

# **Адиабатические изменения состояния в атмосфере**



# Адиабатические изменения состояния в атмосфере

– изменения, происходящие без теплообмена с окружающей средой (атмосферой, земной поверхностью и мировым пространством)

# Адиабатические изменения состояния в атмосфере

Если некоторая масса воздуха в атмосфере адиабатически расширяется, то давление в ней падает, а вместе с ним падает и температура.

Напротив, при адиабатическом сжатии массы воздуха давление и температура в ней растут.

# Работа расширения -

- это работа против внешних сил давления, так называемая работа расширения, на которую затрачивается внутренняя энергия воздуха.

Если некоторая масса воздуха в атмосфере адиабатически расширяется, то давление в ней падает, а вместе с ним падает и температура

# Сухоадиабатические изменения температуры

- выражается уравнением сухоадиабатического процесса, или так называемым **уравнением Пуассона**

$$c_v dT = -A p dv,$$

где

$c_v dT$  — изменение внутренней энергии газа,

$p dv$  — работа расширения или сжатия,

$A$  — термический эквивалент работы

# Сухоадиабатические изменения температуры

т. е. работа против внешних сил давления (работа расширения) совершается за счет внутренней энергии, а работа со стороны внешних сил давления (работа сжатия) увеличивает внутреннюю энергию

# Уравнение Пуассона

$$\int_{T_0}^T \frac{dT}{T} = \frac{AR}{c_p} \int_{p_0}^p \frac{dp}{p},$$

$$\frac{T}{T_0} = \left( \frac{p}{p_0} \right)^{\frac{AR}{c_p}}.$$

где  $AR/c_p = 0,288$

# Смысл уравнения Пуассона

Если давление в массе сухого или ненасыщенного воздуха меняется от  $p_0$  в начале процесса до  $p$  в конце процесса, то температура в этой массе меняется от  $T_0$  в начале до  $T$  в конце процесса; при этом значения температуры и давления связаны написанным выше уравнением.



# Сухоадиабатические изменения температуры при вертикальных движениях

В атмосфере расширение воздуха и связанное с ним падение давления и температуры происходят в наибольшей степени при восходящем движении воздуха.

## Способы подъема воздуха:

- восходящие токи конвекции;
- при движении обширных слоев воздушной массы вверх по пологому клину другой, более холодной воздушной массы (над поверхностью фронта);
- при подъеме воздуха по горному склону

## Сухоадиабатические изменения температуры при вертикальных движениях

- сжатие воздуха, сопровождающееся повышением давления и температуры, происходит при опускании, при нисходящем движении воздуха.

***ВЫВОД:*** восходящий воздух адиабатически охлаждается, нисходящий воздух адиабатически нагревается.

## Сухоадиабатические изменения температуры при вертикальных движениях

$$\frac{dT_1}{dz} = - \frac{Ag}{c_p}$$

где  $Ag/c_p = 0,98^\circ/100$  - сухоадиабатический градиент (Гд)

При адиабатическом подъеме сухого или ненасыщенного воздуха температура на каждые 100 м подъема падает почти точно на один градус, а при адиабатическом опускании на 100 м температура растет на ту же величину

# Влажноадиабатические изменения температуры

Уровень конденсации – высота, на которой воздух приближается к состоянию насыщения.

В поднимающемся насыщенном воздухе температура падает по влажноадиабатическому закону: *она падает тем медленнее, чем больше влагосодержание воздуха в состоянии насыщения (что в свою очередь зависит от температуры и давления).*

# Температурные падения

На уровне 1000 мб:

0° - на 0,66 °

+20° — на 0,44°

- 20° — на 0,88°.

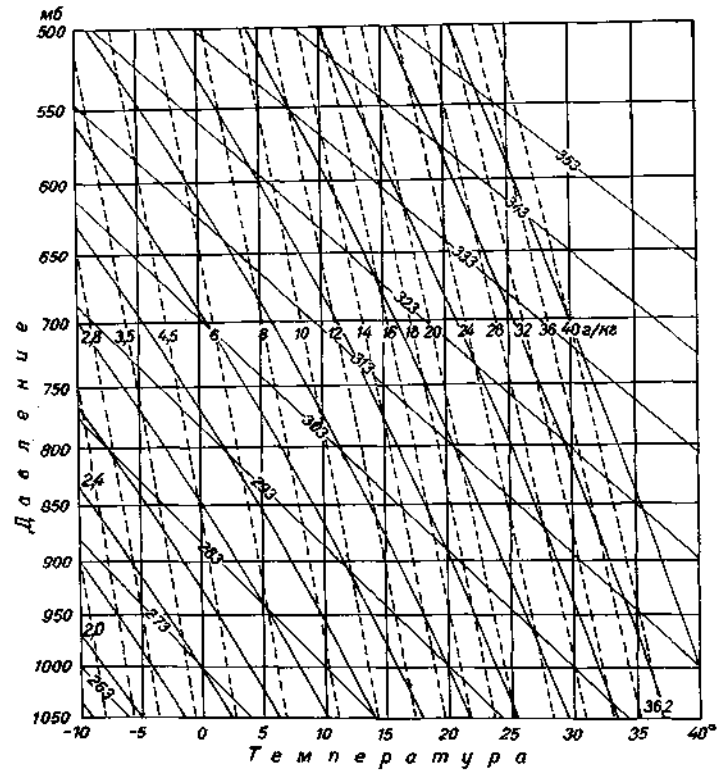
При более низком давлении падение температуры соответственно меньше.

Падение температуры в насыщенном воздухе при подъеме его на единицу высоты (100 м) называют влажноадиабатическим градиентом Гs

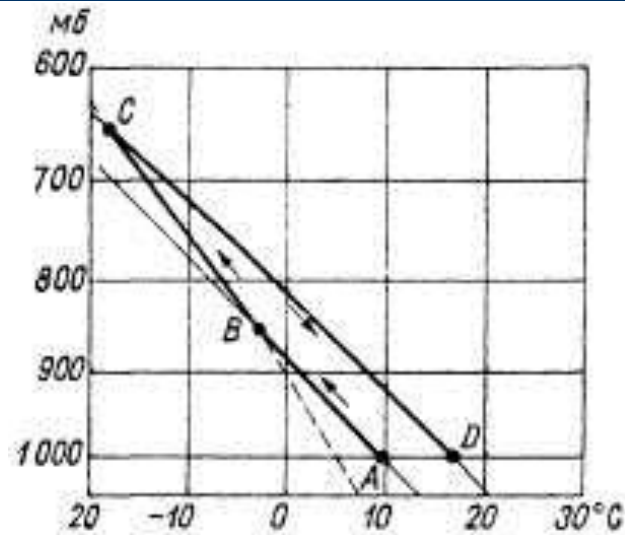
# Псевдоадиабатический процесс

- адиабатическое изменение состояния во влажном воздухе, при котором вся сконденсированная вода тотчас же выпадает.

# Адиабатная диаграмма



# Эмаграмма



адиабатная диаграмма (эмаграмма).

- A — начальная,
- D — конечная точка,
- B — уровень конденсации.



# Псевдоадиабатический процесс

Изменение температуры при подъеме происходит при этом сначала по сухой адиабате, а затем, по достижении уровня конденсации, по псевдоадиабате (практически по влажной адиабате). Изменение температуры при последующем опускании происходит на всем пути по сухой адиабате, вследствие чего воздух возвращается на исходный уровень с температурой более высокой, чем начальная.

# Потенциальная температура

$$\Theta = T \left( \frac{p_0}{p} \right)^{\frac{AR}{c_p}} = T \left( \frac{1000}{p} \right)^{0,288} .$$

Потенциальная температура равна молекулярной температуре при стандартном давлении

# Потенциальная температура

- позволяет сравнивать тепловое состояние масс воздуха, находящихся на разных высотах над уровнем моря, т. е. при разных давлениях. Вычисляя потенциальную температуру этих масс, мы как бы опускаем их на один уровень.
- При изменении состояния воздуха по сухоадиабатическому закону потенциальная температура воздуха не меняется.
- Только когда начинается конденсация и выделяется скрытая теплота, потенциальная температура возрастает.

# Вертикальное распределение температуры

- Представление о распределении температуры с высотой дает вертикальный градиент температуры  $-\frac{dT}{dz}$ , т. е. изменение температуры в атмосфере на единицу высоты, обычно на 100 м.
- Так как перед производной ставится знак минус, то в обычном случае падения температуры с высотой, т. е. при отрицательном  $dT$  и положительном  $dz$ , градиент имеет положительную величину.

# Ветер и турбулентность

Ветер – горизонтальное перемещение воздуха.

- Средние скорости ветра у земной поверхности близки к 5—10 м/сек.
- в сильных атмосферных вихрях, скорости ветра у земной поверхности могут достигать и превышать 50 м/сек.
- В высоких слоях атмосферы, в так называемых струйных течениях, регулярно наблюдаются скорости ветра до 100 м/сек и более.