

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія аеронавігації**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

**з навчальної дисципліни «Метеорологія»  
обов'язкових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої  
освіти  
Аеронавігація**

**за темою № 5 - Синоптичні процеси. Поняття про загальну циркуляцію  
атмосфери**

**Харків 2021**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 23.09.2021 № 8

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою  
Кременчуцького льотного  
коледжу Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 22.09.2021 № 2

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 22.09.2021 № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії аеронавігації, протокол від  
30.08.2021 р. № 1

**Розробник:**

1. викладач циклової комісії аеронавігації, спеціаліст Дроздова С.П.

**Рецензенти:**

1. професор кафедри аеронавігаційних систем навчально-наукового інституту Аеронавігації, електроніки та телекомунікації Національного авіаційного університету, доктор технічних наук, доцент Шмельова Т.Ф.

2. викладач циклової комісії аеронавігації Кременчуцького льотного коледжу Харківського університету внутрішніх справ, викладач-методист, к.т.н., с.н.с Тягній В.Г.

### План лекції:

1. Загальна циркуляція атмосфери.
2. Повітряні маси, їх класифікація, загальна характеристика.
3. Умови погоди та виконання польотів в стійкій та нестійкій повітряній масі.

### Рекомендована література:

#### Основна

1. Правила Метеорологічного забезпечення авіації. – Київ: Наказ Державної авіаційної служби України від 09.03.2017, № 166.

#### Додаткова

2. Лещенко Г.П. Авиационная метеорология. Учебник. 6-е издание. – Кропивницький: ЛА НАУ, 2017. – 336 с.
3. Лещенко Г.П. Авиационная метеорология: вопросы и ответы. Учебное пособие для вузов. - Кировоград: ГЛАУ, 2006. – 116 с.

#### Інформаційні ресурси в Інтернеті

4. Офіційний портал Державної авіаційної служби України.  
URL : <https://avia.gov.ua>
5. Офіційний портал Всесвітньої метеорологічної організації. URL : <http://www.wmo.int>.
6. Офіційний сайт Інтернет журналу. URL : <http://meteoweb.ru>
7. Офіційний сайт Українського гідрометеорологічного центру.  
URL : <http://www.meteo.gov.ua>

### Текст лекції

#### 1. Загальна циркуляція атмосфери

**Загальна циркуляція атмосфери** — складне і важливе явище природи, яке зумовлює щоденні зміни погоди й формування кліматів земної кулі. Під загальною циркуляцією атмосфери розуміють рух повітряних течій, який охоплює всю атмосферу і здійснює обмін теплом, вологою та зваженими в повітрі домішками між окремими поясами земної кулі (рис. 1.1).

Важливою рисою цього руху є безперервна мінливість, що створює враження хаотичності. Проте повітряні течії мають постійні напрями, які підпорядковуються певним закономірностям і складаються в систему повітряних течій.

Причиною повітряних течій є різниця атмосферного тиску в сусідніх ділянках. Повітря, як правило, переміщується з ділянок високого тиску в ділянки низького тиску. Сила і швидкість вітру залежать від баричного градієнта. За нормальний тиск взято тиск на рівні моря, який дорівнює 760 мм, або 1013,25 мб. Атмосферний тиск біля Землі змінюється від 887 до 1080 мб.

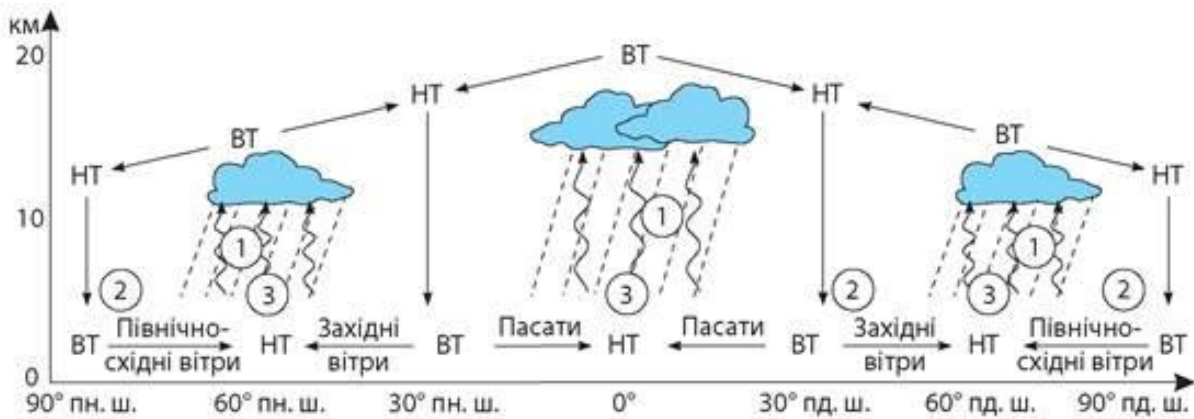


Рис. 1.1. Схема утворення загальної циркуляції атмосфери: 1 - при піднятті повітря охолоджується, конденсується, утворюються хмари, випадають опади; 2 - зони підвищеного тиску формуються при опусканні холодного повітря, яке тисне на поверхню Землі з більшою силою; 3 - зони зниженого тиску утворюються при піднятті теплого повітря вгору; ВТ - високий тиск; НТ - низький тиск.

Першопричиною розподілу атмосферного тиску на Землі є різне нагрівання її у високих і низьких широтах. В екваторіальній смузі нагріте і насичене вологою повітря стає легким і піднімається. Над полюсами холодне і сухе повітря як важке опускається і наче притискується до Землі. Тому на однаковій висоті над екватором тиск вищий, ніж над полюсами. У вільній атмосфері він поступово зменшується від екватора до полюсів.

У приземному шарі тропосфери тиск розподіляється інакше. У полярних регіонах він вищий, в екваторіальній смузі знижений і змінюється від полюсів до екватора нерівномірно. У приземному шарі його розподіл визначається неоднаковим нагріванням суші й моря, нерівностями рельєфу, які затримують рух повітря, тощо. В результаті в одні місця повітря надходить, з інших — відтікає. Так утворюються зони високого і низького тиску. Вони розташовуються так над поверхнею Землі, що утворюють уздовж паралелей смуги високого і низького тиску, які чергуються по широті.

Над полюсами в приземних шарах повітря низькі температури зумовлюють більш-менш постійні ділянки високого тиску.

У субполярних поясах розташовані дві смуги низького тиску (часте утворення циклонів). Простори помірних поясів (від субтропіків до субполярних широт) характеризуються мінливим розташуванням циклональних та антициклональних ділянок, що залежить від пір року та розподілу суші і моря. Влітку над теплими континентами встановлюються ділянки низького тиску, над холоднішими океанами — високого. Взимку навпаки над теплими океанами — низький тиск, а над холодними континентами — високий.

У субтропічних смугах обох півкуль приблизно між  $25^\circ$  і  $30^\circ$  ш. скупчуються антициклони. Вони утворюють майже постійні й суцільні пояси високого тиску. Від них тиск спадає до екватора, де він завжди менший від норми.

Екваторіальна зона низького тиску збігається зі смугою найвищого полуденного положення Сонця і переміщується в різні пори року слідом за Сонцем. Ця зона відповідає термічному екватору і є баричним екватором. Із переміщенням баричного екватора за Сонцем відповідно зміщуються й інші смуги тиску, бо всі вони зв'язані між собою.

Отже, розподіл тиску в основному має зональний характер. Але смуги високого і низького тиску зміщуються по широті від літа до зими і навпаки.

Ці закономірності в розподілі тиску визначають циркуляцію атмосфери на Землі. Загальна циркуляція атмосфери — це закономірно взаємопов'язана система повітряних течій планетарних масштабів.

Сила баричного градієнта, зумовлена різницею тисків угорі між екватором і полюсами, примушує маси повітря рухатись із зростаючими швидкостями від ділянок високого тиску до ділянок низького (від екваторіальної зони до полюсів). Але на цей рух відразу ж починає діяти сила Коріоліса, яка відхиляє повітряні маси у Північній півкулі вправо, а в Південній — вліво. Із збільшенням широти збільшується відхилення. Зрештою повітря починає рухатися вздовж паралелей із заходу на схід і набуває постійної швидкості, яка відповідає баричному градієнту.

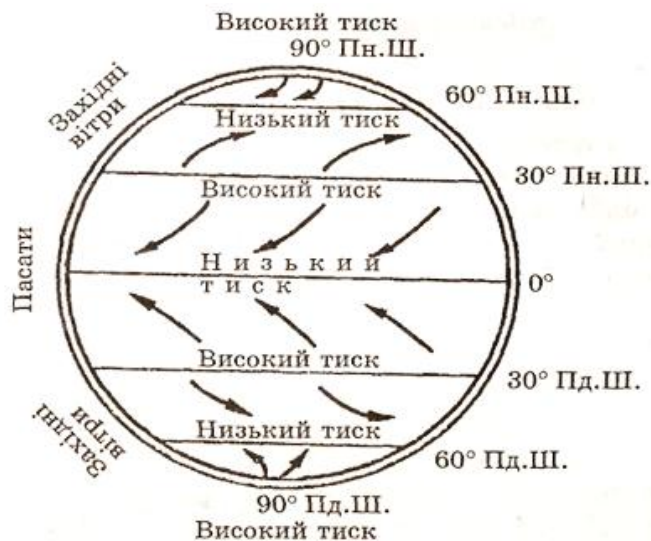


Рис. 1.2. Схема розподілу тиску і вітрів на земній кулі

## 2. Повітряні маси, їх класифікація, загальна характеристика

**Повітряні маси (ПМ)** - великі об'єми повітря, співвимірні за величиною з материками, океанами і порівняно однорідні за розподілом в них основних метеорологічних елементів в горизонтальному напрямку.

Повітряні маси зазвичай називають по географічному району, звідки вони походять:

АП – арктичне повітря в зимовий час формується над Полярним колом, виключаючи Норвежське море та не замерзаючу частину Баренцева моря, а в літній час – над кригами Арктичного басейну. В свою чергу АП діляться на МАП (морське арктичне повітря) і КАП (континентальне арктичне повітря).

ПП – помірне (полярне) повітря утворюється взимку переважно між 65-40° пн. ш., а в літку – між 70-50° пн. ш. Його властивості різні в залежності від району формування. ПП прогріте значно краще, має влітку підвищений вміст вологи, знаходиться переважно над океанами. Західні вітри і циклони переносять МПП далеко в глибину материків, де воно супроводжується нерідко опадами. КПП взимку дуже охолоджується, і погода в ньому стійка, морозна: МПП (морське помірне повітря) і КПП (континентальне помірний повітря).

ТП - тропічне повітря формується на півдні Азії та північній Африці (континентальний), в субтропічних широтах Атлантичного та Тихого океанів (морський). ТП характеризується високими температурами, значним вмістом вологи, запиленістю. Воно нерідко поширюється в помірні та екваторіальні широти, де атмосферний тиск нижчий.: МТП (морське тропічне повітря) і КТП (континентальне тропічне повітря).

ЕП – екваторіальне повітря формується в області екватора. Сюди відносять і повітря літнього мусону над північною частиною Індійського океану, територією Китаю та Приморського краю Росії. Взимку мусонне повітря характерне для південних районів Азії та прилеглих до них областей Індійського океану. ЕП сильно вологе. В районі формування у ньому можуть спостерігатися добре розвинуті по вертикалі купчасті та купчасто-дощові хмари, які супроводжуються інтенсивними зливами та грозами. В помірних широтах ЕП, як правило, не спостерігається.

Повітряні маси поділяються на теплі, холодні і місцеві.

Теплі рухаються в більш холодне середовище, приносять потепління, а самі охолоджуються.

Холодні рухаються в більш холодне середовище, приносять похолодання і стають теплішими. Місцеві ПМ знаходяться в районі, де вони формуються. Місцеві ПМ можуть стати або холодними або теплими.

ПМ може бути стійки і нестійки. Це залежить від вологості і вертикального температурного градієнта (ВТГ).

### **Стійка повітряна маса (СПМ):**

СПМ над континентом найбільш часто спостерігається в холодну половину року. Характерна ознака СПМ - відсутність умов для розвитку конвекції - це шарувата і шарувато-купчаста хмарність з основою нижче 300 метрів. Така хмарність зазвичай розташована під шарами інверсій. Вона має невелику вертикальну потужність 200-600 м, лише іноді досягаючи 800-1000 м. Іншою ознакою СПМ є невеликі зміни температури з підйомом на висоту в нижніх шарах атмосфери (1°-3° на 1 км підйому), рівний (без поривів) вітер,

невелика (менше  $2^{\circ}$ ) різниця між температурою повітря і точкою роси (рис. 2.1).

При невеликій вологості в СПМ може спостерігатися ясна погода зі зниженою видимістю внаслідок скупчення частинок пилу в приземному шарі через відсутність турбулентності. Такі погодні умови характерні для теплої повітряної маси в холодну пору року, коли вона переміщається:

- з теплою водною поверхню на більш холодний материк;
- з теплого району материка в більш холодний;
- після тривалого знаходження над теплою водною поверхню в район, де температура води більш низька.

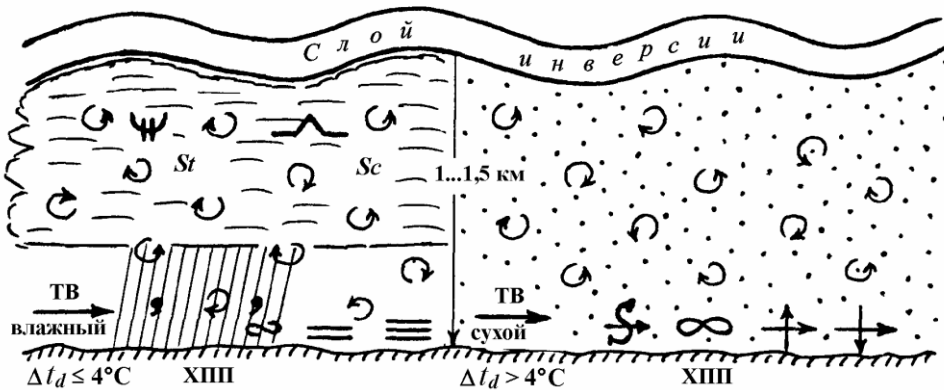


Рис.2.1. Стійка повітряна маса

### Нестійка повітряна маса (НПМ):

НПМ, тобто така, в якій існують умови для розвитку конвекції, частіше можна зустріти над континентом влітку і особливо у день. У польоті таку ПМ можна визначити по хмарах купчастих форм: купчасті, купчасті потужні, купчасто-дощові, високо-купчасті (баштовидні і пластівчасті). Ці хмари звичайно рівномірно розкидані по всьому небосхилу з видимими прорізами. За зовнішнім виглядом хмар можна судити про ступінь нестійкості ПМ: чим потужніші хмари, тим більше нестійка ПМ (рис. 2.2).

У НПМ температура з висотою падає приблизно на  $8^{\circ}$  -  $10^{\circ}$  на кілометр підйому, а іноді і більше. Нижня межа хмар розташовується зазвичай на висоті 1000-1500 м. Їх вертикальна потужність досягає 1000-2000 м, вертикальна потужність купчасто-дощових хмар становить 8-10 км; нижня частина розташовується на висоті 300-600 м. Купчасто-дощова хмара в стадії максимального розвитку може займати площу 100 квадратних кілометрів.

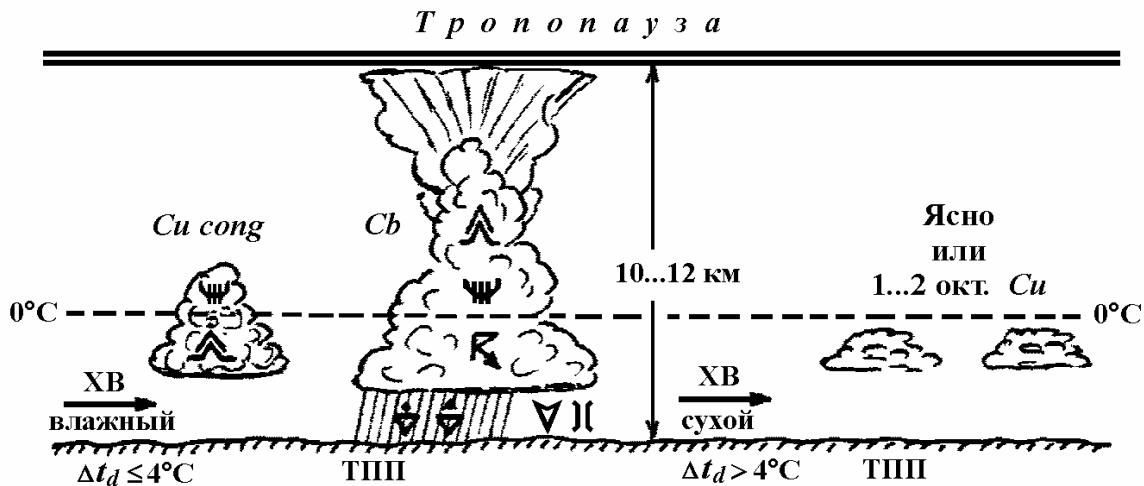


Рис. 2.2. Нестійка повітряна маса

### 3. Умови погоди і виконання польотів в стійкій і нестійкій ПМ

#### *Умови погоди і виконання польотів в теплих ПМ - стійка ПМ:*

**Взимку** - інверсія, серпанок, тумани. Хмари низькі, погана видимість, товщина передхмарного шару значна, наявність передхмарного шару і мінливість нижньої кромки хмар значно ускладнюють посадку і зліт ПС і польоти на малих висотах. Найгірші погодні умови для польотів спостерігаються під хмарами в шарі від землі до їх нижньої межі. Тут завжди погіршена видимість, може йти невеликий сніг, іноді тумани зливаються з хмарами. В хмарах і під ними в разі випадання переохолодженої мряки може бути обмерзання, особливо біля верхньої межі хмар, під інверсією, або в зоні переохолодженої мряки. Політ над хмарами протікає спокійно, в умовах хорошої видимості, ясного неба або невеликій хмарності верхнього або середнього ярусу. При необхідності пробивати хмари вниз, по зовнішньому вигляду їх верхньої кромки можна судити про висоту нижньої межі. Якщо верхня межа хмар має рівну, іноді злегка хвилясту поверхню, то її нижня межа може сягати до землі або має невелику висоту. Якщо ж поверхня межі має горбисту поверхню, з окремими виступаючими вершинами, то її нижня межа лежить на висоті не нижче 200-300 м від землі. Хмари мають невелику вертикальну потужність, якщо при польоті над ними на хмарній поверхні спостерігається тінь від літака, оточена райдужними кільцями. При пробитті хмар СПМ від низу до верху щільність хмарності збільшується до її верхньої межі. Наближення ПС до верхньої кромки можна визначити по розпочинаючій невеликий бовтанці.

**Влітку** - малохмарна погода, видимість задовільна, можуть утворюватися окремі купчасті хмари.

*Умови погоди і виконання польотів в теплих ПМ - нестійка ПМ (волога, тепла):*



У НПМ видимість, як правило, хороша, польоти супроводжуються бовтанкою як в хмарах, так і під ними і між ними.

Купчасті потужні хмари небезпечні для польотів. Вони сильно розвинені вгору і нагадують гори з хаотично нагромадженими білими куполами. Нижня межа їх розташовується на  $H = 600-1000$  м, вертикальна потужність становить 4-5 км. При польоті в хмарах спостерігається сильна бовтанка, у верхній частині, де  $t=0^\circ$  і нижче, може спостерігатися обмерзання.

Найбільшу небезпеку для польотів представляють купчасто-дощові (грозові) хмари. У польоті їх легко розрізнити по вершинах, що має вигляд гігантської мітли (ковадло), що складається з перистих і купчасто-дощових хмар. Під грозовою хмарою в приземному шарі спостерігаються сильний шквалистий вітер і зливи. При польоті в НПМ на середніх висотах можна іноді зустріти високо-купчасті баштовидні і пластівчасті хмари, розташовані на висотах 2000-6000 м. Їх поява в ранкові години - ознака можливої грози в денний час. При цьому, чим більше окремі вершини або пластівці, тим за часом ближче гроза. Найбільш сприятливі умови польоту в НПМ спостерігаються вище вершин купчастоподібних хмар або в широких просторах між ними. Щоб уникнути зустрічі з бовтанкою, розрядами блискавок, купчасто-дощові хмари слід обходити на видаленні від них не менше 10 км. Політ під хмарами в разі потреби можна робити тільки вдень над рівниною і горбистою місцевістю тільки там, де немає видимих смуг падіння опадів, і так, щоб висота польоту над місцевістю і під хмарами була не менше 200 м.

### ***Умови погоди і виконання польотів в холодних ПМ.***

ХПМ зазвичай стійкі. При русі в більш теплий район повітря нагрівається знизу, і ПМ стає нестійкою. При цьому спостерігається різко виражений добовий хід хмарності та опадів (максимально - після полудня, до вечора - прояснення). Влітку спостерігаються купчасті потужні і купчасто-дощові хмари, зливи, грози. Взимку - сніг, сильний вітер. Видимість погана.