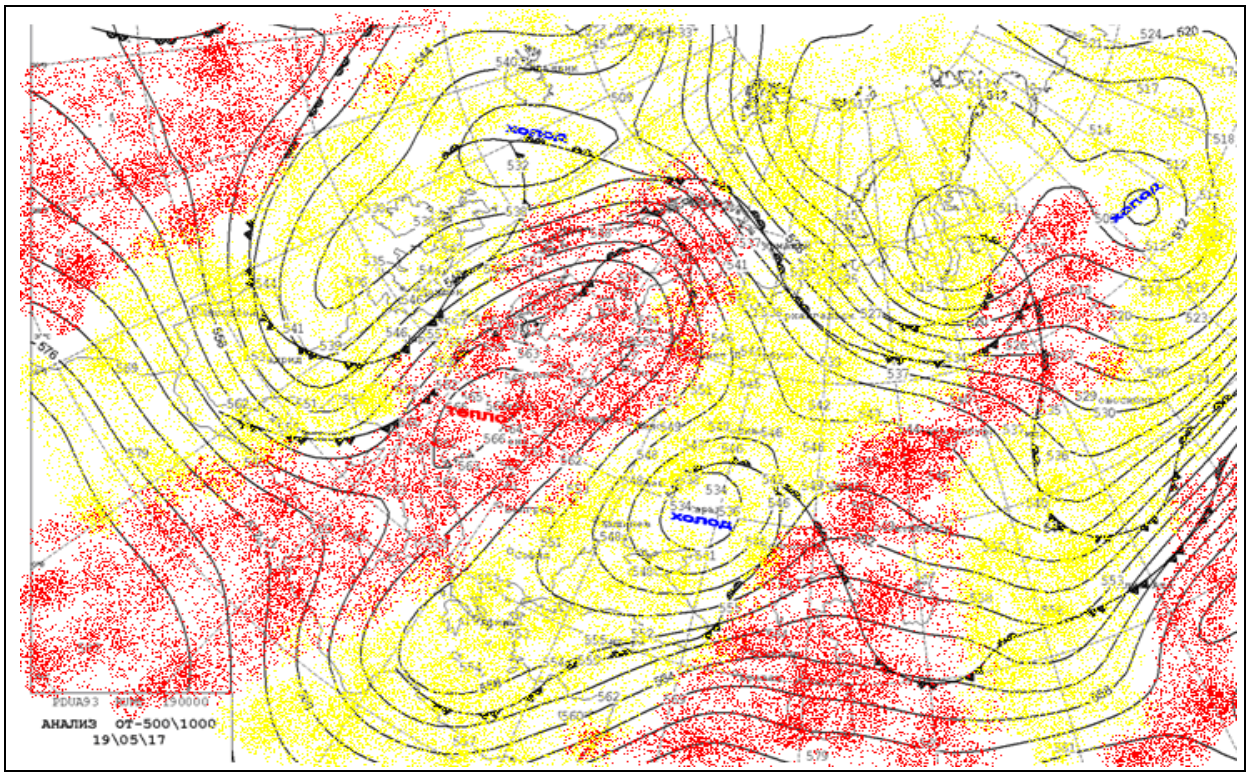
$$H_{1000}^{500} = 2,029\overline{T} \approx 2\overline{T},$$

де $\overline{T}$ - середня температура у шарі p_2-p_1. При цьому температура визначається у *К*.Припустима похибка для обчислення $\overline{T}$ не перевищує 2%.

У центрах високого значення геопотенціалу проставляють напис «тепло» червоним кольором, а у центрах низького значення геопотенціалу – напис «холод» синім кольором. При проведенні ізогіпс на картах ВТ враховують термічний вітер подібно до того, як при проведенні ізогіпс на картах АТ враховують фактичний вітер.

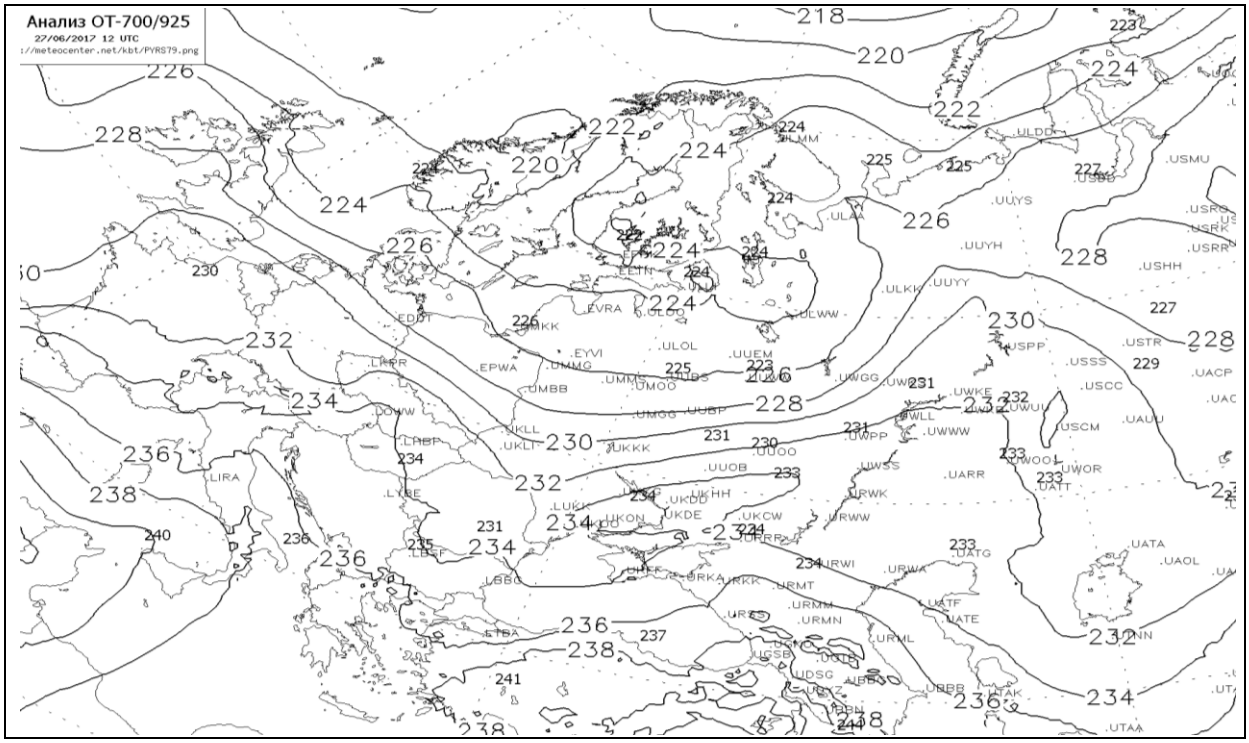
Області, охоплені улоговинами холоду, заштриховують жовтим кольором , а області з поширенням гребенів тепла – червоним кольором.

Атмосферні фронти на карту ВТ-500/1000 переносять з приземної карти.



Карта ВТ-500/1000 19.05.2017 р.

Будують карти ВТ товщини шарів між іншими ізобаричними поверхнями, наприклад – карта ВТ-700/925 за 27.06.2017 р.



Питання для самоперевірки студентів

1. Що таке метеорологічна інформація, які існують види метеоінформації?
2. Перелічіть вимоги до первинної метеорологічної інформації.
3. Способи представлення метеорологічної інформації.
4. Принцип складання приземних карт погоди.
5. Що таке основні карти погоди?
6. Які дані наносяться на приземні карти погоди?
7. Що таке ізобари, правила їх проведення?
8. Що таке орографічні ізобари?
9. Що таке ізотенденції, правила їх проведення?
10. Що означає операція «підйом карти»?
11. Принцип складання карт баричної топографії.
12. Що таке геопотенціал?
13. Перелічіть стандартні ізобаричні поверхні.
14. Від яких величин залежить кут нахилу ізобаричної поверхні?
15. Що таке карти абсолютної топографії?
16. Що таке карти відносної топографії?
17. Які дані наносять на карти АТ і ВТ?
18. Що таке ізотерми, правила їх проведення?
19. Що таке ізогіпси, правила їх проведення?
20. Яким чином визначають характеристику вологості на картах АТ?

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Завдання.

1. Проаналізувати поле тиску по приземній карті – провести ізобари через 5 гПа (кратні 5). Позначити центри циклонів та антициклонів буквами «Н» та «В» відповідно. Провести ізотенденції, позначити центри областей падіння та зростання тиску. Виділити кольоровими олівцями опади, тумани, грози та інші особливі явища погоди.
2. Проведення ізотерм, ізогіпс, копіювання приземних центрів баричних утворень на рівні 850 і 700 гПа; проведення ізогіпс на рівні 500 гПа.
3. Обробка карти ВТ-500/1000: проведення ізогіпс; виділення червоним кольором районів поширення гребенів тепла та жовтим кольором - улоговин холоду.

Вихідні матеріали:

Комплект карт погоди: приземна карта і карти баричної топографії - АТ-850, АТ-700, АТ-500, ВТ-500/1000.

Звітні матеріали:

Оброблений згідно встановленого порядку комплект карт погоди.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для чергувань в НБП
з дисципліни «Синоптична метеорологія»

ПЕРВИННИЙ АНАЛІЗ ПРИЗЕМНИХ КАРТ ПОГОДИ І
КАРТ БАРИЧНОЇ ТОПОГРАФІЇ

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

Електронна версія © Нажмудінова О.М.

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