

Авиационная метеорология



Л.2: Ветровой режим атмосферы

Ветер и его характеристики

Особенности ветрового режима в пограничном слое атмосферы и в свободной атмосфере

Характер изменения скорости и направления ветра с высотой

Влияние подстилающей поверхности и шероховатости местности на характер ветрового режима

Ветер и его характеристики

Ветер представляет собой горизонтальное движение воздуха относительно земной поверхности. Его основные характеристики – направление и скорость. За направление ветра принята та часть горизонта, откуда он дует. Направление ветра определяется в градусах или румбах. Скорость ветра измеряется в м/с, в км/ч и в узлах.

$$1\text{ м/с} = 3,6\text{ км/ч}; 1\text{ узел} = 1,852\text{ км/ч}$$

Непосредственной причиной возникновения ветра является неравномерное распределение атмосферного давления вдоль земной поверхности, которое в свою очередь, является следствием неоднородного распределения температуры. Для количественной характеристики изменения давления по горизонтали пользуются понятием горизонтального **барического градиента** :

$$\Gamma_p = \frac{p_2 - p_1}{\Delta s} = \frac{\Delta p}{\Delta s}$$

Причины возникновения ветра

Отношение величины горизонтального барического градиента к единицы массы воздуха (плотности воздуха) представляет собой **силу барического градиента**, или силу давления, под действием которой и происходит перемещение воздуха вдоль земной поверхности:



Рис. Направление сил, действующих на движущуюся массу воздуха: $F_k = 2 \cdot \omega \cdot u \cdot \sin \varphi$

a — барического градиента \vec{F}_p ; $б$ — кориолиса \vec{F}_k ;
 A — рассматриваемая точка; H — низкое давление; r — расстояние от точки A до центра O барической системы \vec{u} — скорость ветра

Как только некоторая масса воздуха начала двигаться, на ее движение начинают оказывать влияние другие силы: отклоняющая сила вращения Земли, сила трения и центробежная сила.

ω Угловая скорость вращения Земли;

u скорость воздушного потока;

φ широта места.

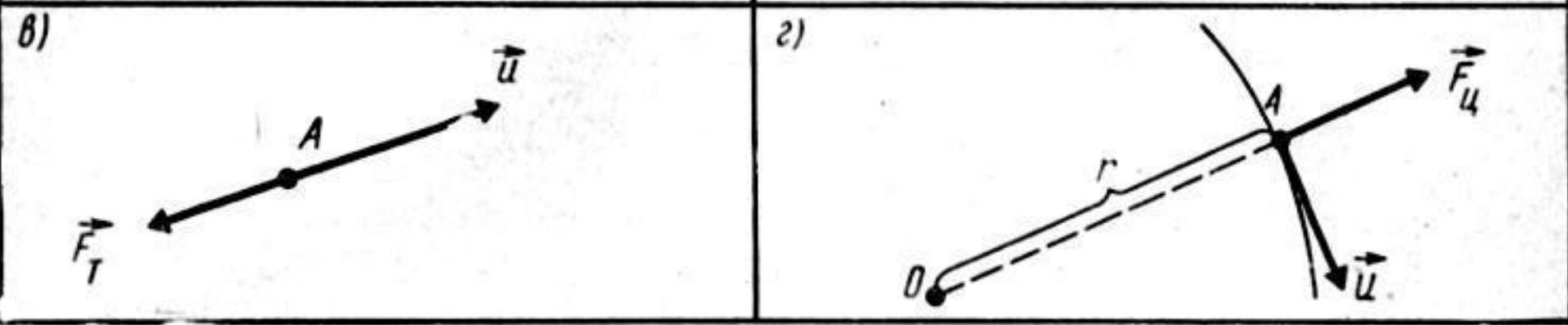


Рис. 3.1. Направление сил, действующих на движущуюся массу воздуха:

v — трение \vec{F}_T ; z — центробежной \vec{F}_{π}

A — рассматриваемая точка; H — низкое давление; r — расстояние от точки A до центра O барической системы \vec{u} — скорость ветра

Сила трения направлена в сторону, противоположную движению воздуха, и приводит к уменьшению скорости ветра и угла между вектором ветра и градиентом давления. В зависимости от шероховатости подстилающей поверхности, температурной стратификации атмосферы, скорости ветра её влияние сказывается в диапазоне высот от нескольких сотен метров до 1 – 1,5 км.

$$F_T = k \cdot u$$

При движении воздушных частиц по криволинейным траекториям возникает центробежная сила, которая направлена по радиусу кривизны r траектории от центра вращения.

$$F_{\text{ц}} = \frac{u^2}{r}$$

Особо значительна в тропических циклонах.

Особенности ветрового режима в свободной атмосфере.

Градиентный ветер.

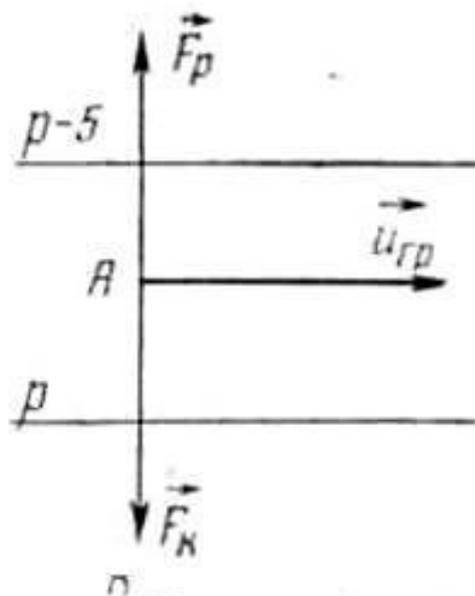


Рис. Направление
градиентного ветра

В свободной атмосфере в однородных ВМ движение частиц воздуха происходит в результате совместного действия трех сил: барического градиента, Кориолиса, центробежной. В случае равновесия действующих сил частица воздуха начинает двигаться вдоль изобар оставляя область низкого давления слева, высокое – справа. Такое установившееся движение воздуха при отсутствие сил трения называется **градиентным ветром.**

Особенности ветрового режима в пограничном слое атмосферы

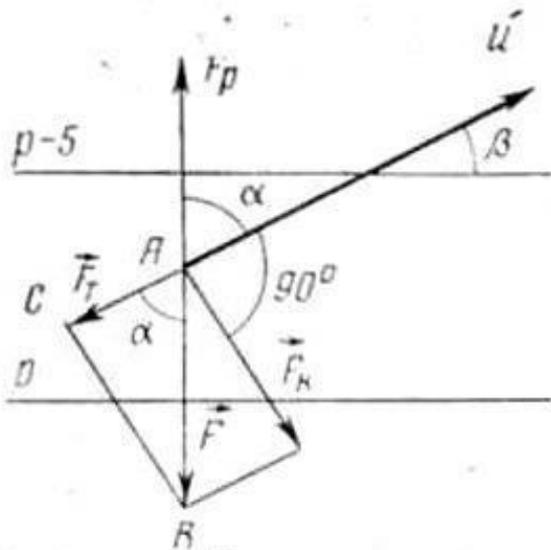


Рис. Направление ветра в пограничном слое атмосферы

В нижних слоях атмосферы на движение воздушной массы оказывают влияние следующие силы: барического градиента, Кориолиса, центробежная и трения. В случае установившегося движения, когда скорость ветра не меняется со временем, при прямолинейных изобарах барический градиент уравнивается суммой двух сил – Кориолиса и трения

Угол отклонения зависит от шероховатости подстилающей поверхности и широты места. Если коэффициент трения уменьшается, то угол приближается к 90° а ветер к градиентному. Над сушей, где сила трения больше, угол отклонения составляет $30-45^\circ$. Над морем, где сила трения меньше, угол может быть близок к 90° .

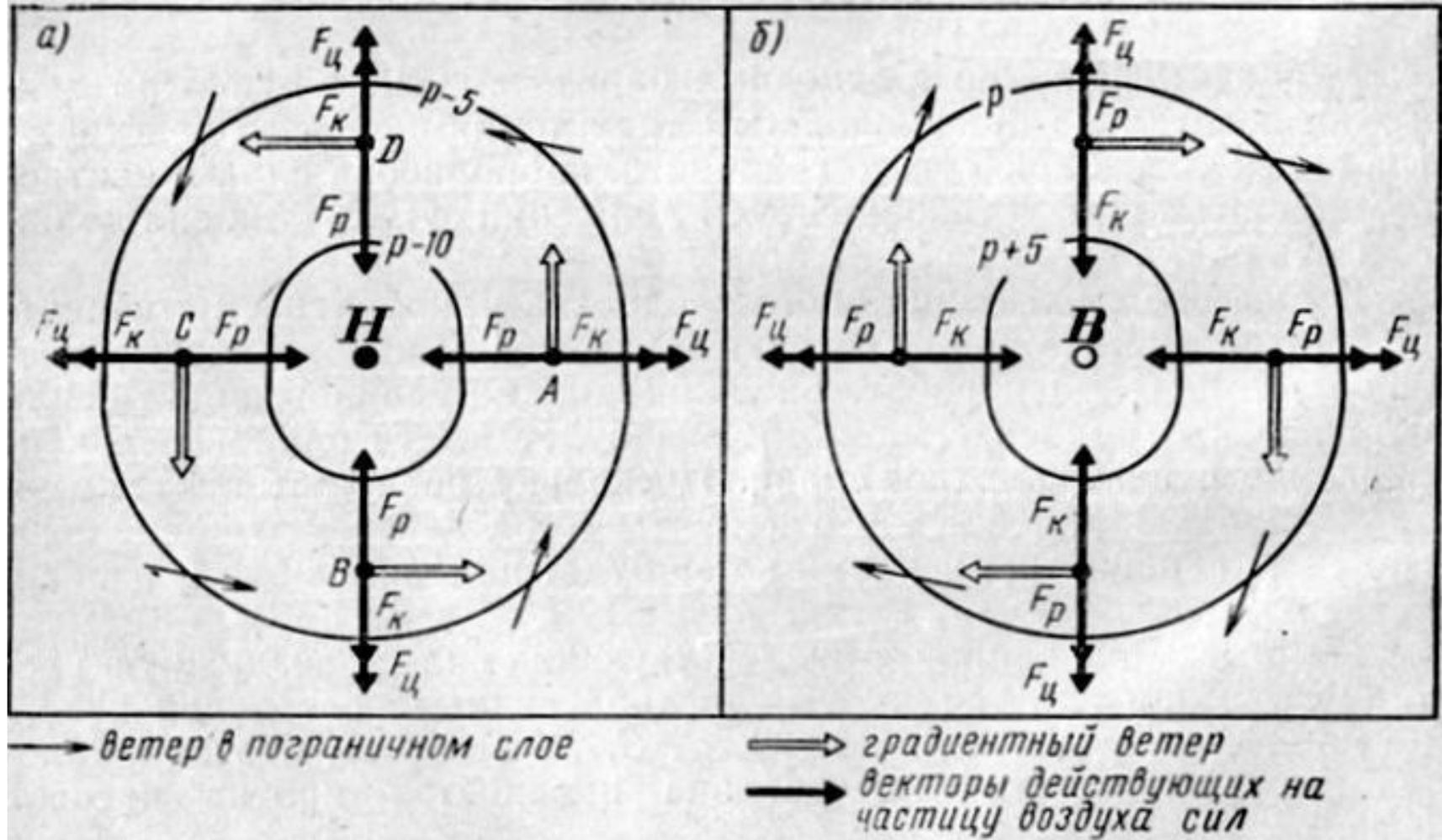


Рис. ● Направление градиентного ветра:

а — в циклонах; б — в антициклонах

Барический закон ветра (з-н. Бейс-Балло): если встать спиной к ветру, область низкого давления будет расположена слева и несколько впереди от наблюдателя, а область высокого — справа и несколько позади в северном полушарии

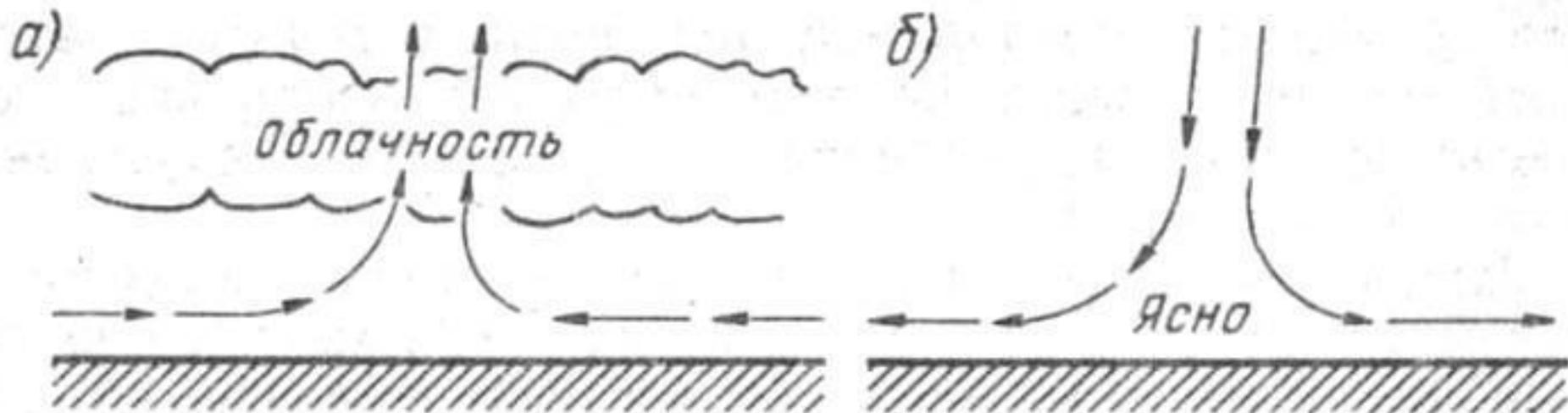


Рис. Вертикальные движения в циклоне (а) и антициклоне (б)

В циклоне в следствие сходимости воздушных потоков в центральной части начинают развиваться восходящие потоки воздуха, которые приводят к формированию сложных для полётов условий погоды. Формируется низкая сплошная облачность, осадки в виде дождя или снега в зависимости от сезона года, видимость ограничена.

В антициклоне наоборот – вследствие расходимости потоков от центра к периферии у Земли на высотах в центральной части антициклона начинает развиваться компенсирующий нисходящий поток воздуха

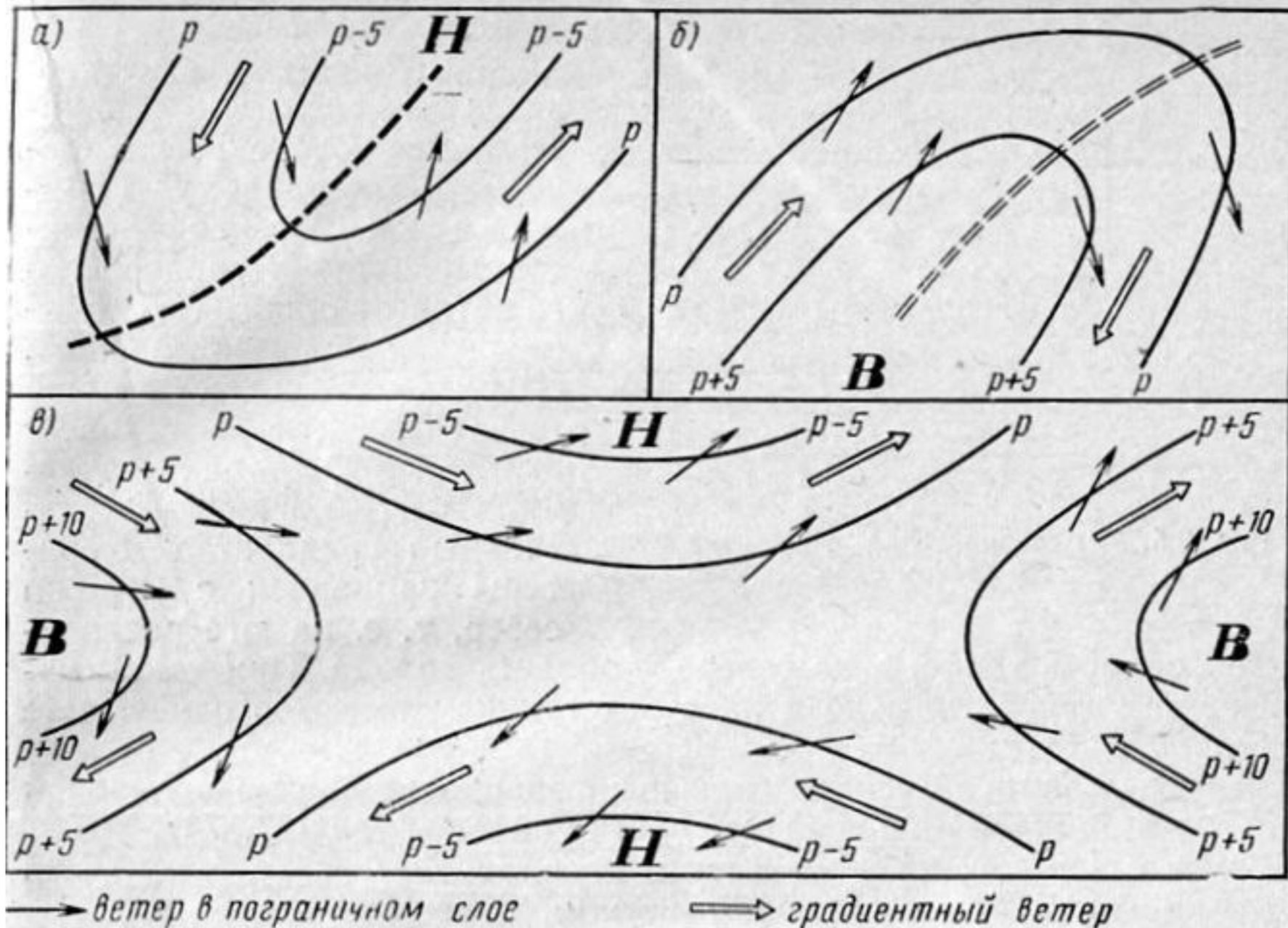


Рис. 1. Градиентный ветер:
 а — в ложбинах; б — в гребне; в — в седловине

Изменение градиентного ветра с высотой. Термический ветер

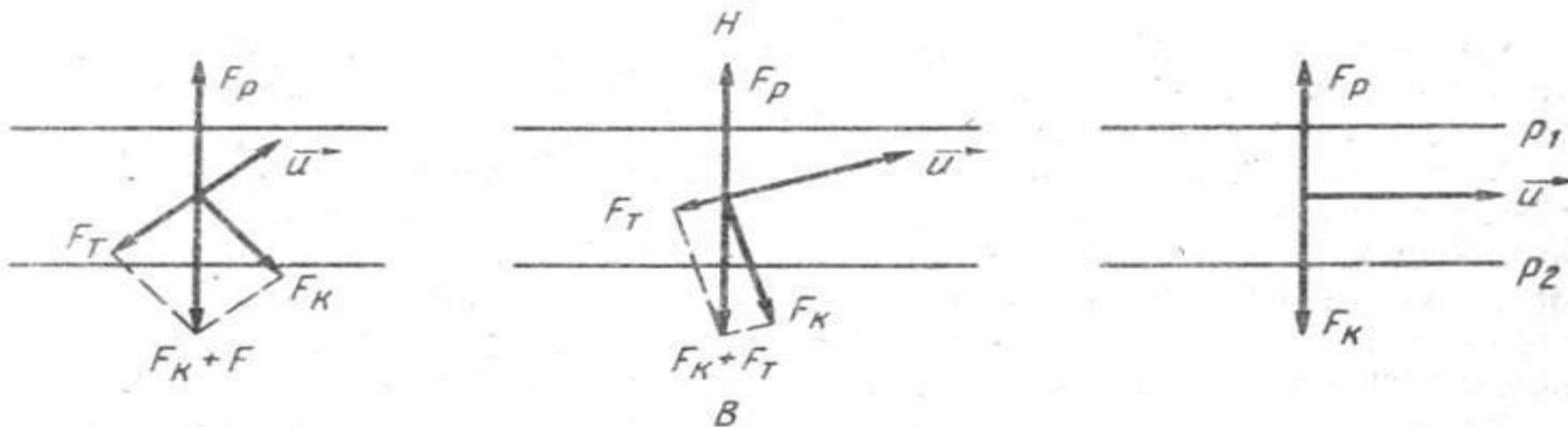


Рис. Изменение вектора ветра с высотой в слое трения

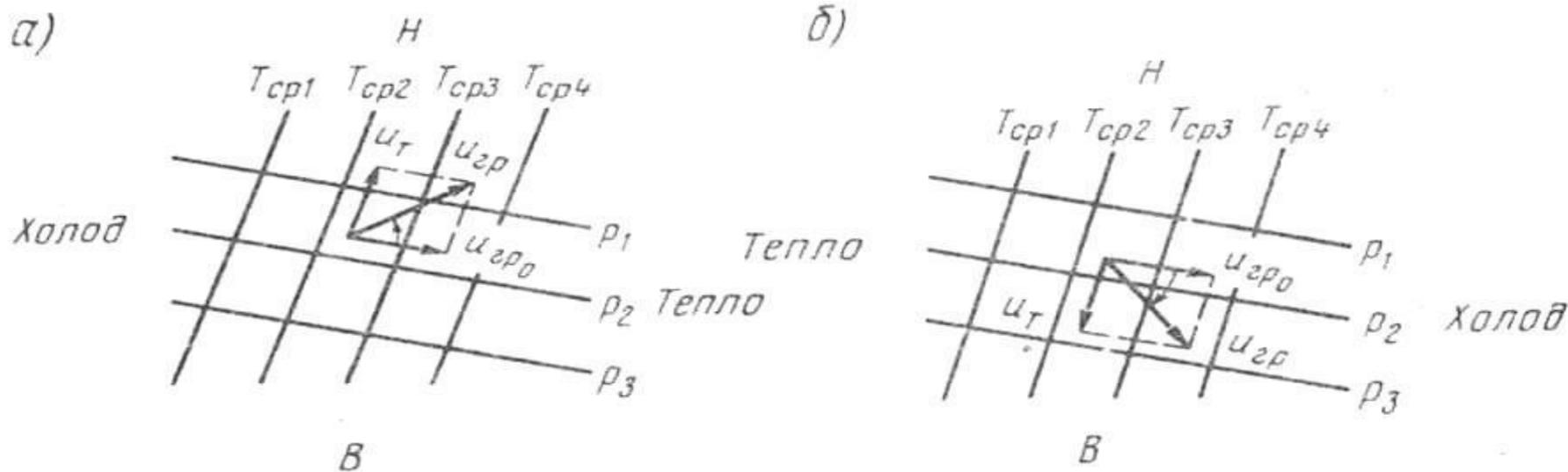


Рис. Изменение ветра с высотой в свободной атмосфере при адвекции холода (а) и адвекции тепла (б)

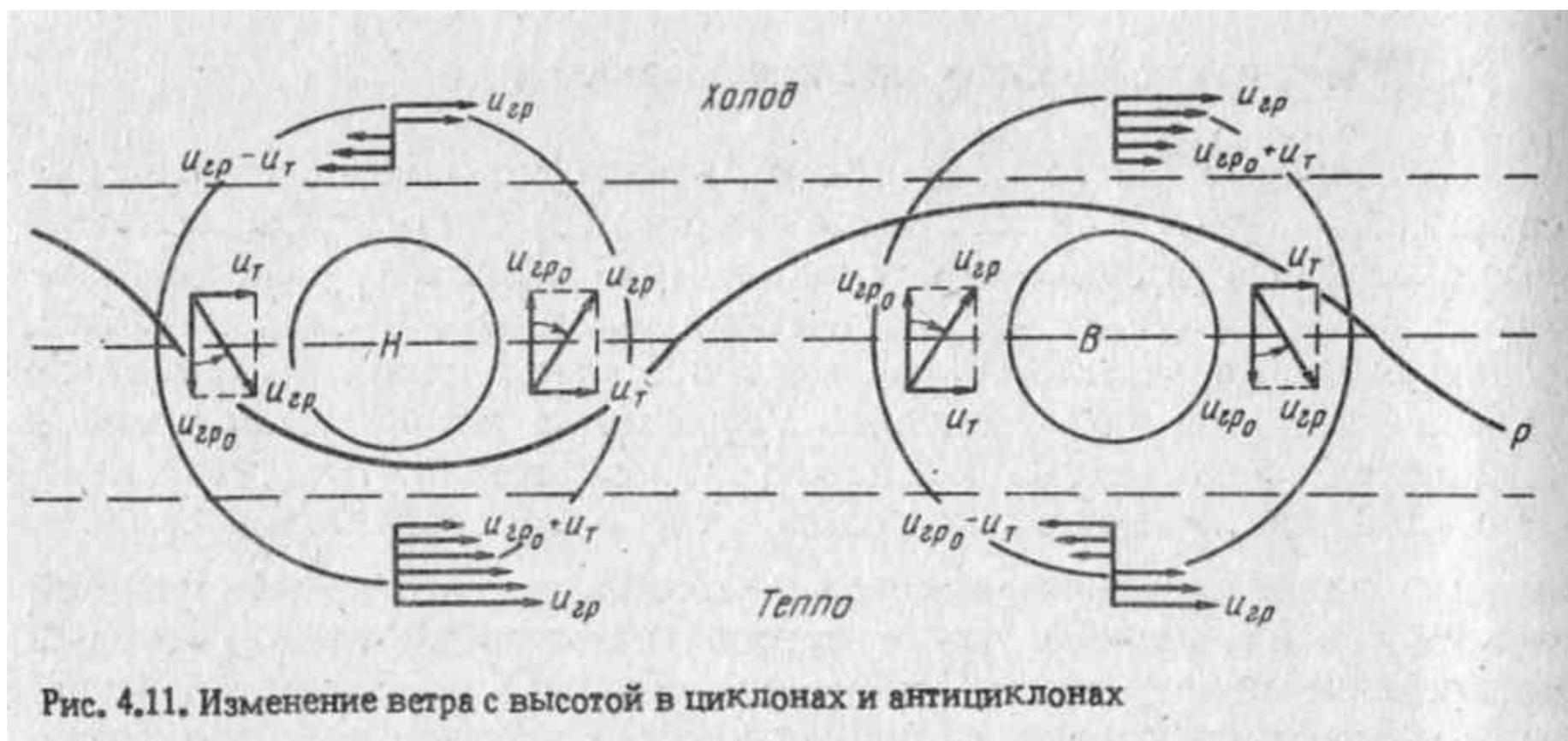


Рис. 4.11. Изменение ветра с высотой в циклонах и антициклонах

Значительно усложняется взлет и посадка при боковом ветре, так как в этом случае образуются дополнительные аэродинамические силы, затрудняющие управление ВС:

- кренящий момент (вследствие неравномерного обдува крыла).
- разворачивающий момент (вследствие несовпадения центра тяжести и центра бокового давления ветра).

Поэтому боковой ветер создает силу Z , стремящуюся развернуть ВС против ветра. При очень сильном боковом ветре коэффициент сцепления колес шасси с ВПП, который противодействует разворачивающему моменту, может оказаться недостаточным. При взлете с сильным боковым ветром значительно усложняется техника пилотирования. Выполняя посадку при боковом ветре, пилот вынужден бороться со сносом ВС, который может привести к приземлению вне ВПП.

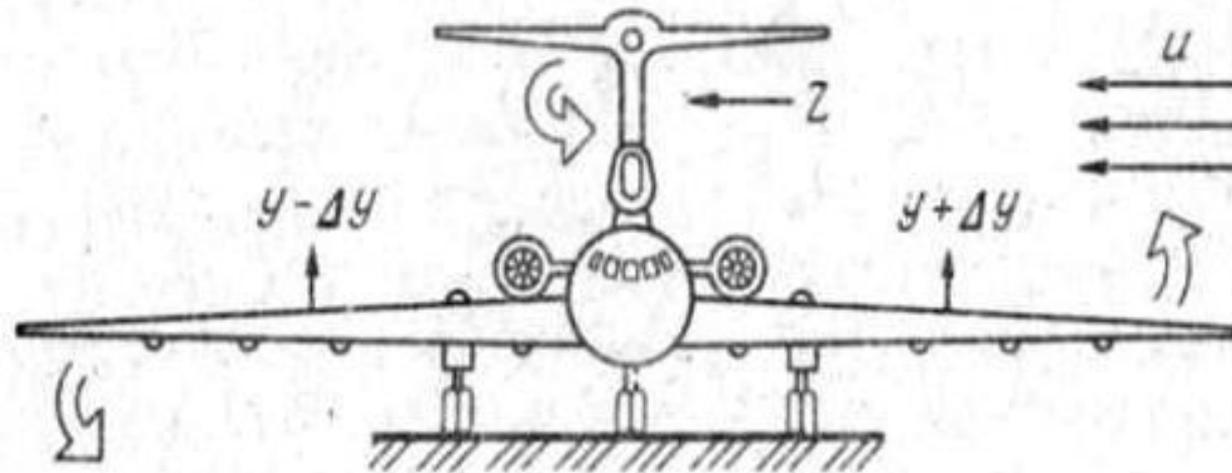


Рис.
ветром

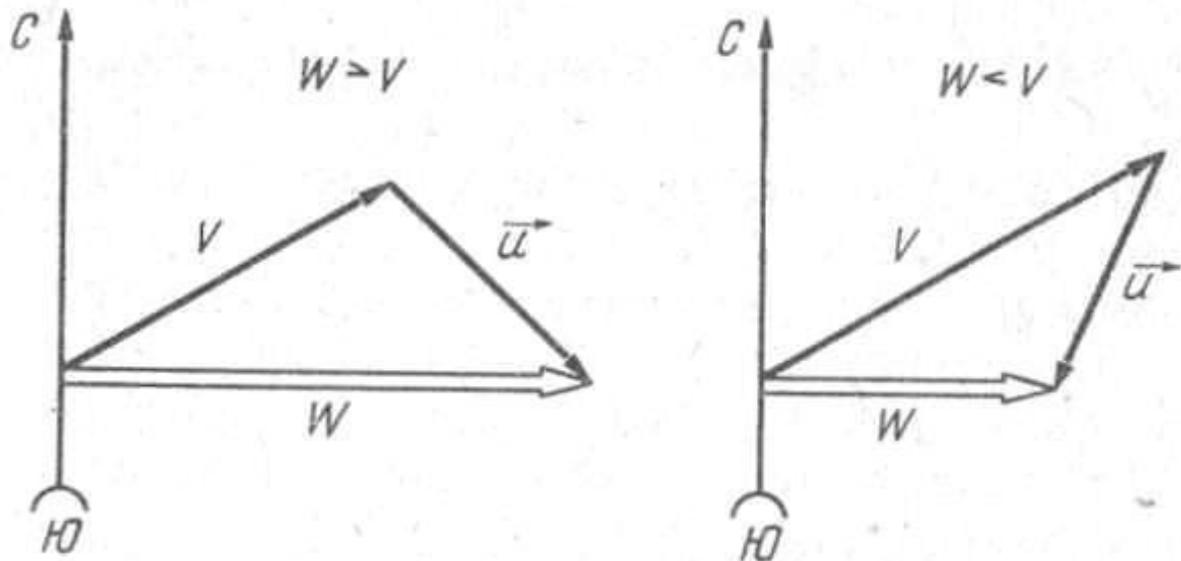
Взлет с боковым

При полете на эшелоне ветер оказывает существенное влияние на путевую скорость и угол сноса. Из навигационного треугольника скоростей видно, что путевая скорость может существенно изменяться в зависимости от того, какой ветер: попутный, боковой или встречный. Вектор путевой скорости W равен сумме векторов воздушной скорости V и скорости ветра u :

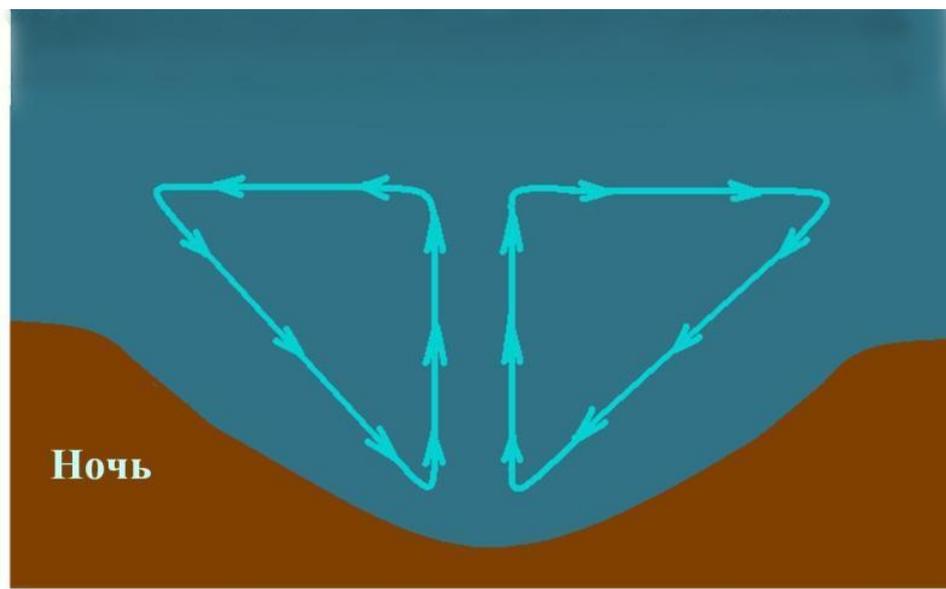
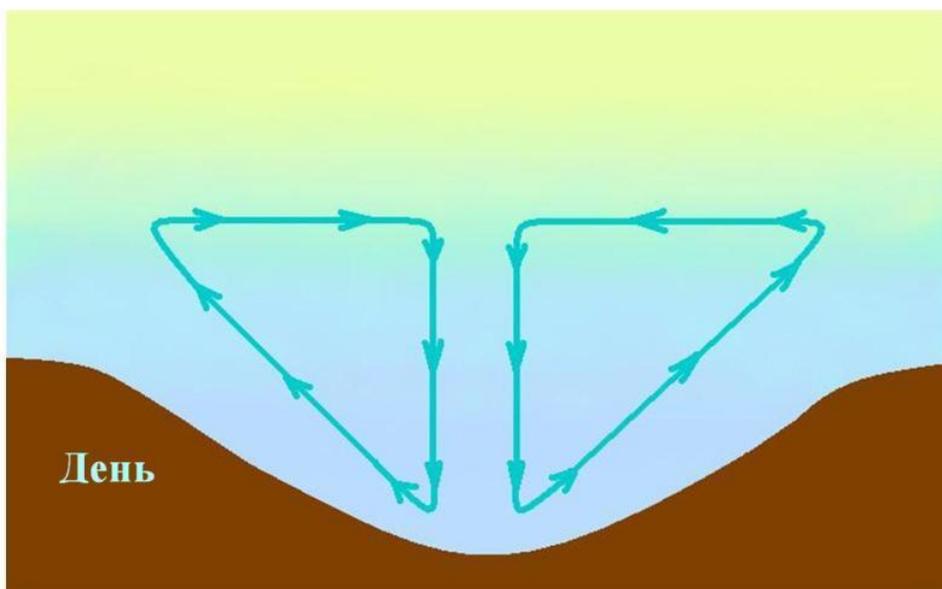
$$W = V + u$$

При значительной боковой составляющей скорости ветра отклонения траектории полета от курса могут составлять в отдельных случаях для дозвуковых самолетов $10...15^\circ$ и более, для сверхзвуковых - $7...8^\circ$. Поэтому для достаточно точного выполнения полета по заданному маршруту необходимо учитывать угол сноса. Кроме того, ветер оказывает влияние на дальность и продолжительность полета, так как от его скорости и направления зависит километровый расход топлива.

Рис. Влияние ветра на путевую скорость



Влияние подстилающей поверхности и шероховатости местности на характер ветрового режима

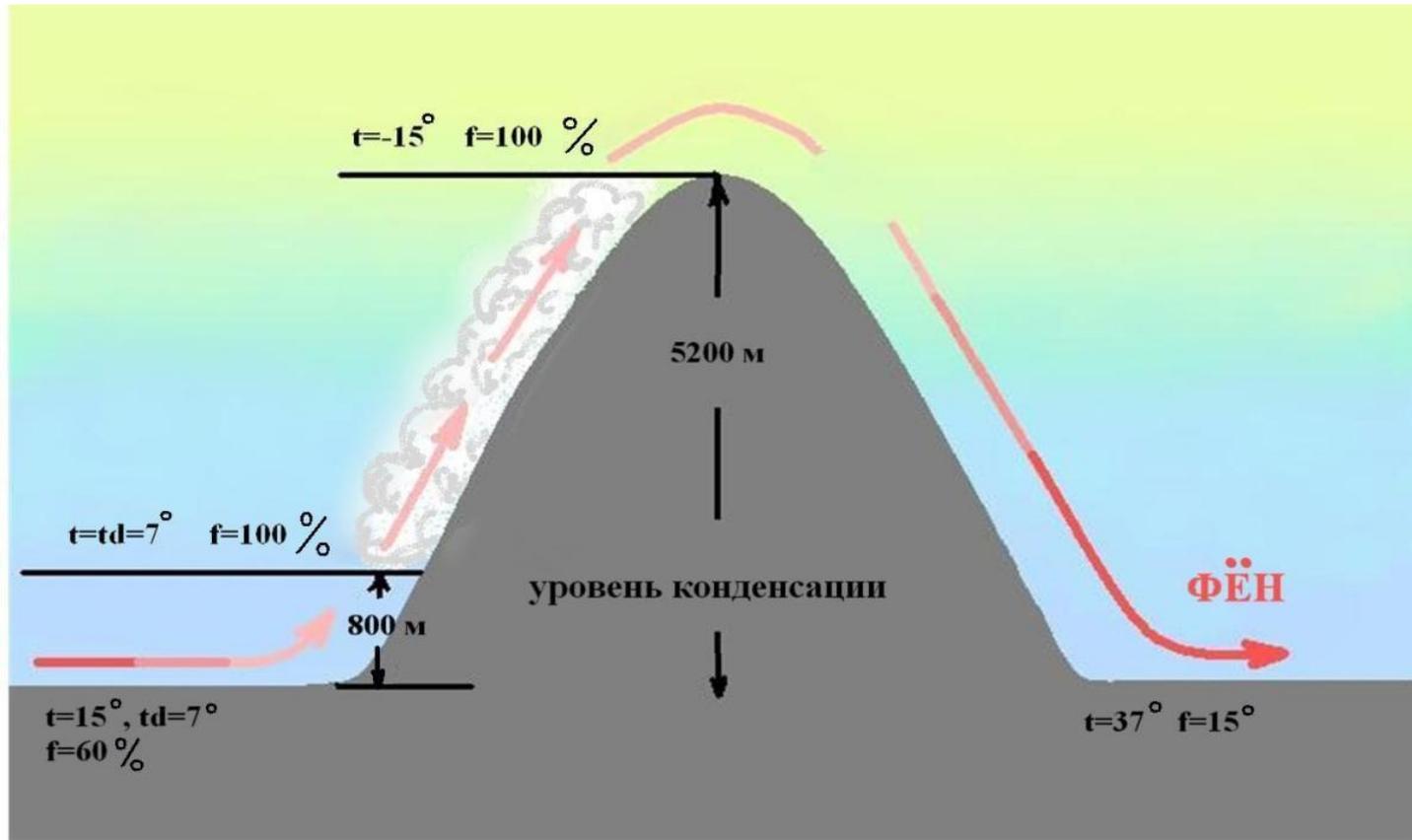


Горно-долинные ветры возникают вследствие неравномерного нагревания склонов гор и долин между горами.

Они имеют четко выраженный суточный ход: днем они дуют из долины вверх по склону, а ночью – наоборот, со склонов гор вниз, в долину.

Горно-долинные ветры наиболее четко выражены при ясной погоде в теплое время года.

Фёны



Фёны – ветры, дующие с гор, вниз по склону, обычно очень теплые и сухие. Воздух при подъеме достигает состояния насыщения, водяной пар конденсируется и выделяется скрытая теплота конденсации. Поэтому при подъеме воздух охлаждается медленнее, чем нагревается при опускании.

Бризовая циркуляция



Бризы- ветры с суточной периодичностью, наблюдающиеся в прибрежных районах. Дневной бриз дует с водной поверхности на сушу, ночной наоборот.

В средних и высоких широтах бризы наблюдаются в основном в теплое время года при малооблачной погоде в малоградиентном барическом поле с достаточно высоким давлением.

В тропических областях, где температурные контрасты между сушей и океаном больше, бризовая циркуляция наблюдается круглый год.