

ЧАСТЬ 1: ВОЗДУШНЫЕ МАССЫ

Итак, что же такое воздушная масса? Это — огромный объем воздуха в атмосфере. Масштабы здесь колоссальные, измеряются миллионами, а возможно, даже миллиардами кубических километров. Чтобы вы представили, по горизонтали эти массы могут простираться на тысячи километров. По вертикали они охватывают значительную часть тропосферы, примерно её нижнюю половину — то есть от поверхности земли до высот около 5-10 километров. Точный объем подсчитать сложно, но важно понять главное — это действительно гигантские массивы воздуха.

Чем же мы можем охарактеризовать эти огромные массы? Всего двумя ключевыми параметрами.

Первый параметр — температура. Измеряется в градусах Цельсия. Воздух может быть тёплым или холодным, но это понятие всегда относительно. Например, если одна воздушная масса имеет температуру $+10^{\circ}\text{C}$, а соседняя с ней $+20^{\circ}\text{C}$, то первая по отношению ко второй будет холодной.

Второй параметр — влажность. Мы будем говорить об относительной влажности, которая измеряется в процентах. Соответственно, воздушная масса может быть влажной, с высоким содержанием водяного пара, или сухой, с низким его содержанием.

Теперь давайте разберемся, как эти массы формируются. Их свойства зависят от той поверхности, над которой воздух находится продолжительное время.

Если воздух долго располагается над теплой сушей, он становится тёплым и сухим, потому что суша не является значительным источником влаги.

Если же воздух застаивается над холодной водной поверхностью — морями или океанами — он приобретает характеристики холодной и влажной воздушной массы.

ЧАСТЬ 2: ГЛОБАЛЬНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ АТМОСФЕРЫ

Теперь давайте рассмотрим этот вопрос в глобальном масштабе, охватив всю нашу планету. Представьте себе Землю: вот Северный полюс, вот Южный полюс, а между ними — экватор.

Где же у нас будут формироваться тёплые, а где холодные воздушные массы? Логично, что в районе экватора воздух будет тёплым, а в приполярных районах, у Северного и Южного полюсов — холодным.

Холодный воздух более плотный. И, подобно тяжелому томатному соку, который выливается в менее плотную жидкость вроде спирта, он начинает растекаться у поверхности в сторону экватора. В это же время тёплый, легкий воздух низких широт как бы компенсирует это движение и начинает течь в верхних слоях тропосферы в обратном направлении — к полюсам.

Так должна была бы возникнуть простая циркуляционная ячейка: воздух движется у поверхности от полюса к экватору, поднимается там, возвращается в верхних слоях обратно к полюсу, опускается и цикл повторяется. И так в обоих полушариях.

С точки зрения физики, всё верно. Но есть одно важное «но»: наша планета вращается вокруг своей оси. Полный оборот на 360 градусов она совершает примерно за 24 часа. Это вращение приводит к возникновению так называемой силы Кориолиса — фиктивной силы инерции, которая влияет на все движущиеся тела, включая воздушные массы.

Та простая картина, которую я нарисовал, существовала бы на Земле, если бы она не вращалась. Подобная циркуляция действительно наблюдается, например, на Титане, спутнике Сатурна, который вращается гораздо медленнее.

Но на Земле мы обязаны учитывать силу Кориолиса. Благодаря ей:

В Северном полушарии движущиеся потоки воздуха отклоняются вправо.

В Южном полушарии — отклоняются влево.

ЧАСТЬ 3: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННАЯ МОДЕЛЬ ЦИРКУЛЯЦИИ

В первой половине XVIII века английский адвокат и увлеченный метеоролог-любитель Джордж Хэдли предложил для Земли как раз такую систему циркуляции с учётом вращения. Он предположил, что воздух, движущийся от полюса к экватору, в Северном полушарии отклоняется вправо и приобретает северо-восточное направление, а в Южном — отклоняется влево и приобретает юго-восточное направление. Это хорошо объясняло, почему в низких широтах существуют постоянные северо-восточные и юго-восточные пассаты.

Однако наука шла вперед, и выяснилось, что реальная картина циркуляции сложнее. Простая схема Хэдли не совсем соответствует действительности. Циркуляция разбивается на несколько отдельных ячеек.

Итак, стираю старую схему и рисую новую, принятую в современной метеорологии.

1. Ячейка Хэдли. Расположена в низких широтах, от экватора примерно до 30-го градуса северной и южной широты. Здесь у поверхности воздух движется от 30-х широт к экватору. Под действием силы Кориолиса он отклоняется: в Северном полушарии — вправо, формируя северо-восточный пассат, в Южном — влево, формируя юго-восточный пассат. На экваторе этот воздух поднимается вверх, в верхних слоях тропосферы движется обратно к 30-м широтам, там опускается, и цикл замыкается.

2. Полярная ячейка. Расположена в высоких широтах, от полюсов примерно до 60-го градуса северной и южной широты. Здесь холодный плотный воздух от полюсов растекается в сторону более низких широт. Сила Кориолиса отклоняет эти потоки, и в приполярных районах обоих полушарий наблюдаются восточные ветры.

3. А что же происходит в умеренных широтах, между 30-м и 60-м градусом? Здесь действует Ячейка Феррела. Эту трехъячейковую модель в середине XIX века предложил американский метеоролог Уильям Феррел. В этой ячейке у поверхности воздух движется от 30-х широт в сторону 60-х. Сила Кориолиса отклоняет эти потоки, и они приобретают западное направление. Это и есть знаменитый западный перенос — преобладающие ветры умеренных широт. То же самое происходит и в Южном полушарии, где эти ветры в открытом океане называют «ревущими сороковыми».

Таким образом, глобальная циркуляция в каждом полушарии состоит из трех ячеек: ячейки Хэдли, ячейки Феррела и Полярной ячейки.

ЧАСТЬ 4: КЛАССИФИКАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ МАСС (возвращаемся к началу)

И теперь, понимая картину циркуляции, мы можем вернуться к нашей первой теме — воздушным массам — и дать их простую и логичную классификацию, которая как раз и вытекает из этой циркуляции.

1. По термическому (температурному) признаку, в зависимости от района формирования, воздушные массы делятся на:

Тропические (формируются в районе ячейки Хэдли)

Полярные (умеренные) (формируются в умеренных широтах, в зоне ячейки Феррела)

Арктические или Антарктические (формируются в приполярных районах)

2. По влажности, в зависимости от подстилающей поверхности, они делятся на два подтипа:

Морские (влажные)

Континентальные (сухие)

Вот, собственно, и всё. Для первого урока этого материала вполне достаточно. На следующем занятии мы углубимся в детали и последствия взаимодействия этих воздушных масс. Спасибо за внимание.

Здравствуйте! Мы приступаем ко второй части нашего цикла, посвященного основам метеорологии. Сегодня мы подробно разберем две фундаментальные темы: что такое атмосферные фронты и какие облака с ними связаны. Итак, начнем.

Раздел 1: Что такое атмосферный фронт?

Итак, что же такое атмосферный фронт? Если мы посмотрим на синоптическую карту, то увидим линии, которые разделяют две воздушные массы — теплую и холодную. Вернее, относительно теплую и относительно холодную.

На картах эти фронты имеют специальные обозначения.

Холодный фронт обозначается линией с синими треугольничками, которые указывают направление его движения. На чернобелых картах он выглядит так же, просто без цвета.

Теплый фронт обозначается линией с красными полукружками, и эти полукружки также показывают, в какую сторону фронт движется.

Однако, важно понимать, что это упрощение. Воздушные массы — это трехмерные объекты, и разделять их может только поверхность. Поэтому корректнее говорить о фронтальной поверхности.

То, что мы видим на карте, — это всего лишь линия пересечения этой объемной фронтальной поверхности с уровнем моря. Представьте себе наклонную плоскость, которая одним краем уходит высоко в атмосферу, а другим — касается земли. Вот эта линия касания и есть тот самый «фронт» на карте.

В реальной природе резкого, мгновенного скачка температуры не бывает. Всегда существует некая переходная зона, где свойства воздуха плавно меняются. Но когда контраст между массами велик, а сама эта

зона становится узкой, с большим градиентом температуры, вот тогда мы и называем ее фронтальной поверхностью или, просто, фронтом.

Возникает вопрос: как эта узкая зона формируется? Представьте, что изначально был плавный переход от, скажем, 0 градусов к 20. Но за счет того, что две воздушные массы, сохраняя свои температурные характеристики по инерции, начинают сближаться, пространство между ними сужается. Контраст нарастает, градиент температуры увеличивается, и плавная переходная зона превращается в четко выраженный фронт.

Раздел 2: Где формируются главные фронты?

Давайте вспомним нашу прошлую тему о глобальной циркуляции атмосферы. На Земле есть ключевые зоны, где происходит такое сближение масс.

Первая зона, которая бросается в глаза, — это район экватора. Здесь встречаются воздушные массы Северного и Южного полушарий. Однако, они не обладают высоким температурным контрастом, поэтому не все ученые называют эту границу фронтом. Все согласны, что здесь наблюдается динамическое схождение потоков, или конвергенция. Эта зона так и называется — внутритропическая зона конвергенции.

Теперь посмотрим севернее, в район 60х градусов северной широты. Вот здесь мы видим настоящий «планетарный фронт»! Здесь сталкиваются потоки очень теплого тропического воздуха, движущегося с юга, и очень холодного арктического воздуха, идущего с севера. Эта зона характеризуется исключительно высоким температурным контрастом и является колыбелью для мощных атмосферных фронтов.

Раздел 3: История и типы фронтов

Теория атмосферных фронтов была разработана более 100 лет назад, в 1917 году, норвежским метеорологом Вильгельмом Бьеркнесом. Именно он ввел термин «фронт», проводя аналогию с военными фронтами, разделявшими враждующие стороны во время Первой мировой войны.

Фронты делятся на два основных типа: теплый и холодный. Давайте разберем каждый из них подробно.

Раздел 4: Динамика и облачность теплого фронта

Представьте себе: у нас есть теплый воздух и холодный воздух. При теплом фронте более динамичный теплый воздух нагоняет отступающий холодный. Поскольку теплый воздух менее плотный, он начинает натекасть на клин холодного воздуха, поднимаясь вверх по этой наклонной поверхности.

Что происходит с воздухом, когда он поднимается? Он адиабатически расширяется и охлаждается. Его относительная влажность растет, достигает 100%, и начинается конденсация — образуются облака.

Давайте проследим за этим процессом по мере приближения теплого фронта к наблюдателю.

1. Первые признаки (за 7001000 км до фронта): На небе появляются перистые облака (Cirrus). Это легкие, белые облака на высотах около 10 км.
2. Уплотнение облаков: Перистые облака сменяются перистослоистыми (Cirrostratus). Небо затягивается молочнобелой пеленой. Характерный признак — появление гало вокруг Солнца или Луны.

3. Облака среднего яруса: Появляются высокослоистые облака (Altostratus). Солнце просвечивает сквозь них как через матовое стекло.
4. Облака нижнего яруса и осадки: Непосредственно перед фронтом небо заволакивают мощные слоистодождевые облака (Nimbostratus). Из них начинаются обложные осадки — не очень интенсивные, но продолжительные, могут идти 810 часов. Зона этих осадков может достигать 300400 км в ширину.

Важные уточнения по теплому фронту:

Это мощная облачная система, охватывающая все ярусы атмосферы.

Движение воздушных масс происходит в основном вдоль линии фронта, и лишь небольшая составляющая — поперек, что и обеспечивает «наползание» теплого воздуха.

При приближении фронта давление падает. После его прохождения, когда над вами оказывается теплый воздух, давление стабилизируется или немного растёт, часто возникают туманы и низкая слоистая облачность.

Раздел 5: Динамика и облачность холодного фронта

Холодный фронт ведет себя совершенно иначе. Теперь холодный, плотный воздух активным клином движется в сторону теплого воздуха и, словно бульдозер, выдавливает его вверх.

Этот процесс происходит гораздо быстрее и энергичнее, чем в теплом фронте. Если стратификация атмосферы неустойчива, это приводит к интенсивному образованию кучеводождевых облаков (Cumulonimbus).

Согласно новой международной классификации, эти облака теперь относят к нижнему ярусу, так как их основание находится на высотах от 0 до 2 км.

Осадки из этих облаков имеют совершенно другой характер — это ливневые дожди, часто с грозами, шквалистым ветром, а в исключительных случаях — с смерчами и торнадо.

Зона осадков при холодном фронте узкая — от нескольких десятков до первых сотен километров. Проходит она быстро, за 23 часа. После прохождения линии фронта:

Давление резко растет.

Облачность быстро рассеивается.

Видимость становится отличной.

Но ветер остается порывистым из-за продолжающегося интенсивного вертикального перемешивания.

Раздел 6: Фронт окклюзии

Иногда в природе возникает более сложная система — фронт окклюзии. Он образуется, когда быстро движущийся холодный фронт настигает медленный теплый фронт. Происходит слияние двух фронтальных систем.

На картах такой фронт обозначается фиолетовым цветом (смесь красного и синего) или, как раньше на советских картах, коричневым.

Облачные системы теплого и холодного фронтов объединяются в общий массив. Однако, поскольку оба клина холодного воздуха смыкаются, отрывая теплый воздух от поверхности, вся основная облачность оказывается «зажатой» вверху. Со временем облачность и активность фронта затухают.

Заключение

Итак, мы с вами подробно рассмотрели, что такое атмосферные фронты, как они образуются, и какие типы облаков и погодные явления с ними связаны. Мы разобрали динамику как теплого, так и холодного фронта, а также познакомились с таким интересным явлением, как фронт окклюзии.