

# **ОБЩАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ АТМОСФЕРЫ**

- 1. Закономерности атмосферной циркуляции.**
- 2. Господствующие ветры (пассаты, муссоны, тропические циклоны).**
- 3. Местные ветры.**
- 4. Возникновение и развитие циклонов.**
- 5. Возникновение и развитие антициклонов.**
- 6. Циркуляция вышележащих слоев атмосферы.**

- **1. Закономерности атмосферной циркуляции.**
- Неравномерное распределение тепла в атмосфере приводит к неравномерному распределению атмосферного давления, а от распределения давления зависит движение воздушных масс или воздушные течения.
- На характер движения воздушных масс относительно земной поверхности влияют отклоняющая сила вращения Земли, в нижних слоях атмосферы – сила трения. Всю систему воздушных течений на Земле называют общей циркуляцией атмосферы. Общую циркуляцию атмосферы усложняют местные ветры, такие как бризы, горно-долинные и т.д. Общая циркуляция атмосферы отличается большой сложностью из-за постоянного возникновения и движения циклонов и антициклонов. Циклоническая деятельность играет большую роль в формировании погоды и климата на земном шаре.

# Блоки климатической системы (проявление сезонных колебаний)

Малотерционный блок,  
приспосабливающийся к  
состоянию океана и суши

Атмосфера в целом  
Масса=1  
Теплоемкость = 1.1

Верхний «деятельный» слой  
океана ~250 м

Масса = 16.4  
Теплоемкость = 77

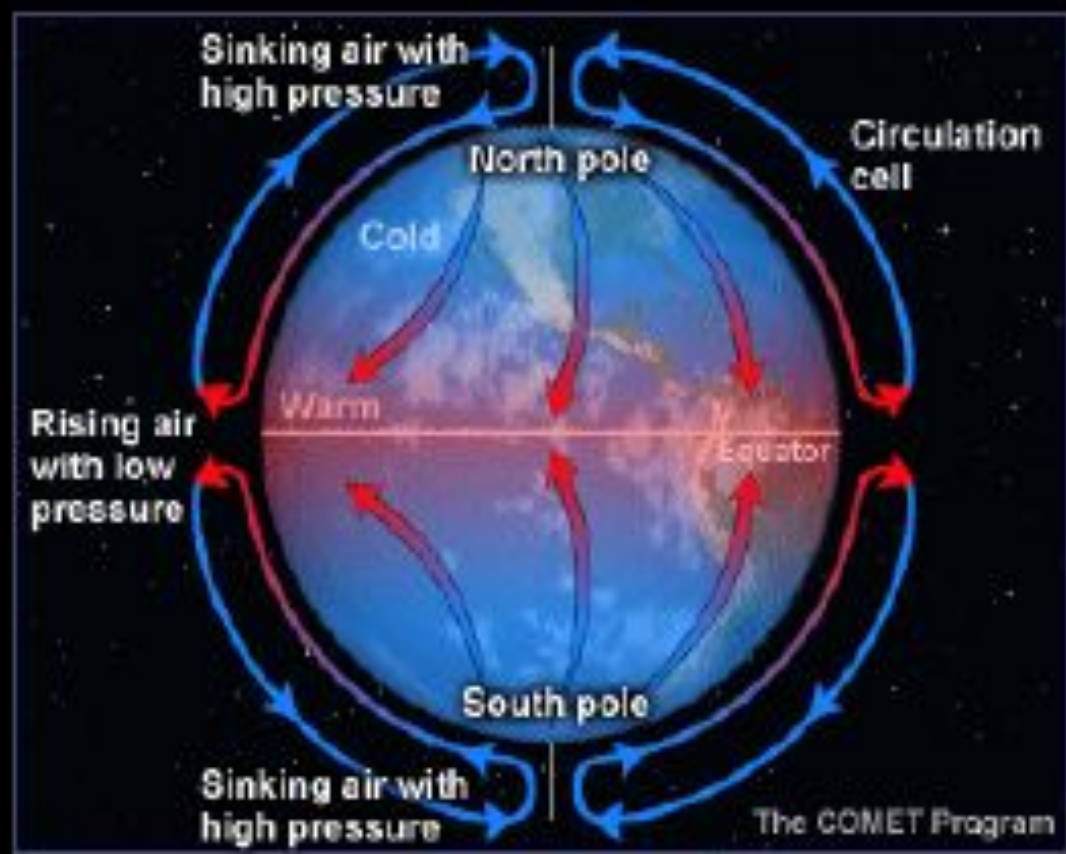
Самое  
инерционное  
звено

Верхний «деятельный» слой  
суши ~10 м

Масса=0.55  
Теплоемкость = 0.5

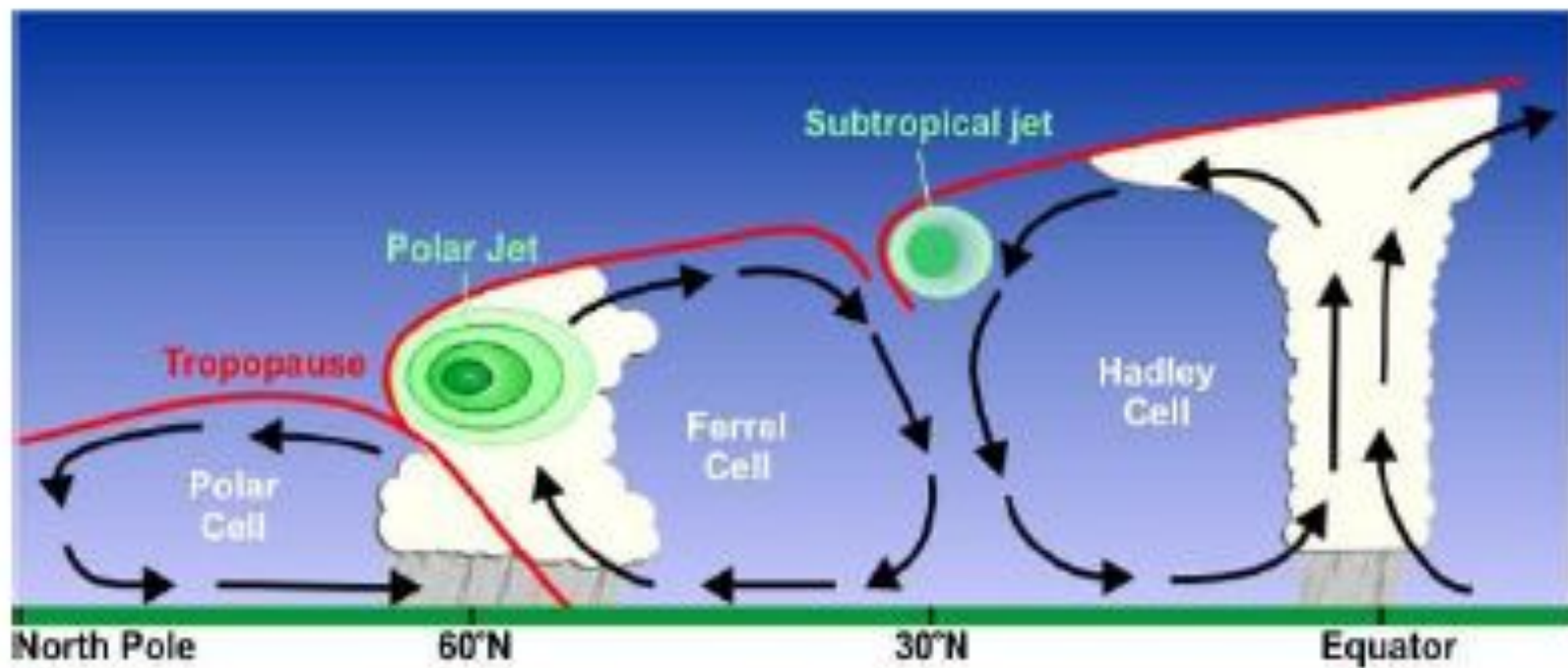
+ ледяные  
шты  
⇒  
высокая  
тепловая  
инерция

## Упрощенная модель циркуляции атмосферы



George Hadley, 1735

- При посредстве циклонов и антициклонов происходит обмен воздуха. Расчеты на ЭВМ показали, что ежегодно из одного полушария в другое в результате сезонных изменений перераспределяется 4 триллиона ( $4 \times 10^{12}$ ) тонн воздуха, главным образом, с муссонными ветрами. Летом атмосфера «тяжелеет» на 1 триллион тонн. Ученые объясняют этот процесс активизацией биохимических процессов, связанных с активизацией свободных газов.
- Несмотря на значительную сложность и разнообразие общей циркуляции атмосферы характерны устойчивые особенности, повторяющиеся из года в год. Рассмотрим зональное распределение давления и ветра у земной поверхности.
- Низкое давление на экваторе и высокое давление на полюсах обусловлено термическими причинами, т.е. условиями нагревания земной поверхности на экваторе и охлаждения ее на полюсах.



- Давление от экваториальной зоны растет к субтропикам, а затем падает к субполярным широтам и снова растет к полюсам. При этом меридиональный барический градиент направлен от субтропиков к экватору, от субтропиков же к полярным широтам, и от полюса к субполярным широтам. Направление барического градиента несколько раз меняется.
- Причины образования зон высокого давления в субтропиках и зон низкого давления в субполярных широтах заключаются в динамических причинах, особенностях циклонической деятельности.
- В умеренных широтах существуют как теплые, так и холодные воздушные массы, образуются циклоны и антициклоны, которые под действием силы Кориолиса отклоняются к 30 и 60° с. и ю.ш.

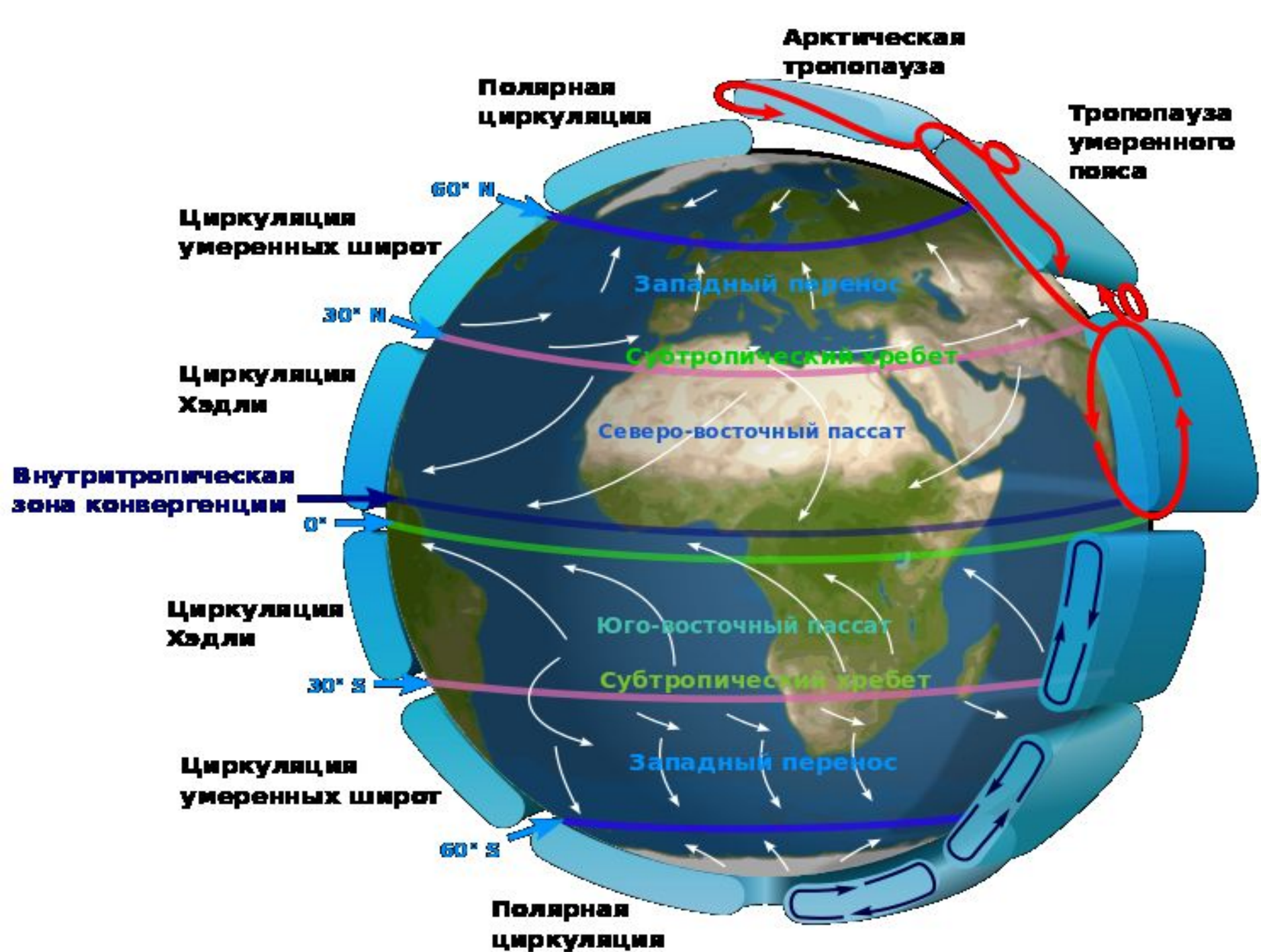
- Антициклоны, возникающие в условиях западного переноса умеренных широт, при своем движении с запада на восток в то же время смещаются к более низким широтам (к 35° с. и ю.ш.), и там усиливаются. Они образуют в каждом полушарии субтропическую зону высокого давления с осью около 35 параллели.
- Циклоны, возникающие также в умеренных широтах, при своем движении к востоку отклоняются к более высоким широтам и сосредотачиваются там, образуя субполярную зону низкого давления с осью около 65 параллели. Такая сепарация циклонов и антициклонов зависит от изменения отклоняющей силы вращения Земли с широтой. В циклонах и антициклонах отклоняющая сила больше в той части вихря, которая ближе к полюсу. В циклонах эта сила направлена от центра и перемещаются они на север, а антициклоны – наоборот.

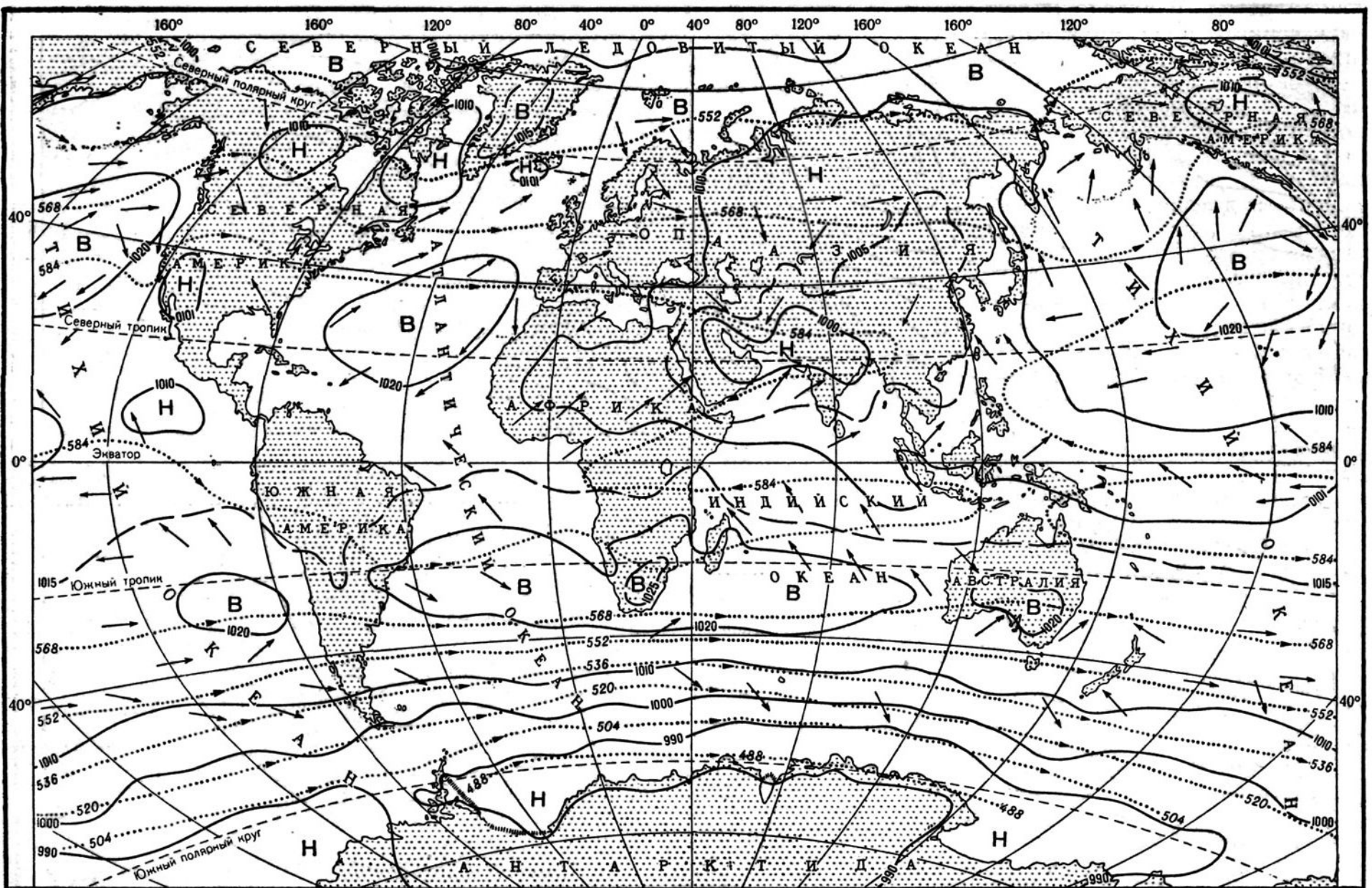


- По периферии субтропической зоны высокого давления, обращенной к экватору, т.е. в тропиках, барический градиент направлен к экватору, что в совокупности с отклоняющей силой создает восточный перенос, охватывающий всю тропическую зону.
- По обращенной к полюсу периферии субтропической зоны в средних широтах создается западный перенос. Он простирается до оси субполярной зоны низкого давления, т. е. до 60 – 65 широты. Таким образом, в средних широтах наблюдается западный перенос, наиболее четко он выражен над океанами (особенно в южном полушарии).
- Наиболее низкое давление у земной поверхности и в нижней тропосфере обнаруживается в субполярных широтах, вблизи 60 – 65 широты. Отсюда, по направлению к полюсу, давление растет. Следовательно, барический градиент направлен от полюса к субполярным широтам, что создает в полярном районе также восточный перенос.



Рис. 26. Зональное распределение переносов воздуха в нижней тропосфере. Слева — направление барических градиентов





## ОБЩАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ АТМОСФЕРЫ

ИЮЛЬ

2000 0 2000 4000 6000 км

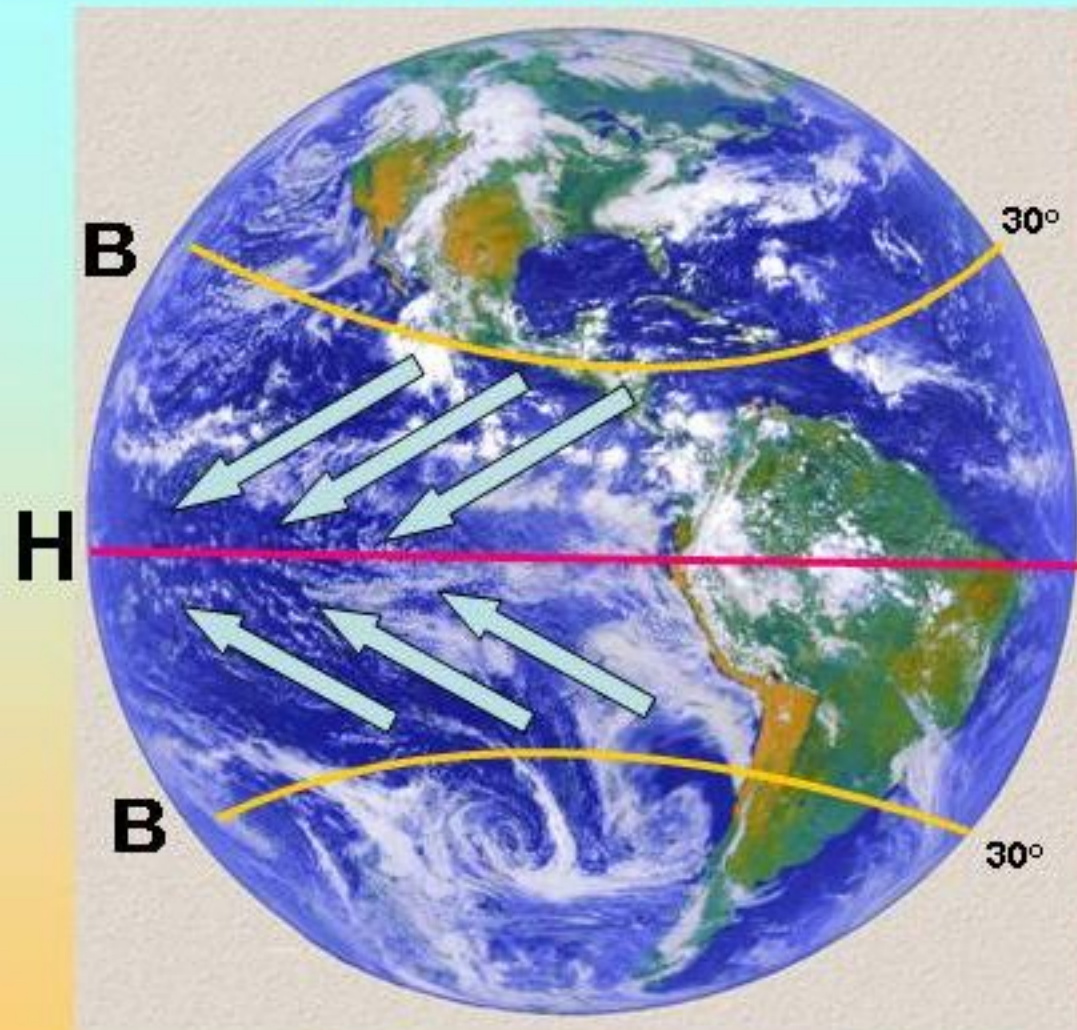
- 1020 — Изобары на уровне моря (давление в миллибарах)
- 584 — Изолинии абсолютной топографии поверхности 500 миллибар и направление ветра на уровне около 5 км
- Направление приземного ветра

**Н** Низкое давление

**В** Высокое давление

- **2. Господствующие ветры** (пассаты, муссоны, тропические циклоны). Рассмотрим более подробно условия общей циркуляции.
- Тропические широты. **Пассаты** – это устойчивые восточные ветры умеренной скорости, дующие в каждом полушарии из области субтропического высокого давления к экватору (средняя скорость 5 – 8 м/сек). Субтропические зоны высокого давления распадаются на отдельные антициклоны. Субтропические антициклоны вытянуты по широте. Поэтому на обращенной к экватору периферии изобары проходят параллельно широтам, и следовательно, пассаты должны иметь восточное направление. Однако в слоях, близких к земной поверхности, где действует трение, ветер отклоняется от изобар на некоторый угол в сторону низкого давления. Это значит, что на южной периферии субтропического антициклона в северном полушарии у земной поверхности образуются юго-восточные ветры. Пассаты северного полушария часто называют северо-восточными, а пассаты южного полушария – юго-восточными.

# ПАССАТЫ



Постоянные (глобальные) устойчивые ветры планеты в тропических широтах, дующие к экватору из субтропических областей высокого давления. Под влиянием вращения Земли в Северном полушарии пассаты являются северными и северо-восточными, а в Южном – южными и юго-восточными ветрами. Над пассатами на высоте 5-10 км дуют антипассаты – ветры противоположного направления. Пассаты дуют всегда из области высокого давления в область низкого давления.



- Распределение давления меняется в тропиках в течение года незначительно. Поэтому пассаты обладают большим постоянством направления. Так как пассаты – это ветры антициклонов, они характеризуются нисходящими движениями воздуха, образованием слоя инверсии, который препятствует образованию конвективных облаков. Облака здесь не получают большого вертикального развития, не достигают уровня оледенения, который в тропиках лежит выше 5 км. Поэтому из облаков или не выпадают осадки, или выпадают незначительные кратковременные и мелкокапельные дожди, обусловленные взаимным слиянием капелек, без участия ледяной фазы.



- Пассаты обоих полушарий разделены переходной зоной с неравномерными, часто слабыми, но иногда и сильными, шквалистыми ветрами. Зона сходимости пассатов называется внутритропической зоной конвергенции (тропический фронт). В результате сходимости воздушных масс, конвекция в этой зоне резко усилена и развивается до больших высот по сравнению с зонами пассатов. Облака превращаются в мощные кучевые и кучево-дождевые и из них выпадают обильные осадки ливневого характера.
- Отмечается сезонное перемещение внутритропической зоны конвергенции и пассатов от января к июлю.

- **Муссоны.** Муссоны – это устойчивые воздушные течения сезонного характера, которые меняют свое направление от зимы к лету и от лета к зиме на почти противоположное.
- Муссоны, получившие развитие в тропических широтах, называются тропическими муссонами. Здесь возникновение их связано с различными температурными условиями и с различным сезонным положением экваториальной депрессии. Экваториальная депрессия смещается в июле в более высокие широты северного полушария, а в январе отодвигается в южное полушарие. Вследствие такого сезонного перемещения в некоторых областях по обе стороны от экватора, происходит сезонное изменение преобладающих барических градиентов и, следовательно, преобладающих ветров. Зимние муссоны совпадают по своему направлению с пассатами, а направление летних муссонов противоположно пассатному. По обе стороны от экватора над океаном сезонные смещения зон давления невелики, и муссоны не получают особого развития. Над материками распределение давления меняется от января к июлю достаточно сильно.

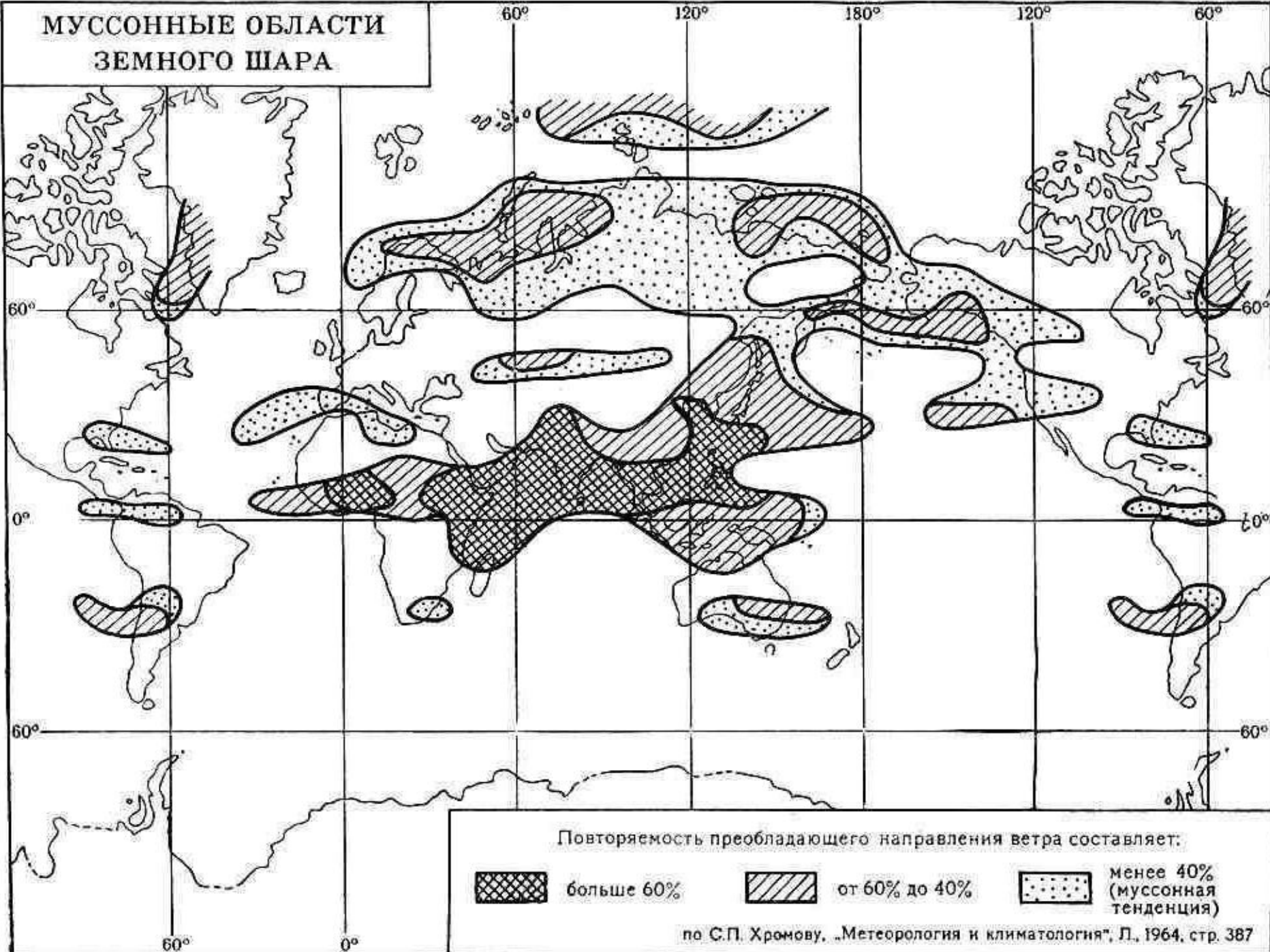
# Образование муссонов



- Африка. В январе над Сахарой прослеживается отрог Азорского антициклона, над Южной Африкой располагается область экваториальной депрессии. В июле область экваториальной депрессии размещается над Сахарой, а над Южной Африкой – антициклон. Смена направления барических градиентов меняется от сезона к сезону, этим и объясняется возникновение над Африкой тропических муссонов.

- Особенно мощные тропические муссоны действуют над полуостровом Индостан. Объясняется это тем, что сезонные изменения температуры здесь усилены огромным материком Евразия, прогретым летом и охлажденным зимой. Кроме этого летом сюда смещается экваториальная депрессия, и над Южной Азией происходит резкая сезонная смена низкого давления на высокое и обратно с соответствующей муссонной циркуляцией. Зимний тропический муссон над полуостровом Индостан принято называть северо-восточным, летний – юго-западным. Преобладание в этом районе переноса воздуха зимой с материка на океан и летом с океана на материк приводит к важным особенностям погоды и климата: дождливый сезон совпадает с летним муссоном, а резко выраженный сухой сезон приходится на период зимнего муссона.

# МУССОННЫЕ ОБЛАСТИ ЗЕМНОГО ШАРА



Повторяемость преобладающего направления ветра составляет:



больше 60%



от 60% до 40%



менее 40%  
(муссонная тенденция)

# Муссонные ветры в июле



- **Тропические циклоны**, их возникновение и перемещение. Тропические циклоны – это исключительно интенсивные по своей силе атмосферные вихри, развивающиеся над океанами только в тропических широтах.
- 1. Районы возникновения тропических циклонов располагаются между 5 и 20° с. и ю. широты. Ближе 5° к экватору тропические циклоны не развиваются, т.к. отклоняющая сила вращения Земли здесь мала, чтобы образовать завихрение.
- 2. Тропические циклоны развиваются только над водной поверхностью
- летом и осенью данного полушария, когда зона конвергенции не очень близка к экватору, а поверхность океана особенно разогрета (до 27°C и более). Над сушей тропические циклоны не возникают, т.к. велика сила трения, что приводит к увеличению поступления воздуха внутрь циклона в нижних слоях атмосферы и ослаблению его силы.



В Атлантике ТЦ называют *ураганами*,  
на Тихом океане - *тайфунами*,  
на юге Индийского океана -  
*орканами*,  
у берегов Австралии - *вилли-вилли*.

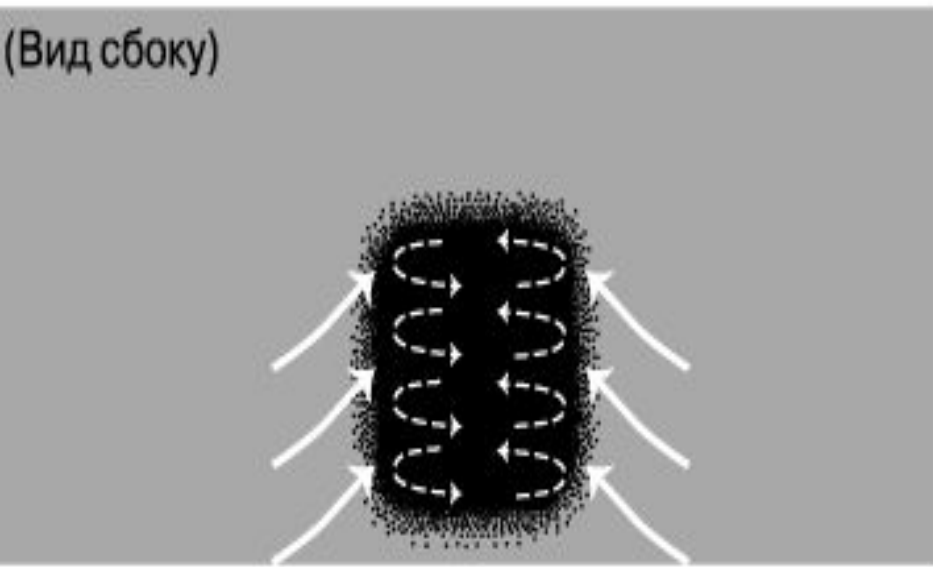
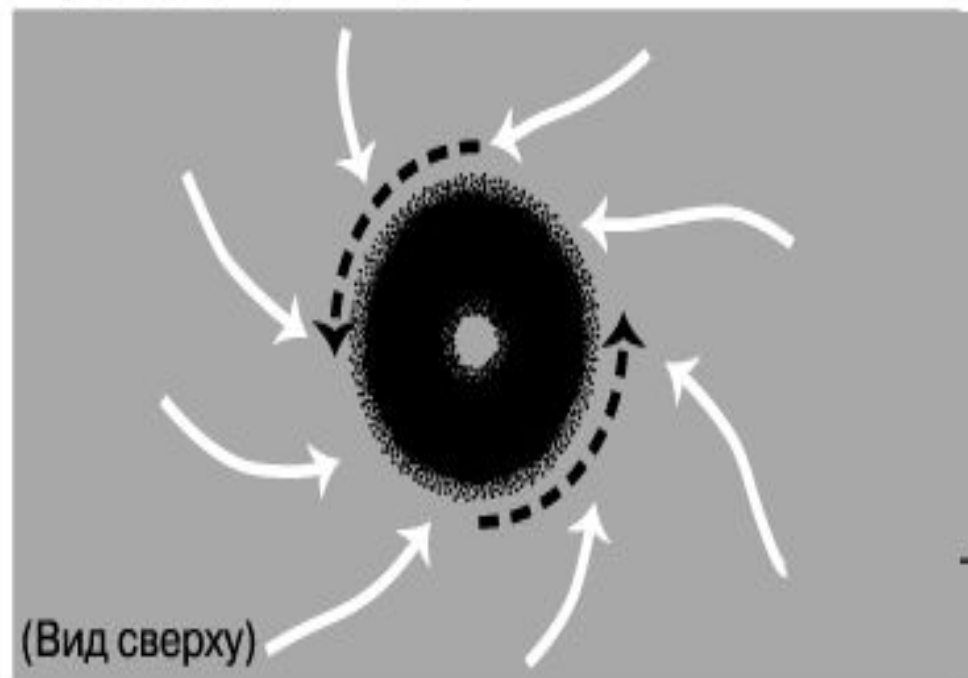
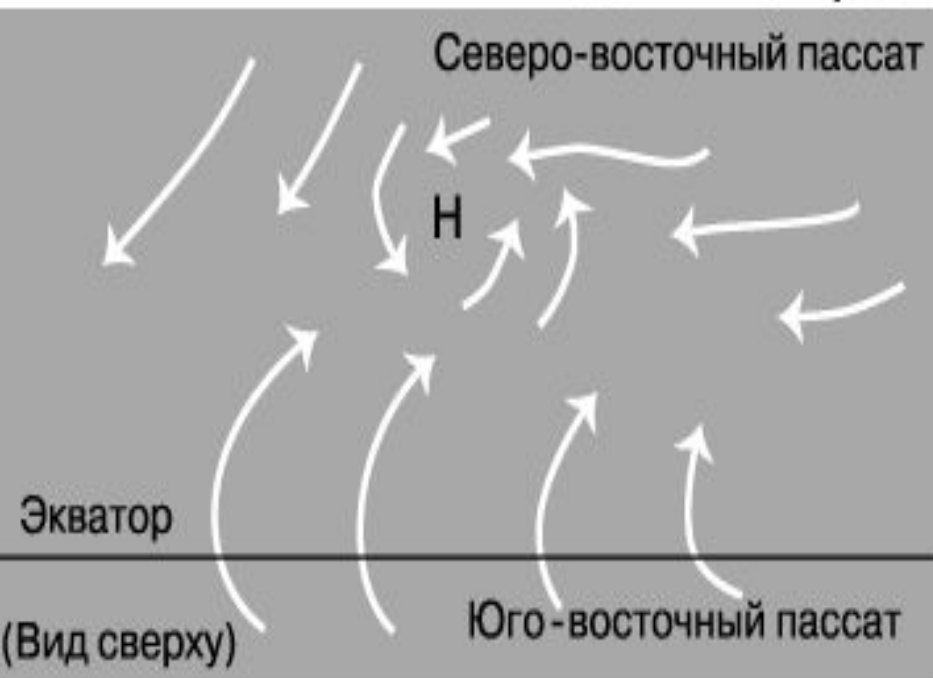
Продолжительность  
существования ТЦ от 3 до 20  
суток.

**Тропические циклоны**

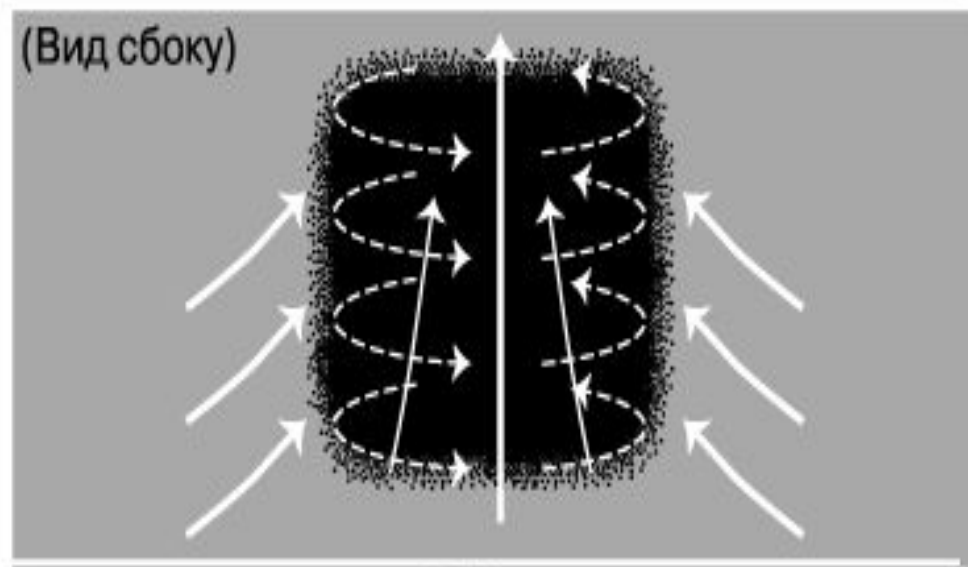




# Развитие тропического циклона



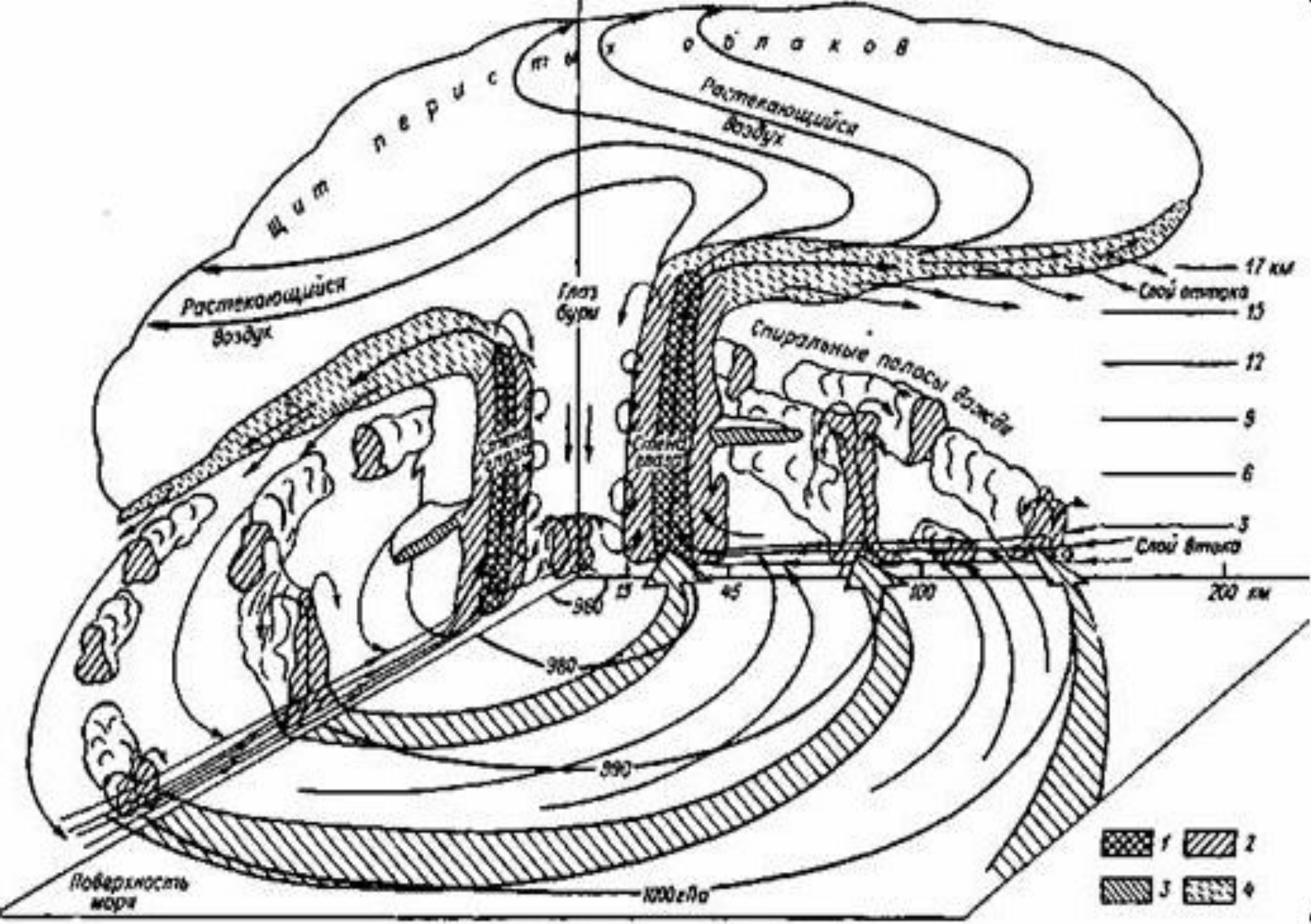
50км



500км

- 3. Приход более холодного воздуха на сильно разогретую поверхность создает неустойчивость температурной стратификации, возникают интенсивные восходящие движения.
- 4. Подъем сильно насыщенного воздуха сопровождается выделением огромного количества тепла конденсации, которое определяет энергию циклона. Энергия 5 – 7-дневного циклона равна взрыву нескольких водородных бомб.
- 5. Подъем сильно нагретого влажного воздуха будет в том случае мощным, если в верхней тропосфере над развивающимся циклоном существует хорошо выраженная расходимость токов воздуха, т.е. здесь создается дефицит давления.
- 6. Предполагается, что очень благоприятные условия для возникновения тропического циклона создаются между тремя антициклонами.

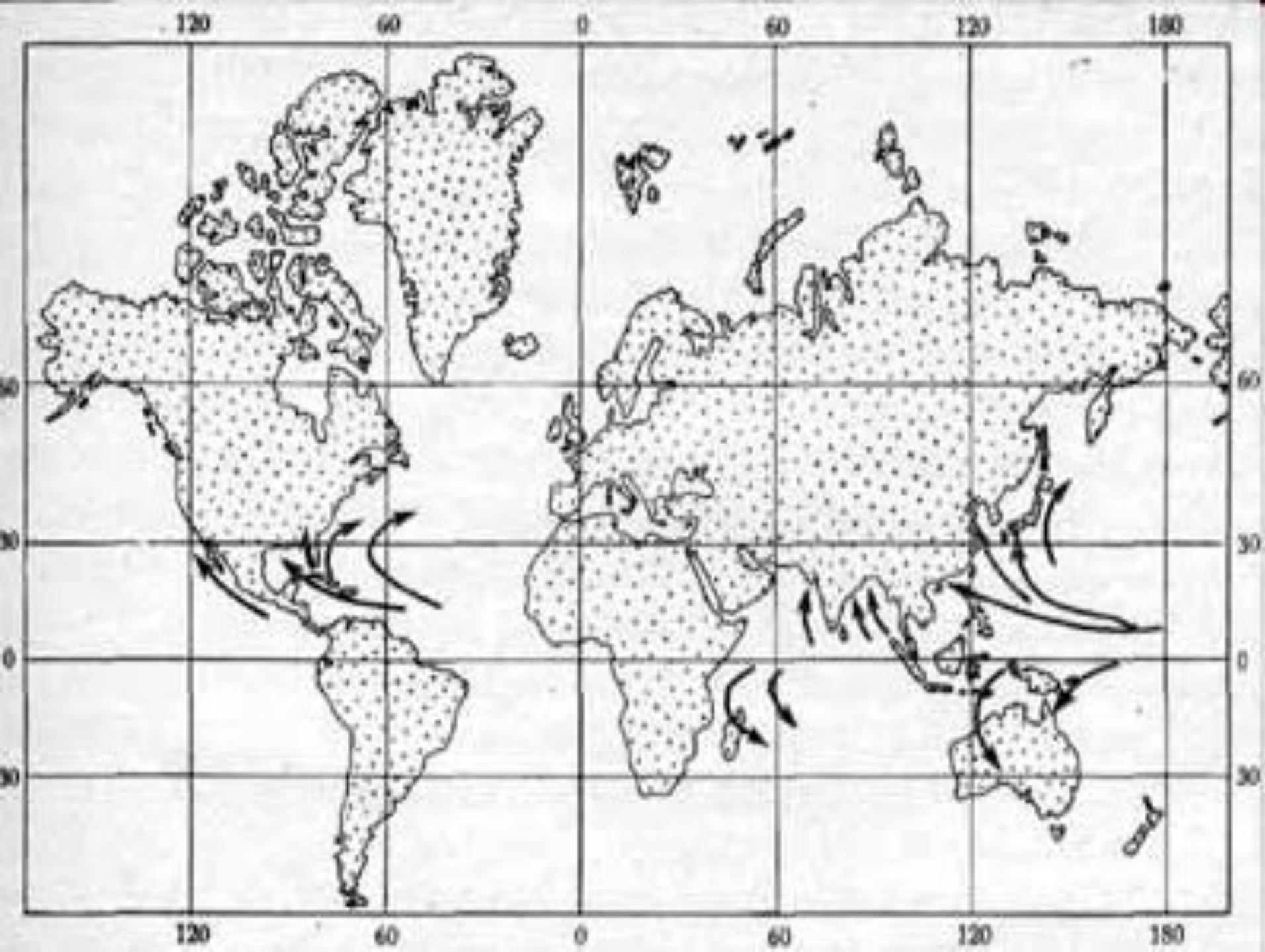
- Сформировавшийся тропический циклон напоминает огромную воронку. «Стенки» ее толщиной от десятка до сотни километров. Давление в тропическом циклоне падает до 960 – 970 мб (885 мм). Скорости ветра в циклоне достигают 30 – 50 м/сек, отдельные порывы достигают 60 – 100 м/сек.
- Облачность в тропическом циклоне представляет собой почти сплошное гигантское грозовое облако, вертикальное развитие которого достигает 14 км. Выпадают сильные ливневые осадки, большой интенсивности достигают грозовые явления. В самом центре циклона обычно находится небольшая зона диаметром – десятки км, свободная от мощных облаков, со слабыми ветрами. Это «глаз» бури, циклона, характеризующееся нисходящими движениями воздуха. На спутниках «глаз» циклона темного цвета.



- Живет тайфун недолго – в среднем около 7 суток, но бурно. Проносясь со скоростью более 39 м/сек, он захватывает огромные пространства.
- Тропический циклон сначала перемещается в целом с востока на запад, т.е. в направлении общего переноса в тропической зоне. Сила трения над морем мала, и под действием отклоняющей силы, тропический циклон смещается к высоким широтам. Общее направление движения тропического циклона в северном полушарии – к северо-западу, а в южном – к юго-западу.
- Если при перемещении циклон попадает на материк, оставаясь еще в тропиках, он теряет силу, затухает, т.к. увеличивается трение, и как следствие, увеличивается приток воздуха внутрь циклона в нижних слоях. Если же тропический циклон заходит в умеренные широты, то начинает перемещаться в восточном направлении и становится циклоном умеренных широт.

- Часто циклон движется не по «стандартной» траектории, а по очень запутанной и сложной. Тропические циклоны, в зависимости от места их зарождения, называют по-разному: на Тихом океане – тайфун, в Атлантике – ураган, в Индии – циклон, в Австралии – вилли-вилли. Каждый циклон в северном полушарии получает свое собственное имя, чаще женское. Считается, что характер тайфуна также непредсказуем, как и женский. В 1975г. – году женщин, в Австралии решили давать тайфунам и мужские имена.
- За последние 20 лет зарегистрировано более 500 циклонов (т.е. более 20 циклонов в год). Но бывают годы, когда прослеживается до 33 циклонов в год – 1967 г. При своем движении тропический циклон вызывает сильное волнение в море. Плоские берега, вблизи которых он проходит, затапливаются гигантскими волнами до 10 – 15 м высотой. В 1970 г., в Бангладеш, в ноябре, волна за несколько минут поглотила 250 тыс. человеческих жизней (плотность населения 460 чел./км<sup>2</sup>). В Японии в 1959 г., циклон со скоростью ветра до 90 м/сек оставил без крова более 1,5 млн. чел., погибло несколько сотен людей.





## Треки тропических циклонов



### Условия возникновения:

- ❑ широты выше  $5-10^{\circ}$
- ❑ ТПО  $> 26.5^{\circ}\text{C}$

## Классификация тропических циклонов

| Категория | Скорость ветра (км/ч) | Штормовой нагон (м) |
|-----------|-----------------------|---------------------|
| 1         | 119-153               | 1.2 - 1.5           |
| 2         | 154-177               | 1.8 - 2.4           |
| 3         | 178-209               | 2.7 - 3.7           |
| 4         | 210-249               | 4.0 - 5.5           |
| 5         | ≥ 250                 | > 5.5               |

### «Оружие» тропического циклона:

- Ветер («...сделан из металла...»)
- Дожди (0.5 м за сутки и более)
- Волны (до 30 м! )
- Штормовые нагоны

Существует и 12-бальная шкала Бофорта (ВМО) для оценки скорости ветра; ураган - 12 баллов

- **3. Местные ветры.** Под местными ветрами понимают ветры, характерные для определенных географических районов. Происхождение их различно.
- **Бризы.** Бризами называют ветры у береговой линии морей и больших озер, которые имеют резкую суточную смену направления. Днем морской бриз дует в нижних слоях атмосферы, мощностью от нескольких сот метров до нескольких км в направлении на берег, а ночью береговой бриз дует с берега на море. Бризы связаны с суточным ходом температур на поверхности суши и моря. Днем суша нагрета и температура ее поверхности выше, чем поверхности моря. Начинается подъем воздуха и отток его на высоте. Давление над сушей падает, а над морем растет. Начинается движение воздуха с моря на сушу – морской бриз. Ночью возникают обратные условия.

- Дневной бриз несколько понижает температуру над сушей и увеличивает относительную влажность, особенно резко это выражено в тропиках. В Индии морской бриз понижает температуру воздуха на побережье на 2 – 30С и повышает относительную влажность на 10 – 20%. В Западной Африке эффект значительно больше: морской бриз приходит на смену нагретому континентальному воздуху и снижает температуру воздуха на 100С и более и повышает относительную влажность на 40% и более.

# Местные ветры

Береговой бриз  
(ночной)

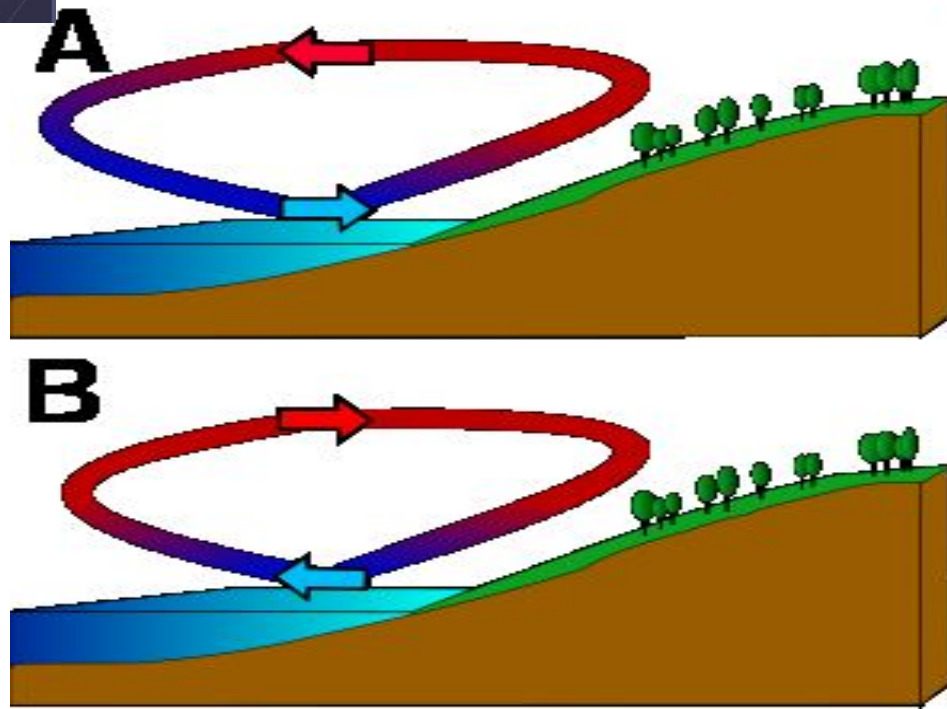
Морской бриз  
(дневной)



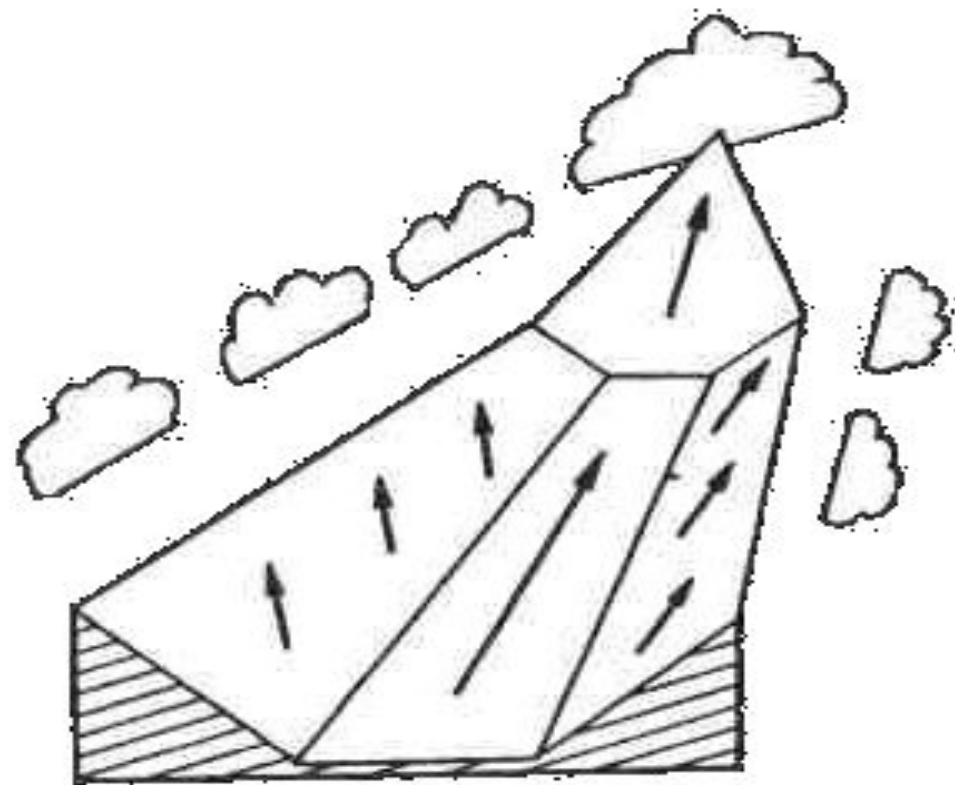
с охлажденного побережья на море



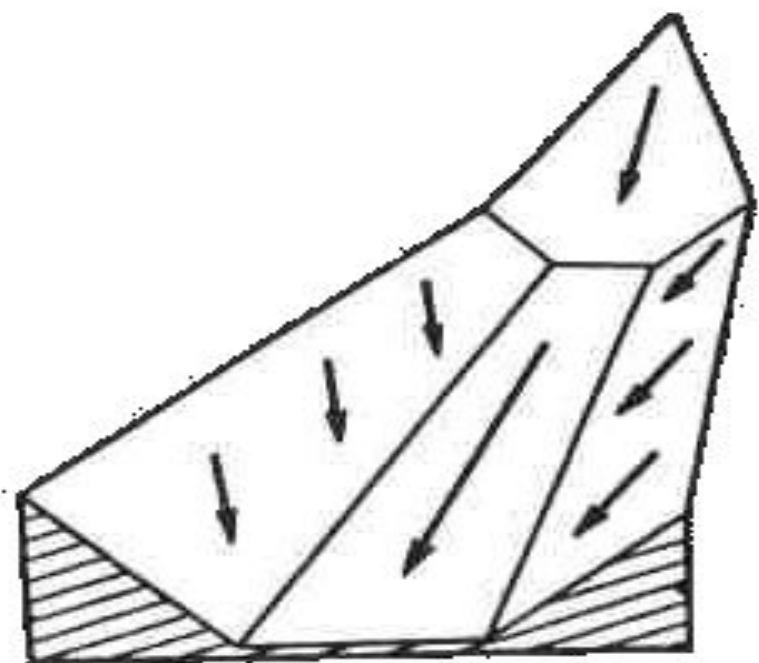
результат неравномерного  
нагрева поверхности



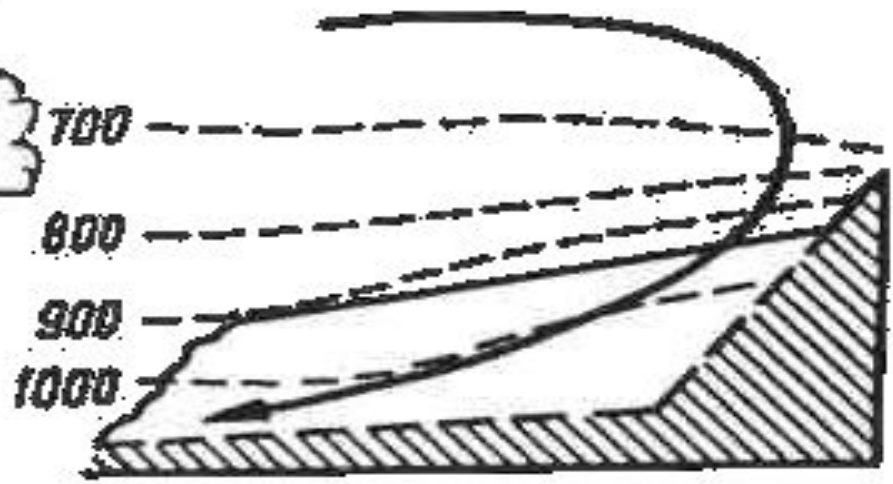
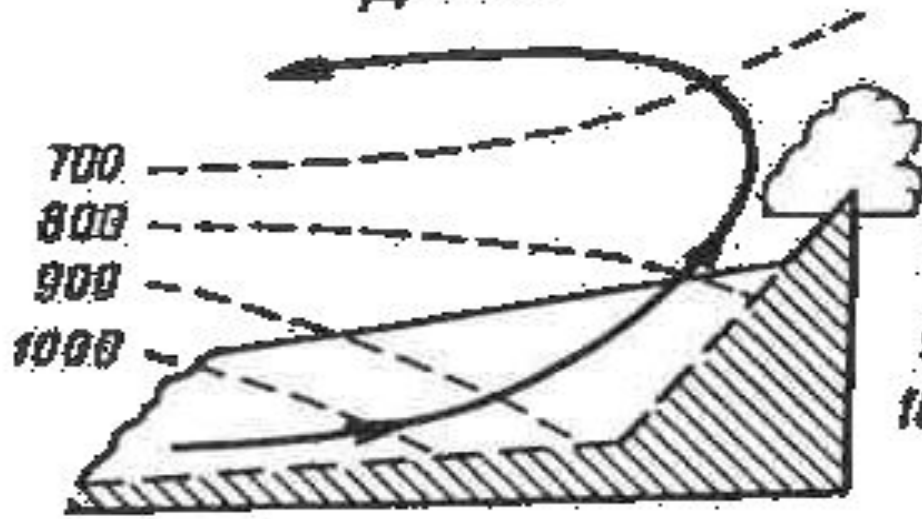
- **Горно-долинные ветры.** Днем ветер дует из межгорной долины к горам и вверх по горным склонам – долинные и склоновые ветры, ночью горный ветер дует вниз по склонам к межгорной долине – горные ветры. Горно-долинные ветры хорошо выражены во многих котловинах и долинах Альп, Кавказа, Памира.
- Под действием более интенсивной радиации в верхней части гор, днем над горными гребнями возникает усиленное восходящее движение воздуха. Давление падает, и как следствие этого воздух из прилегающих низменных участков устремляется вверх по склонам. Над склонами и в привершинной зоне существует тенденция к образованию в дневные часы облаков, иногда выпадают ливневые дожди с грозовыми явлениями.
- Ночью излучение и охлаждение, а следовательно, и сжатие воздуха, в высокогорных районах выражены сильнее, чем в межгорных котловинах и долинах, и поэтому вниз, в долины ночью приходит с ветром более холодный воздух. Долинные ветры в Гималаях достигают ураганной силы.



День



Ночь





- **Ледниковые ветры.** Этот ветер дует вниз по леднику в горах, не имеет суточной периодичности, т.к. температура поверхности ледника круглые сутки производят на прилегающий воздух охлаждающее действие. Над льдом господствует инверсия температур и холодный воздух стекает вниз по склону. Над некоторыми ледниками Кавказа скорость ледниковых ветров достигает 3 – 7 м/сек.
- Явление ледниковых ветров в огромных размерах представлено над ледяным плато Антарктиды. Здесь над постоянным ледяным покровом, на периферии материка возникают стоковые ветры, которые представляют собой перенос охлажденного воздуха по наклону местности в сторону океана со скоростью 10 – 15 м/сек.

Теплый воздух

Холодный воздух

Градиент давления

Катабатический ветер

Снег охлаждающий воздух

Сила тяжести

Антарктический ледяной пласт

Полыня

Шельф

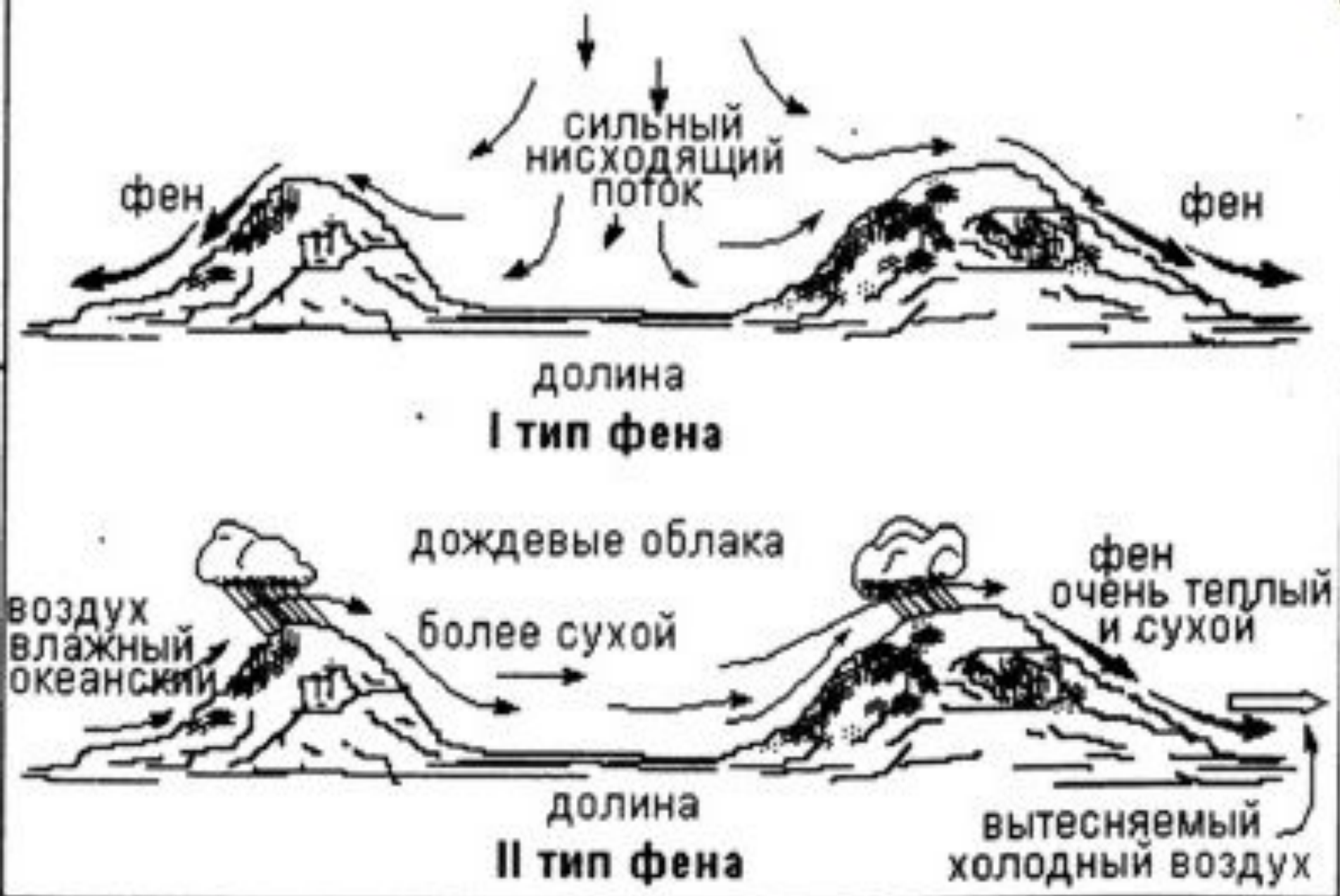
Морской лёд

Океан

Континент



- **Фён.** Фёном называют тёплый, сухой и порывистый ветер, дующий временами с высоких гор в долины. Фены известны во многих горах. В Кутаиси отмечается 14 дней в году с феном, в Инсбруке (Австрия) – 75 дней, на Телецком озере – 150 дней. Фен возникает в любой горной стране, если воздушное течение общей циркуляции атмосферы пересекает хребет достаточной высоты.
- Переваливая через хребет, фен опускается и в нем адиабатически повышается температура на каждые 100 м на 10. Относительная влажность в нем в то же время понижается по мере роста температуры. Таким образом, если высота горы 3000 м, на вершине температура –80С, воздух опустившись адиабатически нагрелся до температуры +220С.
- Выделяют южный и северный фен. Если переваливают через хребет северные воздушные массы, то фен северный и наоборот.



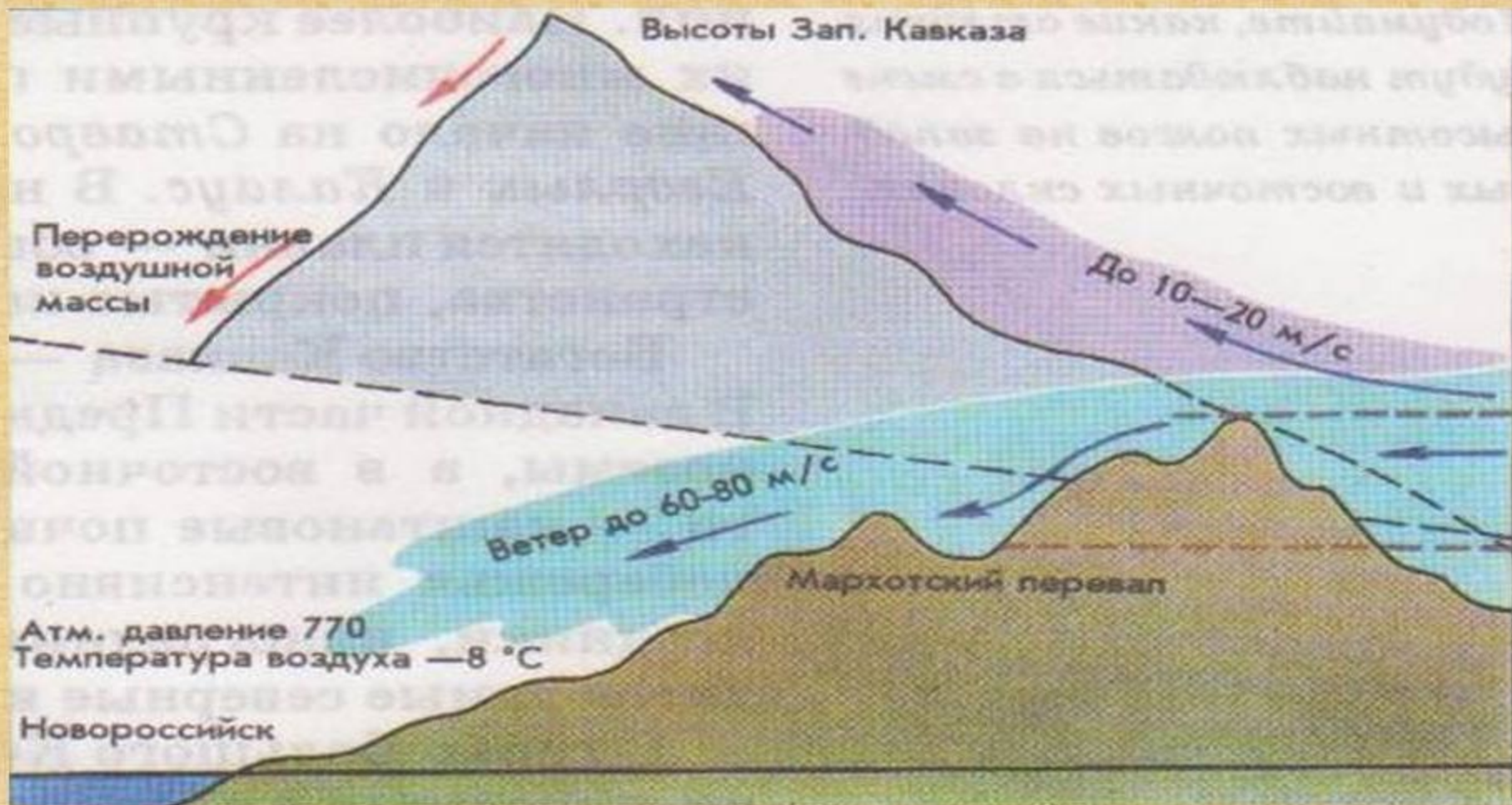
**Рис.90 Типы ветров фен**

- **Бора.** Борой называют сильный холодный и порывистый ветер, дующий с низких горных хребтов в сторону достаточно теплого моря. Бора известна с давних пор в районе Новороссийска, на Адриатическом побережье в Югославии. К типу боры относится ветер сарма на Байкале, норд в районе Баку, мистраль на Средиземноморском побережье Франции, нортсер в Мексиканском заливе.
- В России бора возникает в районе Новороссийска, когда холодный фронт подходит к прибрежному хребту с северо-востока. Холодный воздух сразу же переваливает невысокий хребет. Низвергаясь вниз по склону под действием силы тяжести, воздух приобретает значительную скорость (более 20 м/сек.). Падая на поверхность воды, этот нисходящий ветер создает сильное волнение. При этом резко понижается температура воздуха. Падая вниз, воздух боры адиабатически нагревается, но т.к. высота невелика, а первоначальная температура воздуха низкая, то и воздух, куда движется бора, тоже понижается (в Новороссийске температура понижается на 25°). Новороссийская бора затухает в 3 – 5 км от берега.

# Названия ветров

- **Бора** - сильный и порывистый ветер, направленный вниз по горному склону.
- **Сирокко** - горячий и влажный ветер центральной части Средиземного моря; сопровождается облачностью и осадками.
- **Бакинский норд** - сильный холодный и сухой северный ветер, достигающий скорости до 20, а иногда 40 м\сек. Наблюдается в районе Баку и летом, и зимой.
- **Нордер** - северный или северо-западный ветер, дующий в Мексиканском заливе.
- **Байамос** - сильный шквальный ветер с дождем и грозой у южного побережья Кубы.
- **Смерчи** - вихри над морем диаметром до нескольких десятков метров, состоящие из водяных брызг.

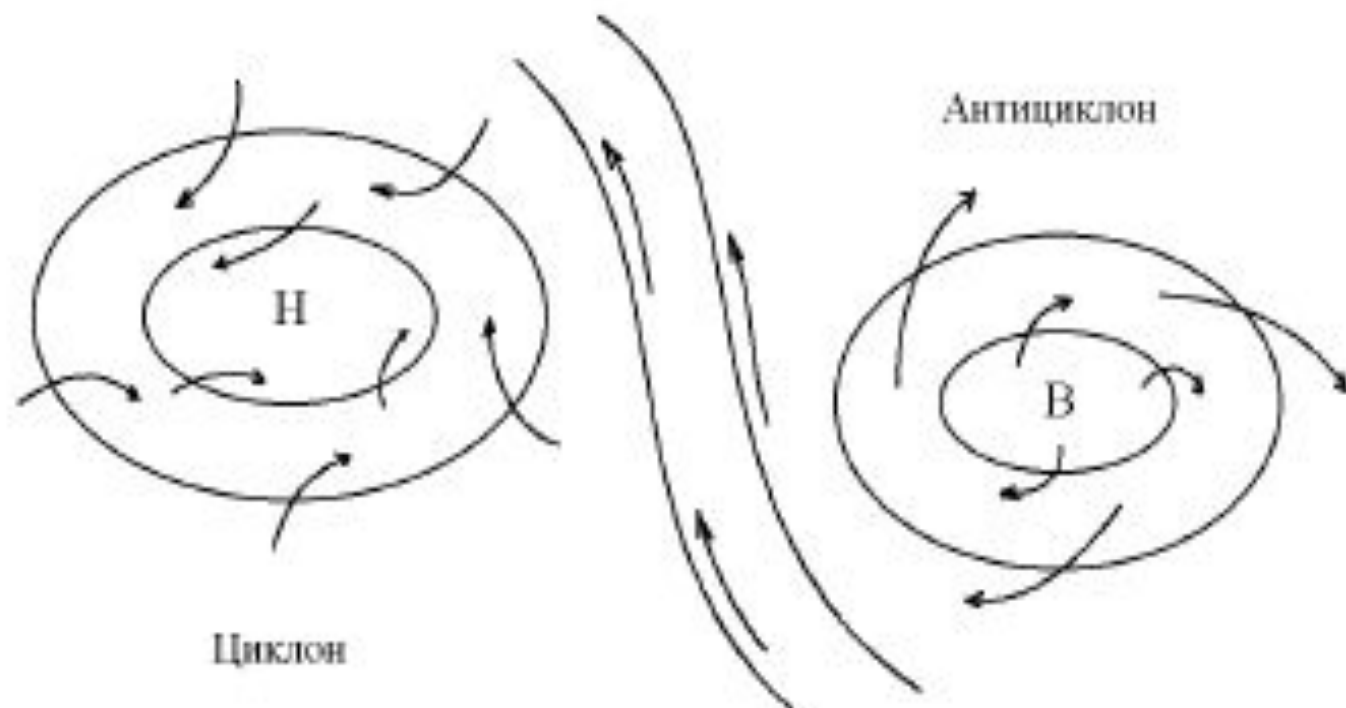
# Образование ветра – бора



- **4. Возникновение и развитие циклонов.** В конце 19 века метеорологи предполагали, что циклоны образуются в результате прогрева воздуха над теплой подстилающей поверхностью, а антициклоны – вследствие охлаждения воздуха над холодной подстилающей поверхностью. Но в начале 20 века на основе данных аэрологических наблюдений было установлено, что в среднем температуры в тропосфере в системе циклона ниже, чем в системе антициклонов.
- В 20-х годах 20 века появилась фронтологическая гипотеза. По этой гипотезе предполагалось, что циклоны возникают в результате волновых (колебательных) движений, существующих на фронтальных поверхностях между массами воздуха различной плотности. Но эта гипотеза не связывала возникновение циклонов с причинами изменения атмосферного давления, а лишь с температурными условиями.



# Геострофический ветер



**Правило Бейс-Балло (голландский физик XVIII века):**

*«Если в северном полушарии вы встанете спиной к ветру, зона депрессии будет слева от вас, а в южном полушарии – наоборот»*

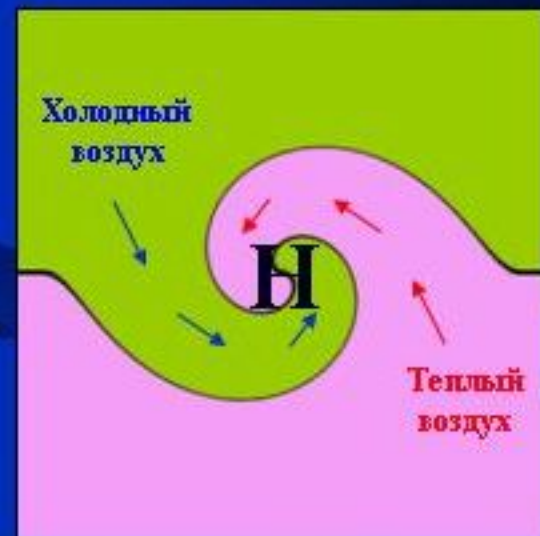
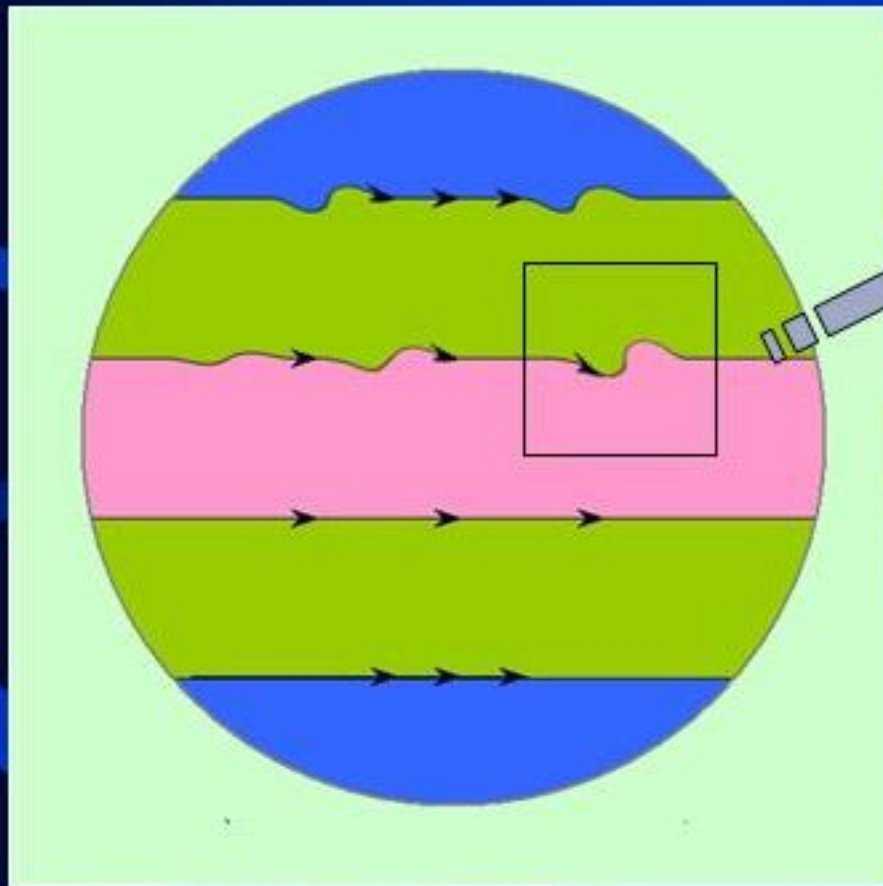
- В 40-х годах 20 века советскими учеными Х.П. Погосяном и Н.Л. Таборовским была разработана адвективно-динамическая теория. Эта теория объясняла изменения давления в данном районе действием двух факторов: изменение давления в результате горизонтального переноса масс (адвективная часть) и изменение давления за счет отклонения действительного ветра от градиентного (динамическая часть). Позже стали учитывать и адиабатические изменения, т.е. изменения которые вызываются вертикальными движениями воздуха. Возникновение циклонов и антициклонов объясняется изменением давления, происходящего за счет отклонения действительного ветра от градиентного и за счет адиабатических процессов. Перемещение циклонов и антициклонов определяется адвективными процессами.

- **Адвективно-динамическая гипотеза** соединила процессы возникновения и развития циклонов и антициклонов с изменением атмосферного давления. По адвективно-динамической гипотезе большое внимание уделяется фронтальным зонам, где происходят активные адвективные, динамические и адиабатические процессы.
- В дальнейшем было установлено, что по мере углубления циклона в его системе после момента возникновения происходит непрерывное понижение температуры, а в системе антициклона – повышение. Исключением являются нижние слои антициклона над сушей, т.к. над морем повышенная облачность и излучение не такое активное. При ясной погоде в антициклоне земная поверхность будет сильно выхолаживаться излучением, а от нее будут выхолаживаться и прилегающие к ней слои воздуха.

- Жизнь каждого циклона и антициклона характеризуется тремя стадиями: возникновения, развития и старения. Продолжительность каждой стадии колеблется от нескольких часов до 2-3 суток.
- Циклоны. В течение года во нетропических широтах каждого полушария возникают многие сотни циклонов. Размеры внетропических циклонов значительны. Хорошо развитый циклон может иметь в поперечнике 2-3 тыс. км, т. е. он может одновременно покрыть несколько областей, или даже несколько Западно-Европейских стран и определять режим погоды на огромной территории.
- На поверхности главного фронта возникают огромные волны воздуха с длинами порядка 1000 км и более. На одних участках – в гребнях волн – фронт продвигается к низким широтам, на других – в ложбинах фронтальных волн – к высоким широтам. Возникают языки теплого и холодного воздуха. При этом в языках теплого воздуха развивается циклоническое движение (восходящие токи воздуха) и давление падает, формируется циклон.

- Первая стадия возникновения циклона. Центр каждого циклона лежит на фронте. Распределение температуры в начале жизни циклона, как правило асимметрично относительно центра. В передней части циклона с притоком воздуха из низких широт температуры повышены, а в тыловой - с притоком воздуха из высоких широт температуры понижены. В передней части циклона (по движению) фронт продвигается к высоким широтам и является теплым фронтом. В тыловой части (по движению) циклона фронт продвигается к низким широтам и является холодным фронтом. В эту стадию циклон заметно выражен лишь в нижней части тропосферы.

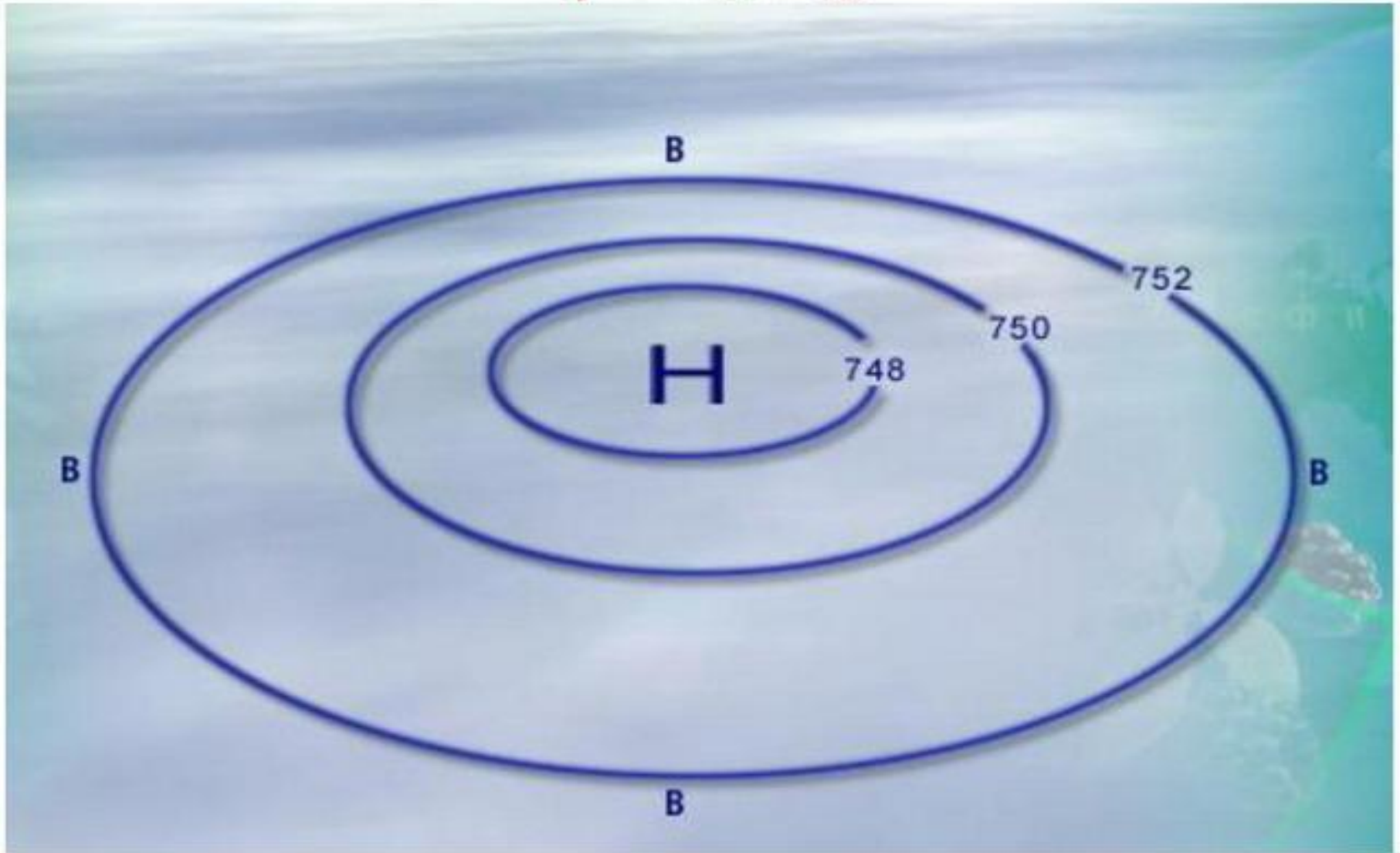
# Образование циклона



На движение воздуха влияет отклоняющая сила вращения земли. Под ее действием волна закручивается. На гребне волны масса теплого воздуха окружена холодным. Образуется атмосферный вихрь.

- Вторая стадия развития циклона. Фронты в циклоне обостряются вследствие сходимости там воздушных течений. Язык теплого воздуха в циклоне, между теплым и холодным фронтом называется теплым сектором. Сформировавшийся циклон становится более высоким, т.е. замкнутые изобары обнаруживаются в нем и в верхней части тропосферы. Температура воздуха в циклоне понижается, т.к. активны восходящие движения воздуха и турбулентный обмен. Давление в центре циклона колеблется от 1000 мб до 980 мб, реже 950 мб (в тропиках 885 мб). Ветры в глубоких циклонах сильные и порывы иногда достигают 30-60 м/сек.
- Под действием отклоняющей силы и силы трения, воздушные токи отклоняются в область низкого давления, к центру, и возникают активные восходящие движения воздуха, что приводит к образованию облачности. В передней части циклона на теплом фронте осадки обложные, а в тыловой части – ливневого характера из кучево-дождевых облаков.

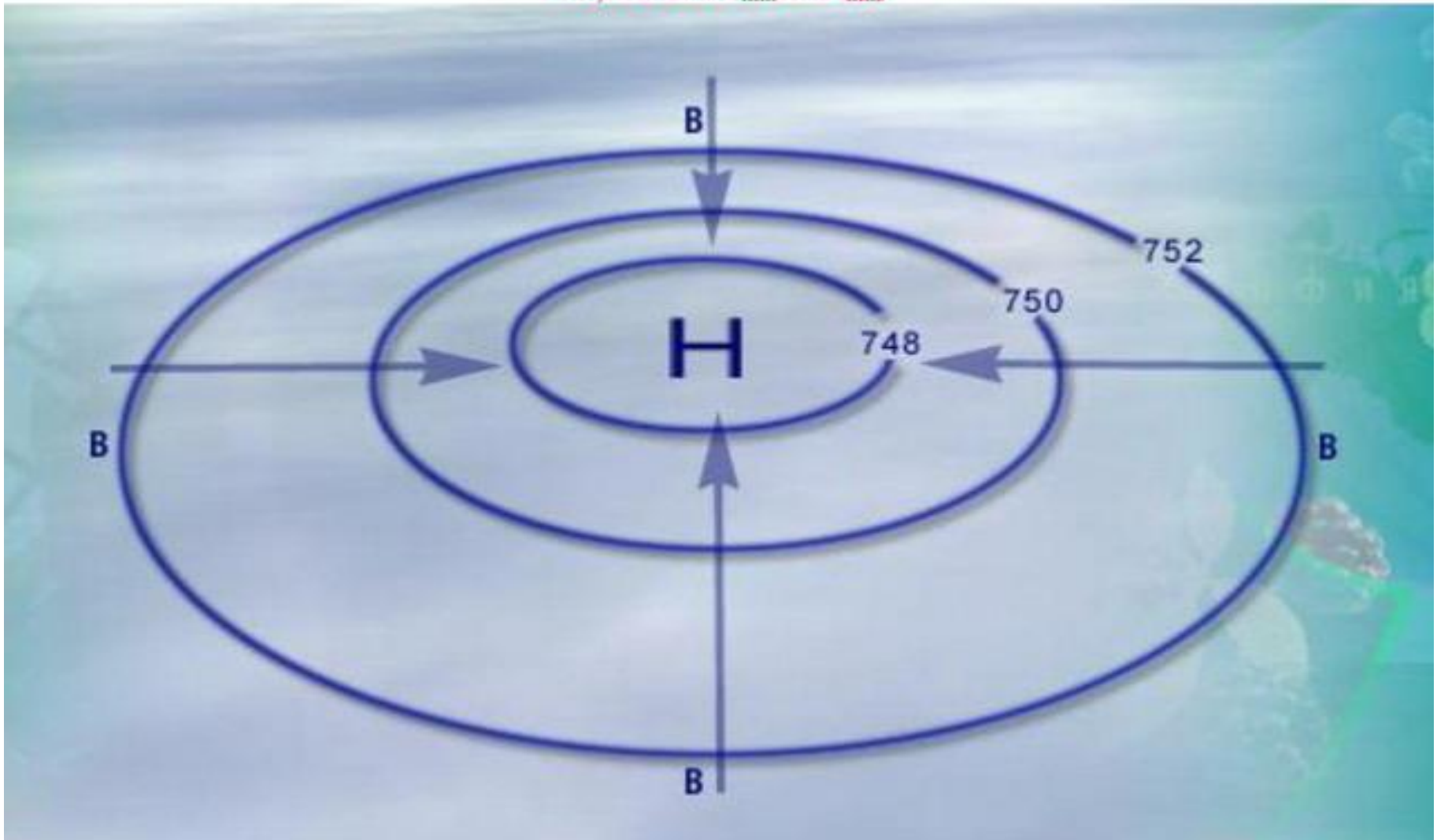
# Циклон



*В центре циклона давление самое низкое.*

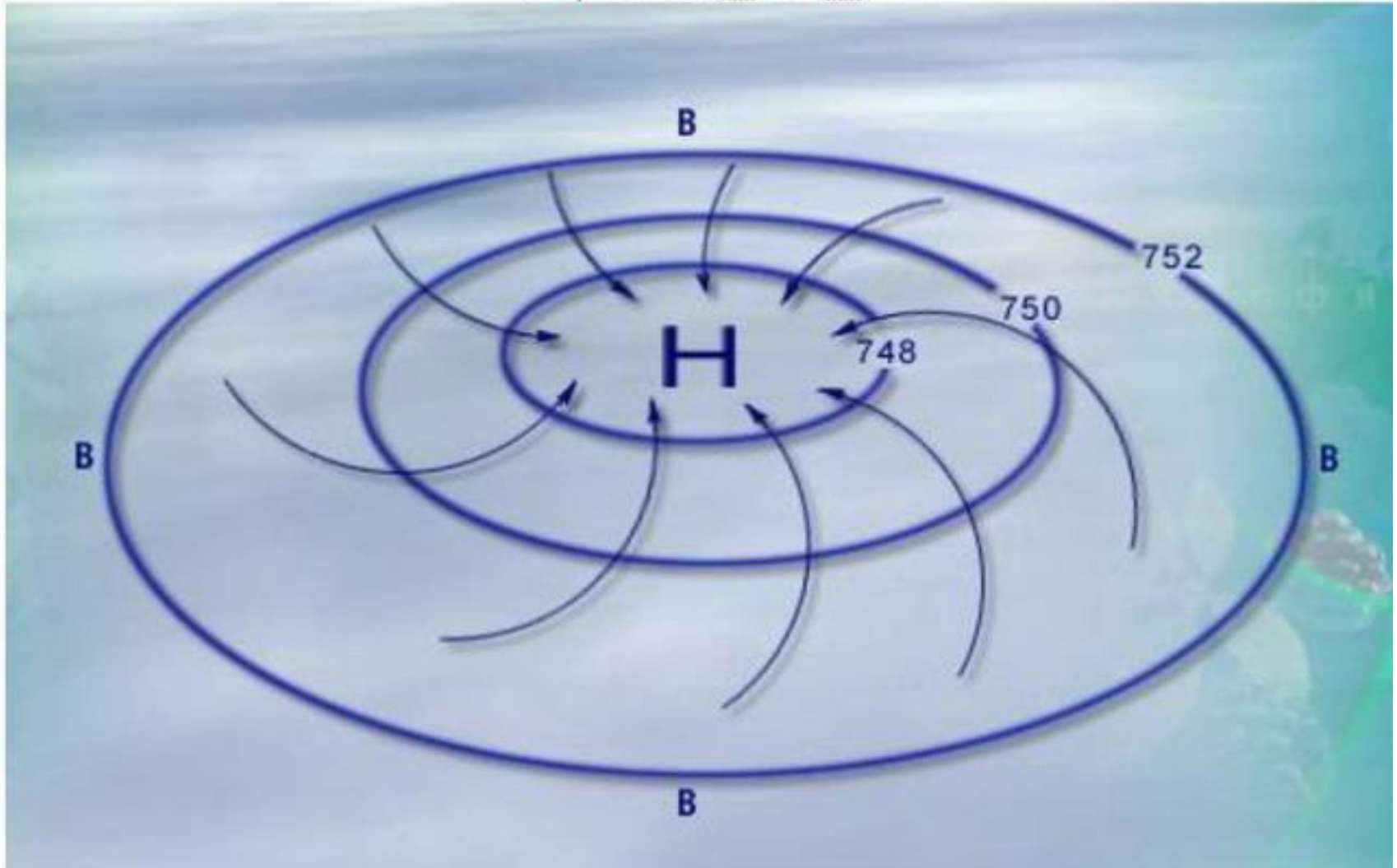


# Циклон



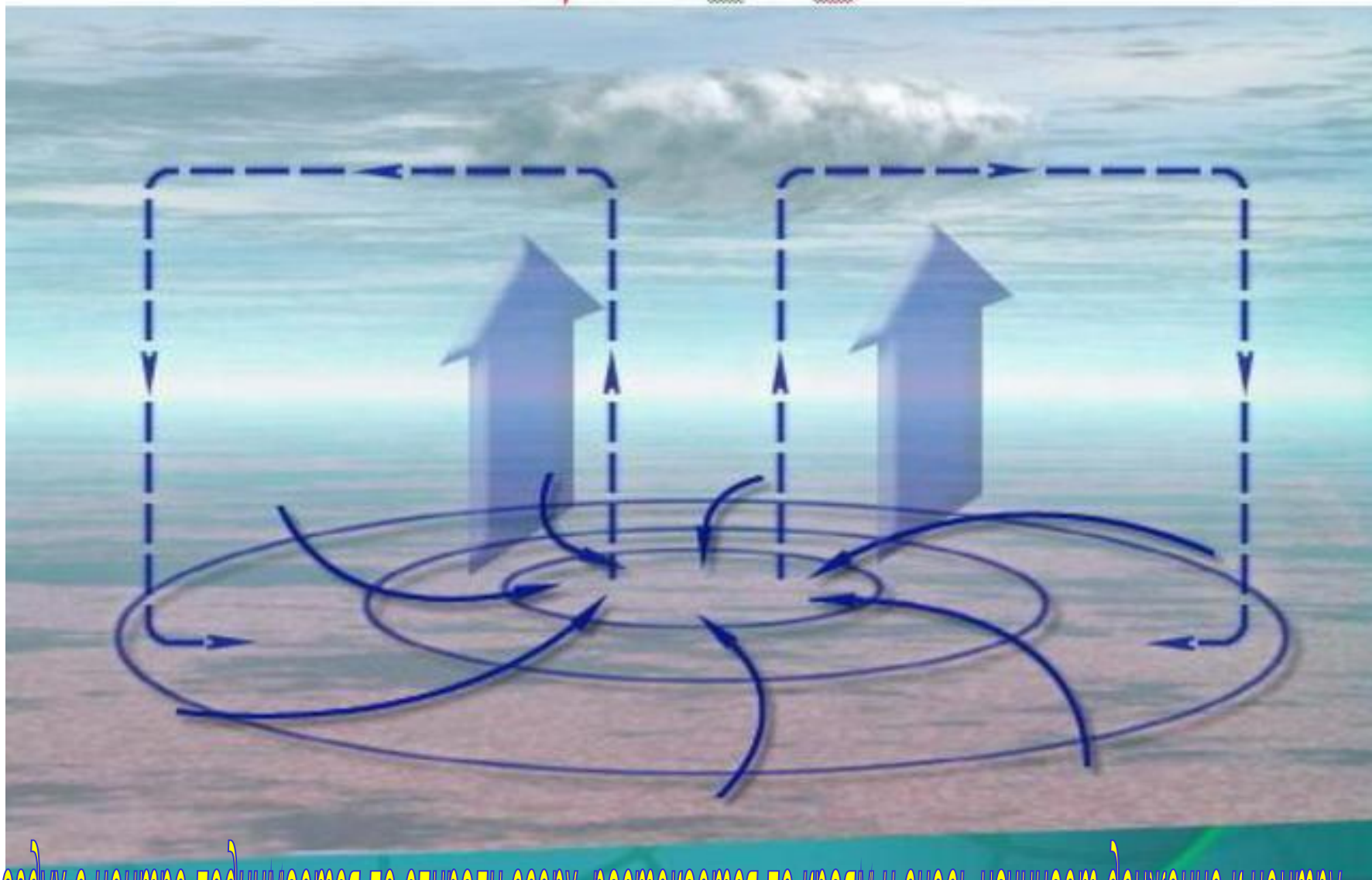
*Воздух начинает движение от краев к центру.*

# Циклон



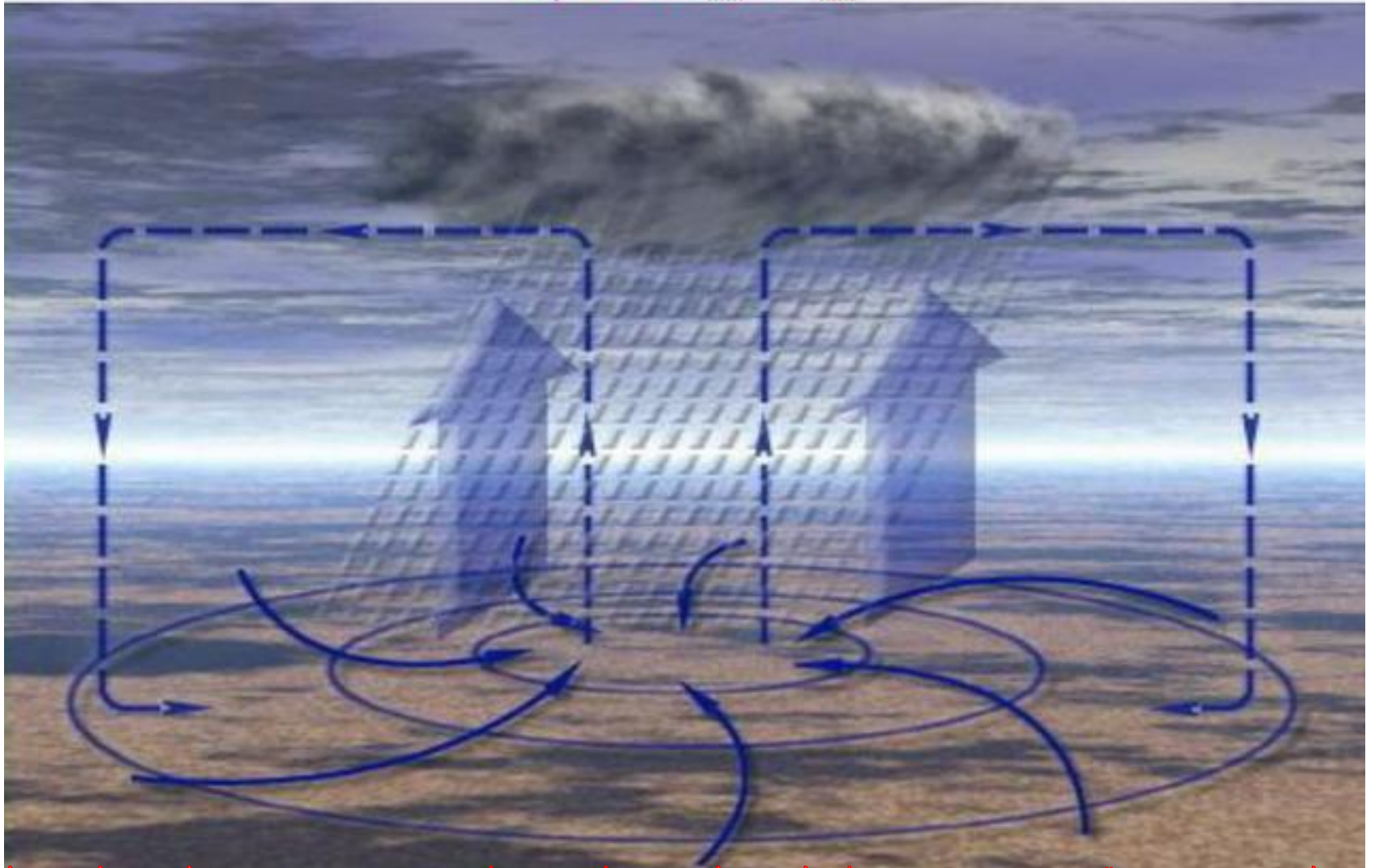
Из-за отклоняющего действия вращения Земли воздух закручивается против часовой стрелки.

# Циклон



Воздух в центре поднимается по спирали вверх, растекается по краям и вновь начинает движение к центру.

# Циклон



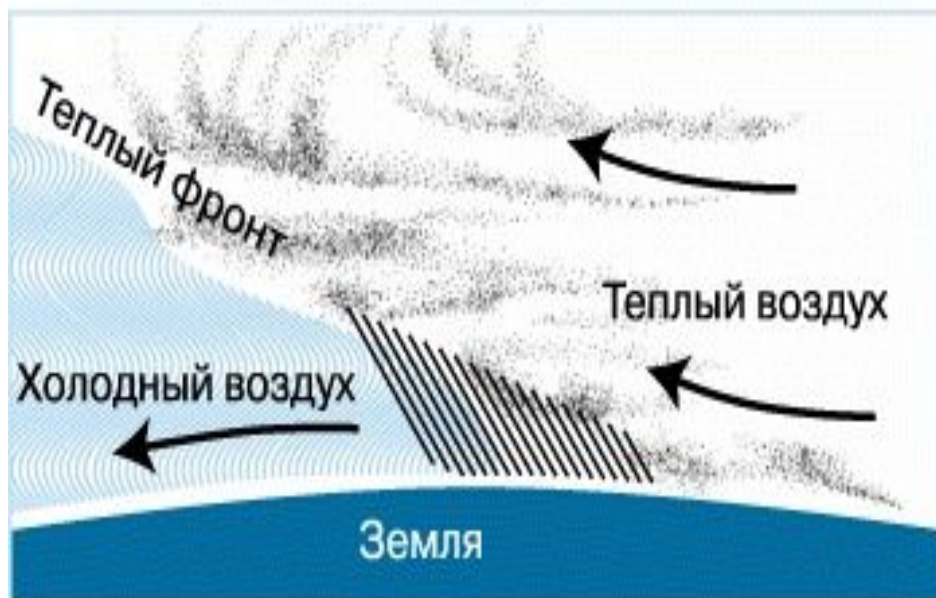
При подъеме воздух охлаждается, становится влажнее, образуются облака и выпадают осадки. С циклонами связана неустойчивая, ветреная погода с осадками.

• Третья стадия старения циклона. Циклон перемещается обычно в восточном направлении. При этом холодный фронт в области циклона постепенно нагоняет теплый фронт, который перемещается медленнее. При смыкании холодного фронта с теплым образуется фронт окклюзии. В начальный период окклюзии образуются обложные осадки из высокослоистых и слоисто-дождевых облаков.

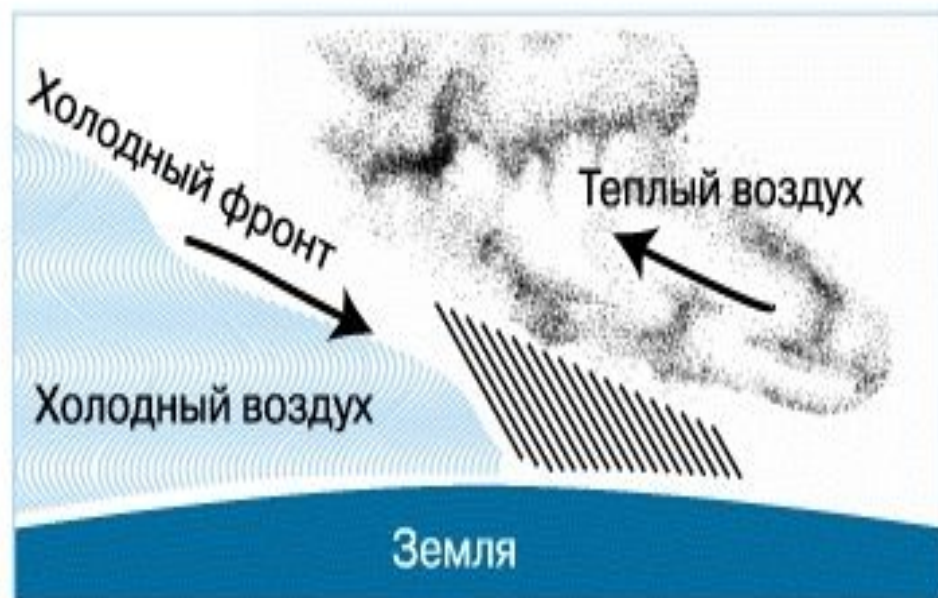
• В окклюдированном циклоне теплого сектора у земной поверхности уже нет, теплый воздух оттеснен в верхнюю часть тропосферы холодным воздухом, где он охлаждается, а сам циклон становится высоким и холодным. В центре циклона давление растет, циклон заполняется. Восходящие движения воздуха в центральной части циклона ослабевают и прекращаются. Облака разрушаются, устанавливается ясная погода.

• Таким образом, в результате адвекции холодного воздуха в тылу циклона и наличия восходящих движений, адиабатического охлаждения весь циклон заполняется холодным воздухом.

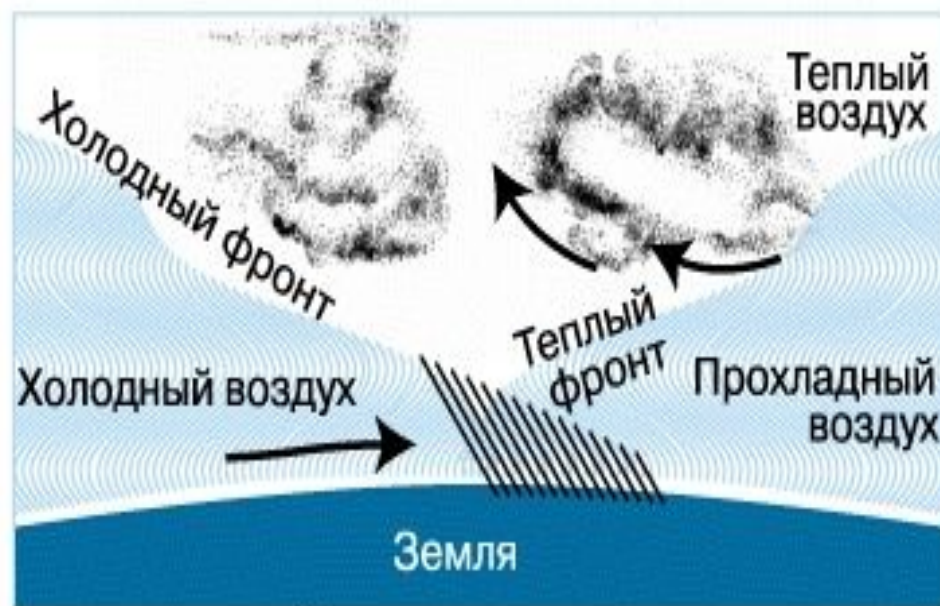
# Типы атмосферных фронтов



Теплый фронт

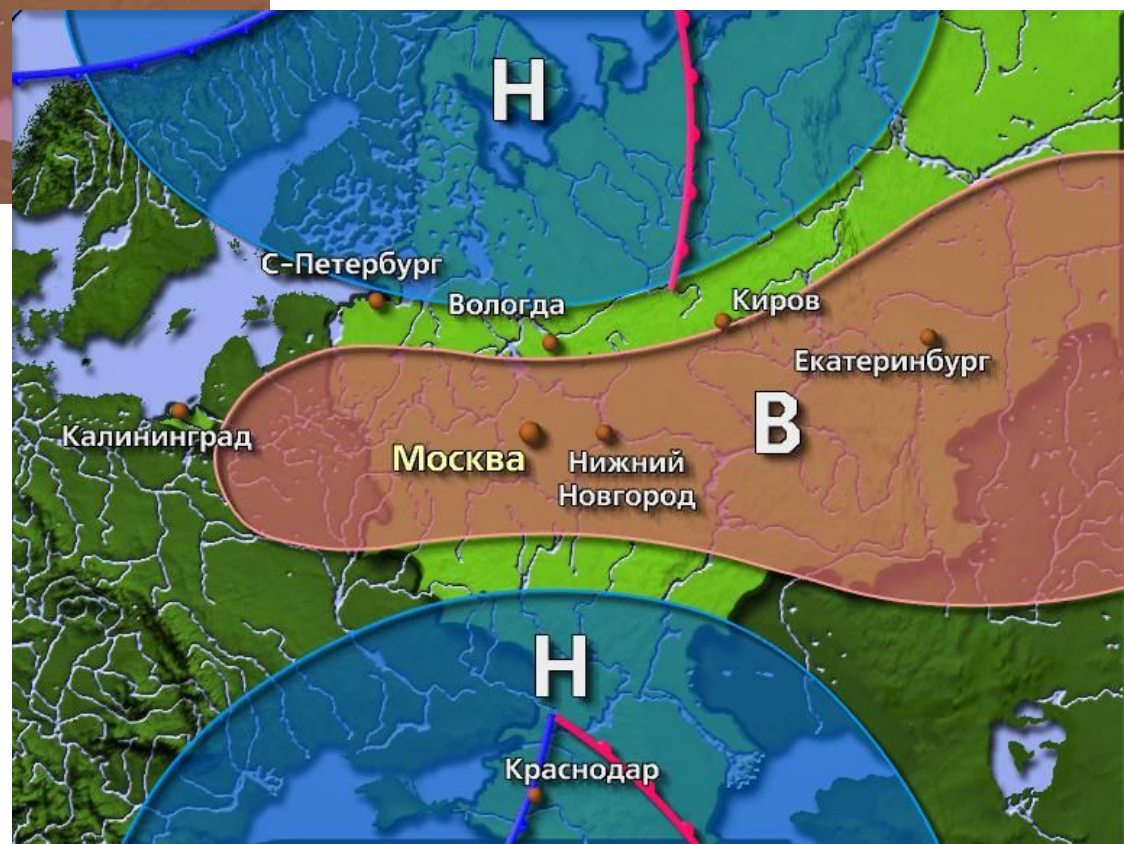


Холодный фронт



Фронт окклюзии

- Жизнь циклона продолжается обычно несколько суток, в некоторых случаях существование циклона оказывается длительным, особенно если он объединяется с другими циклонами, образуя одну обширную малоподвижную область низкого давления, так называемый центральный циклон.
- Перемещение циклонов осуществляется с запада на восток с составляющей, направленной к высоким широтам. Поэтому наиболее глубокие циклоны наблюдаются в субполярных широтах (на севере Атлантического и Тихого океанов, в южном полушарии – вблизи материка Антарктиды). Но иногда эта закономерность нарушается и циклоны перемещаются аномалийно.

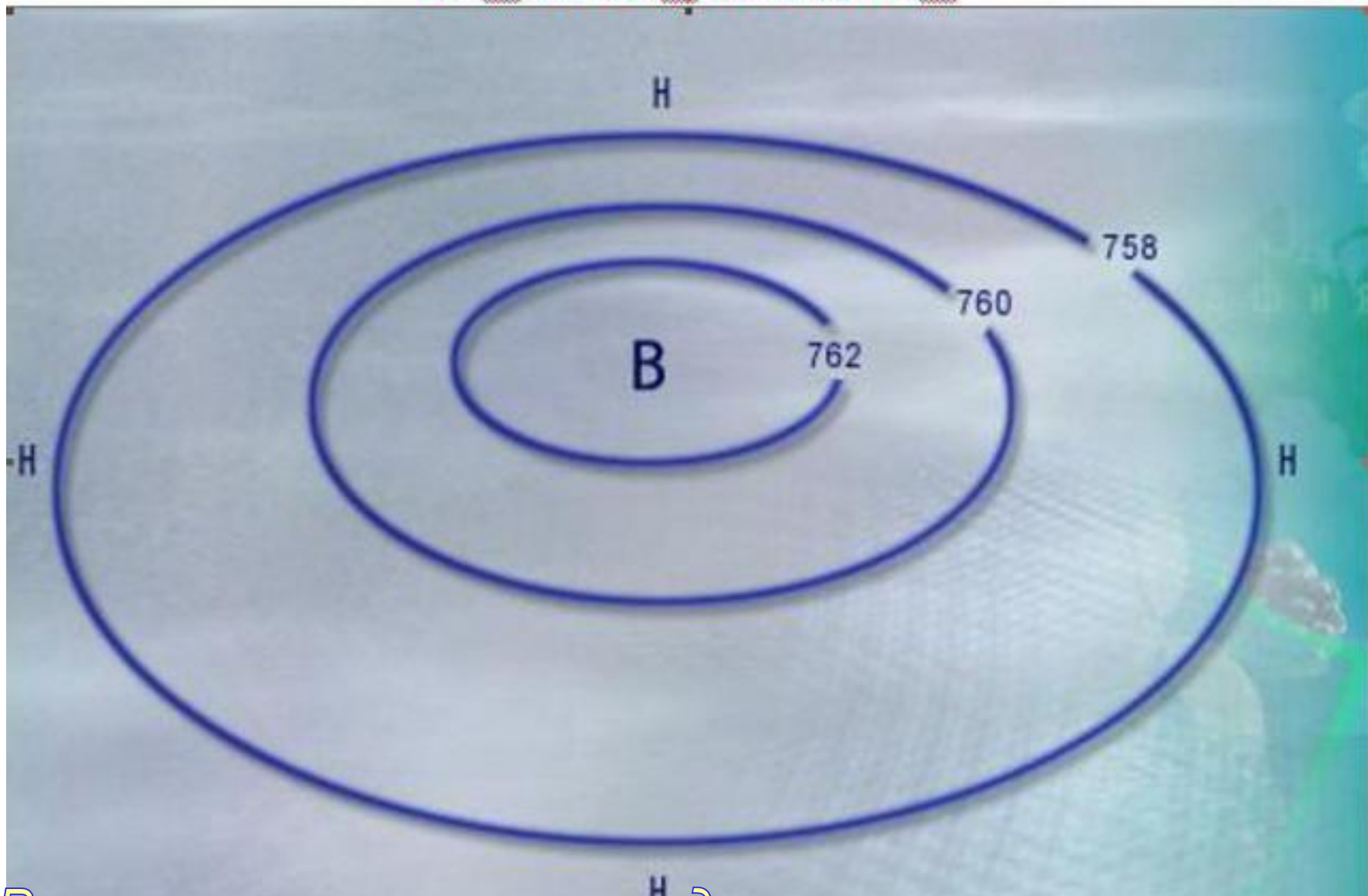




- **Выводы:**
- 1. Циклон – воздушный вихрь с низким давлением в центре;
- 2. движение ветра в циклоне против часовой стрелки в северном полушарии и по часовой стрелке – в южном;
- 3. воздушные токи под действием отклоняющей силы и силы трения отклоняются к центру, в область низкого давления, как следствие возникают восходящие движения воздуха, облакообразование и выпадение осадков;
- 4. циклоны перемещаются с запада на восток при западном переносе с отклонением под действием отклоняющей силы к высоким широтам.

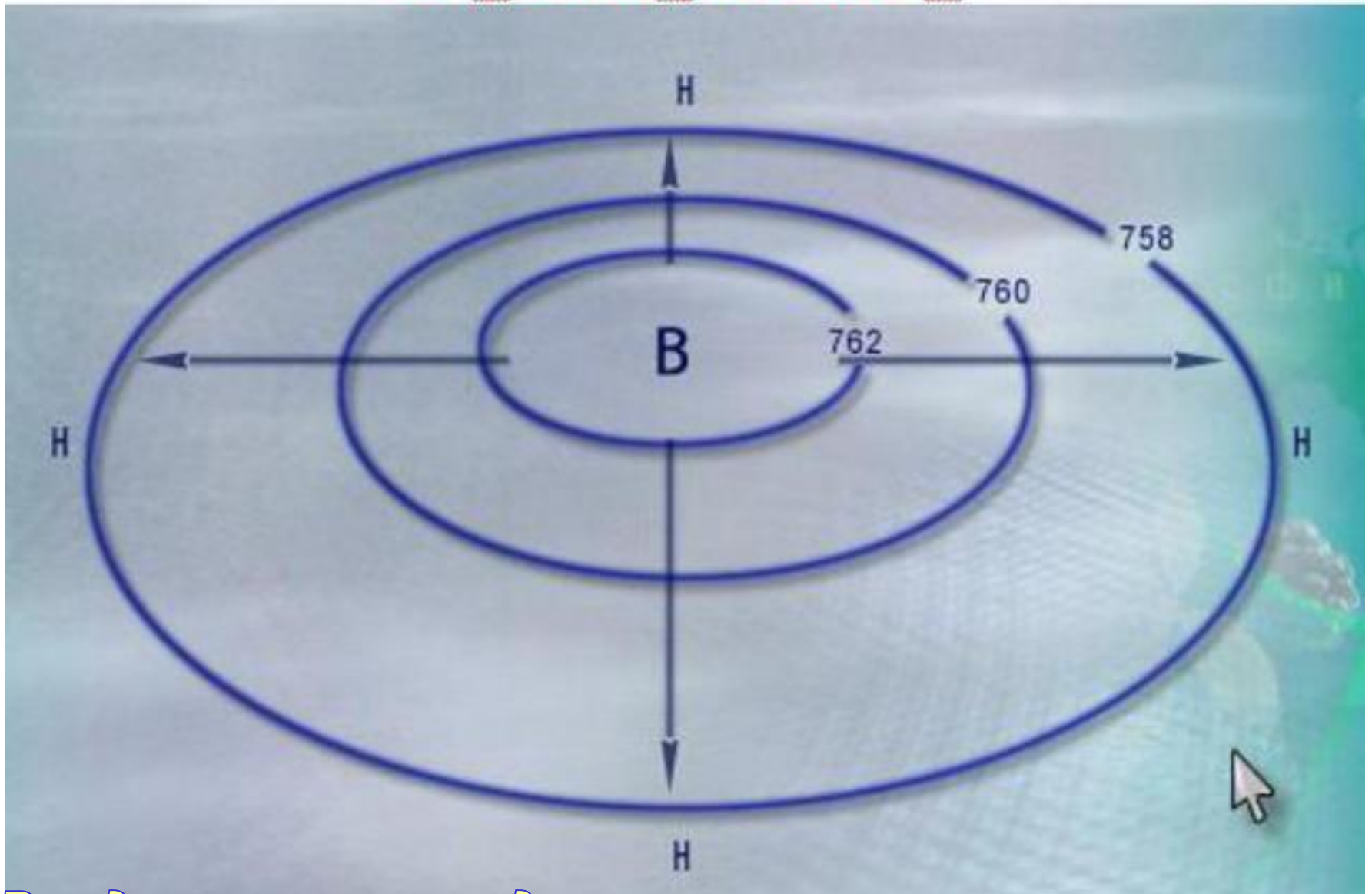
- **5. Возникновение и развитие антициклонов.** Между циклонами возникают и развиваются антициклоны. Их размеры и скорости движения примерно такие же, как и в циклонах.
- Первая стадия возникновения антициклона. Холодный воздух в системе антициклона находится в правой части, а теплый – в левой части. Нисходящие движения воздуха и адиабатическое повышение температуры, адвективные процессы в левой половине его вызывают общее повышение температуры в системе антициклона. В результате адиабатического нисходящего движения воздуха происходит повышение температуры, водяной пар удаляется от точки насыщения, облака рассеиваются и прекращаются осадки.

# Антициклон



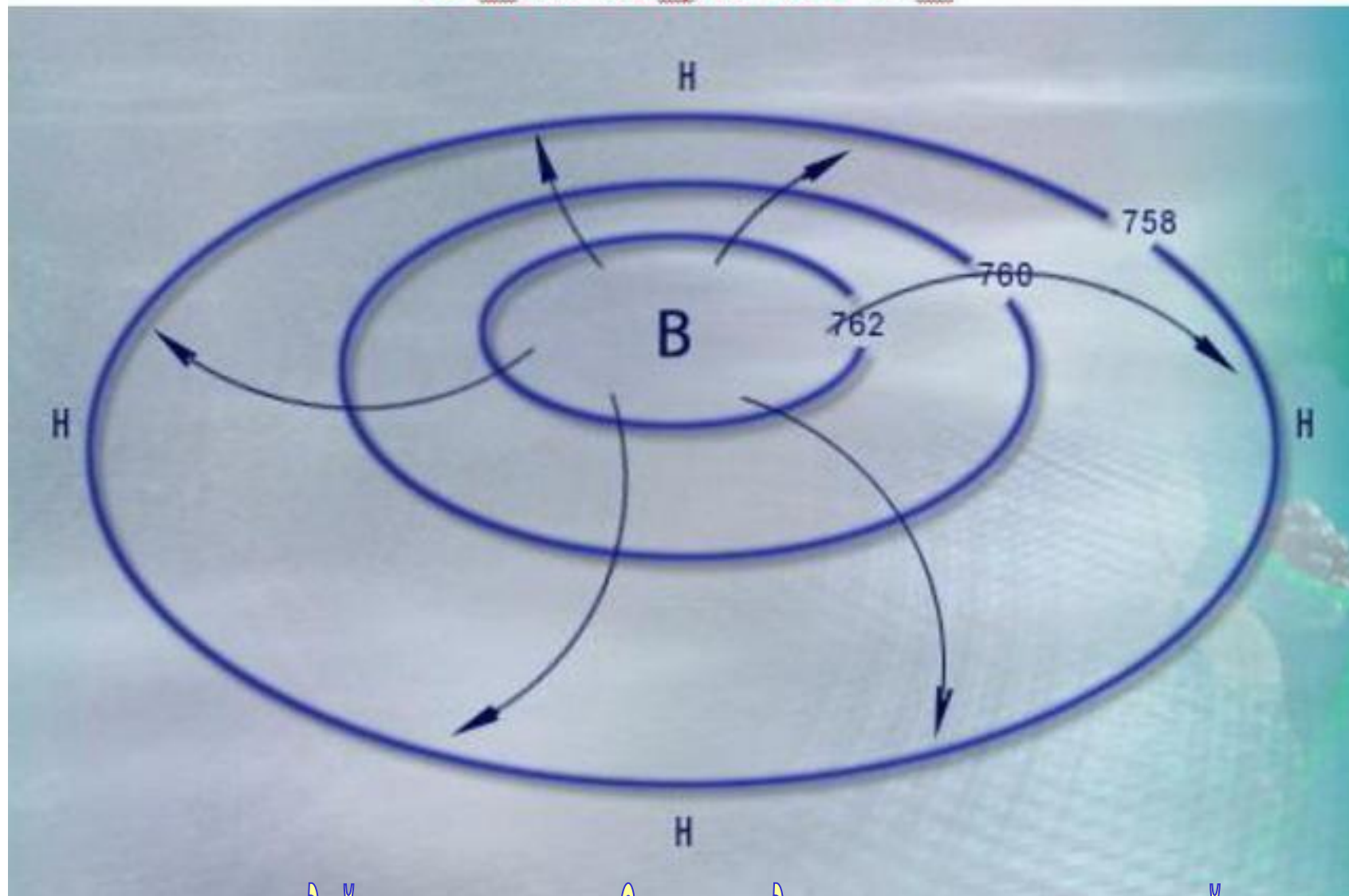
*В центре антициклона давление самое высокое.*

# *Антициклон*



*Воздух начинает движение от центра к краям.*

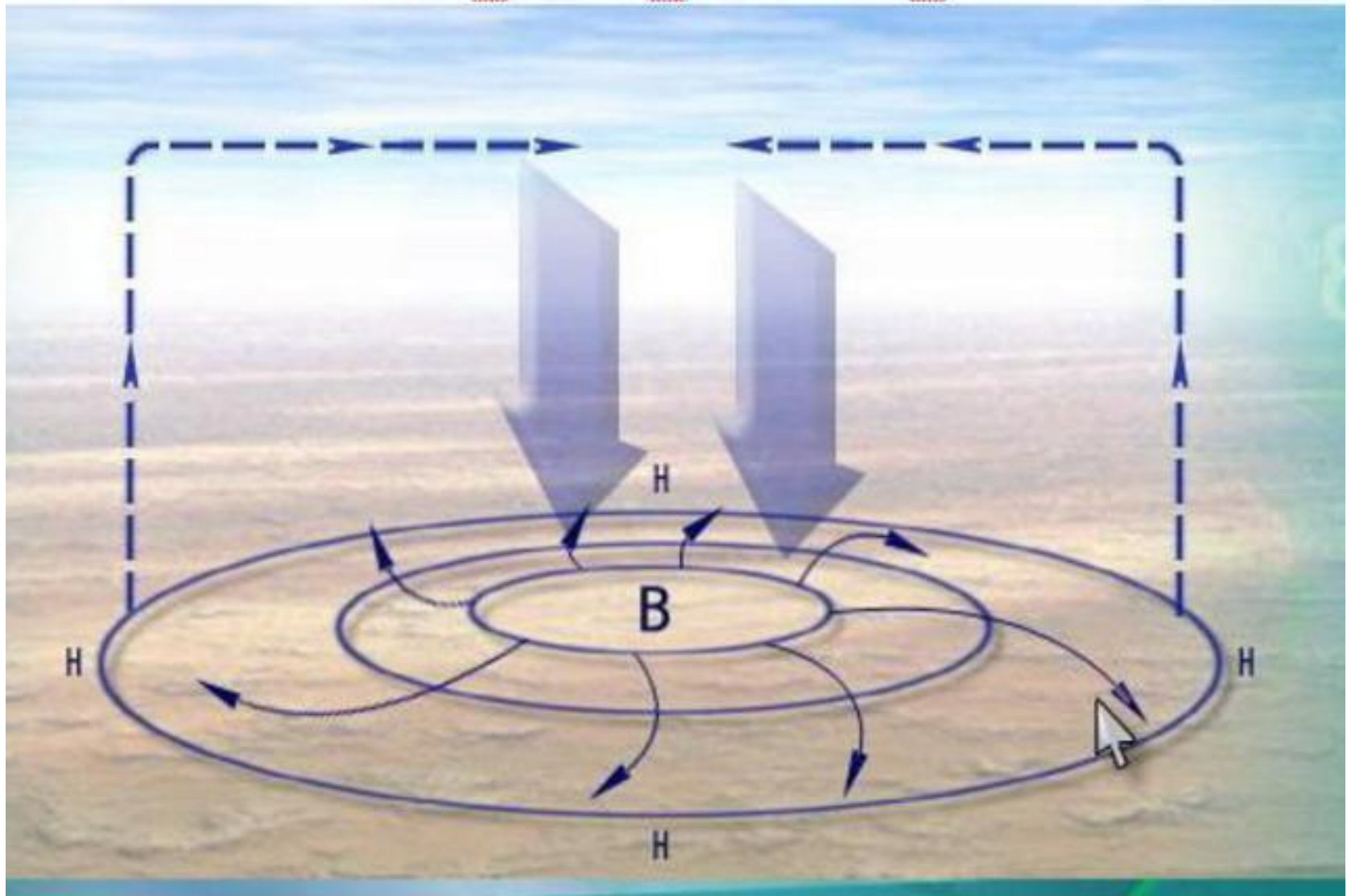
# Антициклон



Из-за отклоняющего действия вращения Земли воздух закручивается по часовой стрелке.

- Вторая стадия развития антициклона. Антициклон является мощным барическим образованием с высоким давлением в приземном центре и расходящейся системой сравнительно слабых приземных ветров. Давление достигает 1030-1040 мб в центре, а над Азиатским материком 1060-1070 мб. В высоту он развивается на несколько км. Под действием отклоняющей силы и силы трения воздушные токи отклоняются от центра к периферии, возникают нисходящие движения воздуха, температура воздуха повышается, устанавливается ясная, безоблачная, безветренная погода.

# *Антициклон*



*В центральной части воздух опускается, растекается по краям, поднимается и начинает движение к центру.*

- Третья стадия старения антициклона. В результате продолжающейся адвекции тепла и адиабатического нагревания, антициклон заполняется теплым воздухом во всей тропосфере и превращается в очаг тепла с хорошо выраженной антициклональной циркуляцией.
- Контрасты температур, являющиеся его энергетической базой, перемещаются на периферию и антициклон начинает разрушаться. При разрушении антициклона нередко появляются облака и начинают выпадать осадки.
- Направление движения антициклонов определяется также в основном направлением основного потока. Но в отличие от циклонов в перемещении антициклонов преобладает составляющая, направленная к низким широтам.



- Выводы:
- 1. Антициклон – это воздушный вихрь с высоким давлением в центре;
- 2. Ветер в антициклоне перемещается по часовой стрелке в северном полушарии и против – в южном;
- 3. под действием отклоняющей силы и силы трения, воздушные токи отклоняются от центра к периферии, образуются нисходящие движения воздуха, устанавливается ясная, безветренная погода без осадков;
- 4. антициклоны перемещаются в западном направлении и под действием отклоняющей силы смещаются к низким широтам;
- 5. продолжительность жизни антициклона в среднем 4-5 дней, но в отдельных случаях они существуют более долгий срок.
- **Муссоны умеренных широт** прослеживаются на восточных побережьях материков, и обусловлены разной степенью теплоемкости земной поверхности и водной.

| <b>Циклоны</b>   | <b>Антициклоны</b>  |
|--|---|
| Атмосферный вихрь с низким давлением в центре              | Атмосферный вихрь с высоким давлением в центре  |
| Движение воздуха от окраин к центру против часовой стрелки | Движение воздуха от центра к окраинам по часовой стрелке                                    |
| В центре—восходящее движение воздуха                       | В центре—нисходящее движение воздуха  |
| Погода изменчивая, ветреная, облачная, с осадками.         | Погода устойчивая, безветренная, безоблачная, без осадков. Летом -тёплая, зимой - морозная. |

- **6. Циркуляция вышележащих слоев атмосферы.** В верхней тропосфере и в стратосфере высокое давление совпадает с высокой температурой, низкое – с низкой температурой (барическая ступень). Исключение составляет узкая зона вблизи экватора, расположенная в южном полушарии. Здесь при высоких температурах, в зоне конвергенции пассатов сохраняется низкое давление при интенсивной конвекции. В среднем в тропосфере температура повышается от полюсов к тропикам и вместе с этим повышается давление. Барический градиент направлен от низких широт к высоким, а в районе экватора – к экватору. Это обуславливает восточный перенос вблизи экватора, западный перенос над остальными частями полушарий.
- Таким образом, вокруг полюсов существуют планетарные циклоны (в северном полушарии – против часовой стрелки, а в южном – наоборот).

- Особенно сильный западный перенос существует в районе 30-35° с. и ю. широт. Скорость ветра достигает более 35 м/сек. В западном переносе наблюдаются огромные волны, длиной в несколько тысяч километров. Вокруг земного шара их укладывается в каждый момент 4-6. Длинные волны перемещаются с запада на восток, но медленнее, чем при западном переносе. Воздух в этих волнах отклоняется и к высоким и к низким широтам. На общий западный перенос накладывается влияние циклонов и антициклонов.

- Начиная с 12-14 км, изменение температуры зимой и летом над полушариями различное. С высоты 18-20 км отмечаются в летнем полушарии максимальные температуры над полюсом, т.к. солнечные лучи падают под углом и проходят большой путь. Уменьшение температур прослеживается в направлении к экватору (в верхних слоях атмосферы температура воздуха зависит от поглощения тепла атмосферой, а у поверхности Земли – от нагрева поверхности). В зимнем полушарии над полюсом – минимальные температуры. Следовательно: летом северного полушария барический градиент направлен от северного полюса к южному, летом южного полушария – от южного полюса к северному, значит в зимнем полушарии сохраняется западный перенос и в высоких слоях стратосферы.

-