

**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 № 4 – Фізичні процеси в атмосфері. 4.3. Хмари. Загальна та міжнародна класифікація хмар

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 класифікація хмар.
2. Міжнародна класифікація хмар.

Рекомендована література:

Основна

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

Додаткова

2. Лещенко Г.П., Перцель Г.В., Иванова Е.Г. Метеорологическое обеспечение полетов: Учебное пособие (2-е изд. перераб. и доп.) – Кировоград: Авангард, 2007. – 208 с.

3. Лещенко Г.П. Авиационная метеорология. Учебник. 6-е издание. – Кропивницький: ЛА НАУ, 2017. – 336 с.

4. Лещенко Г.П. Авиационная метеорология: вопросы и ответы. Учебное пособие для вузов. - Кировоград: ГЛАУ, 2006. – 116 с.

5. Лещенко Г.П., Перцель Г.В., Коренной С.Н. Измерение температуры, влажности воздуха и атмосферного давления. Учебное пособие. – Кировоград: ГЛАУ, 2007. – 68 с.

6. Лещенко Г.П., Перцель Г.В., Лещенко Е.Г. Метеорологическое обеспечение полетов. Рекомендовано МОН Украины в качестве учебного пособия для высших учебных заведений. - Кировоград: ГЛАУ, 2010. – 184 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

7. Офіційний портал Державної авіаційної служби України.
URL : <https://avia.gov.ua>

8. Офіційний портал Всесвітньої метеорологічної організації. URL : <http://www.wmo.int>.

9. Офіційний сайт Інтернет журналу. URL : <http://meteoweb.ru>

10. Офіційний сайт Українського гідрометеорологічного центру.
URL : <http://www.meteo.gov.ua>

Текст лекції

1. Загальна класифікація хмар

Форм хмар дуже багато, але вони зводяться до декількох основних типів. Виділяють 10 основних форм (родів) хмар за їх зовнішнім виглядом, проте ці форми добре узгоджуються з особливостями їх формування.

Виділяють три яруси хмар - верхній, середній, нижній. Також виділяють три основні класи хмар - перисті, шаруваті і купчасті. Перисті спостерігаються тільки на верхньому ярусі, шаруваті і купчасті - на будь-яких. В особливу групу окремо виділяють хмари, з яких відбуваються опади (nimbus). В результаті виходить 10 комбінацій висоти і класів хмар, що дають 10 основних форм хмар. Вони схематично показані на рис.1.1.

Нижній ярус: St - Шаруваті (Stratus); Ns - Шарувато-дощові (Nimbostratus); Sc - Шарувато-купчасті (Stratocumulus).

Середній ярус: As - Високо-шаруваті (Altostratus); Ac - Високо-купчасті (Alto cumulus).

Верхній ярус: Ci - Пір'ясті (Cirrus); Cs - Високо-шаруваті (Cirrostratus); Cc - Пір'ясто-купчасті (Circumulus).

Хмари вертикального розвитку: Cu - Купчасті (Cumulus); Cb - Купчасто-дощові (Cumulonimbus).

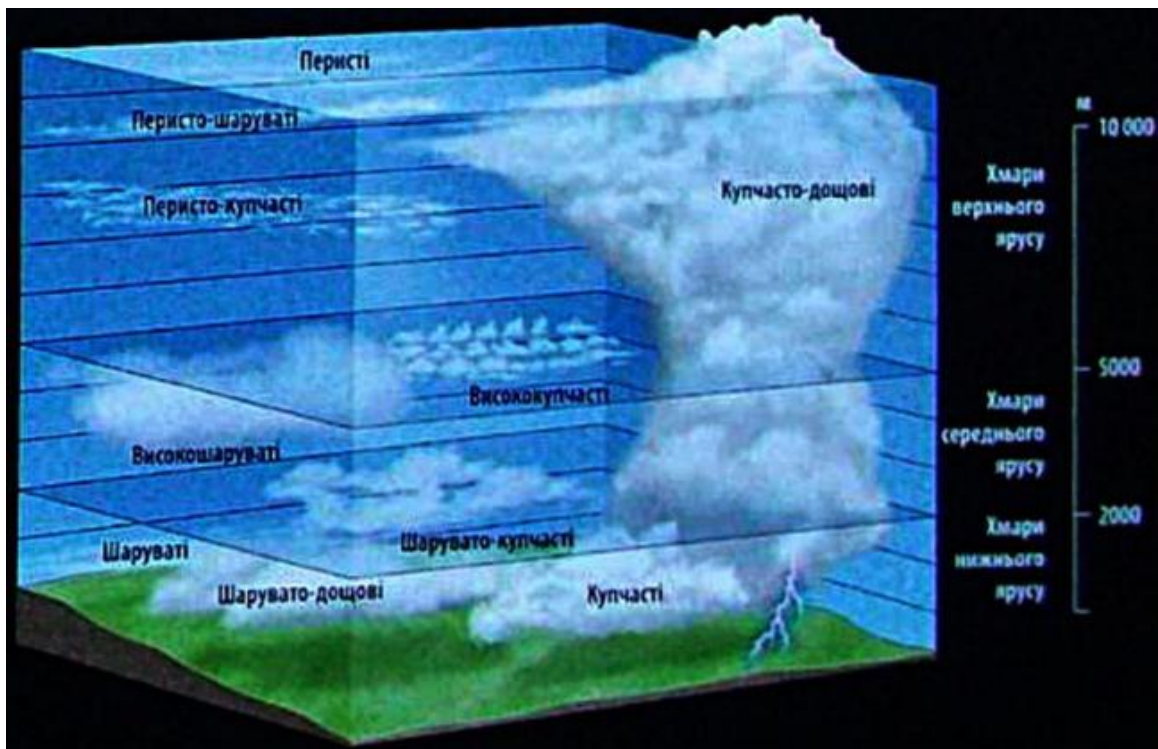


Рис.1.1. Розташування різних хмар відносно поверхні землі

Розподіл на яруси в деякій мірі умовний, але він дуже корисний в практичних цілях, тому що кожному ярусу властиві певні особливості хмар і певні їх роди. Оскільки тропопауза на різних широтах розташовується на різних висотах (її висота зменшується від екватора до полюсів, як і товщина тропосфери), то і яруси для різних широт виділяються по-різному. Відзначимо, що «приписуються» хмари не обов'язково до того ярусу, в якому вони знаходяться (буває, що хмари, починаючись в межах одного ярусу, досягають вгору іншого). Хмари відносять до того ярусу, на якому знаходиться їх основа

(табл.1.1). Для кожного ярусу характерні свої форми хмар (див. підписи до рис.1.1).

Таблиця 1.1.

Висота ярусів хмар в різних широтних поясах, км

Ярус	Тропіки	Помірні широти	Полярні широти
Верхній	6 - 18	5 - 13	3 - 8
Середній	2 - 8	2 - 7	2 - 4
Нижній	0 - 2	0 - 2	0 - 2

Хмари вертикального розвитку називаються так тому, що нерідко розташовуються на двох і навіть на всіх трьох ярусах, тому їх віднесення до конкретного ярусу недоцільно. Крім того, такі хмари утворюються завдяки вертикальним конвективним рухам, на відміну від шаруватих, що утворюються в результаті неупорядкованих переважно неvertикальних рухів на великій площі. Це також дає привід не відносити конвективні хмари вертикального розвитку до конкретних ярусів.

Всього налічується близько сотні видів хмар, однак тонкі відмінності важливі хіба що для аерології. З точки зору метеорології важливіше походження хмар і їх основні властивості, головні з яких - здатність давати опади і генезис хмар. Генезис (походження) хмар важливо, тому що хмари бувають внутрішньомасовими і фронтальними, а в ряді випадків деякі особливості хмар і їх поширення можуть служити провісниками погоди. Що стосується опадів, то вони можливі лише з деяких форм хмар, які в такому випадку отримують приставку «дощові» (nimbus).

Відзначимо, що крім загальної класифікації, наведеної вище, існують і інші, наприклад, класифікація за мікроструктурою і водністю. Відповідно до цієї класифікації **хмари ділять на три класи: водяні (краплинні)** - складаються тільки з крапель, **крижані (кристалічні)** - складаються тільки з кристалів, і **змішані**.

У теплу пору року водяні хмари утворюються головним чином в нижніх шарах тропосфери, змішані - в середніх, крижані - у верхніх. У холодну пору року при низьких температурах змішані і крижані хмари можуть виникати і поблизу земної поверхні.

2. Міжнародна класифікація хмар

Розглянемо основні особливості хмар по 10 основним формам міжнародної класифікації.

1. Хмари верхнього ярусу - найвищі хмари тропосфери. Вони утворюються при найбільш низьких температурах і складаються тільки з крижаних кристалів. Ці хмари мають білий колір, вони напівпрозорі і мало затінюють сонячне світло. Вони не становлять небезпеки для польотів авіації.

Пір'ясті хмари виглядають як окремі нитки, гряди або смуги волокнистої структури. Зазвичай з одного з кінців кожної хмари є характерний вигин, так

що вся хмара за формою нагадує гачок. Перисті хмари, поступово заволакують все небо, служать завчасною ознакою швидкої зміни погоди.

Високо-купчасті хмари являють собою гряди або смуги, що складаються з дуже дрібних пластівців, кульок, завитків (баранчиків). Часто вони нагадують брижі на поверхні води або піску.

Високо-шаруваті хмари являють собою тонку прозору білясту вуаль, частково або повністю закривають небосхил. Іноді вони мають волокнисту структуру. У цих хмарах часто виникають оптичні явища гало (світлові кола навколо Сонця, злегка забарвлені в райдужні кольори). Ці хмари важко спостерігати, бо вони скоріше схожі на серпанок. Найбільш надійно їх можна визначити по характерному гало навколо Сонця.

2. Хмари середнього ярусу. Ці хмари можуть утворюватися як на середньому ярусі, так і являти собою відірвані від потужних купчастих хмар фрагменти. Хмари середнього ярусу як правило, не становлять особливої небезпеки для польотів авіації.

Високо-купчасті хмари являють собою хмарні шари або гряди білого або сірого кольору (іноді одночасно обох). Це досить тонкі хмари, більш-менш затінюють сонце. Пласти (або гряди) складаються з плоских валів, дисків, пластин, часто розташованих рядами. У них нерідко виникають оптичні явища вінці (своєрідні ореоли або кільця навколо Сонця). Для висококупчастих хмар характерна райдужна забарвлення країв хмар, спрямованих до сонця.

Високо-шаруваті хмари являють собою світлий, молочно-сірий хмарний покрив різної щільності, які закривають небосхил цілком або частково. Через менш щільні ділянки у вигляді розмитих плям можуть просвічувати Сонце і Місяць. Високо-шаруваті хмари є типовими змішаними хмарами: поряд з дрібними краплями в них містяться і дрібні сніжинки. Такі хмари дають слабкі опади, які в теплу пору року, як правило, випаровуються по шляху до земної поверхні. Взимку з них часто випадає невеликий сніг. Проте, до дощових ці хмари не відносять, тому що опади з них набагато більш рідкісні, ніж з інших хмар.

3. Хмари нижнього ярусу. Це хмари в основному горизонтального розвитку - вертикальна конвекція в них розвинена слабо, але ці хмарні системи поширюються над великими площами.

Шаруваті хмари - однорідний сірий шар крапельної будови. З цих хмар може випадати мряка. При досить низьких негативних температурах в хмарах з'являються і тверді елементи, тоді з них можуть випадати крижані голки, невеликий сніг, снігові зерна. Сонячний диск, що просвічує крізь хмари, має чіткі обриси. Іноді ці хмари мають вигляд розірваних жмутів.

Шарувато-дощові хмари мають таке ж походження, як і високо-шаруваті. Однак шар їх більш потужний (кілька кілометрів). Основа цих хмар знаходяться в нижньому ярусі, але шар може бути вельми потужним. У верхній частині вони складаються з найдрібніших крапель і сніжинок (схожі з високо-шаруватими хмарами), а в нижній можуть містити також великі краплі і сніжинки. Тому шар цих хмар має темно-сірий колір. Сонце і місяць крізь нього

не просвічують. З цих хмар, як правило, випадає обложний дощ або сніг, що досягає земної поверхні.

Шарувато-купчасті хмари являють собою гряди або шари сірих або білуватих хмар, майже завжди мають більш темні ділянки. Хмари ці складаються з таких же елементів, що і високо-купчасті (з дисків, плит, валів), однак більш великих. Розташовані структурні елементи найчастіше рядами. Шарувато-купчасті хмари складаються в основному з дрібних однорідних крапель (при негативних температурах - переохолоджених) і не дають опадів.

4. Хмари вертикального розвитку. Це хмари, в яких сильно розвинена вертикальна конвекція, тому вони дуже небезпечні для авіації, льотчики вважають за краще не залітати в такі хмари, особливо якщо вони дощові.

Купчасті хмари - щільні з різко окресленими контурами окремі хмари, що розвиваються вгору у вигляді пагорбів, куполів, веж. Мають сліпучо-білі клублясті вершини (схожі на качани цвітної капусти). Підстави хмар порівняно темні. При великій кількості купчасті хмари утворюють гряди, але іноді спостерігаються у вигляді численних окремих хмар. Купчасті хмари складаються тільки з водяних крапель (без кристалів) і опадів не дають. Однак в тропіках, де водність хмари велика, з них внаслідок взаємного злиття крапель можуть випадати невеликі дощі.

Купчасто-дощові хмари утворюються в результаті подальшого розвитку купчастих хмар. Вони являють собою потужні купчасто-подібні маси, дуже сильно розвинені по вертикалі у вигляді гір і веж. Часто простягаються від нижнього до верхнього ярусу. Закриваючи сонце, вони сильно зменшують освітленість. Вершини їх приплюснуті, мають волокнисту пер'ясто-подібну структуру і нерідко характерну форму ковадла, за якими здалеку завжди легко ідентифікувати купчасто-дощову хмару. Купчасто-дощова хмара складається у верхній частині з крижаних кристалів, а в середній - з кристалів і крапель різного розміру, аж до найбільших. Вони дають опади зливого характеру. З такими хмарами часто пов'язані грозові явища, тому їх називають ще грозовими (а також зливовими). На тлі їх нерідко спостерігається веселка. Купчасто-дощові хмари нерідко супроводжуються шквальним вітром і можуть бути дуже небезпечними, особливо над океаном.