

ПОНЯТЬ НЕБО

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 Воздух вокруг нас	5
АТМОСФЕРА	5
СОСТАВ ВОЗДУХА	5
СВОЙСТВА ВОЗДУХА	6
ДАВЛЕНИЕ ВОЗДУХА	6
ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА	6
СОЛНЕЧНОЕ ТЕПЛО	7
ОХЛАЖДЕНИЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ	7
СУТОЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ	8
СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ	8
ВОДЯНЫЕ ПАРЫ	9
ВЛАЖНОСТЬ	9
УДИВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ВОДЫ	9
СКРЫТОЕ ТЕПЛО	10
ИТОГИ	10
ГЛАВА 2 Жизнь атмосферы	10
ГРАДИЕНТ ТЕМПЕРАТУРЫ	10
СТАБИЛЬНОСТЬ И НЕСТАБИЛЬНОСТЬ	11
ПРИЗНАКИ СТАБИЛЬНОСТИ	12
СТАБИЛЬНОСТЬ СЛОЕВ	12
ВЛАЖНЫЙ ГРАДИЕНТ ТЕМПЕРАТУРЫ	13
СТАНДАРТНАЯ АТМОСФЕРА	13
ПЛОТНОСТЬ, ВЫСОТА	14
ВЕТЕР	14
ЭФФЕКТ КОРИОЛИСА	15
ИТОГИ	15
ГЛАВА 3 Облака	15
ОБРАЗОВАНИЕ ОБЛАКОВ	16
ВОСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ	16
ТОЧКА РОСЫ И ВЫСОТА ОБЛАКОВ	16
ФОРМИРОВАНИЕ ОБЛАКОВ	17
БАЗЫ ОБЛАКОВ. ОБЛАЧНЫЕ ВЕРШИНЫ	17
ЖИЗНЬ ОБЛАКОВ	18
СТАРЫЕ ОБЛАКА	18
ДОЖДЬ	18
ВИДИМОСТЬ	19
ТИПЫ ОБЛАКОВ	20
КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ВЫСОТАМ	20
СЕЗОННЫЕ И МЕСТНЫЕ ВАРИАЦИИ	21
МЕНЕЕ ИЗВЕСТНЫЕ ОБЛАКА	21
ЧТО МОГУТ РАССКАЗАТЬ ОБЛАКА	23
СКОРОСТЬ И НАПРАВЛЕНИЕ ВЕТРА	23
ИНДИКАТОРЫ ПОГОДЫ	24
ПРИЗНАКИ ВОСХОДЯЩИХ ПОТОКОВ	24
ПРИЗНАКИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ	25
ПРИЗНАКИ ДОЖДЯ	25
ПОЛЕТЫ В ОБЛАКАХ	25
ИТОГИ	25
ГЛАВА 4 Метеорология	26
ДВИЖЕНИЕ АТМОСФЕРЫ	26
ВОЗДУШНЫЕ МАССЫ	27
ЗНАЧЕНИЕ ФРОНТОВ	28
ХОЛОДНЫЙ ФРОНТ	29
ТЕПЛЫЙ ФРОНТ	30
ДЕЙСТВИЯ ФРОНТОВ	30
ВОЗМОЖНЫЕ ВАРИАНТЫ ФРОНТОВ	31

ФРОНТЫ ОККЛЮЗИИ.....	32
СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ	33
БАРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ	33
БАРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	33
БАРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ	34
МЕСТНЫЕ СИСТЕМЫ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ	35
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЗОН ВЫСОКОГО И НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ.....	35
ИЗОБАРЫ.....	36
ИЗОБАРЫ И ВЕТЕР.....	37
ЦИРКУЛЯЦИЯ НА ВЫСОТЕ	38
ВПАДИНЫ В ВЕРХНИХ СЛОЯХ	39
СТРУЙНЫЕ ТЕЧЕНИЯ	39
ВЫСОТНЫЕ ВЕТРЫ И МОДЕЛИ ДАВЛЕНИЙ	39
ПОГОДА В ТРОПИКАХ.....	40
ПОГОДА НА ОСТРОВАХ.....	41
ИТОГИ	41
ГЛАВА 5 Разновидности ветров.....	42
ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕТРОВ	42
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕТРА ПО ПРИЗНАКАМ.....	43
ПРЕОБЛАДАЮЩИЕ ВЕТРЫ	43
ВЕТЕР ВОЗЛЕ ПОВЕРХНОСТИ.....	44
ВЕТЕР ВОЗЛЕ ФРОНТОВ И БАРИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	45
ДВИЖЕНИЕ ПОГОДЫ.....	45
ТЕРРИТОРИИ ВДАЛИ ОТ ФРОНТОВ.....	47
ПОВОРОТ ВЕТРА ПО И ПРОТИВ ЧАСОВОЙ СТРЕЛКИ	47
ГРАДИЕНТ ВЕТРА	48
ВЫСОТНЫЕ ВЕТРЫ	48
СТРУЙНЫЕ ТЕЧЕНИЯ	49
ДНЕВНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ВЕТРА.....	49
СЛОИ ВОЗДУХА	50
СТРУЙНЫЕ ТЕЧЕНИЯ МАЛЫХ ВЫСОТ	51
СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ВЕТРЫ.....	51
ВЕТРЫ СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ.....	52
ВЕТРЫ СТАРОГО СВЕТА	52
ИТОГИ	52
ГЛАВА 6 Турбулентность.....	52
СМЫСЛ ТУРБУЛЕНТНОСТИ.....	53
ПРИРОДА ТУРБУЛЕНТНОСТИ.....	53
ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТУРБУЛЕНТНОСТИ.....	54
МЕХАНИЧЕСКАЯ ТУРБУЛЕНТНОСТЬ	54
ТЕРМИЧЕСКАЯ ТУРБУЛЕНТНОСТЬ.....	55
ТУРБУЛЕНТНОСТЬ СРЕЗА.....	56
ВИХРЕВАЯ ТУРБУЛЕНТНОСТЬ	57
РОТОРЫ	57
ПРИЗНАКИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ.....	58
УСЛОВИЯ И ЦИКЛЫ ТУРБУЛЕНТНОСТИ	58
ПРИЗЕМНЫЕ УСЛОВИЯ	59
ПРИБРЕЖНАЯ ТУРБУЛЕНТНОСТЬ	59
ТУРБУЛЕНТНОСТЬ ВНЕ ВОДНЫХ ПРОСТРАНСТВ	59
НАВЕТРЕННЫЙ СКЛОН.....	59
ГОРНЫЕ ХРЕБТЫ, ГРЕБНИ.....	60
УЩЕЛЬЯ, ЧАШИ, КАНЬОНЫ И ОБРАГИ.....	61
ДЕРЕВЬЯ.....	62
ЗАТЕНЕНИЕ ВЕТРА.....	62
ПОЛЕТЫ В ТУРБУЛЕНТНОСТЬ	63
ИТОГИ	63
ГЛАВА 7. Местные ветры.....	64
ПРОГРЕВ И ЦИРКУЛЯЦИЯ	64
МОРСКИЕ БРИЗЫ	65
МОРСКОЙ БРИЗ И ОСНОВНОЙ ВЕТЕР	65
ПРЕДСКАЗАНИЕ МОРСКОГО БРИЗА.....	66
СИЛА МОРСКОГО БРИЗА, ОХВАТЫВАЕМАЯ ТЕРРИТОРИЯ И СЕЗОННОСТЬ	67
ЭФФЕКТЫ МОРСКОГО БРИЗА	67
ФРОНТ МОРСКОГО БРИЗА.....	68
СЛОЖНАЯ ФОРМА БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ.....	69
ОСТРОВНЫЕ ЭФФЕКТЫ	69

БЕРЕГОВЫЕ БРИЗЫ	69
ТЕПЛОВЫЕ ФРОНТЫ.....	70
С ЛЕСА НА ПОЛЕ	71
ВЕТРЫ ВВЕРХ ПО СКЛОНУ	71
ВЕТЕР СО СКЛОНА	71
ГРАВИТАЦИОННЫЙ ВЕТЕР	72
МАГИЧЕСКИЙ ВОЗДУХ И УДИВИТЕЛЬНЫЙ ВЕТЕР	72
ВЕТРЫ В ДОЛИНЕ	73
ИТОГИ	74
ГЛАВА 8 Парящие условия. Восходящие потоки	74
ПАРИТЬ	74
ВОСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ У ГРЕБНЕЙ	74
СКЛОН СЛОЖНОЙ ФОРМЫ	75
КАНЬОНЫ И ПРОЛОМЫ	76
ПРОБЛЕМЫ ПАРЕНИЯ У ГРЕБНЯ	76
ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВОСХОДЯЩИХ ПОТОКОВ	77
ВОЛНОВЫЕ ВОСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ	78
СВОЙСТВА ВОЛН	79
ВОЛНОВЫЕ ОБЛАКА	80
ОПАСНОСТИ ВОЛН	80
ПОЛЕТ В ВОЛНАХ	80
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ВОЛН	81
ДРУГИЕ ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ВОЛН	82
ВОСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ КОНВЕРГЕНЦИИ	82
ПОЛЕТЫ В УСЛОВИЯХ КОНВЕРГЕНЦИИ	84
ФРОНТАЛЬНЫЕ ВОСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ	85
УКАЗАТЕЛИ ВОСХОДЯЩИХ ПОТОКОВ	85
ИТОГИ	86
ГЛАВА 9 Нестабильность и термичность	86
РОЖДЕНИЕ ТЕРМИКА	87
ТОЛЧОК ДЛЯ РОЖДЕНИЯ ТЕРМИКОВ	87
ТЕРМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НА ПОДВЕТРЕННОЙ СТОРОНЕ	88
ИСТОЧНИКИ ТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ	88
МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ	88
ИСТОЧНИКИ ТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ НА ПОВЕРХНОСТИ	89
ВОДОЕМЫ ИСТОЧНИКИ ВОСХОДЯЩИХ ПОТОКОВ	89
ТЕРМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ	90
ВЕЧЕРНИЕ ТЕРМИЧЕСКИЕ ПОТОКИ	90
ВЫСОТА ТЕРМИЧЕСКОГО ПОТОКА	91
РЕАЛЬНЫЙ ГРАДИЕНТ	92
ГРАДИЕНТ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ВЫСОТЕ	92
ИЗМЕНЕНИЕ ТЕРМИЧНОСТИ И ГРАДИЕНТА ТЕМПЕРАТУРЫ	93
СМЕРЧИ	94
ИДЕАЛЬНЫЕ ТЕРМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ	96
ВОСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ	96
НИСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ В ТЕРМИКАХ	96
ИТОГИ	97
ГЛАВА 10 Наука о термиках	97
РАЗМЕРЫ И МОЩНОСТЬ ТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ	97
ВЫСОТА ТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ	98
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ И ДНЕВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ	98
ТЕРМИЧЕСКИЕ ПОТОКИ В ВЕТЕР	99
ПУТЬ И ЦИКЛЫ ТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ	99
ТИПЫ ТЕРМИКОВ	100
ПРОСТРАНСТВО, ЗАНИМАЕМОЕ ТЕРМИЧЕСКИМИ ПОТОКАМИ	101
МОДЕЛИ ТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ	101
УЛИЦЫ ТЕРМИКОВ	102
УЛИЦЫ ОБЛАКОВ	102
ПОВЕДЕНИЕ УЛИЦ ОБЛАКОВ	103
ХАРАКТЕР ТЕРМИКОВ И ОБЛАКОВ	104
ОСОБЕННОСТИ ОБЛАКОВ	105
ВЛИЯНИЕ ВЕТРА НА ОБЛАКА	105
РАЗМЕЩЕНИЕ ТЕРМИКОВ	106
ГОЛУБЫЕ ЯМЫ (ДЫРЫ)	108
ИТОГИ	108
ГЛАВА 11 Гроза	108

ГДЕ И КОГДА.....	108
ПРИЧИНЫ БУРЬ.....	108
ЦИКЛ ЖИЗНИ ГРОЗЫ.....	109
СТАДИЯ РАЗВИТИЯ ГРОЗОВОГО ОБЛАКА.....	109
СТАДИЯ МАКСИМАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ.....	109
СТАДИЯ РАЗРУШЕНИЯ.....	110
РАЗНОВИДНОСТИ ГРОЗ.....	110
ОПАСНОСТИ ГРОЗ.....	111
ЗАСАСЫВАНИЕ В ОБЛАКО.....	111
ТУРБУЛЕНТНОСТЬ.....	111
ГРАД, ДОЖДЬ И СНЕГ.....	111
МОЛНИЯ.....	112
СИЛЬНЫЙ ВЕТЕР И НИСХОДЯЩИЕ ПОРЫВЫ.....	112
НИСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ И ФРОНТ ПОРЫВИСТОСТИ.....	112
НЕКОТОРЫЕ ВЫВОДЫ.....	113
РОСТ ОБЛАКОВ ВВЕРХ.....	113
ВЫСОТА ОБЛАКОВ И БАЗЫ ОБЛАКОВ.....	113
РАЗМЕР ОБЛАКА.....	113
ЦВЕТ, ФОРМА, ПОЛОЖЕНИЕ И ДВИЖЕНИЕ ОБЛАКОВ.....	113
ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА.....	113
МОЛНИИ И ВЫПАДЕНИЕ ОСАДКОВ.....	114
ВЫХОД ИЗ ГРОЗОВОЙ ТУЧИ.....	114
УРАГАНЫ.....	114
Итоги.....	114
ГЛАВА 12 Наблюдение погоды.....	115
Циклы погоды.....	115
ПОГОДА И БАРОМЕТР.....	115
ПРИМЕТЫ ПОГОДЫ.....	116
ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ О ПОГОДЕ.....	116
КАРТЫ ПОГОДЫ.....	117
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРЯЩИХ УСЛОВИЙ.....	118
Рейтинг индекса К.....	119
ЧТЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ.....	119
ПРИМЕРЫ.....	119
ИТОГИ.....	120
ПРИЛОЖЕНИЕ I ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОТНОСТИ В А ТМОСФЕРЕ.....	120
ПРИЛОЖЕНИЕ II ЭФФЕКТ КОРИОЛИСА.....	121
ПРИЛОЖЕНИЕ III СУХИЕ ВЕТРЫ.....	121
ПРИЛОЖЕНИЕ IV ТЕРМИЧЕСКАЯ ВОУУАНСУ.....	121
ПРИЛОЖЕНИЕ V НАЧАЛЬНАЯ ТЕМПЕРАТУРА ОБРАЗОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ.....	122

ВВЕДЕНИЕ

Последняя треть двадцатого века ознаменовалась счастливым совпадением возможностей, потребностей и технологий для создания СЛА. Полеты для удовольствия и отдыха пришли к нам как доступное и законное времяпрепровождение. Но полеты требуют определенного количества знаний. Воздух - постоянно изменяющаяся среда, и мы должны знать пути и хитрости, которые могут обеспечить безопасность полетов, что является основой становления хороших пилотов.

Эта книга писалась с целью представить в доступном виде картину процессов в атмосфере. Естественно, в ней приняты некоторые упрощения, ведь тема погоды настолько сложна и обширна, что требует прилежного изучения многие годы. Мы выделяем самое важное и необходимое для безопасности полетов. Наилучший путь использования этой книги заключается в том, чтобы изучить ее всю от начала и до конца, а затем постоянно перечитывать необходимые по условиям полетов места, экспериментируя в воздухе.

Мы считаем, что материал этой книги не только очень полезен, но и просто необходим воздухоплателям, авиамоделистам, парапланеристам, дельтапланеристам, пилотам планеров и СЛА.

Надеемся, что каждый читающий найдет здесь новую информацию и полезные идеи, касающиеся полетов.

Начальные главы книги посвящены свойствам воздуха и глобальным процессам в атмосфере, включены данные по обоим полушариям и в некоторых случаях обращается внимание на региональную специфику. Далее акценты сдвигаются в сторону мелкокомасштабных явлений, которые называются местными эффектами или микрометеорологией. Смысл этого заключается в том, что на относительно малых территориях местные эффекты играют определяющую роль. Большинство книг о погоде написаны для большой авиации и мало подходят пилотам СЛА, для которых важна микрометеорология с достаточной степенью детализации.

Основной материал для книги взят из различных источников, подтвержден экспериментами в полетах и обсуждался с пилотами всех видов авиации, что говорит о его надежности и практичности.

ГЛАВА 1

Воздух вокруг нас

Мы живем на планете, окруженной смесью газов, необходимых для жизни. Мы называем эту смесь воздухом, а воздушный покров вокруг Земли атмосферой. Для большинства людей это только кислород для дыхания. Все настолько естественно, что они об этом не задумываются и замечают воздух как что-то материальное и упругое лишь в тех случаях, когда дует сильный ветер или при быстрой езде. Но дайте нам крылья, и огромный, новый мир откроется перед нами. Новые виды, новые ощущения и новые возможности навсегда изменят нашу точку зрения. Мы становимся пилотами, мы исследуем небо.

Мы быстро осознаем, что атмосферные условия постоянно изменяются, и приходим к необходимости знать, что эти изменения нам сулят. С пониманием к нам приходит ощущение удобства в нашей новой окружающей среде, остаются позади все наши опасения, и мы самостоятельно и свободно отрываемся от земли.

В этой главе мы начинаем изучать "характер неба". Мы должны уметь предсказывать поведение воздушной стихии, так как вверяем ей свою судьбу.

АТМОСФЕРА

Атмосфера удерживается у земли силами гравитации. Хотя ее общая толщина превышает 800 км, большая часть воздуха находится у поверхности земли. Фактически, половина общего количества атмосферы весом более 5,6 квадриллиона (5 600 000 000 000) тонн находится ниже 5500м! Атмосфера делится по высотам на слои в соответствии с определенными характеристиками. Нас, в первую очередь, интересует нижний пласт воздуха, который называется тропосферой (тропо значит изменение). Состояние её и изменения в ней мы называем погодой. В тропосфере мы живем и летаем.

Тропосфера протянулась от поверхности земли до высоты 7-9 км над полюсом и 17-20 км над экватором. Эффект различной толщины объясняется вращением земли (рис.1). На рисунке размер атмосферы для ясности сильно преувеличен. Если посмотреть на толщину атмосферы относительно радиуса земли, то земной шар подобен апельсину, где толщина апельсиновой корки подобна толщине атмосферы и яблоку, если брать только тропосферу.

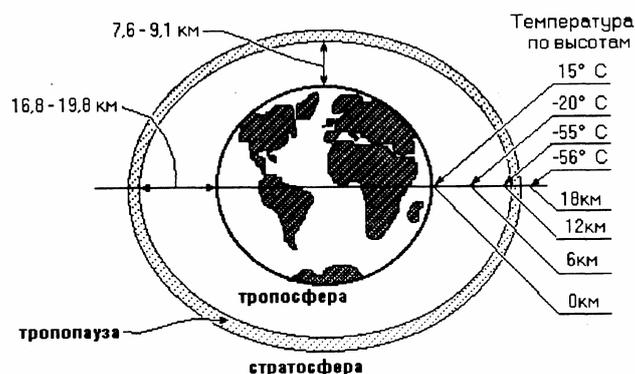


Рис.1 Атмосфера

Выше тропосферы находится стратосфера, а слой атмосферы между тропосферой и стратосферой известен как тропопауза. Два нижних слоя отличаются от стратосферы тем, что в них температура постоянно понижается с высотой, а в стратосфере с набором высоты остается примерно постоянной. Тропосфера имеет облака и постоянно изменяющиеся условия. Стратосфера стабильна и чиста. Тропосфера - объект изучения в этой книге.

СОСТАВ ВОЗДУХА

Атмосфера представляет собой смесь газов, водяного пара и аэрозолей, то есть твердых и жидких примесей (пыли, продуктов конденсации и кристаллизации, продуктов горения, частиц морской соли и т.д.). Объем основных газов составляет: азота 78%, кислорода 21%, аргона 0,93%, углекислого газа 0,03% на долю других (неона, гелия, криптона, ксенона, озона) приходится менее 0,01%.

Пары воды - сильно меняющийся по количеству компонент воздуха. Их может быть от 0 (сухой воздух) до 4-5% веса (насыщенный воздух). Как мы увидим позже, пар - очень важная часть атмосферы, существенно влияющая на погодные процессы; без пара не может быть ни облаков, ни дождя. Все пары воды, которые находятся в атмосфере, концентрируются в тропосфере. В воздух пар попадает из водоёмов на земле и поднимается вверх вертикальными потоками воздуха, высота подъема которых ограничена тропосферой. 90% всех паров воды сосредоточено до высоты 5 500 м.

Загрязняющие примеси, в том числе дым, пыль, частицы солей и промышленные выбросы, очень важны, они работают как конденсирующие частицы (ядра конденсации), благодаря которым образуются облака. Облака очень интересны для пилотов, они помогают найти восходящие потоки и, в основном, дают нам ключ к разгадке атмосферных процессов (подробнее в главе 3). Облака и примеси могут создавать некоторые проблемы в наших полетах.

СВОЙСТВА ВОЗДУХА

В воздухе различное давление по высотам, и от этого зависят его плотность и состав. Плотность существенно влияет на наши полеты. Три особенности определяют плотность воздуха: температура, давление и наличие водяных паров. Два главных фактора управляют всеми процессами в атмосфере: силы гравитации и солнечный прогрев. Далее мы увидим: насколько они важны. Давайте вместе разберемся, что мы знаем о процессах, протекающих в воздухе.

Молекулы газа прыгают друг относительно друга, примерно так же, как гиперактивные дети при обещании шоколадной диеты. Всё это происходит с ними по той причине, что соударяются между собой и отскакивают они абсолютно хаотично. Если молекулы наталкиваются на твердое тело, они оставляют некоторое количество энергии и нагревают его. Фактически это обмен энергии, который мы воспринимаем как тепло. Чем быстрее движутся молекулы, тем больше энергии они отдают твердому телу и тем выше температура газа. Теперь мы знаем, что температура - это просто состояние молекул газа.

Нетрудно представить, что если мы увеличиваем энергию газа, его температура поднимается, молекулы двигаются более энергично, словно хотят расшириться, то есть большее количество соударений между собой и твердыми телами. Также мы можем заметить, что если часть газа расширить, то будет несколько прохладней, потому что меньшее количество молекул в том же объеме, а значит меньшее количество соударений друг с другом и с граничащими твердыми телами. Напротив, если мы сожмем газ, то температура повысится (рис.2). Понимание этого очень важно для пилотов, совершающих парящие полеты.

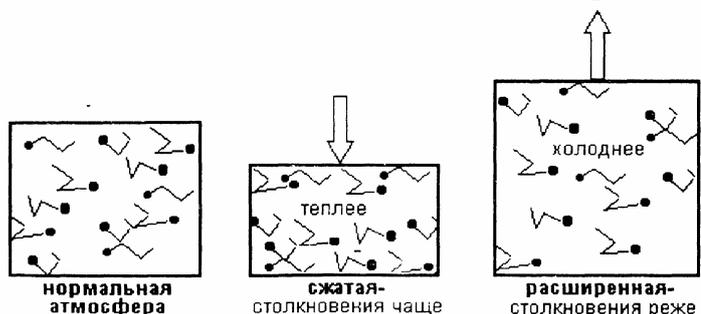


Рис.2 Состояние воздуха

действующих на воздушные массы. На уровне моря кубический метр воздуха весит примерно 1,22 кг, а это значит, что в комнате средних размеров (6мх3м) воздуха около 55 кг. Учитывая как высоко распространяется атмосфера, можно объяснить величину давления на дне этого воздушного океана.

Тогда становится понятно влияние высоты на давление. Чем больше высота, тем меньше давление и наоборот. Мы также знаем, что результатом большего давления есть большая плотность воздуха.

Измеряется давление барометром, который представляет собой герметически закрытую полость с низким давлением внутри. Когда атмосферное давление увеличивается, мембрана прогибается внутрь и если уменьшается - наружу. Мембрана связана с указателем (рис.3). Другой тип барометра использует трубку, один конец которой погружен в сосуд с ртутью, а другой герметично закрыт. В трубке низкое давление. Ртуть двигается вверх и вниз по трубке и показывает изменение давления. В англоговорящих странах атмосферное давление указывается в дюймах ртутного столба, миллибарах. На картах погоды в гектопаскалях (гекто-паскаль - единица измерения атмосферного давления, выраженная в единицах силы - динах; $1 \text{ гПа} = 1000 \text{ дин/см}^2$; $1 \text{ гПа} = 1 \text{ мб}$; $1 \text{ гПа} = 0,75 \text{ мм рт. ст.}$).

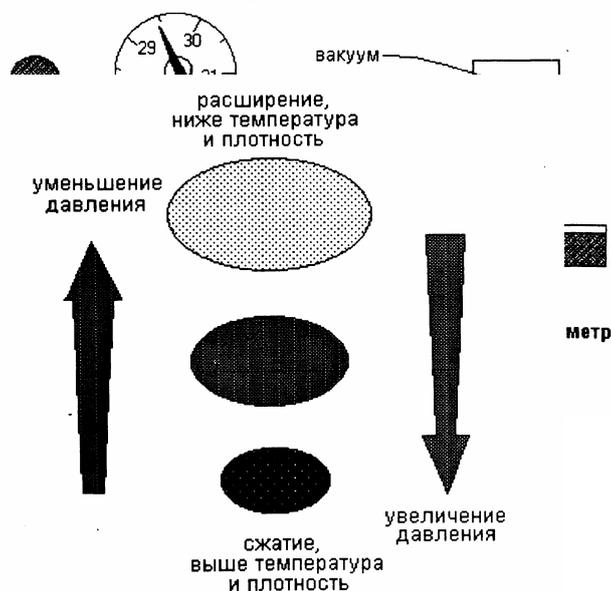


Рис.4 Расширение и сжатие воздуха

ДАВЛЕНИЕ ВОЗДУХА

Мы все ежедневно находимся под некоторым давлением - атмосферным. Фактически на уровне моря каждый испытывает давление 1,03 кг/см, что составляет около 200 тонн на человека средних размеров. Конечно, воздействие воздуха одинаково со всех сторон, поэтому мы не замечаем давления, если оно не меняется очень быстро.

Мы можем думать о давлении как просто о мере веса воздуха на нас. Этот вес возникает от действия гравитационных сил притяжения,

Высотометры, используемые пилотами, не что иное, как очень чувствительные барометры. Они чувствуют увеличение давления, когда мы снижаемся и уменьшение при подъеме. Некоторые высотометры, используемые спортсменами-пилотами, настолько чувствительны, что показывают изменение давления всего 0,03 гПа.

Теперь отметим некоторые очень важные выводы. Когда воздух поднимается, то давление его уменьшается, воздух расширяется, остывает, плотность его уменьшается. И наоборот, снижаясь, увеличивается давление, плотность и температура (рис. 4).

ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

Нельзя однозначно сказать, что более холодный воздух

имеет меньшую плотность, а более теплый большую. Однако однозначно, что при расширении или сжатии температура воздуха изменяется. Процесс, когда изменяется температура воздуха при расширении или сжатии без отдачи или поглощения тепла извне называется адиабатическим. С увеличением температуры возникают восходящие воздушные потоки. В следующих главах мы рассмотрим причины их возникновения и принципы использования.

Возле земной поверхности, на освещенных солнцем участках, воздух нагревается. Это не адиабатический процесс, так как тепло поступает извне. Солнечный прогрев - это генератор движения в атмосфере, потому что нагретый воздух, имея меньшую плотность, поднимается от поверхности, а более холодный опускается к поверхности из-за большей плотности. В основном, воздух перетекает из областей более низкой температуры в области с более высокой.

Солнечная радиация не нагревает воздух сама по себе, а нагревает землю, которая передает тепло нижним слоям воздуха. Мы измеряем этот прогрев термометром в единицах Цельсия (С) или Фаренгейта (F). Вода замерзает при 0°C или 32°F и закипает при 100°C или 212°F. Формула перевода: $9/5C + 32 = F$.

По стандарту температура замеряется термометром, расположенным в хорошо вентилируемом белом боксе на расстоянии 1,5 -2м от поверхности с короткой травой.

СОЛНЕЧНОЕ ТЕПЛО

Большая часть солнечной радиации проходит сквозь воздух. Это тепло нагревает непосредственно воздух только на 0,2-0,5°C за день в зависимости от количества водяных паров и загрязнения атмосферы. Много солнечной радиации поглощается или отражается назад от облаков. Количество отраженных лучей зависит от облачности в данный день. Только около 43% солнечных лучей доходит до земли, как показано на рис. 5.

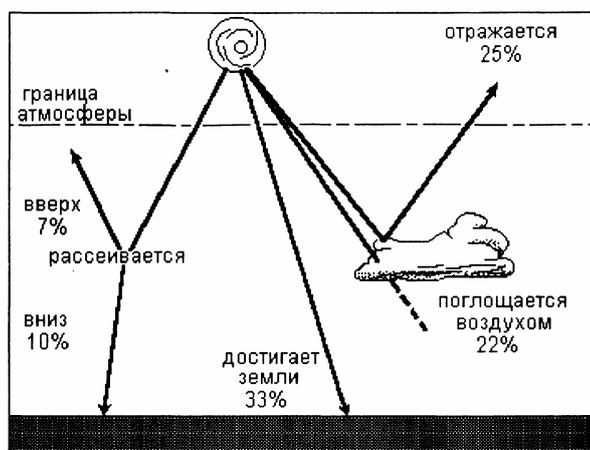


Рис.5 Солнечное тепло

Судьба их зависит от того, на что они попадут на земной поверхности. Склоны, ориентированные на юг, поглощают больше тепла, чем горизонтальная поверхность и, особенно, чем северные склоны. Вогнутые поверхности поглощают больше тепла, чем плоские или выпуклые. Деревья и трава отражают зеленый свет, в то время, как песок около 20% достигающей его радиации. Снег и лед отражают от 40% до 90%, а темные поверхности, такие как асфальтовые площадки или вспаханные поля - только 10-

15%.

Вся радиация, которая поглощается поверхностью, включается в процесс нагрева. Некоторое количество тепла распространяется вглубь земли, остальное работает на нагрев атмосферы, когда тепло распространяется в ней путем переноса или поднятия вверх нагреваемых землей слоев воздуха. Часть тепла идет на нагрев воды, которая позже отдает его в атмосферу, как водяные пары, конденсирующиеся в облака.

Поверхность земли влияет на то, как тепло поглощается и отдается в воздух. Например, нагретый песок легко отдает тепло, в то время, как вода прогревается глубоко и не отдает тепло, пока температура не поднимется до определенной величины. В основном, воздух нагревается от более прогретой поверхности земли.

Теперь становится ясно, что различные поверхности по-разному поглощают и отдают тепло. Мы будем это изучать детально в 9 главе, что очень важно для понятия термической активности. Можно сделать вывод, что солнечные лучи каждый день нагревают нашу атмосферу, и это является основой для парящих условий и формирования погоды в целом.

ОХЛАЖДЕНИЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Точно так же, как воздух нагревается от получившей за день тепло земной поверхности, так и остывает ночью. Когда солнце заходит, тепло отдается землей в пространство в виде инфракрасного излучения. Это излучение проходит через сухой воздух с небольшим поглощением. Постепенно, в течение ночи, земля и воздух возле нее остывают.

Если ночью дует ветер, он перемешивает слои воздуха и процесс остывания проходит быстрее. Если есть облака или влажность, они рассеивают тепловое излучение, некоторую часть которого отражают назад вниз, чем замедляют остывание. Ночью происходит выпадение росы и инея. В ночное время тепло воздуха и земли изменяется так, как показано на рисунке 6.

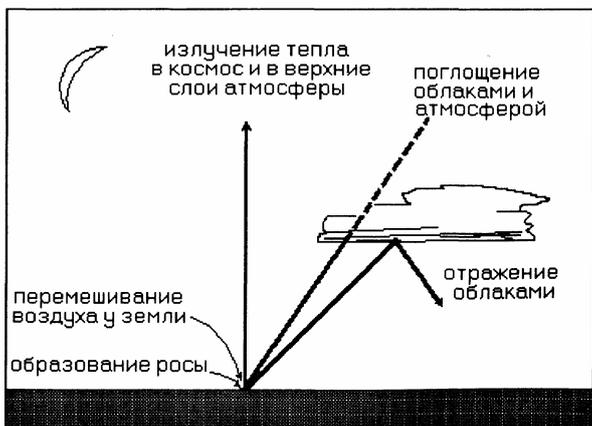


Рис.6 Тепловое излучение

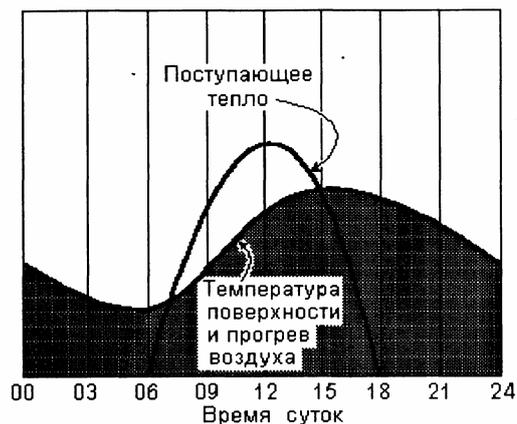


Рис.7 Суточный цикл прогрева

западные склоны в 16:00. Причина сезонных изменений в количестве солнечного тепла двояка: наклон земной оси относительно плоскости орбиты вращения земли вокруг солнца и эллиптическая форма этой орбиты. Эта особенность проиллюстрирована рисунком 9. Здесь мы видим, что когда земля наклонена северным полушарием от солнца, то это полушарие получает меньшее количество солнечного света и освещено меньшее время каждые сутки. То есть в северном полушарии зима, а в южном лето. На другой стороне орбиты в северном полушарии лето, а в южном зима. Интересный факт, когда северное полушарие отклонено от солнца, земной шар находится ближе к нему (рис.9) и наоборот. Результатом этого является то, что в северном полушарии зимы мягче, а лето не такое жаркое. Так не было всегда, о чем свидетельствуют археологические изыскания.

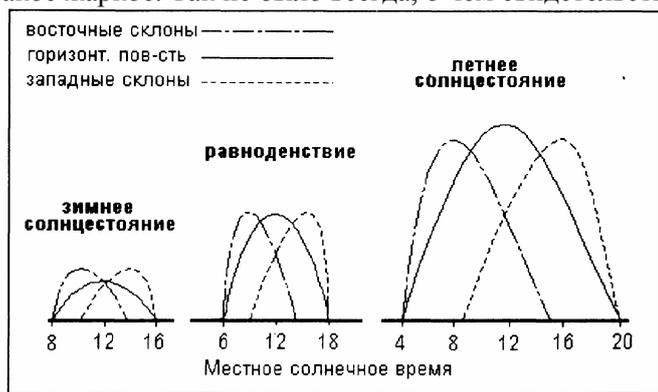


Рис.8 Сезонный прогрев

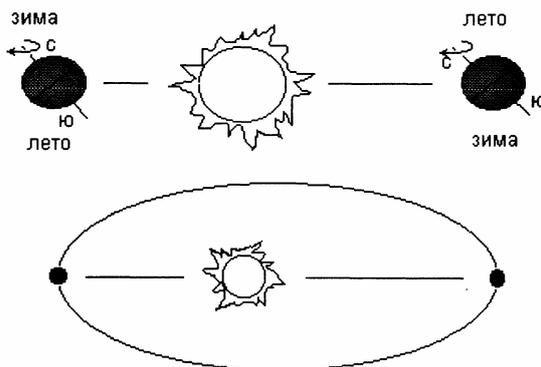


Рис.9 Изменение прогрева полушарий

Обратная ситуация в южном полушарии. Летом должно быть очень жарко, а зимой холодно. Погоду смягчает только то, что в южном полушарии большая часть поверхности занята водой, что несколько выравнивает температуру. И все-таки немногие люди живут южнее 38-ой параллели в южном полушарии, избегая суровой зимней погоды.

Сезонные изменения очень важно знать пилотам, чтобы понимать погодные условия, которые

СУТОЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Суточные изменения прогрева земли очень важны для определения пилотами погоды: атмосфера спокойная или условия парящие. Нам нужно понимать, что солнечное излучение начинается с восходом солнца и увеличивается до максимума в полдень (по местному времени), а затем снижается до нуля с заходом солнца.

Пока прогрев превышает отдачу тепла, идет нагревание поверхности. Поверхность имеет максимальную температуру через некоторое время после полудня, около 15:00 (рис.7). Это обычно время максимальной термической активности.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ

На рисунке 8 мы видим сезонные различия солнечной активности. Пик прогрева в течение дня приходится на полдень, но он намного меньше зимой (когда солнце дольше отсутствует) и максимальный летом. Время равноденствия, когда солнце над экватором. Естественно, что наибольшее количество тепла получают районы, близкие к экватору. Во время всех этих различных тепловых циклов, максимум температуры земли и термической активности соответствует показанному на рисунке 7.

Очень важно помнить и это видно на графике (рис.8), что различные склоны обогреваются по-разному. Например, во время равноденствия восточные склоны в 8:00 получают столько же тепла, сколько и горизонтальная поверхность в полдень, а

они несут:

Зима - холодно, большая плотность воздуха, временами сильный ветер, стабильный воздух.

Весна - изменение условий с холодными фронтами, несущими нестабильность воздуха и высокую термичность.

Лето - жарко и влажно, плохие условия для парения во влажных районах, но хорошая термическая активность с интенсивными прогревами в сухих.

Осень - холодные фронты и нестабильный воздух с термичностью в северных районах.

ВОДЯНЫЕ ПАРЫ

Вода постоянно и сильно влияет на погоду, потому что она занимает большие площади и присутствует в воздухе в качестве паров и как облака. Полное количество водяных паров, находящихся в атмосфере, более чем в шесть раз превышает количество воды, во всех реках земного шара! Даже самый маленький ливень - это тысячи тонн воды, а дождь над площадью, эквивалентной площади штата Орегон - это 8 миллионов тонн воды. Водяные пары образуются из открытых водоемов и туда же возвращаются.

Водяные пары - это газообразная фаза воды, а облака состоят из мельчайших капелек воды, которые конденсируются из пара. Условия образования облаков из пара называется точкой росы. Точка росы для данной порции воздуха зависит от его влажности и дается как температура.

ВЛАЖНОСТЬ.

Абсолютная влажность измеряется как количество паров воды в данном объеме воздуха (г/м³). Абсолютная влажность изменяется от 1/10000 до 1/40 в зависимости от испарений и температуры.

Относительная влажность измеряется в процентах как отношение фактического количества водяных паров в воздухе к максимально возможному при данной температуре. Относительная влажность дается в процентах и изменяется от нуля для теплого, сухого воздуха, до 100% для насыщенного.

Мы должны понимать, что в теплом воздухе может раствориться больше водяных паров, чем в холодном. Следовательно, теплый воздух будет иметь более низкую относительную влажность, чем холодный при одинаковой абсолютной влажности. Мы можем увеличить относительную влажность данного объема воздуха путем его охлаждения. Если воздух достаточно остыл и его относительная влажность приближается к 100% или насыщен, то начинают формироваться облака. Эта температура насыщения есть точка росы, о чем говорилось выше. Мы рассмотрим процесс облакообразования в главе 3.

Холодный воздух зимой всегда более близок к насыщению, чем летом, потому что он может растворить меньшее количество паров. Этот факт - плохая новость для пилотов, потому что, в основном, зимой большее количество облаков, более быстрое выпадение осадков и более низкая база облаков, потому что холодному воздуху нужен меньший подъем для насыщения. Когда мы согреваем холодный воздух в нашем доме зимой, мы уменьшаем относительную влажность и нам кажется, что воздух зимой более сухой. В данном случае изменяется относительная влажность, а не абсолютная.

УДИВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ВОДЫ

Вода может быть в трех формах: твердой, жидкой и газообразной. Есть некоторые уникальные свойства, которые отводят ей специальную роль в формировании погоды (рис.10). Для начала вода имеет высокую теплоемкость. Вода может поглощать солнечную радиацию без существенного увеличения температуры. Следовательно, вода днем прохладнее, чем земная поверхность, а ночью теплее, так как медленнее отдает полученное за день тепло. Ночью, медленно отдавая тепло, вода согревает воздух, что приводит к его

нестабильности на побережье. Нагретая вода может согревать холодный зимний воздух, что приводит к "водной термичности", которую мы рассмотрим в главе 9. Результат эффекта смягчения температуры водой заключается в том, что зимой в непосредственной близости от воды воздух согревается, а летом охлаждается. Это заметно в Англии и Франции, а также на территориях в высоких широтах, таких как штат Нью-Йорк, Онтарио, Британская Колумбия, где растут фруктовые сады и виноградники. Но следующее свойство воды еще важнее для нашего климата. Вода имеет уникальное свойство - замерзая, расширяться, что делает лед более легким, чем жидкость. Лед плавает. Как результат, только относительно тонкие ледяные поля покрывают открытые

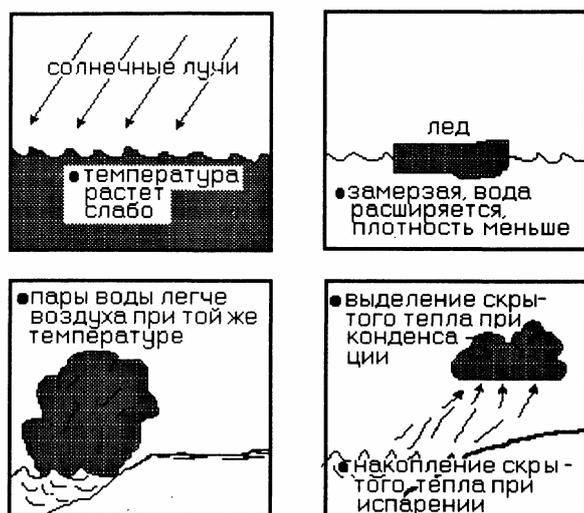


Рис.10 Свойства воды

водоемы. Эти поля могут легко таять с поглощением тепла из окружающей среды. Если бы лед не плавал, он мог бы постепенно собираться на дне водоемов до полного их оледенения. Они медленно таяли бы в течении лета и понизили бы температуру по всему миру, во всяком случае, в районах с умеренным климатом точно.

Следующее свойство воды - это ее относительная легкость в газообразном состоянии. Вес водяных паров составляет только около 5/8 от веса сухого воздуха (два атома кислорода и один азота сравнимы с двумя атомами азота или с двумя молекулами кислорода). В результате влажный воздух поднимается над сухим. Это свойство важно для прогрессирования термической и грозовой деятельности.

СКРЫТОЕ ТЕПЛО

Последнее свойство воды мы будем называть "скрытым теплом". Это тепло "прячется" в пары воды во время процесса испарения и проявляется позднее, при конденсации.

Процессы выделения тепла при конденсации и абсорбирование тепла в процессе парообразования очень важны для формирования облаков и термической активности. Источником скрытого тепла обычно является воздух, в котором содержатся водяные пары. Воздух более насыщенный парами имеет тенденцию быть более холодным и более стабильным, например, над водоемами.

ИТОГИ

В этой главе мы расширили свои знания по составу и свойствам атмосферы. Мы выделили каждый аспект, но реально все это действует совместно и неотделимо друг от друга. Состояние воздуха: его температура, давление, влажность и все другие составляющие, а также изменение солнечной активности и силы гравитации Земли определяют погоду во всех регионах планеты.

Теперь попробуем вместе нарисовать общую картину происходящего в атмосфере, чтобы научиться предсказывать погоду и прогнозировать ситуацию, с которой мы можем встретиться в воздухе.

ГЛАВА 2 Жизнь атмосферы.

Любой, живущий на земле, знает, что атмосфера не просто большое воздушное одеяло, укрывающее нас, как хорошая кочка, высиживающая своих цыплят. Это динамично меняющаяся масса, постоянно находящаяся в большем или меньшем движении. Воздух перемещается во всех направлениях, в том числе вверх и вниз, вне зависимости от наших желаний и настроения.

В этой главе мы рассмотрим некоторые черты характера атмосферы. Наиболее важные это: устойчивость (стабильность), дисбаланс давления и эффект Кориолиса. Эти три фактора являются основными причинами движения воздушных масс и в горизонтальной, и в вертикальной плоскостях.

ГРАДИЕНТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Стабильность и нестабильность воздуха - это состояния атмосферы, которые мы должны изучить очень глубоко, чтобы понять, как возникают восходящие термические потоки. Но, во-первых, мы должны нарисовать профиль или градиент температуры воздуха. Как упоминалось ранее, воздух нагревается от земли. С высотой уменьшается плотность атмосферы. Комбинация этих двух факторов создает нормальную ситуацию с более теплым воздухом у поверхности и постепенно охлаждающимся с увеличением высоты. Посмотрите на рисунок 11. Кривая на графике А показывает идеальный профиль температуры или градиент "нормальной" атмосферы. Атмосфера исключительно редко бывает нормальной, но это градиент, усредненный по всей поверхности земного шара. Это среднее значение градиента называется стандартным градиентом (СГ) и предполагает уменьшение температуры на 2°C на каждые 300 м увеличения высоты.

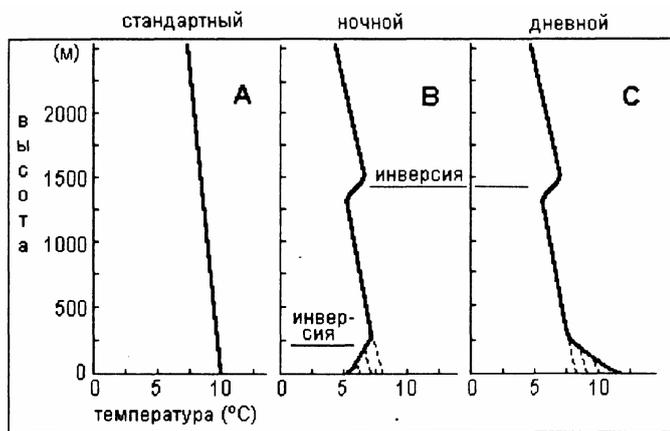


Рис. 11 Градиент температуры

на графике, температура уменьшается и, примерно, на 1500 м второй слой инверсии.

Дневная ситуация очень похожа на изображенную на графике С. Здесь мы видим, что у земли воздух более теплый, чем на стандартном распределении. Это связано с тем, что в течение дня земная поверхность прогревается и отдает свое тепло воздуху, который, поднимаясь, согревает верхние слои. Прерывистая линия на графиках В и С показывает уменьшение температуры по времени в течение ночи и увеличение ее в течение дня.

Таким образом градиент, показанный в нижней части на графике С, известен как неустойчивый и представляет для нас большой интерес.

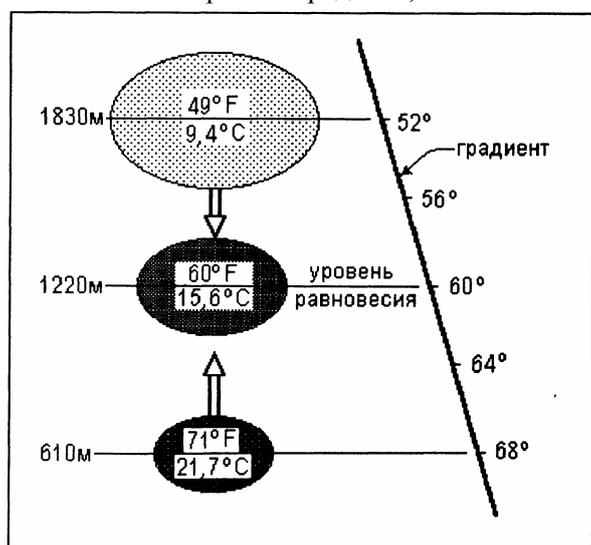


Рис. 12 Смысл стабильности

не отдается ему. В реальной жизни некоторый обмен тепла присутствует, но обычно ограничен и незначителен.

Как мы знаем, теплый воздух имеет меньшую плотность, чем холодный даже при том же давлении. Это связано с большей энергией частиц теплого воздуха. Более теплый воздух стремится подняться вверх, как более легкий, а холодный опуститься вниз. По этой же причине дерево всплывает в воде, а камень тонет.

Если наш счастливый пузырек воздуха поднимается в атмосфере, которая остывает медленнее, чем $1^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$, тогда пузырек будет остывать быстрее, чем окружающий воздух и, следовательно, подниматься медленнее до тех пор, пока ситуация не будет соответствовать рисунку 12. Фактически пузырек воздуха

достигает высоты, соответствующей уровню равновесия, после чего, поднимаясь вверх, он быстрее остывает и, следовательно, подъем прекращается и наоборот. Это условие стабильности.

Нестабильный воздух ведет себя наоборот. При остывании воздуха более чем $1^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$, пузырек воздуха поднимается быстрее, не остывая так сильно, как окружающий воздух, и подъем ускоряет (см. рис.13). Нестабильность воздуха определяется его несбалансированностью. В более низких слоях он слишком теплый и спокоен в вертикальной плоскости (отметим, что горизонтальный ветер присутствует и в стабильной и в нестабильной атмосфере).

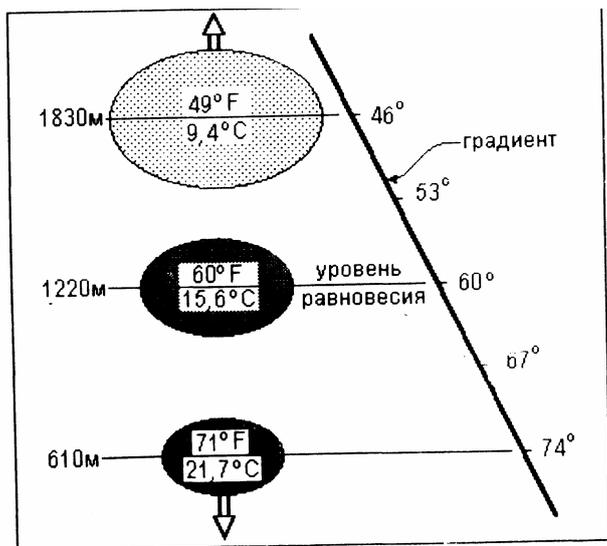


Рис. 13 Смысл неустойчивости

Теперь посмотрите на график В. Это более реальная ситуация в ночное время. Здесь мы видим, что воздух более холодный у земли из-за контакта с охлажденной поверхностью. Это положение дел называется приземной инверсией и типично для ночи. Приземная инверсия может распространяться вверх до высот 300 м и даже более при наличии ветра и интенсивного перемешивания слоев. Слово инверсия обозначает тот факт, что температура воздуха увеличивается или, по крайней мере, не уменьшается с увеличением высоты, как на графике стандартной атмосферы. Воздух в инверсионном слое стабилен.

С увеличением высоты, как показано на

СТАБИЛЬНОСТЬ И НЕСТАБИЛЬНОСТЬ

Стабильный воздух - это воздух, который не перемещается в вертикальной плоскости. Давайте рассмотрим этот процесс. Представьте себе пузырек воздуха, поднимающийся в атмосфере, как изображено на рисунке 12. С подъемом он расширяется и давление в нем уменьшается. Это давление изменяется примерно линейно до высоты 3000 м и приводит к охлаждению воздушного пузыря, примерно на 1°C через каждые 100 м. Такое же охлаждение имеет место у гелиевых или тепловых воздушных шаров, когда они поднимаются вверх, если их не греют.

Норма охлаждения поднимающегося воздуха - $1^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ - называется сухоадиабатическим градиентом (САГ). Сухой не потому что в воздухе отсутствуют водяные пары, а потому что эти пары не конденсируются. Адиабатический, потому что тепло не добавляется из окружающего воздуха и

Мы можем теперь сформулировать краткое определение: условия стабильности наблюдаются, когда градиент меньше, чем $1^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$. В противном случае воздух нестабилен.

Важно отметить, что в стабильных условиях пузырек воздуха, движущийся вниз будет стремиться вернуться вверх, эквилибрируя, в то время, как пузырек воздуха, движущийся вниз в нестабильных условиях будет стремиться продолжать опускаться. Последнее объясняет почему именно на нестабильные дни по статистике приходится наибольшее количество происшествий. Стабильность и нестабильность условий существенно влияют на турбулентность. Нестабильные условия приводят к термичности (поднимающиеся вверх пузыри воздуха), которую мы рассмотрим в следующих главах.

Теперь посмотрите рисунок 11. График А, который показывает стандартную атмосферу, может говорить о стабильном воздухе, т.к. температура уменьшается меньше, чем $1^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$. Если градиент больше, чем $1^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$, то это называется суперadiaбатический градиент (супер АГ). Такой градиент показан в нижней части графика С. Условия суперadiaбатического градиента в основном встречаются только над раскаленными пустынями, или в менее жарких районах, в солнечные дни над ограниченными, закрытыми участками земли

ПРИЗНАКИ СТАБИЛЬНОСТИ

Все пилоты должны быть способны определить насколько стабилен воздух. Причем, желательно это сделать до того как окажешься в полете. Предположим: вы умеете парить и полны желания найти восходящий термический поток или хотите на мотопараплане полетать в очень спокойном воз духе. Для первого вам нужны нестабильные условия, а для второго - стабильный малоподвижный воздух.

В основном, ясная безоблачная ночь, переходящая в ясное утро, несет нестабильные условия. Для таких условий характерны толстый слой холодного воздуха, что нестабильно, учитывая нагрев воздуха от земной поверхности утром. Однако, очень холодные ночи задерживают начало широкой конвекции из-за приземной инверсии, как показано на графике В рисунка 11. День обещает быть очень стабильным, если небо закрыто сплошными облаками или облачность переменна и земля прогревается постепенно.

О стабильности атмосферы можно судить по типу облаков. Образовывающиеся кучевые облака указывают на восходящие потоки и всегда предполагают нестабильность. Слоистые облака обычно говорят о стабильности. Дым, под нимающийся вверх до определенного уровня и растекающийся там, явный признак стабильности, в то время, как высоко поднимающийся дым указывает на нестабильные условия.

Пыльные смерчи, порывистый ветер и хорошая видимость указывают на нестабильность, в то время как устойчивый ветер, слои тумана и слабая видимость говорят о стабильном воздухе. Все это изображено на рисунке 14.

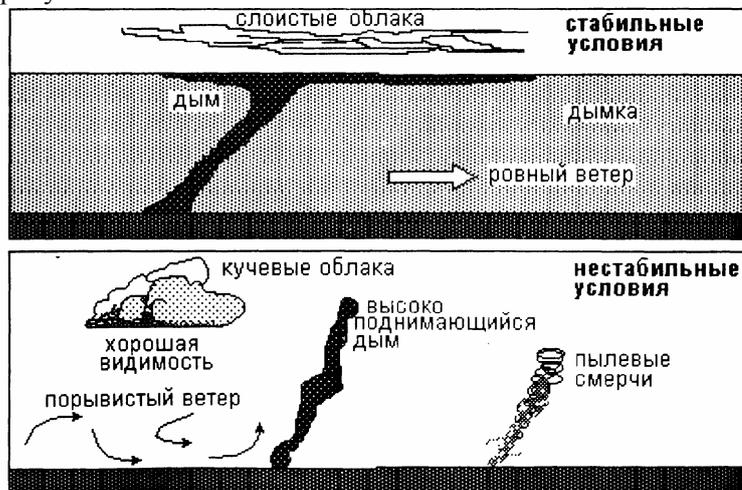


Рис. 14 Определение стабильности атмосферы

слой холодного воздуха располагается ниже теплого. Типично формирование над ним слоистых облаков, если он толстый, или тумана, дымки, если он тонкий.

В горных районах теплый воздух охотнее движется из долин в горы. Это оставляет холодный воздух под находящимся сверху теплым, который является, в данном случае, инверсией на уровне горных вершин. Восходящие потоки неожиданно упираются в нижний слой инверсии.

Одним из наиболее общих и важных путей изменения стабильности воздушных масс и формирования инверсионных слоев, является поднимающийся или опускающийся воздух.

Это настолько важно, что выделим следующее:

Когда воздушные массы поднимаются, они становятся менее стабильными.

Когда воздушные массы опускаются, они становятся более стабильными

Справедливость этого можно понять из рисунка 15. Здесь мы видим поднимающийся слой воздуха.

Поднимаясь, он расширяется, причем верхние слои расширяются быстрее нижних, более холодных. На примере показано, что слой стартовал с высоты 5000 футов с градиентом $(77-70)/2=3,5^{\circ}\text{F}/1000$ футов. Он поднялся на высоту 15000 футов с сухоадиабатическим градиентом $5,5^{\circ}\text{F}/1000$ футов.

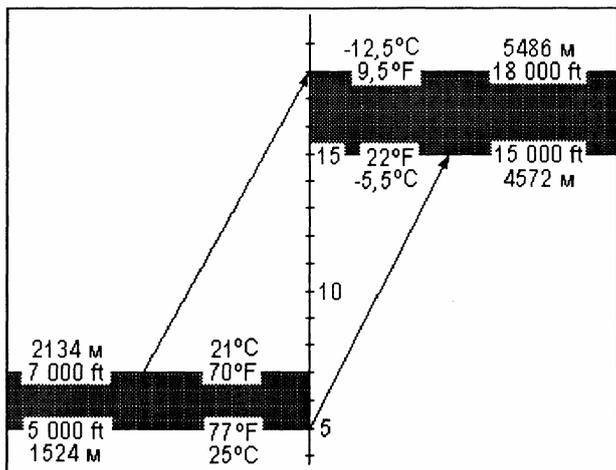


Рис.15 Изменение стабильности слоя

высоким давлением (смотри главу 4).

Результатом поднятия слоя воздуха в разное время может быть обширный восходящий поток, широкий спокойный термик, очень хорошие парящие условия, высокие кучевые облака и небо с облаками, похожими на чешую рыбы. Слои поднимаются движением фронтов, прогретыми поверхностями и низким давлением. Понижение слоев в основном связывают с высоким давлением и холодной земной поверхностью.

ВЛАЖНЫЙ ГРАДИЕНТ ТЕМПЕРАТУРЫ

В предыдущей главе было показано, что поднимающийся воздух, вмещающий пары воды, расширяется и охлаждается, а его относительная влажность увеличивается. Если этот процесс продолжается, то относительная влажность достигает 100%, в таком случае говорят о насыщении воздуха. При определенной температуре возникают условия точки росы. Если этот воздух продолжает подниматься, начинается конденсация, которая всегда проходит с выделением "скрытого тепла". Выделение его приводит к нагреву воздуха, он медленнее остывает, чем по сухоадиабатическому градиенту и продолжает подъем.

Процесс выделения "скрытого тепла" называется влажноадиабатическим градиентом (ВАГ). Это градиент между $1,1^{\circ}$ и $2,8^{\circ}\text{C}$ на 300 м высоты (2° - 5°F на 1000 футов), зависит от температуры поднимающегося воздуха и в среднем составляет $0,5^{\circ}\text{C}/100$ м ($3^{\circ}\text{F}/1000$ футов).

Средние значения градиентов температуры показаны на рисунке 16. Когда температурный профиль воздуха находится между САГ и ВАГ, говорят атмосфера "условно нестабильна". Смысл этого в том, что она будет нестабильна, если воздух насыщается и в дальнейшем начнется конденсация. Это приведет к образованию облаков, что является формой нестабильности.

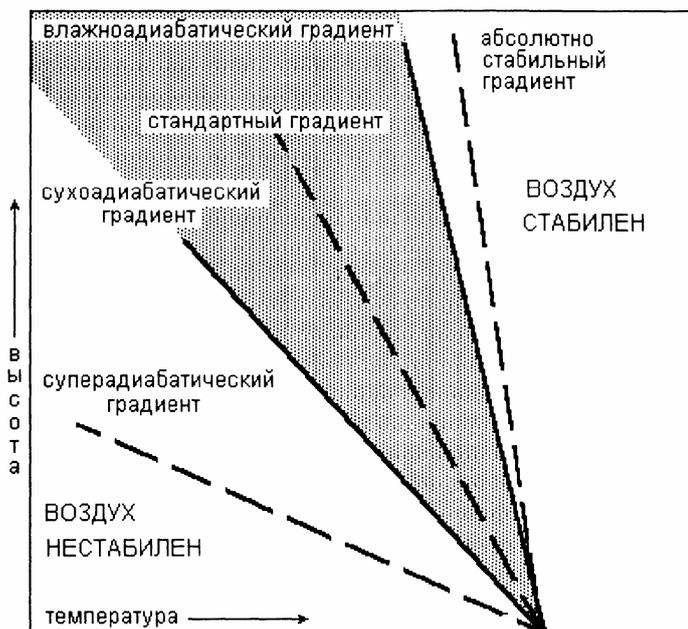


Рис.16 Основные градиенты температуры

Через некоторое время низ слоя оказывается на высоте 15000 футов, а верх поднялся до 18000 футов. Они охладилась соответственно до 22°F ($77^{\circ}\text{F}-5,5^{\circ}\cdot 10$), и до $9,5^{\circ}\text{F}$ ($70^{\circ}\text{F}-5,5^{\circ}\cdot 11$). Разница в температуре между верхом и низом слоя на новой высоте теперь составляет $-12,5^{\circ}\text{F}$. На 3000 футов толщины слоя градиент температуры в нем $-4,2^{\circ}\text{F}/1000$ футов. Это уменьшает стабильность слоя, т.к. первоначально градиент составлял $3,5^{\circ}\text{F}/1000$ футов.

Подобным образом можно объяснить почему нисходящий поток будет более устойчивым. Если снижение воздушной массы прошло достаточно долго, результатом этого часто является образование слоя инверсии. Верхний слой инверсии, показанный на рисунке 11 как раз образуется таким образом. Он как шапкой накрывает вершину восходящего потока, что, в основном, случается при погоде с

На рисунке имеется также зона правее ВАГ, которая является указателем абсолютной стабильности для поднимающейся порции воздуха. Воздушная масса с градиентом в этой зоне будет всегда стремиться вернуться в исходную точку, даже если проходит конденсация. Поле слева от САГ-это область абсолютно нестабильных условий со спонтанным образованием термичности. Это зона суперрадиабатического градиента (супер АГ). Свойства водяных паров подниматься и расширяться, обмениваясь теплом с атмосферой очень важны для погодных процессов. Каждая тонна воды в процессе конденсации выделяет почти $6\cdot 100000$ ккал. Эта энергия является главной движущей силой грозных фронтов, ураганов, штормов и других процессов, связанных с сильными ветрами.

СТАНДАРТНАЯ АТМОСФЕРА

На всей территории земного шара уже долгое время ученые занимаются изучением атмосферы.

Собрано огромное количество данных, позволяющих ввести понятие стандартной атмосферы. Высотомеры могут быть приведены к стандарту, а это огромная помощь пилотам. Например, дан аэропорт с известной высотой над уровнем моря, есть стандартная температура и давление. Зная фактические температуру и давление, введя их в высотомер, пилот однозначно определяет высоту над аэродромом.

Таблица стандартной атмосферы дана в приложении I. Изменение температуры по высоте в точности соответствует стандартному градиенту. Можно также отметить, что трехпроцентное уменьшение плотности за подъем на 300 м приводит к полупроцентному за 300 м увеличению всех полетных скоростей. Однако, известно, что стандартный градиент составлен для средних условий и в парящую погоду изменение температуры по высоте более склоняется к сухоадиабатическому градиенту. Сделаем вывод:

Плотность, высота и скорость.

Уменьшение плотности на 4% за 300 м приводит к увеличению полетных скоростей на 2% за 300 м высоты.

ПЛОТНОСТЬ, ВЫСОТА

Конечно, стандартная атмосфера - только иллюзия. На самом деле, все далеко не так идеально. Если воздух нагревается или остывает отлично от стандартной атмосферы, тогда высотомер будет завывать или занижать высоту. Если воздух станет большей или меньшей влажности или местное давление, где вы передвигаетесь, будет выше или ниже, то с высотомером случится та же история. Показания высотомера могут быть уточнены перед посадкой, но это очень затруднительно в полетах на дальние расстояния и длительных по времени. Далее сформулируем правило:

Изменения плотности:

Изменение высоты на 100 м эквивалентно изменению плотности на -1%, которая изменяет давление на 10 гПа, температура изменяется на 2,8°C, или добавление водяных паров до 27 гПа давления.

Поэтому, если, находясь на маршруте, вы движетесь в сторону понижения давления, то высотомер будет показывать большую высоту, если полет идет в направлении повышения давления, то наоборот. Высотомер - это барометр со шкалой высоты. Высотомеры производятся с температурными компенсаторами. Изменение давления тоже не проблема, если видно поверхность.

Проблемой является то, что плотность существенно влияет на посадочные и взлетные характеристики. Когда воздух горячий и влажный, а давление низкое, увеличиваются взлетная и посадочная скорости. Большая высота существенно влияет на критические скорости. В приложении I о плотности рассказано более подробно.

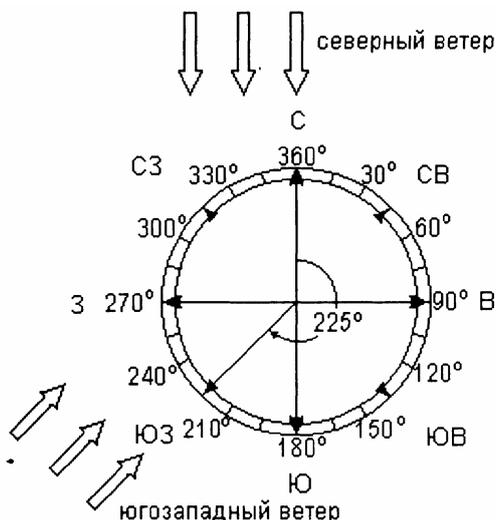
ВЕТЕР

Один из аспектов погоды, который ежедневно влияет на нашу жизнь и, особенно, на полеты - это ветер. Полный штиль - явление достаточно редкое, в основном, воздух в движении. Ветер переносит на значительные расстояния тепло и влажность, и этим играет очень важную роль в формировании погоды. Ветер является составной частью парящих условий, и поэтому две главы этой книги посвящены его изучению. А сейчас просто определим его причины и составляющие.

Ветер возникает от дисбаланса давлений, обычно, в горизонтальной плоскости. Этот дисбаланс появляется из-за различия температур на соседних территориях или циркуляции воздуха вверх на отдельных участках. В любом случае, причина этого - неравномерный прогрев поверхности солнцем, что приводит к разнице температур, циркуляции, и к разнице давлений. Снова приходим к выводу, что причиной всех явлений в атмосфере является солнце.

Ветер обычно называется по направлению, откуда он дует. Например, северный ветер дует с севера, юго-восточный с юго-востока и т.д. (рис. 17). Аналогично, горный ветер дует с гор, морской бриз с моря на сушу, а береговой наоборот.

В авиационной терминологии принято называть ветер по направлению в градусах, а силу ветра измерять в узлах, км/ч и м/с. Так северный ветер - 360° (или 0°), восточный - 90°, южный - 180°, западный - 270°, а юго-западный - 225° как изображено на рисунке. Узел базируется на морской миле и равен 1,15 миль в час или 1,85 км/ч, 3,6 км/ч = 1 м/с. Отметим, что компас показывает направление не точно на северный полюс земного шара.



Направление низового ветра по магнитному компасу. Для верхового ветра географическое направление.

Рис. 17 Направление ветра.

Это связано с земными магнитными полями и наклоном оси вращения Земли. Разница магнитного и географического полюсов называется магнитным склонением. Приземные ветры называют в соответствии с направлением по магнитному компасу, а верховые - в соответствии с географическим направлением.

ЭФФЕКТ КОРИОЛИСА

Еще один фактор, который мы должны рассмотреть - это эффект Кориолиса. Этот эффект очень важен для понимания процессов в атмосфере глобального и среднего масштабов. Результат этого эффекта выражается в том, что все объекты, движущиеся в северном полушарии, имеют тенденцию поворачивать вправо, а у всех движущихся объектов в южном полушарии - влево. Эффект Кориолиса наиболее сильно выражен на полюсах и сводится к нулю на экваторе. Причина эффекта Кориолиса - вращение Земли под движущимися объектами. Это не какая-то реальная сила, это движение Земли, взаимодействуя с силами гравитации, создает иллюзию правого вращения для всех свободнодвижущихся тел. Воздушные потоки и океан в крупных масштабах испытывают на себе эффект Кориолиса.

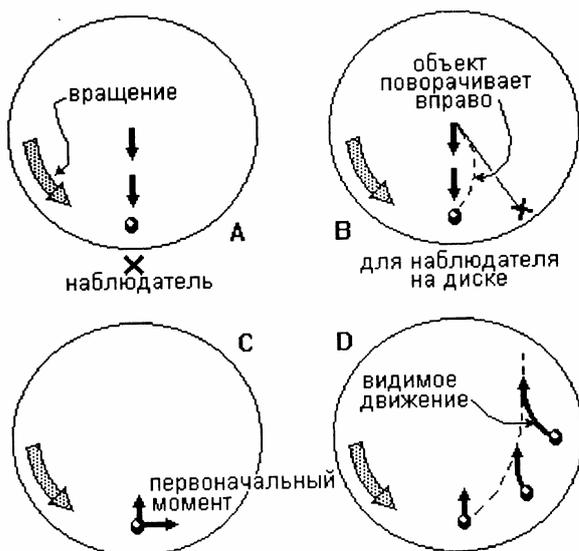


Рис. 18 Эффект Кориолиса

На рисунке 18 эффект Кориолиса объясняется на примерах. В случае, когда объект движется из центра вращающегося диска, наблюдатель, находящийся за пределами диска, видит прямолинейное движение объекта (рис. 18а). Если наблюдатель находится на диске, то для него объект поворачивает вправо (рис. 18в).

В случае, когда объект движется к центру диска (рис. 18с), он имеет начальный импульс по направлению вращения и в течение некоторого времени сохраняет ориентацию в пространстве. Результатом этой комбинации движений является траектория, показанная на рисунке 18d. Это снова отклонение вправо с точки зрения наблюдателя на диске.

Нетрудно заметить, что диск может быть сферой, как наша планета, а смотрим мы из космоса над северным полюсом. Трехмерность реального мира приводит к уменьшению эффекта Кориолиса от полюса к экватору, но принцип тот же.

Эффект Кориолиса влияет на формирование воздушных потоков (глава 4). Сделаем вывод из вышесказанного:

Эффект Кориолиса:

является причиной поворота ветров вправо в северном полушарии и влево в южном.

ИТОГИ

Теперь мы имеем представление об основных движущих силах в атмосфере, как в глобальном масштабе, так и в местном. Мы должны понимать, что на погоду влияет полная комбинация физических процессов. Мы, как пилоты, должны это знать, чтобы когда надо использовать или избегать определенных процессов в атмосфере. Пока мы летаем, мы будем постоянно сталкиваться с разностями температур и давлений, со стабильностью воздуха и с эффектом Кориолиса

Теперь мы имеем представление об основных движущих силах в атмосфере, как в глобальном масштабе, так и в местном. Мы должны понимать, что на погоду влияет полная комбинация физических процессов. Мы, как пилоты, должны это знать, чтобы когда надо использовать или избегать определенных процессов в атмосфере. Пока мы летаем, мы будем постоянно сталкиваться с разностями температур и давлений, со стабильностью воздуха и с эффектом Кориолиса

ГЛАВА 3 Облака.

Сколько помнит себя человек, облака всегда присутствовали в рассказах и сказках. Благодаря постоянно изменяющимся формам и возможности плавать высоко в небе, они отождествлялись с полетом и свободой. Фактически, птицы и облака - это модели того, что мы видим в мечтах о полетах.

Но на самом деле, облака сами по себе не являются эталоном свободы. Они подчиняются законам гравитации, инерции, теплового обмена и др. Если мы будем знать законы формирования и жизни облаков, мы научимся их читать. У нас всегда при себе будет облачная шпаргалка. Это очень важно для пилотов, потому что

облака могут рассказать об опасностях и будущих погодных условиях, о мощных восходящих потоках и погоде слабого парения.

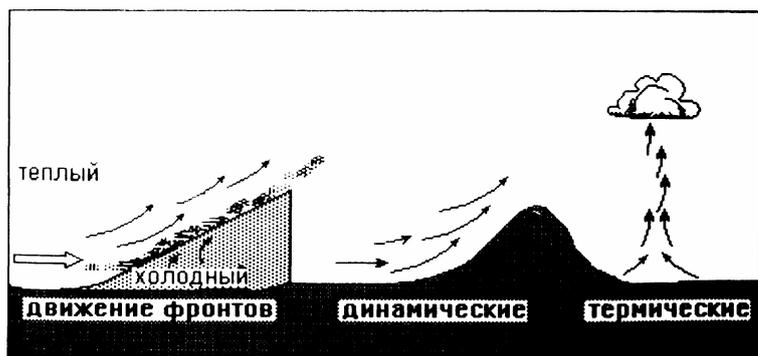
ОБРАЗОВАНИЕ ОБЛАКОВ

Облака состоят из бесчисленного множества микроскопических частичек воды различных размеров: от 0,001 см в насыщенном воздухе и увеличиваются до максимума около 0,025 см при продолжающейся конденсации. Как вы помните, насыщенный воздух - это воздух, имеющий относительную влажность 100%. Относительная влажность изменяется с изменением температуры. Даже не изменяя количество водяных паров, воздух может стать насыщенным, если он остывает. Главный путь образования облаков в атмосфере охлаждение влажного воздуха. Это происходит при охлаждении воздуха, когда он поднимается вверх. Теперь мы можем сделать важный вывод:

Формирование облаков:

Кроме тумана, образующегося в охлаждающемся воздухе от контакта с землей, все облака формируются в воздухе, который поднимается вверх.

Пилоты-парители очень любят облака, потому что они указывают места восходящих потоков, но это не



всегда так. Некоторые типы облаков образуются воздухом, который поднимается слишком медленно, чтобы поддерживать парящий полет, в то же время закрывают солнце, не давая развиваться термической деятельности. Необходимо знать хорошие и плохие стропы облаков. Немного позднее мы научимся распознавать среди них друзей и врагов.

ВОСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ

Выделим три главные причины возникновения восходящих потоков. Эти потоки, возникающие из-за движения фронтов, динамические и тепловые. Они схематически

Рис.19 Восходящие потоки

показаны на рисунке 19.

Фронтальные потоки возникают при движении огромных масс воздуха на большие расстояния, когда они пересекают территории с различными температурами. Проходя более прогретый район, холодный фронт вытесняет более теплый, а значит менее плотный воздух вверх. Этот восходящий поток может привести к образованию облаков, если будут достигнуты условия точки росы. Скорость подъема потока прямо зависит от скорости движения фронта (если пренебречь прогревом) и обычно составляет 0,2 - 2 м/с. Это относительно мало, но они занимают большие пространства и часто становятся причиной образования слоистых облаков. Например, облака часто закрывают небо над Альпами, западным побережьем США, Кавказом и др.

Динамические потоки возникают при обтекании потоком воздуха неровностей земной поверхности.

Термические потоки возникают при подъеме более теплого воздуха, который в солнечные дни нагревается от земной поверхности. Также сюда включаем восходящие потоки над территориями с более низким давлением, а также комбинации прогрева с фронтальными процессами и конвергенцией. Изолированные термические потоки образуют относительно слабую (за исключением грозы) облачность, в то время как в районах с низким давлением образуются обширные слоистые облака.

ТОЧКА РОСЫ И ВЫСОТА ОБЛАКОВ

Мы уже знаем, что, поднимаясь вверх, воздух остывает и увеличивается его относительная влажность вплоть до насыщения, после чего при определенных условиях начинается конденсация паров и образование облаков. Температура насыщения называется точкой росы. С увеличением относительной влажности увеличивается температура точки росы, которая зависит от меры влажности воздуха. Точка росы может использоваться для определения высоты нижней границы облаков, или базы облаков. Пышные, как будто сделанные из хлопка облака образуются термиками из влаги, поднятой с уровня земной поверхности. Допустим, что, поднимаясь, воздух определенным образом охлаждается, например, 1°C/100 м. Однако, температура точки росы понижается только на 0,2°C/100 м. Таким образом, температуры поднимающегося воздуха и точки росы сближаются на 0,8°C/100 м. Когда они уравниваются, начинается образование облаков.

Как использовать этот факт видно из рисунка 20. Здесь температура воздуха у поверхности 31°C; точка росы - 15°C. Разделив разность на 0,8, получим базу облаков, в данном случае равную 2000 м. На рисунке мы можем видеть, как сближаются температура поднимающегося воздуха и точки росы и выравниваются на высоте

2000 м.

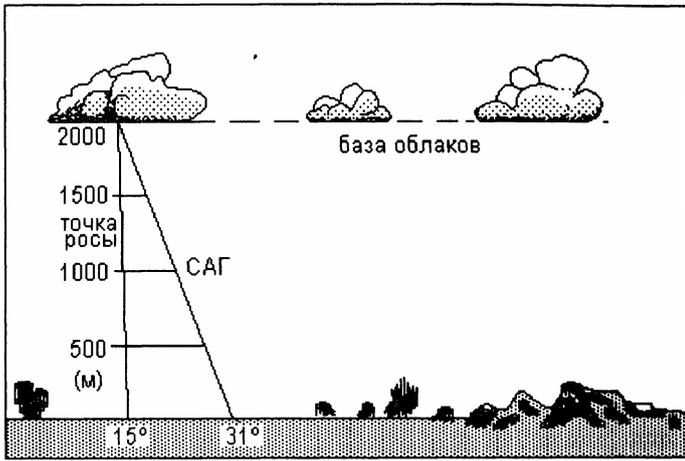


Рис.20 Определение базы облаков

особенно слабо способствуют определению расстояния до них. Практически, опытный пилот, зная район полетов и метеорологию, по форме облаков, их размерам, расстоянию между ними может предположить базу облаков, но проще и точнее делать это методом точки росы.

ФОРМИРОВАНИЕ ОБЛАКОВ

В какой то момент времени поднимающийся воздух достигнет точки росы, имея 100% насыщения, тогда созрели условия для образования облаков. Но, интересная вещь, ему нужно что-то для реализации этих условий. Без "помощника" воздух может стать супернасыщенным, с относительной влажностью более 100%. Этим "помощником" являются мельчайшие частички, находящиеся в воздухе.

Эти мельчайшие частички называются частицами конденсации, потому что они подталкивают пары воды к конденсации вокруг себя, или частицами сублимации, если пар кристаллизуется в лед. Это можно наблюдать на холодном стекле зимой.

Частицами конденсации, вокруг которых образуются капельки, могут быть продукты сгорания, капельки серной кислоты и частички соли. Первые два вида - продукты загрязнения, последние - результат работы волн морских и океанских, бьющихся о берег. В роли частиц сублимации, на которых кристаллизуется лед, выступают также пыль и вулканическая пыль. Частички сублимации сравнительно крупные, и поэтому редко их заносит на высоты, где температура обеспечивает образование льда. Это объясняет, почему после извержения вулкана долго держится верхний уровень облаков.

БАЗЫ ОБЛАКОВ. ОБЛАЧНЫЕ ВЕРШИНЫ

Допустим, над обширной территорией лежит некоторая масса воздуха. С большой долей вероятности можно предположить, что профиль температур, влажность и другие параметры одинаковы над всей местностью. В таком случае высота точки росы, а значит и база облаков над всей территорией одна.

Исключением из правил являются места, где влажность у земли переменная: берега рек, озер... Также воздух, поднимающийся над горами или возвышенностями может дать большую базу, чем над низинами, потому что он начинает подъем с большей высоты, примерно, с такой же температурой. Но это справедливо только для крупных рельефных образований (большие горные массивы, обширные возвышенности), этого не происходит над мелкими холмами и горками из-за перемешивания воздуха. Иногда мелкие пушистые облачка образуются под общим уровнем основной массы облаков. Это обычно происходит, если поднимаются пузыри воздуха большей влажности. В дождливую погоду аналогичное явление наблюдается по причине испарения дождя, а точка насыщения находится ниже из-за более низкой температуры. Это можно иногда увидеть с земли в подходящую погоду (холодный мелкий дождь). Протяженность одной базы облаков зависит от размера территории, над которой формируется воздушная масса с одинаковыми параметрами. Различные типы облаков, расположенные в различных слоях, говорят о том, что они образовались в различных горизонтальных слоях воздуха или при различных процессах.

В то время как база облаков стремится к постоянству, вершины их очень различаются по высоте. Это потому что ничего не ограничивает высоту восходящих потоков в облаках. Они могут входить в некоторое облако и нести влажный воздух намного выше, чем в соседних. Даже обширные слои облаков часто имеют большое различие в высоте вершин, особенно, если воздух нестабилен (см. рис. 21).

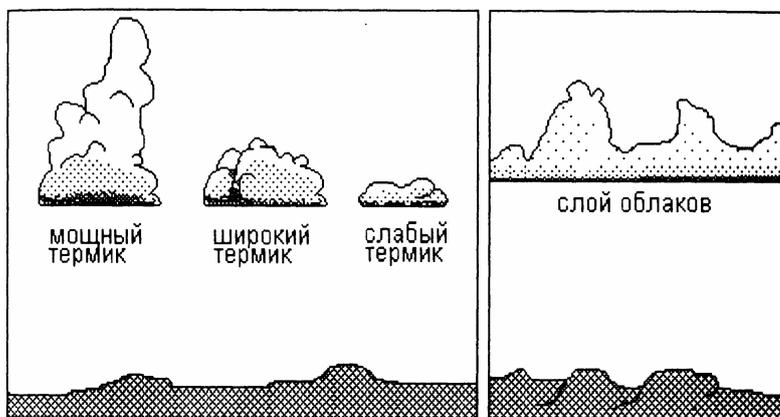


Рис. 21 Вершины облаков

тенденцию к перемешиванию с окружающим воздухом. Первоначально воздух в термике перемешивается только вдоль его границы, но вот водяные пары начинают конденсироваться, образуя облако, происходит выделение скрытого тепла и более интенсивное перемешивание с окружающим воздухом, как показано на рисунке 22.

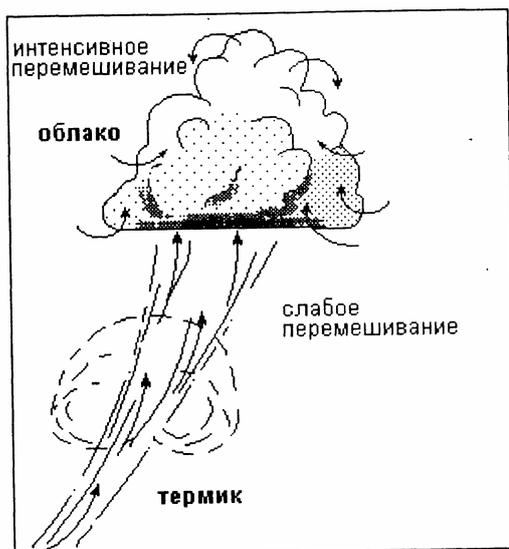


Рис. 22 Перемешивание с воздухом

Продолжающаяся термичность подпитывает облака и может продлить их жизнь сверх отпущенных им 30 минут. Фактически, грозы - это долгоживущие облака, образованные термическими восходящими потоками (глава 11). Они могут жить много часов.

Слоистые облака также имеют тенденцию существовать от нескольких часов до нескольких дней, окружающий воздух в стабильных условиях с ними не перемешивается. Слоистые облака в основном распадаются, когда подъемная сила (фронт или системы с различным давлением) нарастает или спадает.

СТАРЫЕ ОБЛАКА.

Старые облака не умирают, они замирают. Это имеет особое значение для пилотов- парителей, которые для полетов выбирают молодые, формирующиеся облака, а не такие обманчивые. В таком случае, актуально уметь отличать их друг от друга.

Затухающие - это сухие облака. В этих сухих процессах первыми распадаются более маленькие формирования. Это может изменить вид облаков. В основном, более старые облака принимают более тусклый, желтоватый оттенок, чем новые. Это очень тонкое, почти неуловимое отличие, но оно позволяет различать облака. Кроме этого старые облака имеют более размытые кромки.

ДОЖДЬ

Дожди могут серьезно испортить наше настроение, особенно если мы авиаторы, но они просто необходимы для жизни, и мы это прекрасно понимаем. Дождь, конечно, идет из облаков. Но не все облака являются источниками дождя. Смысл этого в том, что при конденсации высвобождается скрытое тепло, что приводит к нагреву капелек воды и удерживает их от дальнейшего роста. Это состояние балансирования типично для жизни облаков и, чаще всего, их жизнь заканчивается не дождем.

Для выпадения осадков необходимо два основных условия: длящиеся продолжительное время восходящие потоки воздуха и высокая влажность. Когда оба эти условия присутствуют, начинается образование

кристаллов льда, которые растут при замерзании частичек воды и пара, или капелек воды, которые также увеличиваются за счет слияния более мелких частичек воды при хаотическом движении их в облаке. Когда снежинки или капли становятся достаточно большими, то под действием сил гравитации начинается снег либо дождь (стр. 23).

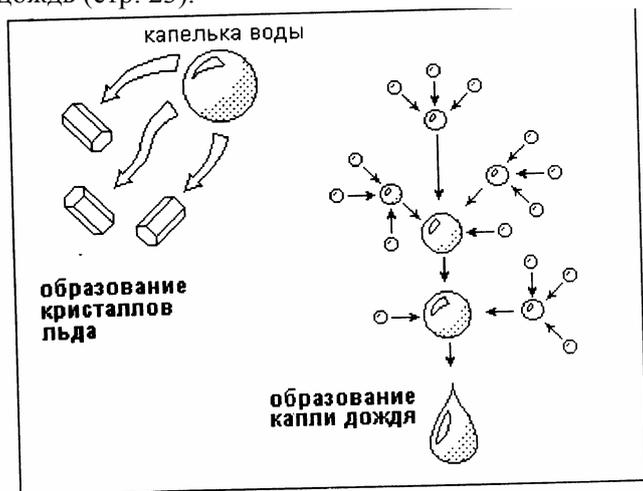


Рис. 23 Процесс образования осадков

поверхность и приводит к тем же последствиям. Более подробно об этом будет рассказано в главах о термиках и грозах.

Дождь, который наблюдается в виде полос, называется *virga* (рис. 24). Это обычно случается, когда он идет из изолированных облаков и солнечные лучи освещают падающие струи. То, что дождь идет полосами, объясняется тем, что падающие капли турбулизируют воздух рядом. Также движущийся автомобиль достигает меньшего сопротивления, двигаясь позади другого автомобиля. Капли догоняют лидера, сталкиваются, тормозятся и падают вместе. Иногда так продолжается до земли. Понятно, что вся эта масса воздуха и воды внезапно останавливается поверхностью. Фактически, могут существовать локализованные зоны воздуха с большей плотностью из-за различных процессов, протекающих при дожде: динамических, охлаждение воздуха при испарении капель и т.д.

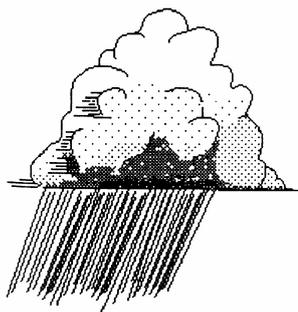


Рис. 24 *Virga*

ВИДИМОСТЬ

Возможность знать свое местоположение - архиважно для пилота. Погода в общем и облака в частности изменяют видимость. Туман может уменьшить видимость до нуля, потому что огромное количество мельчайших частичек воды, взвешенных в воздухе, очень эффективно рассеивают свет. Подобное действие оказывают частицы загрязнения, которые тоже рассеивают свет или поглощают определенную длину световых волн так, что цвет воздуха изменяется из преобладающе голубого в коричневый, красный или желтый. Загрязнения могут дать нам тёмно-красное солнце и небосвод на закате, но они определенно ухудшают видимость в полете.

Дымка или повышенная влажность ухудшают видимость. Водяные пары невидимы, но в летние, жаркие и влажные дни над территориями, где нет недостатка в дождях, воздух может быть насыщен не только парами но и мельчайшими капельками конденсата. Это туман. Он может быть различным по плотности: от исчезающей бледно голубой дымки до плотных Лондонских туманов. Когда туман дополняется загрязнением, получается хорошо всем известное состояние атмосферы, называемое смог (туман и дым).

Слой инверсии, который ограничивает движение воздуха вверх, может очень сильно уменьшать видимость из-за создания слоя тумана или смога вблизи инверсии. Стабильные условия и слабый ветер, в основном, приводят к ухудшению видимости, потому что водяные пары, пыль и продукты загрязнения не разносятся ни вверх, ни по горизонту. Рисунок 26 иллюстрирует эффект влияния инверсионного слоя и стабильных условий на видимость.



Рис.25 Полосы дождя

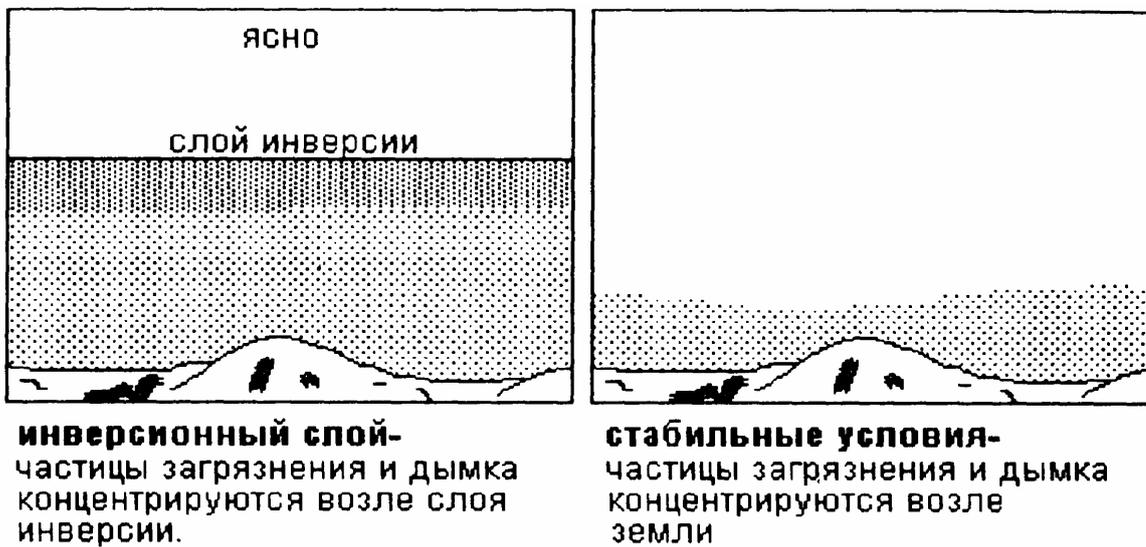


Рис. 26 Видимость и стабильность

ТИПЫ ОБЛАКОВ

Любой человек с нормальным зрением и в здравом уме замечает, что облака сильно отличаются друг от друга по форме, типу и размерам. Неопытный наблюдатель, пытающийся классифицировать облака, может быстро запутаться и отчаяться. Однако, на самом деле это просто, если правильно организовать.

Существует только два основных типа облаков. Это **stratus** и **cumulus**, то есть слоистые (St) и кучевые (Cu). О форме слоистых облаков говорит само название - тонкие плоские или наслаивающиеся, возникающие по причине медленного перемещения обширных масс воздуха. Эти облака покрывают большие площади и делают день серым. Они часто образуются в стабильных условиях, или при спокойном движении фронтов, или при медленных восходящих потоках вокруг систем низкого давления. В некоторых случаях низкие слоистые облака могут быть образованы, когда нижний уровень турбулентности перемешивает воздух и переносит его выше уровня конденсации.

Кучевые облака выглядят, как горы хлопка или огромная цветная капуста, летящие в высоту. Эти облака часто образуются в хорошую погоду, и, если покрывают четверть неба или меньше, они называются облаками хорошей погоды, а образуются от тепловой конвекции или отдельных восходящих потоков, несущих влагу вверх.

Далее выделим два основных типа облаков, которые показаны на рисунке 27.

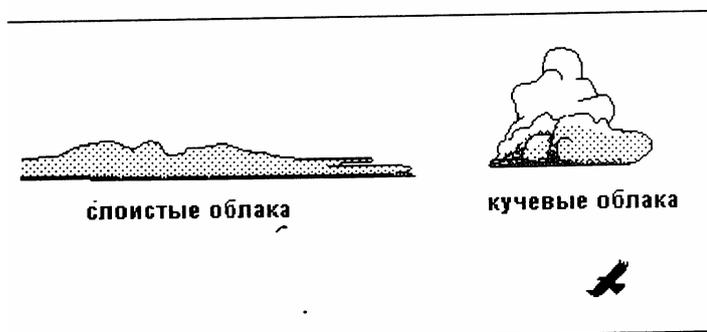


Рис. 27 Два основных типа облаков

Главные типы облаков:

Слоистые - это облака серого цвета слоем или наслоениями. Занимают обширные районы, часто блокируя солнечный свет.

Кучевые - отдельные облака с вершинами на разных уровнях. Они могут быть маленькими или огромными, если развиваются в грозовые.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ВЫСОТАМ

Далее разделим облака по их основной высоте. **Перистые (Cirrus** с латинского завиток, локон) самые высокие облака и состоят из клочков или полос кристаллов льда на высотах 6 - 13 км в умеренном климате. Рисунок 28 показывает классический "лошадиный хвост" перистых облаков и объясняет образование форм, похожих на жгуты, когда льдинки падают из слоев верхового ветра в слой ветра с меньшей скоростью. Понимание этого поможет нам определять по облакам направление ветра на высоте.

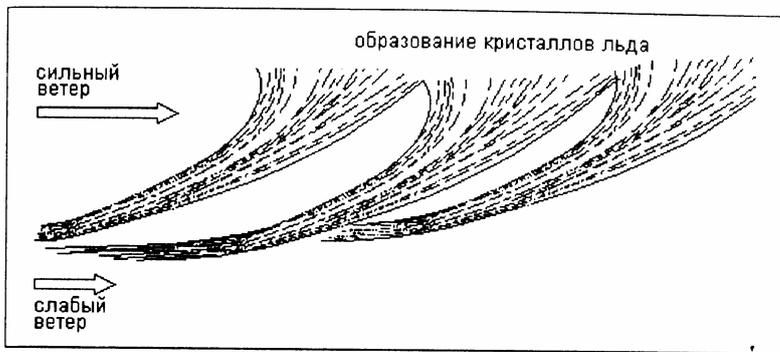


Рис. 28 Перистые облака

cumulonimbus. Мы отвели им место на средних высотах, но, на самом деле, они могут быть ниже или выше,

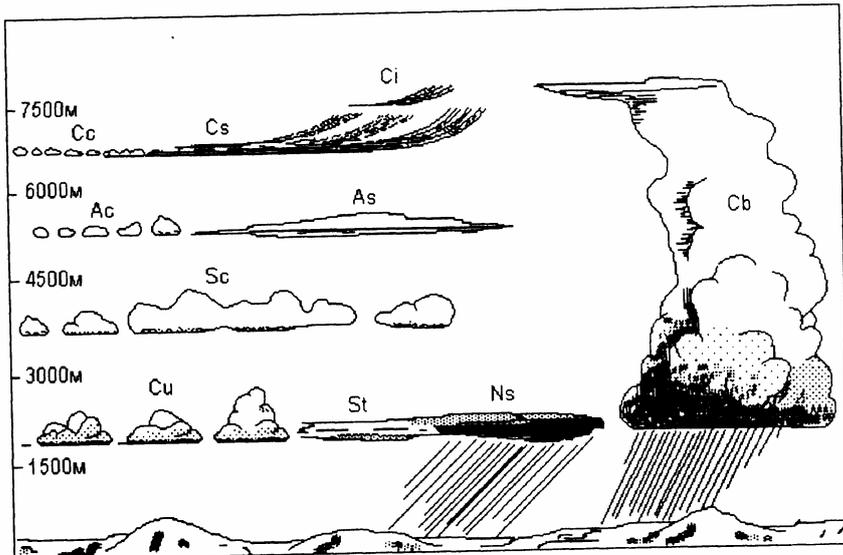


Рис. 29 Типы и высоты облаков

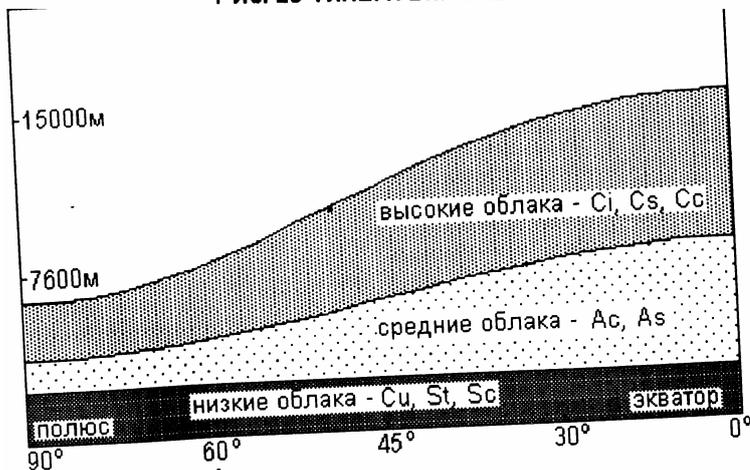


Рис. 30 Высота облаков по широте

Будем использовать префикс **cirro-** для слоистых и кучевых облаков в верхних слоях атмосферы; префикс **alto-** (с латинского высокий как свист) для облаков на средних высотах. Без приставки будем называть облака до высот 2000м. В таблице дана классификация основных облаков для умеренных широт в зависимости от типа и высоты.

Префикс **nimbo-** имеют названия дождевых облаков. Эти облака, по сравнению с другими, выглядят более темными. Следует отметить, что **nimbocumulus** иногда называют

дождевые облака. Эти облака, по сравнению с другими, выглядят более темными. Следует отметить, что **nimbocumulus** иногда называют грозовые тучи могут иметь базу ниже 1000 м, а вершину на высоте более 25 км.

СЕЗОННЫЕ И МЕСТНЫЕ ВАРИАЦИИ

Высотность и тип облаков меняются по широтам и сезонам. Когда воздух холоднее, как в полярных областях или

зимой, относительная влажность выше и воздух ближе к насыщению. Холодный зимний воздух может быть суше, чем летом в доме, но снаружи он вблизи точки насыщения. Как результат, любой восходящий поток приводит к образованию облака с базой более низкой, чем летом.

Более прогретая поверхность зарождает мощную вертикальную конвекцию, которая является причиной конденсации и дождей, а точка насыщения поднимается выше. Результатом этого является то, что облака имеют тенденцию быть выше над экватором и чаще кучевые, а над полюсом ниже и слоистые. Аналогичная картина наблюдается по сезонам: зимой чаще слоистые и ниже, летом чаще кучевые и выше. На рисунке 30 показано изменение высоты облаков над Землей.

МЕНЕЕ ИЗВЕСТНЫЕ ОБЛАКА

Наверное, наблюдение за облаками не так интересно, как наблюдение за птицами, но они всегда привлекают внимание пилотов, особенно если могут дать достаточно информации о погодных условиях. Попробуем описать различные облака и дать пояснения, как узнать, что они предвещают.

ДЫМКА - эта форма облаков хорошо известна и не нуждается в пояснениях. Образовывается, когда тепло и влажный воздух с моря движется на берег, или когда земля излучает тепло ночью в холодный и влажный слой, лежащий над ней.

Народные приметы говорят, что

Летом дымка к хорошей погоде, а зимой к дождю.

Часто горящая дымка на восходе указывает на день с хорошей термичностью.

Когда дымка поднимается вверх - к хорошей погоде, когда дымка опускается - к дождю.

Вечером дымка не зажглась до заката, утром будет пылать до обеда.

ОБЛАЧНАЯ ШАПКА - шапка облака формируется над вершиной горы при возникновении динамических восходящих потоков, или когда морской воздух поднимается, нагреваясь на солнечных прибрежных склонах, а над горой достигает слоя конденсации. Облачная шапка, чаще всего, возникает над горой, как тонкая кучевка, поздним утром и растет до послеполудня. Это облако может достигнуть размеров грозового, если воздух нестабилен.

База облачных шапок часто понижается в течение дня (в отличие от кучевых облаков, база которых часто поднимается из-за уменьшения относительной влажности у земли с повышением температуры). Вызвано это подпиткой влажным воздухом, особенно в горах на побережье. Эта опускающаяся база затемняет небо над горами и портит настроение отдыхающих на побережье. Тропические острова с их теплыми бризами, морем и теплолюбивыми туземцами имеют один недостаток для пилотов: они обычно закрыты облаками, и после обеда идут дожди.



Рис. 31 Облачная шапка

подветренный склон. Этот тип облаков указывает на сильный ветер на высоте облаков и предупреждает об опасности пилотов - энтузиастов.

Шапки облаков постоянно формируются на наветренной стороне и разрушаются на подветренной. Они все время стоят над вершиной горы и не дрейфуют с ветром, поэтому являются плохим указателем скорости ветра, но указывают направление наверху, отклоняясь вершиной.

ОБЛАКА В ВИДЕ ФЛАГА - другой тип облаков, которые образуются над вершинами гор (рис. 32). Ротор с подветренной стороны приводит к тому, что у склона поток воздуха движется вверх и, перемешивая снег, образует облако, которое стекает с хребта за ветер на высоте облаков и предупреждает об опасности пилотов - энтузиастов.

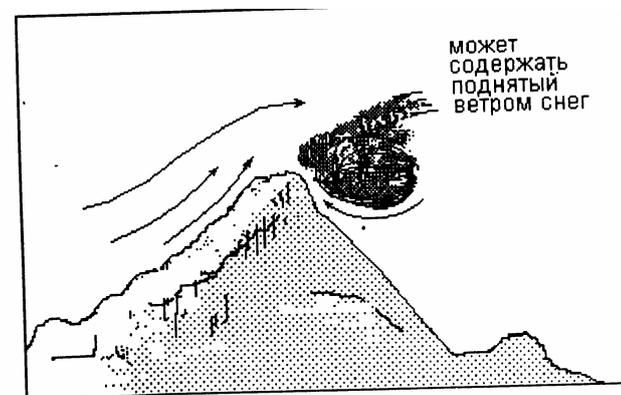


Рис. 32 Облако в виде флага
РОТОРНЫЕ ОБЛАКА

могут образовываться на подветренной стороне горы, за хребтом в сильный ветер и имеют форму длинных жгутов, расположенных вдоль горы.

Эти облака имеют тенденцию стоять в одном и том же месте и указывают на серьезную турбулентность. Они образуются на восходящих сторонах роторов, а разрушаются на нисходящих. Роторное облако показано на рисунке 33 вместе с волновыми облаками.

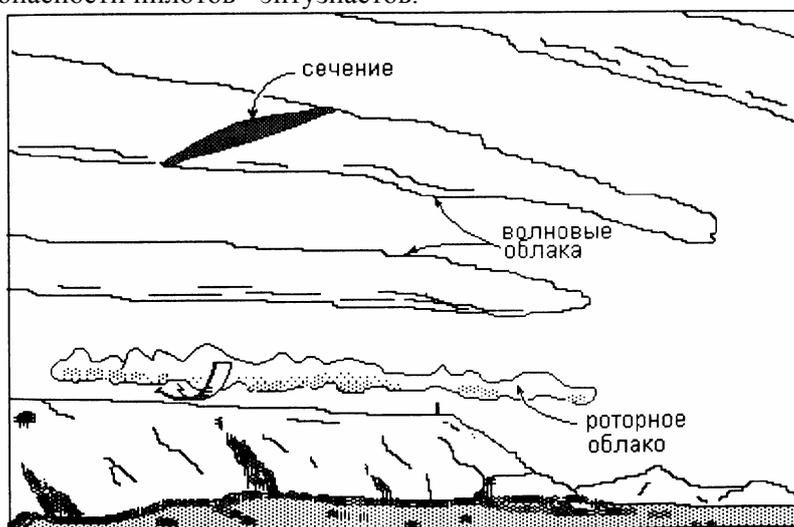


Рис.33 Роторные и волновые облака

ВОЛНОВЫЕ или **ЧЕЧЕВИЦЕОБРАЗНЫЕ ОБЛАКА** формируются, когда воздух движется вверх и вниз волнами, в результате перетекания через горный хребет с большой скоростью. Они имеют форму, как показано на рисунке 33, образуются на восходящей части волны и разрушаются на нисходящей. Эти облака ориентированы перпендикулярно ветру, но не дают информации о скорости ветра, кроме того, что она не менее 24 км/ч. Мы познакомимся с ними поближе в главе 8.

ОБЛАКА ПОДВЕТРЕННОЙ СТОРОНЫ - образуются в очень влажных условиях (часто там, где идет дождь), или облака на уровне горных вершин вблизи них. Маленькие разрозненные барашки, возникающие на подветренной стороне горы, из-за движения воздуха вверх у склона в роторе. Эти облака могут служить указателем направления ветра.

WILLOW ОБЛАКА - облака очень похожие на рябь на воде, только расположенные в небе. Они возникают, когда один воздушный слой (теплый) движется над другим со скоростью достаточной, чтобы образовать волны как на воде. Что же выделяет **willow** облака из волновых облаков. Они могут наползать друг на дружку, находятся на большой высоте, движутся с ветром, но не так быстро. **Willow** облака предсказывают изменение погоды, так как они в основном формируются при подходе теплого фронта. Когда эти процессы затягиваются по времени, образуются плотные цилиндры облаков, которые называются цилиндрическими облаками.

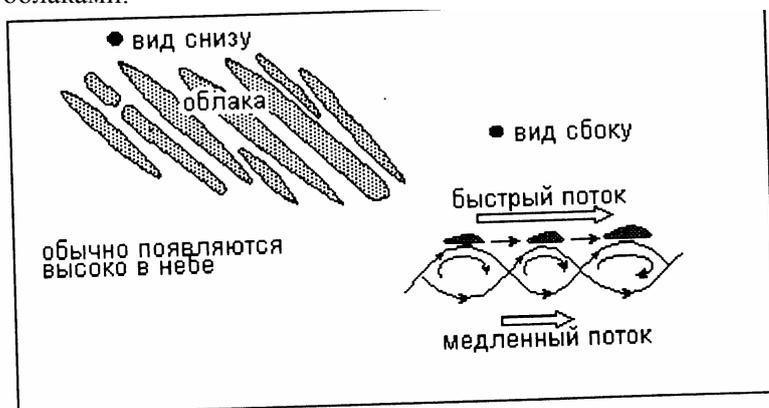


Рис. 34 Willow облака

различных летательных аппаратов. Мы можем определять некоторые типы облаков, базируясь на их индивидуальных особенностях формы. Это, например, **Alto cumulus Lenticularis** - просто высокие волновые облака, в которых заметна некоторая кучевая активность, вызванная нестабильностью в волнах. **Alto cumulus Castellanus** - кучевой тип облаков, связанных в ряды с высокими тунелеподобными структурами. Эти облака часто предвещают грозовую погоду. **Fracto-Stratus** или **Fracto-Cumulus** просто рваные облака основного типа (слоистые или кучевые). Они говорят о сильном ветре или нерегулярных вертикальных потоках.

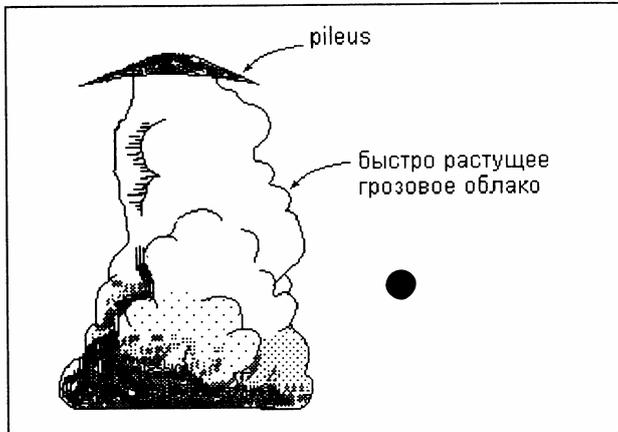


Рис. 35 Pileus облако

проблема возникает, когда кучевые облака растут так быстро, что создается впечатление движения назад. Кучевые облака, формирующиеся на термиках, растут в высоту и имеют меньшую горизонтальную скорость, чем скорость ветра, из-за инерции поднимающегося теплого воздуха (его масса может достигать тысяч тонн).

Надо помнить об исключениях, но ведь это очень хорошая идея определить параметры ветра по движению облаков. Лучше всего это можно сделать, остановившись возле строения или дерева и заметив положение облака относительно неподвижного предмета. Со временем будет видно куда и как быстро оно движется. На рисунке 36 показан вид кучевых облаков в зависимости от скорости ветра. Если вы летите и, естественно, не можете определить направление и скорость движения облаков, тогда это можно сделать, наблюдая за перемещением тени облака на земле. Когда два или более слоев облаков, часто возникают проблемы, связанные с относительностью движения, когда кажется, что верхний слой дрейфует медленнее, чем на самом деле или даже назад. Это проиллюстрировано рисунком 37. Здесь верхний слой облаков кажется движется медленнее, потому что он находится дальше от нас. Путь преодоления этой проблемы - это наблюдать за перемещением облаков относительно неподвижного объекта на земле (опять же здание, дерево...).

МАММАТА ОБЛАКА - часто появляются под дном грозового облака и на вид напоминают вымя, висящее под ним. Эти облака говорят о слабых нисходящих потоках и испарении под грозовым облаком.

PILEUS ОБЛАКА - вершина-высокой грозовой тучи часто выдавливает воздух над собой вверх, так что он быстро поднимается на большую высоту, что приводит к образованию облаков, которые похожи на вуаль, покрывало над грозовым облаком (рис. 35). **Pileus** облака - одни из самых высокорасположенных облаков, и их название часто используется как имена для

ЧТО МОГУТ РАССКАЗАТЬ ОБЛАКА

Облака неотделимы от среды, в которой находятся, и очень много могут рассказать о том, что в ней происходит. Это неоценимая помощь пилотам.

СКОРОСТЬ И НАПРАВЛЕНИЕ ВЕТРА

Облака могут рассказать о ветровой обстановке по высотам. Однако, как говорилось выше, не все облака движутся с ветром (волновые, роторные, облачные шапки и др.)

Кроме того, слоистые облака не показывают дрейф, если они очень похожи, или занимают большое пространство, что не позволяет видеть их движение. Другая

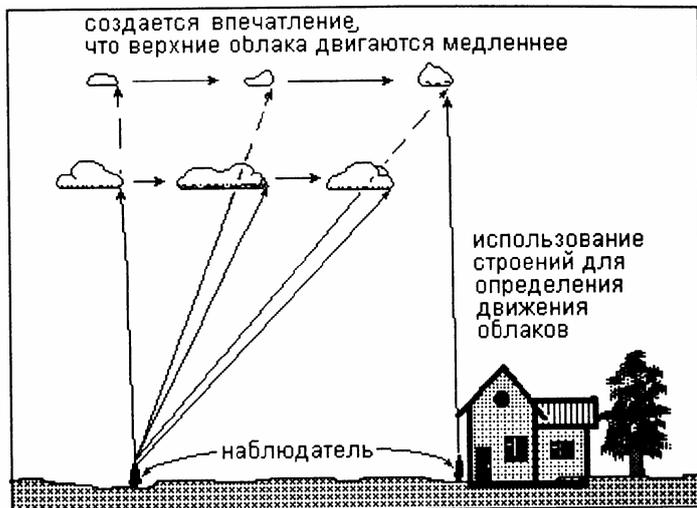


Рис. 37 Определение скорости и направления движения облаков

Каждое облако несет не одну подсказку о погоде, и они касаются не только ветра.

Кучевые облака с плоскими вершинами говорят о наличии слоя инверсии над ними. Такая инверсия часто связана с приближением барической системы высокого давления. Это предсказывает ясную погоду с безоблачным небом, за исключением изолированных кучевых облаков, образованных термиками.

Часто в небе видны группы облаков. Это могут быть различные по толщине слоистые или выстроившиеся в ряд кучевые облака (гряды, ряды, улицы). В главе 10 мы познакомимся с ними детальней. Линия растущих, возвышающихся кучевых облаков часто говорит о быстро приближающемся холодном фронте со всеми сопутствующими ему изменениями. Можно ожидать приход холодных масс, высокую турбулентность и изменение ветра как по скорости, так и по направлению.

Высокие группы облаков часто к хорошей погоде. Длинные группы высоких перистых облаков связаны со струйными потоками, параллельными им (глава 5), и часто предсказывают будущее направление ветра у земли. Когда верхний уровень облаков движется в направлении отличном от ветра у поверхности (скажем на 90° или более), это говорит о том, что низовой ветер изменится и чаще всего повернет до верхового. Если группы облаков в струйных потоках стационарны, то не следует ожидать изменения погоды ближайшие 12 часов или около того.

Если высокие облака уходят, и небо становится чистым, это говорит о том, что возможно улучшение погоды. С другой стороны, если слоисто-кучевые облака перемещаются при малой скорости ветра у земли или вообще в штиль, то направление их движения свидетельствует о направлении верхового ветра, а это говорит о том, что у земли будет ветер может на 20° левее (против часовой стрелки) в северном полушарии, или правее (по часовой стрелке) в южном.

Когда группы перистых облаков в их различных формах становятся более густыми и опускаются ниже, это хорошая примета, что на пути к нам теплый фронт и будет здесь примерно через 24 часа. Скорость, мощь и сопутствующие явления зависят от того, как быстро увеличиваются и движутся облака.

Другие виды облаков, такие как цилиндрические вдоль хребта и остальные, связанные с горами, так же хорошо подсказывают условия и предсказывают погоду, как и равнинные

ПРИЗНАКИ ВОСХОДЯЩИХ ПОТОКОВ

Пилоты-парители всегда ищут восходящие потоки. Другие планирующие аппараты и птицы, набирающие высоту, поднимающаяся пыль и кучевые облака - друзья пилотов. Конечно, куче облака должны быть на нужной стадии

развития, в противном случае они не будут базироваться на земных термиках и их не просто использовать. Даже, когда кучевые облака расположены в нескольких сотнях метров над пилотом, он вознаграждается за то, что движется под них, потому что либо термичность под облаком, либо процессы в облаке приведут к хорошим восходящим потокам.

Облака, базирующиеся на волнах и конвергенции, также хорошие указатели восходящих потоков. Пилоты-спортсмены рассказывают, что пересекали около 10 км равнины, двигаясь под плоское длинное облако конвергенции и были вознаграждены, найдя устойчивый восходящий поток, растянутый на десятки километров.

Когда пилот находится в длительном маршрутном полете, для него исключительно важно знать типы облаков и какова их активность в данный момент. Слабо активные облака имеют тенденцию иметь привлекательный вид, но это обманчиво, потому что оно часто уже распадается и не имеет ценности для пилотов.



Рис. 36 Кучевые облака в ветер

ИНДИКАТОРЫ ПОГОДЫ

Облака могут подсказать на что нам надеяться в смысле грядущих погодных условий. Низкие облака предупреждают, что в запасе осталось несколько минут или часов хорошей погоды, в то время, как высокие облака обещают от нескольких часов до нескольких дней.

В главе 9 мы более детально рассмотрим природу кучевых облаков, возникающих на термиках.

ПРИЗНАКИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

Турбулентность - это перемешивание воздуха. Поскольку облака рождаются в воздухе, они очень часто служат надежными индикаторами турбулентности. На рисунке 38 показаны различные облака в турбулентных условиях.

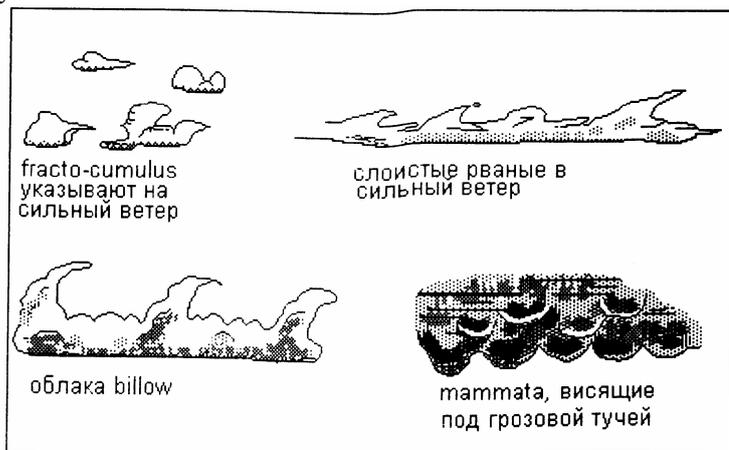


Рис.38 Облака, указывающие турбулентность

Наблюдая за деталями и кромкой слоисто-кучевых облаков, можно с большой вероятностью рассуждать о турбулентности.

ПРИЗНАКИ ДОЖДЯ

Облака могут быть различных цветов и оттенков, в зависимости от того, как они пропускают солнечный свет. Они могут менять цвет на закате и на рассвете. Есть такая примета: красное небо вечером - моряку удовольствию; красное небо утром - предупреждение.

Темный цвет облаков часто зависит от того, насколько сильно они поглощают свет. В основном это определяется количеством влаги в них. Дождевые облака всегда достаточно темные, особенно в основании. Они становятся темнее с укрупнением капель.

Облака могут нам рассказать о:

скорости и направлении ветра. По дрейфу, наклону облаков и насколько они рваные.

погоде. По направлению ветра на различных вы сотах и изменению типа облаков.

На изменения часто указывают группы облаков.

восходящих потоках. По кучевым, волновым облаками и облакам конвергенции.

турбулентности. По типу облаков и насколько они рваные.

дожде. По цвету облаков и его изменению, а также по росту размеров.

ПОЛЕТЫ В ОБЛАКАХ

В этой книге не даются рекомендации, как летать. Однако, некоторые характеристики облаков, которые мы изучили здесь, наталкивают на мысль сказать "нет" всем пилотам, которые задумывают полетать внутри. Когда облака образуются, они выделяют скрытое тепло. Это делает их еще более нестабильными и, как результат, усиливается турбулентность. Совершив полет на небольшом самолете над, под и в облаке, можно сравнить условия. В облаке обычно все резче и опаснее. Отметим тот факт, что турбулентность, вызванная роторными и грозowymi облаками, может разрушить самолет.

Но еще большая опасность в облаках - это потеря ориентации и контроля пространственного положения, из-за отсутствия каких-либо видимых ориентиров. Только в облачных грядах можно более или менее безопасно лететь, пользуясь прибором скорости, указателем крена и компасом (предпочтительно гирокомпас, потому что магнитный не столь точен в поворотах).

ИТОГИ

Облака могут много рассказать нам о процессах, протекающих в небе. Они изменяют характер окружающего их воздуха. Каждый пилот имеет повышенный интерес к облакам, потому что знание их может сделать полет более приятным, удачным и безопасным.

ГЛАВА 4 Метеорология

Когда люди думают о погоде, они подразумевают только то, что передают в сводке Гидрометцентра по телевизору или радио и верят, что в выходные будет солнечно, а бури и ненастья останутся только на бумаге. Их определенно не волнуют волновые потоки или фронты, циклоны или антициклоны, а упоминание о возможности где-то урагана или тайфуна вызывает только разной степени раздражение или просто пропускается мимо ушей. Но пилотам, более чем кому-либо, надо знать метеорологию, чтобы прогнозировать возможные изменения погодных условий и, конечно, для умения находить восходящие потоки воздуха.

Зная метеорологию, мы можем по синоптической карте и изменениям погоды самостоятельно сказать, что будет в радиусе сотен километров через один или даже несколько дней. Для сравнения, микрометеорология позволяет говорить о погоде в более мелких масштабах (до 80 км) и сроках (не более суток). Несмотря на то, что для нас больше представляет интерес погода в районе полетов, все-таки в этой главе мы займемся изучением именно метеорологии в широком смысле, так как без знания ее невозможно серьезно знать микрометеорологию.

Конечно, чтобы знать метеорологию, надо проштудировать много толстых книг, но поскольку нашей целью является не подготовка специалистов метеорологов, то постараемся взять только основное, наиболее важное и ограничиться одной главой в этой книге. Отметим, в главе 12 приводятся источники информации о погоде и правила их использования.

ДВИЖЕНИЕ АТМОСФЕРЫ

Из космоса наша планета выглядит как большой голубой бильярдный шар. Солнце находится на удалении 148 800 000 км от Земли. Даже, учитывая такое огромное расстояние, через космическую пустоту переносится огромное количество тепла. Экваториальная зона планеты является основным получателем солнечного теплового излучения и его хранилищем, просто потому, что там солнечные лучи падают на поверхность почти перпендикулярно. Теплые тропические районы нагревают воздух над собой, в то время как полярные охлаждают.

Как говорилось ранее, относительно более теплый воздух поднимается вверх, а более холодный опускается. В результате получаем глобальную циркуляцию воздуха на Земле, как показано на рисунке 39. Отметим, что поднимающийся воздух центруется относительно точек, в которых солнечные лучи падают на Землю перпендикулярно. Эти точки перемещаются от $23,5^\circ$ северной широты до $23,5^\circ$ южной в зависимости от времени года.

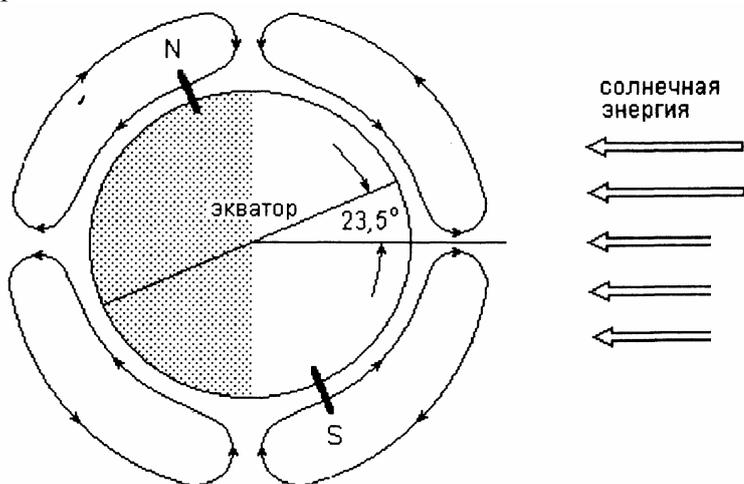


Рис. 39 Циркуляция воздуха на Земле

воздуха в том числе) во вращающейся системе, имеют тенденцию отклоняться вправо в северном полушарии и влево в южном. В результате истинная циркуляция происходит, как показано на рисунке 40.

Огромная масса воздуха, поднявшись в экваториальных районах, движется на север либо на юг, собравшись в верхних слоях атмосферы. Эффект Кориолиса, нулевой на экваторе, усиливается до максимума на полюсах. На первых порах течение воздуха не изменяется. Далее воздух доходит до 30-й параллели и поворачивает к поверхности, разделяясь на два течения: северное и южное, причем северное

На самом деле циркуляция в атмосфере не так проста, вызвано это огромными расстояниями и эффектом Кориолиса. Как показано в главе 2, эффект Кориолиса является причиной того, что все свободно передвигающиеся объекты (и потоки

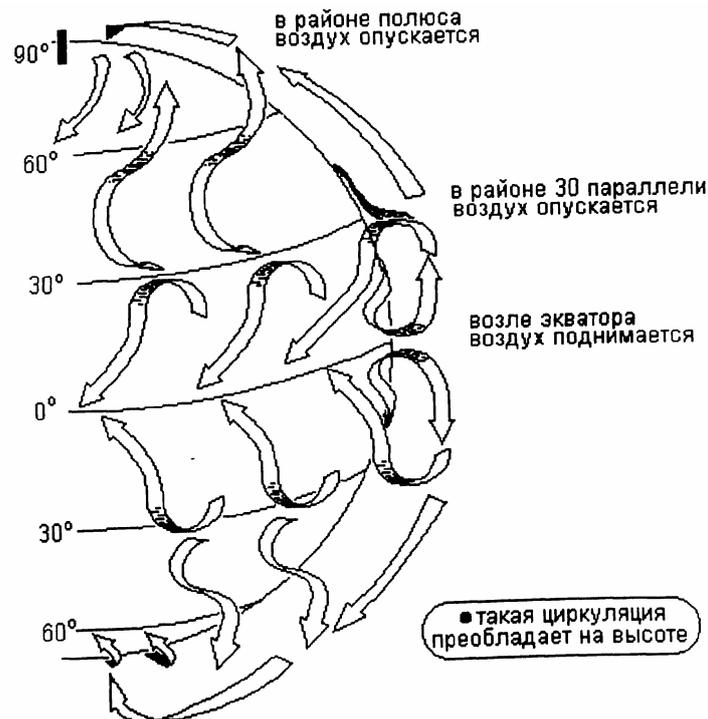


Рис.40 Модель циркуляции

поднимается вверх и поворачивает направо, что приводит к господству в средних широтах западных ветров; воздух, движущийся к экватору, у поверхности поворачивает тоже вправо, вызывая ветра, направленные на запад (см. рис. 40). Движущийся дальше к полюсу воздух, вверху остывает. Над полюсом он, продолжая остывать, опускается, поворачивает вправо, образуя восточные ветры, и в районе 60-й параллели они встречаются с западными, вступая в конфликт. Будучи легче, теплый и часто влажный воздух западных течений вытесняется вверх над холодными полярными восточными течениями и направляется к полюсам.

Продолжение накапливания воздуха создает определенный избыток давления в полюсной шапке, это является причиной возникновения "северных сияний" и образует воздушное течение на юг в северном полушарии и на север - в южном, в отдельных случаях до 25-й параллели. Этот процесс несколько снижает давление в полярных широтах и несет холодный воздух в теплые климатические зоны.

В районе 30-й параллели движение у поверхности создают только слабые ветры. Пояс высокого давления здесь называется тропическим поясом высокого давления и существует в обоих полушариях. Во времена парусных судов моряки называли эти места "лошадиными" широтами, потому что часто попадали здесь в штиль, и приходилось максимально облегчать корабли. Выбрасывали за борт балласт, личные вещи и особенно тяжелые вещи, в том числе и повозки, которые везли с собой для колонизации Нового Света. У облегченного корабля было больше шансов реагировать на легкие бризы, позволявшие медленно, как на ленивой лошади, передвигаться в этих районах.

Возле экватора зона низкого давления называется поясом низкого экваториального давления, или **Intercontinental Convergence Zone (ITCZ)**. Слабые ветры на малых высотах здесь потому, что воздух обычно движется вертикально. **ITCZ** хорошо известна как штилевая полоса. Старые моряки вспоминают, как многие дни сидели здесь и смотрели на горизонт в ожидании ветра.

На первый взгляд, сейчас все упрощается, благодаря спутникам, которые "видят" погоду и передают данные на Землю. Однако нарисованная здесь модель служит как опорная и хорошо иллюстрирует процессы происходящие между высоким давлением на полюсах с холодными воздушными массами и высоким давлением в тропиках с теплыми, что является причиной постоянного изменения погоды в средних широтах или умеренной зоне.

ВОЗДУШНЫЕ МАССЫ

Если воздух над территорией диаметром 1600 км и более имеет примерно одну температуру и влажность, мы называем его воздушная масса. Ее температура и влажность определяют состояние воздуха. Он может быть холодным, если образовался в полярных районах или теплым, если пришел из тропической зоны. Если он пришел с моря и имеет повышенную влажность, он называется морской, а если с суши и более сухой - континентальной воздушной массой. На рисунке 41 показаны четыре типа воздушных масс, нанесенные на карты Северной Америки и Европы и типичные для них. Понятно, что в Австралии господствуют только морские арктические и тропические воздушные массы.

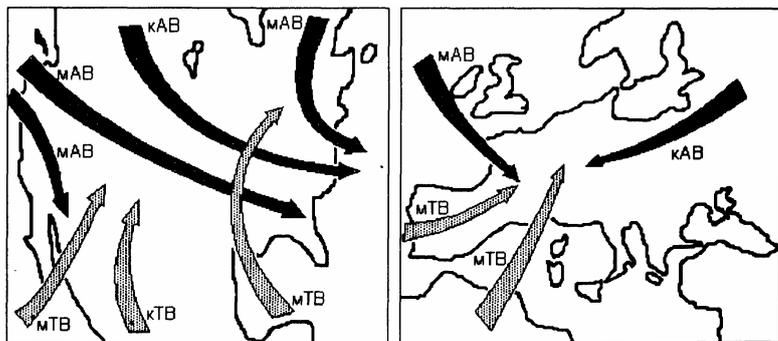


Рис. 41 Движение воздушных масс

Морской тропический воздух (мТВ)- теплый и влажный. Приходит с моря.

Обсудим, как влияют приземные воздушные течения на погоду. Например, влажный морской воздух чаще легче сухого из-за наличия в нем более легких паров воды. Значит, относительно более влажные воздушные массы стремятся подняться над другими, имеющими такую же температуру. Также понятно, что насыщенный воздух, поднимаясь над холодной массой или перетекая через горный хребет, остывает и может достигнуть того состояния, когда начинается конденсация водяных паров, то есть образуются облака и возможны дожди. Процесс конденсации приводит к высвобождению скрытого тепла и некоторому повышению температуры воздуха, если воздух продолжает подниматься вверх из-за набегания потока на гору, он к тому же сжимается. Это приводит к мысли, что условия будут изменяться по высоте (приложение III). Эти процессы характерны для больших по площади сухих территорий, протянувшихся вдоль океанских или морских побережий (запад Северной и Южной Америки, северная Африка и др.).

Холодные воздушные массы, двигаясь низом с севера, в основном, проходят над более теплой поверхностью, которая нагревает их и вызывает нестабильность, как показано на рисунке 42. С другой стороны,

Типы воздушных масс

Континентальный арктический воздух (кАВ)-холодный и сухой. Формируется над сушей.

Морской арктический воздух (мАВ) - холодный и влажный. Приходит с моря.

Континентальный тропический воздух (кТВ)-теплый и сухой. Формируется над сушей.

теплые воздушные массы, двигаясь на север, часто на более холодные территории стабильны, потому что нижний слой охлаждается. Последнее утверждение не является твердым правилом; во многих случаях теплые воздушные массы приносят с собой так много влаги, что они становятся нестабильными и могут даже привести к грозе. На рисунке 43 показан вид сбоку атмосферы от полюса до экватора, демонстрируя движение воздушных масс. Это идеализированное сечение дополняет рисунок 40. Отметим, что тропопауза поднимается к экватору, где воздух больше циркулирует. Также указаны фронты и струйные течения, движущиеся с запада на восток (на рисунке от нас), которые мы рассмотрим в следующей главе.

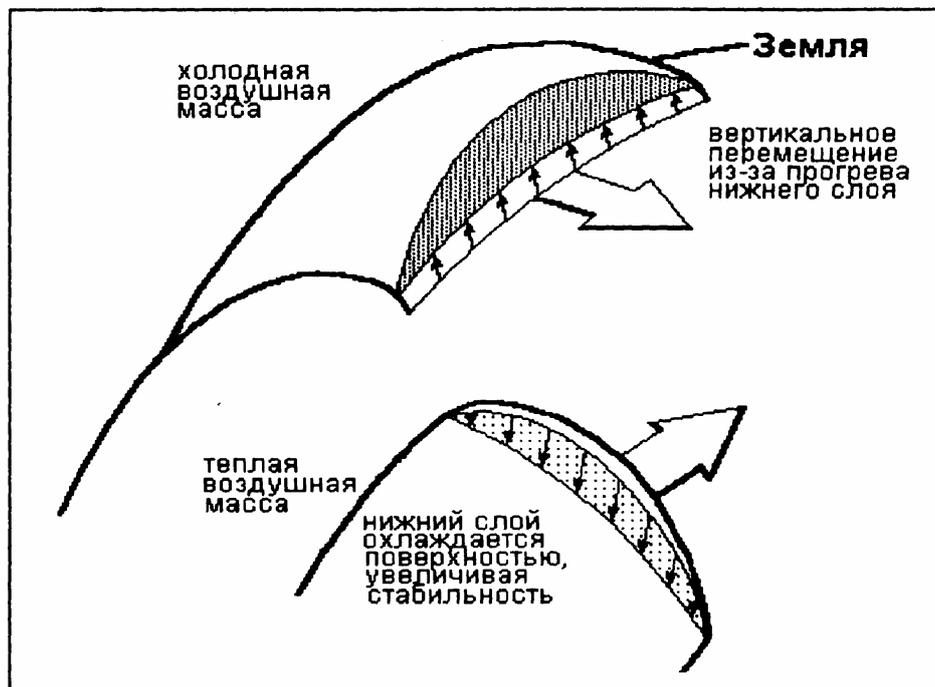


Рис. 42 Стабильность воздушных масс

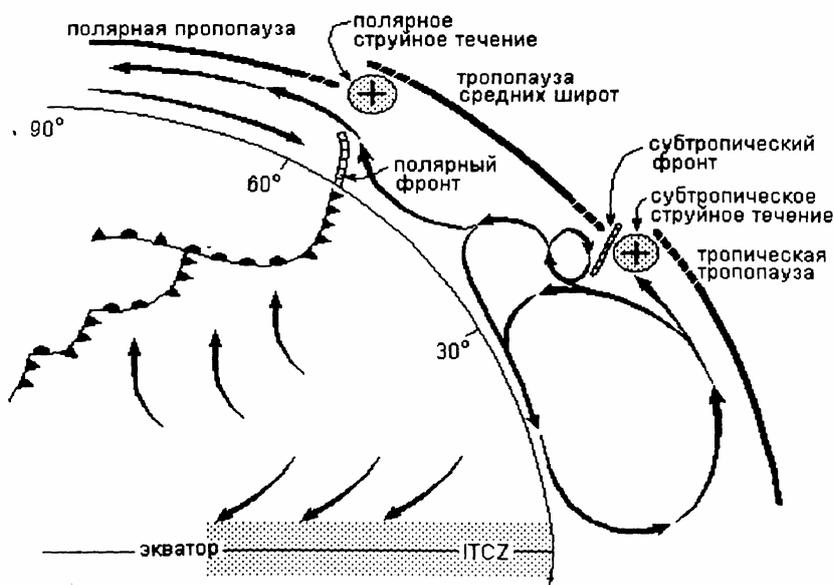


Рис.43 Сечение атмосферы

ЗНАЧЕНИЕ ФРОНТОВ

Все мы видим на телевизионных картах погоды фронты, пересекающие огромные территории. Они несут с собой изменение погоды и, обычно, сопровождаются образованием облаков и осадками. Пилоты должны понимать условия образования фронтов и их поведение, что очень важно для прогнозирования погоды.

Фронтом называют границу между холодной и теплой воздушными массами, как показано на рисунке 44. Если вперед движется более холодный воздух, то фронт называется **холодным**, если вперед движется теплый воздух, то это **теплый фронт**. На рисунке 45 показано, как фронты обозначаются на картах погоды. Иногда воздушные массы движутся вперед, до тех пор, пока их не остановит возросшее перед ними давление. В этом случае фронтальную границу называют **стационарным фронтом**. В данном случае важно, что фронт разделяет воздушные массы с различной температурой, а значит и разной плотности. Воздушные массы разной плотности

не стремятся к перемешиванию, подобно, например, маслу с водой. Следовательно, стационарный фронт может стоять несколько дней.

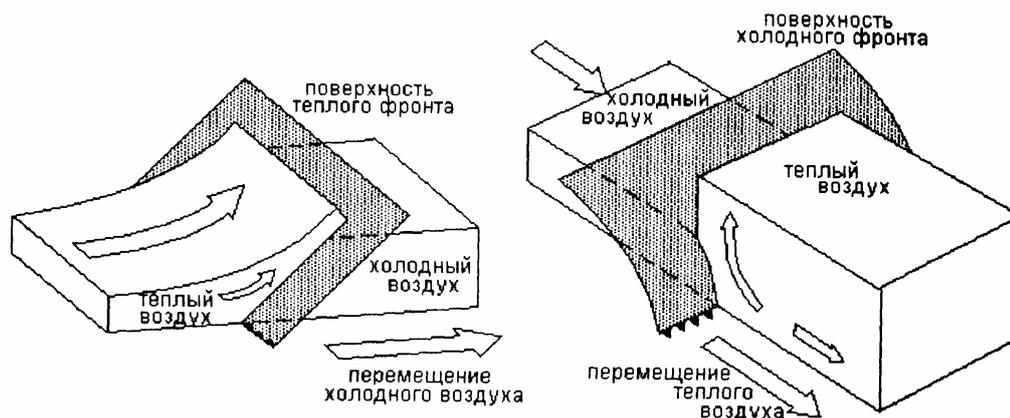


Рис. 44 Теплый и холодный фронты

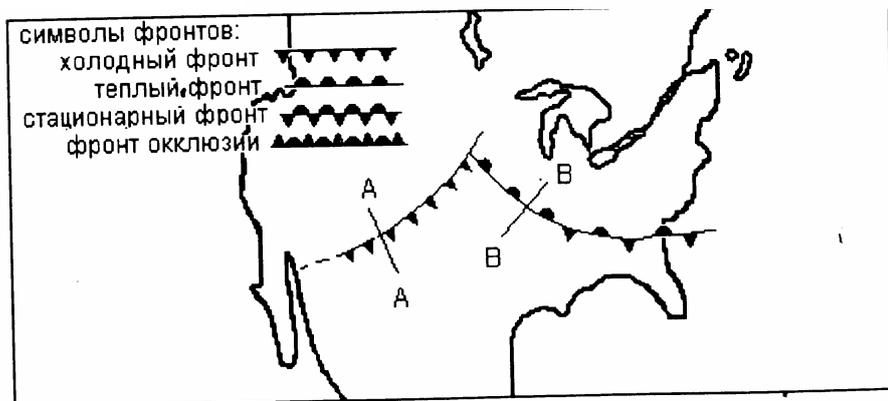


Рис. 45 Фронты на карте

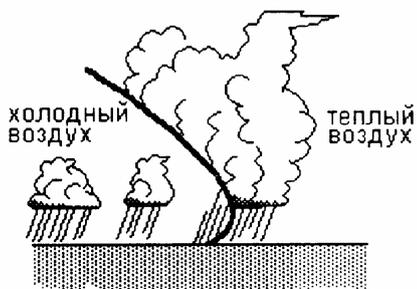
нестабильный теплый воздух поднимается, вытесняемый холодным, и формирует конвективные облака. Этот тип фронтальной активности часто сопровождают грозы и шквалы.

ХОЛОДНЫЙ ФРОНТ

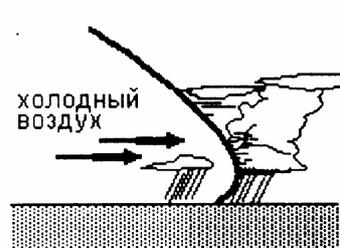
Холодный фронт движется, в основном, с севера на юг в северном полушарии и наоборот в южном. Этот фронт в своей передней части состоит из холодного, часто сухого воздуха. На рисунке 46 показано сечение холодного фронта, отмеченное на рисунке 45 (AA). Здесь мы рассмотрим две возможные ситуации: холодный воздух замещает неустойчивый или устойчивый воздух. В первом случае



● неустойчивый воздух



● устойчивый воздух



Шквалы продолжаются грозами, что распространяется на 80 - 500км в глубину от фронта и вдоль него. Экстремальные условия погоды, в том числе и шквалы, рассматриваются в главе 11. Наличие шквала может значительно растянуть период плохой погоды.

Холодные фронты имеют тенденцию к большей энергоемкости, чем теплые и могут перемещаться со скоростью более 60 км/ч, особенно зимой, когда воздух более плотный. Быстрое движение фронта определяет более бурный характер погоды, но, в тоже время, более быстрое его прохождение. Наклон холодных фронтов изменяется от 1/30 до 1/100, что при его движении вперед создает сильный подъем теплого воздуха. Наклон зависит от температурного

Рис. 46 Сечение холодного фронта

контраста между воздушными массами и скорости ветра через фронт.

Если условия стабильные перед и после холодного фронта, то формируются в основном слоистые облака. В этом случае наблюдается медленное очищение неба после фронта, но сам фронт протекает вяло. Пилоты, в

основном, ищут начало холодных фронтов, особенно в жаркие месяцы. Смысл этого в том, что холодный фронт несет чистое небо, или усеянное кучевыми облаками, очень хорошую видимость, термики для парителей и плотный воздух для летающих с мотором.

ТЕПЛЫЙ ФРОНТ

Теплые фронты часто неприветливы к пилотам. Они могут нести с собой закрытое облаками небо, высокую влажность, дымку и туманы, жару и дожди на несколько дней. Только если воздушная масса сухая или приходит суровой зимой, мы робко приглашаем теплый фронт. Прохождение теплого фронта показано на рисунке 47 (сечение ВВ рис. 45). Теплый воздух набегает на холодный сверху и вытесняет его. Теплые фронты имеют тенденцию двигаться медленнее, чем холодные - 25 км/ч и менее - и отличаются меньшей плотностью воздуха. Наклон его поверхности колеблется от 1/50 до 1/400, что положе, чем у холодного. Такой наклон теплого фронта, является причиной того, что небо полностью

закрыто облаками, на расстоянии более чем 2400км. Приближение теплого фронта можно предсказать по тому, что за день или два появляются перистые облака далее развивающиеся в перисто-слоистые и перисто-кучевые. На рисунке показаны два типа теплых фронтов: несущие стабильный и нестабильный теплый воздух. В первом случае, нас ожидает длительный период дождя и в основном спокойные условия, возможно, до самого фронта. В случае нестабильного воздуха нас ожидают проливные дожди, чередующиеся с мелкими, морозящими, возможна сильная турбулентность с грозами (глава 11). В любом случае, время прохождения теплого фронта лучше переждать под крышей, мечтая о полетах и штудирова литературу по метеорологии.

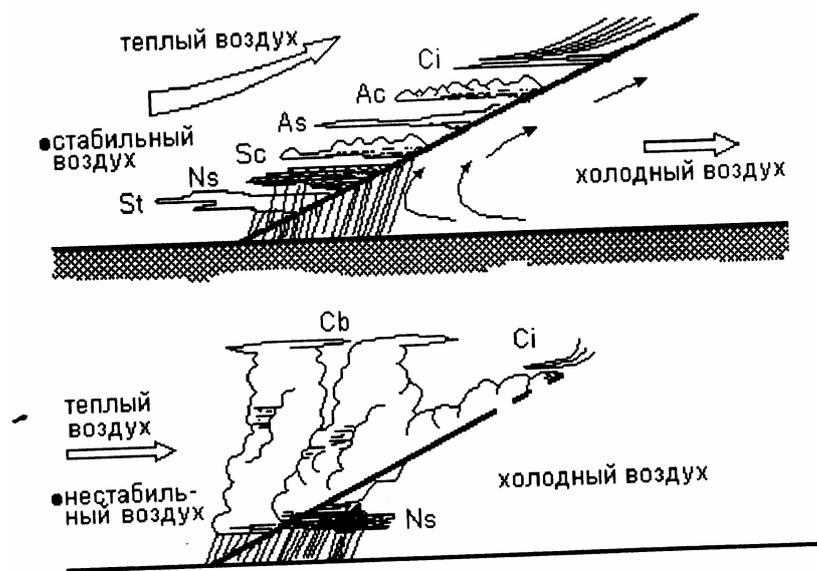


Рис. 47 Сечение теплого фронта

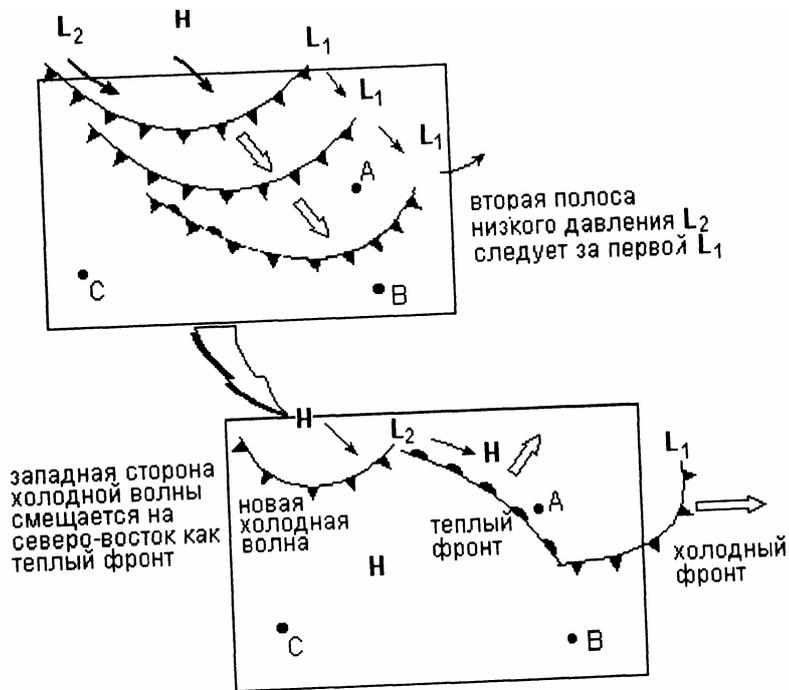


Рис. 48 Движение фронтов

Подведем некоторые итоги:

Холодные фронты проходят в течение часов, приносят шквалы или приводят за собой другой фронт. Они обычно приносят сухой, более холодный воздух с хорошей видимостью и нестабильные условия.

Теплые фронты могут проходить день или несколько дней, проходят с образованием облаков и с дождями. Они несут тепло, влажность, и часто за ними приходит стабильный воздух.

ДЕЙСТВИЯ ФРОНТОВ

Мы можем представлять холодный фронт как волну холодного воздуха, движущуюся из полярных районов. Его приносят, в основном, западные ветры,

которые дуют в умеренных широтах, где, собственно, и происходят все фронтальные процессы. Фронты имеют тенденцию двигаться в восточном направлении (в обоих полушариях). Как протекает процесс по времени, показано на рисунке 48. Для примера взят гипотетический континент или континентальные массы.

На первой фигуре показано движение над континентом волны холодного воздуха. Холодный фронт представлен в развитии. Он выходит из системы с низким давлением, указанной на рисунке буквой L и движется к системе с высоким давлением (на рисунке H). Объясним это ниже.

Так как фронт движется у поверхности, он в конечном итоге, должен противостоять высокому давлению в низких широтах по мере продвижения к востоку. Западная часть холодного фронта притормаживает продвижение вперед и также начинает двигаться на восток, как бы создавая теплый фронт. Исходный холодный фронт, продолжая отклоняться к востоку, может дойти до моря или, в конце концов, температура его выровняется с окружающим воздухом и процесс прекратится. Новая полоса низкого давления с новым холодным фронтом движется вслед за первым, исходным. Таким образом мы рассмотрели стандартный процесс протекания холодного фронта, преобразующегося в теплый и следующего за ним опять холодного и т.д. Это в полной мере ощущают на себе проживающие в пункте А. Жители В могут попадать в зону действия фронтов только в очень суровые зимы, а граждане С могут вообще никогда не видеть фронтов.

ВОЗМОЖНЫЕ ВАРИАНТЫ ФРОНТОВ

Мы уже знаем, что фронты могут сопровождаться стабильным и нестабильным воздухом, проходить быстро или медленно. Они также могут изменять свое поведение в зависимости от подстилающей поверхности или давления в окружающем пространстве. Высокие горные хребты могут частично блокировать фронты, усложнять их движение и процессы в них. Движение барических систем может разрушать фронты или превращать их в стационарные еще до выравнивания температур, заставляя их двигаться назад как обратный фронт или восстанавливать и продолжать движение. Иногда холодные фронты могут разрушаться и выравниваться в направлении запад-восток, возможно движение вверх или вниз, образование стационарных фронтов и тогда гарантирована плохая погода на несколько дней в месте их стояния (рис. 49). В других случаях западные части холодных фронтов могут сильно давить вперед, выгибаться так, что весь он кажется расположенным с запада или даже с юго-запада (в северном полушарии), как показано на рисунке 50а в точке А. Это иногда называют **back door front**, хотя настоящий back door холодный фронт показан на рисунке 50в, где он движется вниз с северо-востока (опять в северном полушарии). Этот процесс типичен для северо-западных районов Североамериканского континента также как и для Европы. **Back door** фронт обычно приносит относительно не широкую полосу холода, нестабильный воздух, термики, возникающие в таком фронте, ограничиваются по высоте.

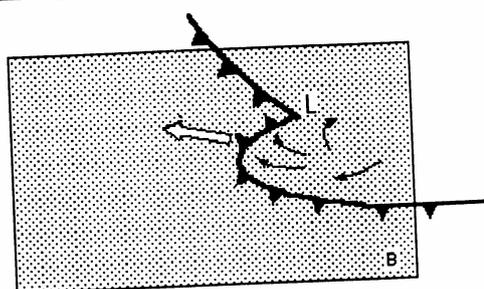
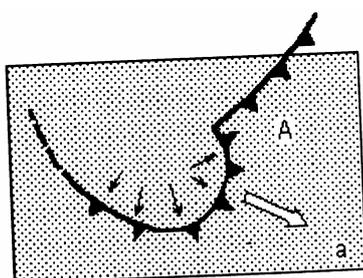


Рис.50 Back Door фронты

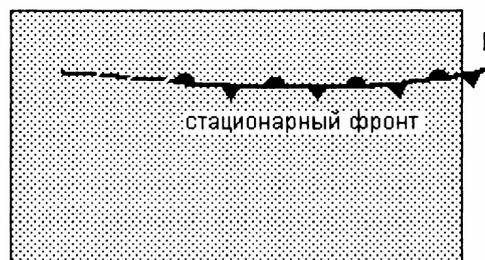
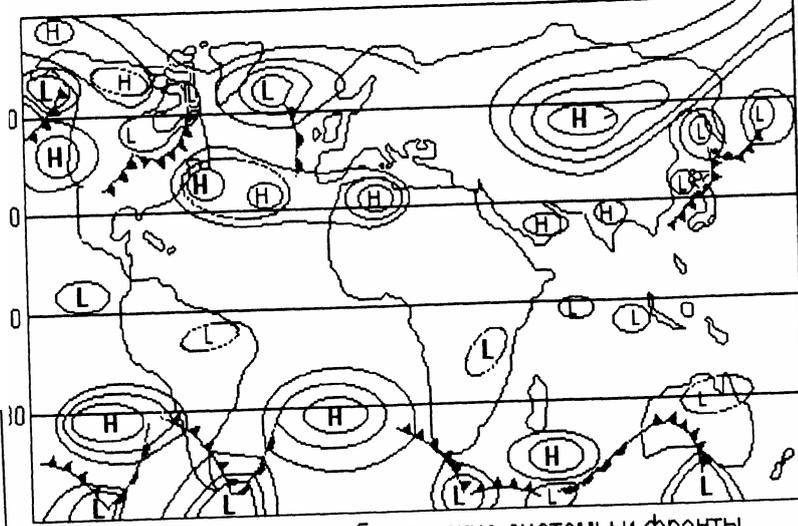
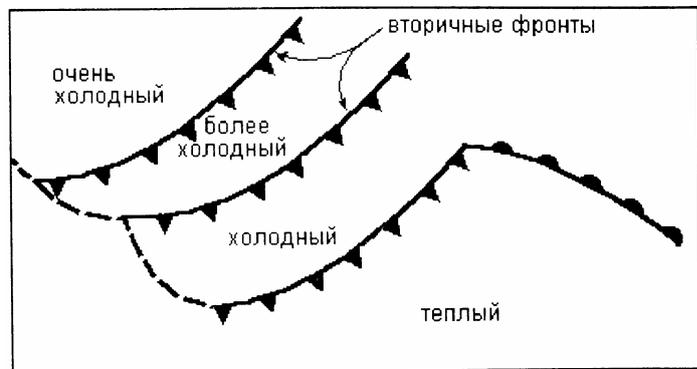


Рис.49 Стационарный фронт

Другая важная разновидность холодного фронта - это фронт верхнего уровня, или **верховой фронт**. Он возникает, когда холодный воздух поднимается, набега на горный склон и встречает еще более холодный воздух на другой стороне горы. В этом случае, холодный воздух не опускается, а образует фронтальную активность сверху, как показано на рисунке 51. Такой верховой фронт может приводить к погодным катаклизмам, таким, как грозы

и ураганы. Еще одним вариантом холодного фронта являются вторичные **холодные фронты**. Холодный воздух, смещаясь в южном и юго-восточном направлениях, постепенно прогревается и приобретает свойства неустойчивости. В результате за основным фронтом образуются разнородные порции воздуха, между которыми возникают вторичные холодные фронты (рис. 52). Каждая такая волна несет более холодный воздух и может изменить погоду на дни.



типичные январские барические системы и фронты

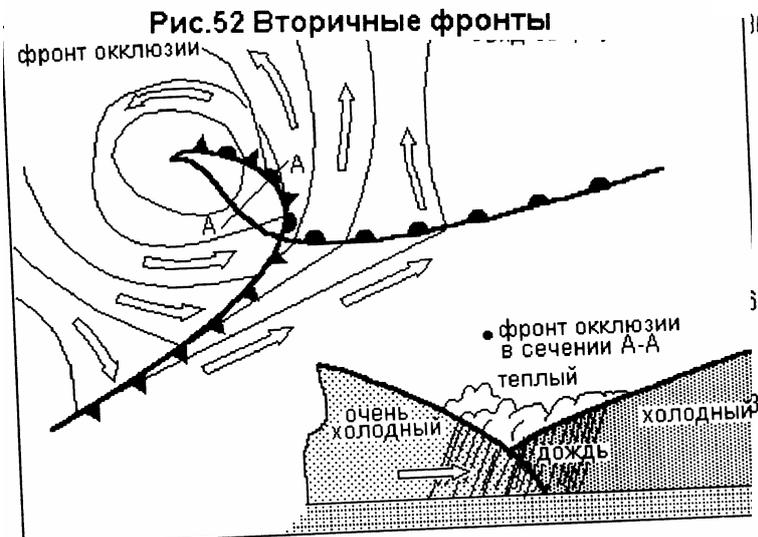
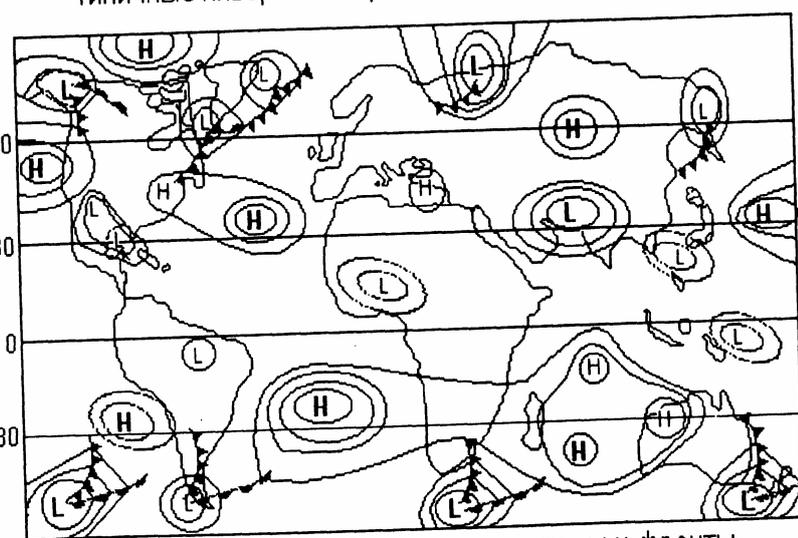


Рис.53 Фронт окклюзии.



типичные июльские барические системы и фронты
• более крупными буквами обозначены более мощные системы

Рис. 55 Фронты и барические системы мира

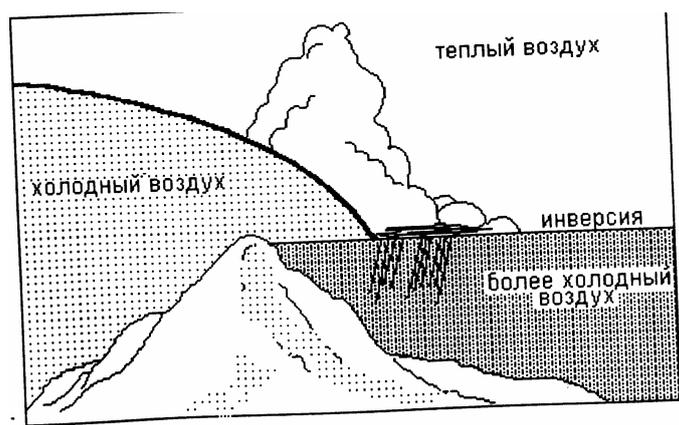


Рис. 51 Холодный фронт на высоте

Хотелось бы отметить **арктические фронты**, которые являются очень суровыми по температуре идущего холодного воздуха и хорошо знакомы в умеренных широтах.

ФРОНТЫ ОККЛЮЗИИ

Когда холодный фронт догоняет холодную волну ему предшествующую, получается ситуация, известная как **фронт окклюзии** (окклюзия - от латинского "окклюзюс" - запирать, замыкать). Это показано на рисунке 53. Отметим, что большие различия в направлении ветра показанные стрелками, объясняются наличием трех

различных воздушных масс. Изображенная здесь ситуация называется **холодной окклюзией**.

Теплая окклюзия может возникнуть, когда задний холодный фронт теплее, чем тот, который он догоняет. Такое случается возле побережья, где морской холодный воздух встречается с холодными континентальными массами. Поперечное сечение теплой окклюзии показано на рисунке 54. Холодная окклюзия несет облака и ветер на высоте, что похоже на ситуацию перед теплым фронтом, но после прохождения напоминает холодный фронт. Наоборот, теплая окклюзия открывается погодой холодного фронта и завершается аналогично проходящему теплому фронту. В любом случае, при окклюзии большие пространства закрываются облаками, идут дожди, что напоминает малоподвижные погодные системы. Часто окклюзии удерживают на месте морозящие дожди и сырость, что не способствует поднятию настроения и морального духа пилотов. Сезоны дождей на тихоокеанском северо-западном побережье Северной Америки как раз являются следствием теплых окклюзии, вторгающихся с Тихого океана.

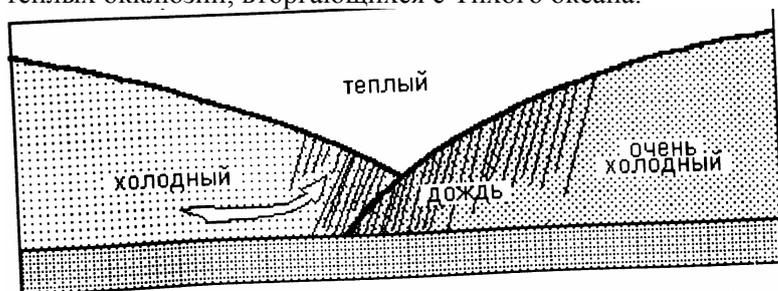


Рис.54 Сечение теплового фронта окклюзии.

продолжительны весна и осень.

На рисунке 55 показаны основные места расположения холодных и теплых фронтов на нашей планете летом и зимой. Главная особенность, которую следует отметить, это ограничение фронтов с севера и юга, а также различное местоположение барических систем.

Птицы стремятся покинуть умеренный климат в зиму и возвращаются весной, чтобы вновь радовать нас своим пением, очень похоже и погода реагирует на сезонные изменения на планете. Зимой отмечаются более высокая относительная влажность, низкая база облаков, более холодный воздух и частая фронтальная активность. С приходом весны холодные и теплые фронты чередуются более регулярно. Хорошая летняя погода бывает чаще всего после прохождения фронта. Летом теплые фронты с горячим, подернутым дымкой и часто стабильным воздухом доминируют во влажных районах, что часто не способствует парящим полетам, в то время как на остальных территориях нестабильная атмосфера, особенно в периоды максимального прогрева. Осенью спадает регулярность холодных фронтов, они смещаются в умеренные зоны и цикл начинается снова.

БАРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Барическими системами называются системы распределения атмосферного давления, характеризующиеся определенным расположением изобар на картах погоды. Различают главные барические системы, к которым относятся циклоны и антициклоны, а также вторичные - ложбины, гребни, седловины.

БАРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Мы можем определить давление на любой высоте и зависит оно будет от того, насколько сильно давит расположенный сверху воздух. Чем больше вес воздуха над нами, тем сильнее он давит на нас и приборы. Сложность циркуляции атмосферы на Земле, можно объяснить различным давлением воздуха над определенными крупными территориями.

У поверхности возникают барические системы высокого давления, или, как их принято называть, **антициклоны**. В центре такой системы давление максимальное, к периферии оно уменьшается. Образование антициклона может быть смоделировано как движение воздушных масс и фронтов к его границе. Воздух движется вверху к северному полюсу, опускается там и остывает от покрытой снегом поверхности. Этот воздух сжимается, и плотность его возрастает. Давление увеличивается по мере поступления новых масс воздуха. В результате это скопление холодного воздуха начинает двигаться на юг, образуя холодный фронт.

На рисунке 56 показан вид со спутника на северный полюс. Формирующиеся там холодные воздушные массы и движутся на юг. Можно отметить, что антициклоны располагаются в основном над земной поверхностью выше 60° северной широты, и холодный воздух распространяется на юг. Это объясняется тем, что земля остывает быстрее, чем вода, и над ней более холодный воздух. Отметим, что холодные фронты, пересекающие Европу, часто бывают **back door** фронтами. Такая же карта может быть нарисована для южного полушария (рис. 57), но недостаток суши приводит к более равномерному перемещению масс холодного воздуха и более регулярному по времени.

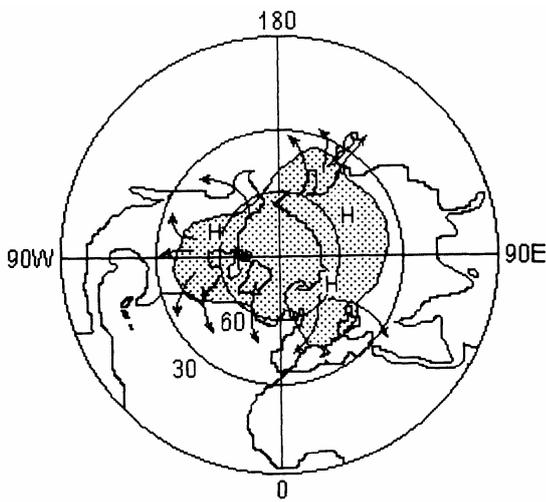


Рис. 56 Арктические полярные воздушные массы.

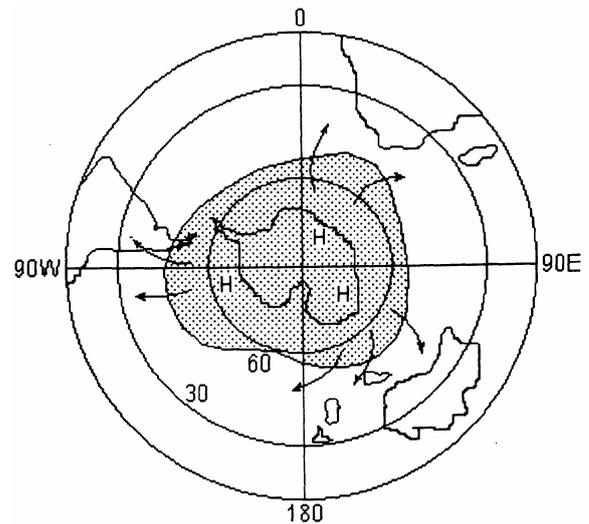


Рис. 57 Антарктические воздушные массы

Пояс антициклонов также размещается выше и ниже экватора в районе 40-х параллелей. Здесь антициклоны располагаются над водной поверхностью, потому что в тропиках океан холоднее суши, особенно летом. Тропические антициклоны - это основные системы, противостоящие продвижению в тропики полярных холодных фронтов, они посылают летом теплые фронты в умеренные широты. Рисунки 40 и 43 могут помочь вам представить себе, где появляются антициклоны.

БАРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Теперь, когда мы разобрались с антициклонами, образующимися при повышенном давлении от поступающего сверху воздуха, нетрудно догадаться, что возникают кроме этого и барические системы с пониженным давлением у поверхности, при движении воздуха вверх. Понять это мы можем, нарисовав основную циркуляцию на высоте, скажем 6000 м, как показано на рисунке 58. Здесь мы видим северный полюс и основные высотные ветры.

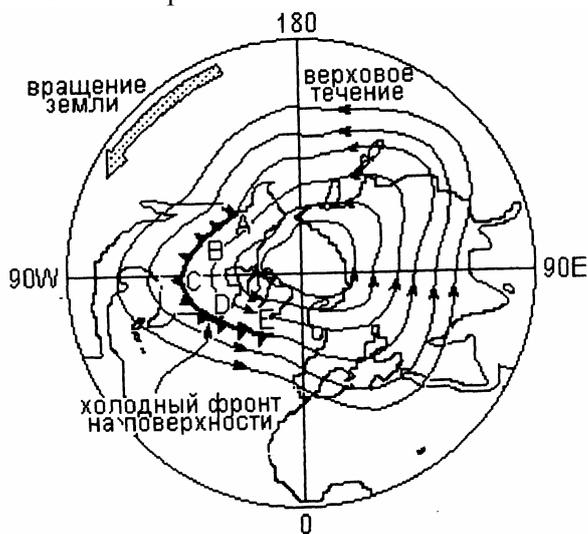


Рис. 58 Верхний уровень циркуляции

В отличие от того, что у поверхности воздух движется в западном направлении и это течение в тропосфере достигает экваториальных областей, в верхних слоях атмосферы течение воздуха направлено на восток в обоих полушариях и называют это **circmpolar westerlies** (подробнее об этом будет ниже). Эти западные ветры не текут аккуратно по кругу, а волнообразно, подстраиваясь под барические системы.

Теперь посмотрим на рисунок и представим Землю вращающимся диском. Так объект, вращающийся с диском и движущийся от центра имеет тенденцию замедлять движение (ученые называют это сохранением угловой скорости вращения). Когда он движется к центру, то имеет тенденцию ускоряться. Вы можете испытать это самостоятельно на детской площадке, на карусели, двигаясь от центра или к нему. Вы будете испытывать силу, уменьшающую или увеличивающую вашу скорость вращения. Вращаясь, фигурист с этой целью притягивает или разводит руки. Поток воздуха ведет себя так же. Когда он движется на юг, все дальше от оси вращения Земли, он замедляется и наоборот. Посмотрим снова на рисунок и мысленно начнем двигаться с воздухом от точки А. Движение его замедляется до минимума в точке С. Продолжая движение дальше, воздух поворачивает ближе к полюсу и увеличивает скорость до максимальной в точке Е. Фактически, чем ближе поток к полюсу, тем больше его скорость и наоборот.

Посмотрим, что происходит в точках В и D. Разберем такой пример: если вы ведете автомобиль по очень узкой загруженной полосе на широкой автостраде и автомобиль, идущий впереди, вдруг тормозит, то же приходится делать вам и всем водителям за вами. В результате, за первым автомобилем создается более плотная, с меньшими интервалами колонна. Примерно тоже происходит с молекулами, движущимися волнообразно вокруг Земли. Когда часть воздуха тормозится, следующий за ней воздух наталкивается на нее, увеличивая давление. Анализируя рисунок 58, можно сделать вывод, что воздух в точке В сдвигается, а в точке D разрезается.

Сдавливание воздуха в точке В называется **конвергенцией**. Этот эффект в верхних слоях приводит к увеличению давления у поверхности или к образованию гребней высокого давления.

Разрежение воздуха в точке D называется **дивергенцией**. Результатом этого разрежения является пониженное давление на поверхности под точкой D. Теперь мы видим, что основной причиной зон низкого давления на земной поверхности является особенность течения воздуха в верхних слоях. В дополнение можно привести аналогичное объяснение зон высокого давления.

Холодные фронты на поверхности имеют тенденцию изгибаться и вытягиваться под волной сверху. По показаниям нашего барометра или высотомера мы можем констатировать понижение или повышение давления. Понижение давления говорит о приближении фронтов (и холодного, и теплого) или циклона, в то время, как повышение давления указывает на удаление фронта. Изменение от понижения к повышению указывает на проход фронта. Барометры маркированные "буря-дождь-переменно-ясно-сухо" используют связь изменения давления с фронтами и барическими системами. В главе 12 мы научимся предсказывать погоду, пользуясь барометром более детально.

МЕСТНЫЕ СИСТЕМЫ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Циклоны могут разрастаться до таких размеров, что покрывают полконтинента. Но они могут быть более мелкими и иметь другой механизм образования, не связанный с изменением течения воздуха в верхних слоях. Например, поверхность, которая нагревается больше, будет теплее, чем окружающая. Воздух прогреется и поднимется вверх. В этом месте сформируется местная зона низкого давления. Это важно для объяснения механизма образования бризов и других локальных течений. Подробнее это будет исследовано в главе 7.

В немного больших масштабах постоянные летние зоны пониженного давления в Калифорнии образуются над Американскими юго-западными пустынями. Серии таких зон возникают над восточными отрогами Скалистых гор и вдоль южных склонов швейцарских Альп. Зона низкого давления у Скалистых гор инициирует приток воздуха из бассейна Миссисипи. Эти ветры в летние месяцы пересекают всю территорию с востока на запад (см. рис. 59). Из-за эффекта Кориолиса они поворачивают к северу, приводя к южным ветрам на Великих равнинах и увлекая на материк влажный воздух из Мексиканского залива, приносящий в Канзас и окружающие штаты грозы, бури, штормы. Аналогичным образом циклон возле Альп притягивает влажность, туманы и морозящие дожди на север Италии. Позднее мы изучим погоду в тропиках и продолжим разговор о локальных циклонах.

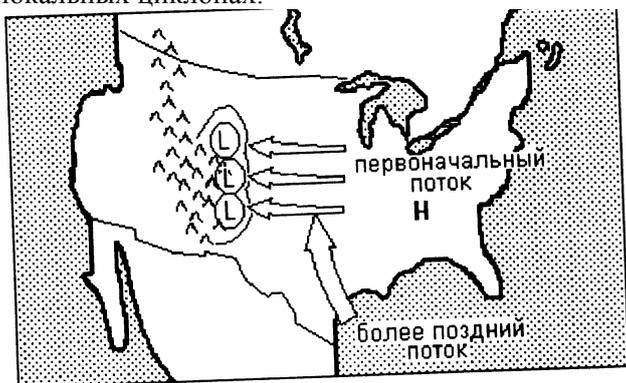


Рис. 59 Барическая система Скалистых гор

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЗОН ВЫСОКОГО И НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ



Рис.60 Летние барические системы

Теперь мы знаем, что барические системы низкого и высокого давления всегда соседствуют и, взаимодействуя, создают ветры и определяют погоду. Давайте рассмотрим это более детально. На рисунке 60 показаны циклоны и антициклоны, их размещение и примерные границы. Летом антициклоны имеют тенденцию формироваться над водной поверхностью (она холоднее), а циклоны над сушей, зимой наоборот.

В антициклоне у поверхности повышенное давление, это определяет направление ветров. Воздух движется от центра к периферии. В циклоне - картина обратная. Условно это можно изобразить, как показано на рисунке 61. Здесь потоки текут с высоких точек в низкие. Однако свои поправки вносит опять эффект Кориолиса. В северном полушарии по токи доворачивают вправо. Поэтому в антициклоне воздух, двигаясь от центра поворачивает по часовой стрелке (если смотреть сверху). В южном полушарии эффект Корриолиса приводит к повороту влево и движению воздуха в антициклоне против часовой стрелки. Учитывая вышесказанное, можно предположить движение воздуха и в циклоне.

Циркуляция вокруг барических систем

	Северное полушарие	Южное полушарие
--	--------------------	-----------------

Антициклон	По часовой стрелке	Против часовой стрелке
Циклон	Против часовой стрелке	По часовой стрелке

Это важно знать пилотам для определения ветра по синоптической карте, на которой нанесены фронты и барические системы.



Рис.61 Течения вокруг барических систем

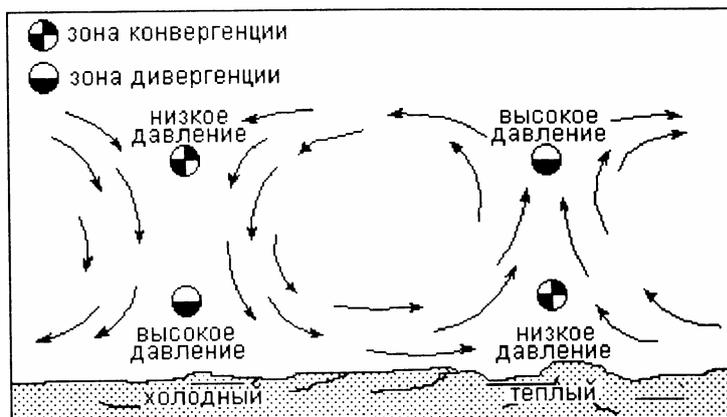


Рис. 62 Модель циркуляции

Когда циклоны и антициклоны формируются из-за тепловых процессов (а не из-за циркуляции на высотах), они располагаются и взаимно поддерживают друг друга, как показано на рисунке 62. Здесь мы видим более высокое давление на поверхности с перетеканием воздуха в зону меньшего давления. Наверху мы видим относительно высокое давление над низким, что толкает воздух для выравнивания давлений. Это течение продолжается до тех пор, пока действует прогрев. Важно обратить внимание, что воздух поступает или опускается сверху около высокого давления, в то время как он поднимается над низким давлением. Это основная модель движения в барических системах, вне зависимости от причин их возникновения. Воздух в антициклоне опускается, что приводит к сжатию, нагреву, уменьшению относительной влажности и увеличению стабильности. Воздух в циклоне поднимается, в результате он расширяется, охлаждается, увеличивается относительная влажность и уменьшается стабильность.

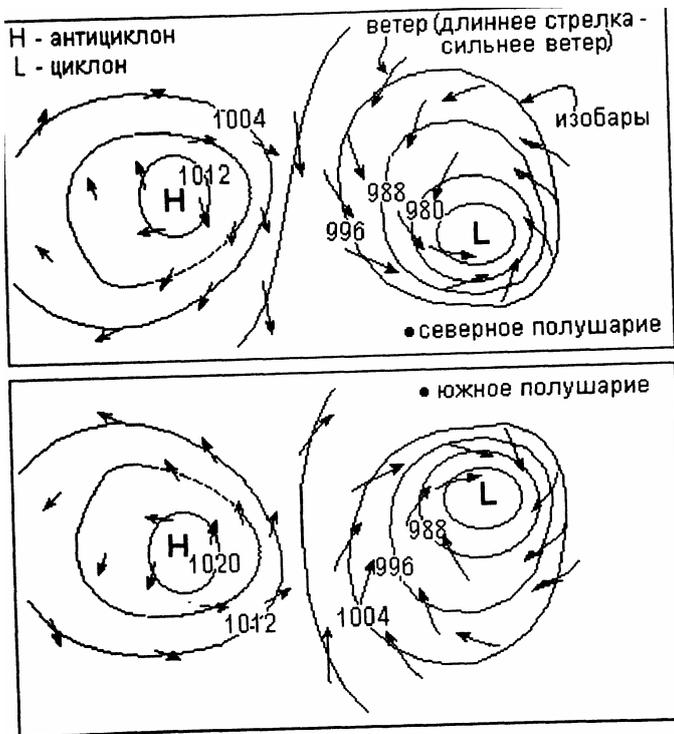
Опускающийся воздух сверху снижается со скоростью всего несколько сантиметров в минуту, но этого достаточно, чтобы небо очистилось, и ясная погода у нас всегда ассоциировалась с антициклоном. Ирония в том, что добавляющийся воздух сверху приводит к большей стабильности воздушных масс, что является главной причиной инверсии. Это обычное явление в пустынных районах умеренной климатической зоны. Даже вслед за холодным фронтом в антициклоне с большой вероятностью следует погода, несущая низкий уровень нестабильности и термической активности, несмотря на чистый холодный воздух, хорошо пропускающий солнечные лучи, согревающие землю и создающих нестабильность на малых высотах. Однако, если антициклон задерживается на несколько дней, над этой территорией воздух постепенно стабилизируется и термическая активность прекращается совсем.

Поднимающийся воздух в циклоне приводит к большому количеству облаков и осадкам. Он также может вызвать нестабильность, вплоть до образования грозы. В основном, приближение циклона вызывает недовольство пилотов во влажных районах, потому что никто не любит летать в дождь.

ИЗОБАРЫ

Достаточно трудно вести разговор о барических системах без упоминания об изобарах. Изобары это линии одинакового давления на картах погоды. Это слово пришло к нам из Греции, **Iso** обозначает равный, **bar** переводится как вес или давление.

Изобары очень похожи на изображения холмов и впадин на топографических картах, как на рисунке 61, что делает карты погоды очень похожими на топографические. Изобары на рисунке 63 окружают циклон и антициклон. Кроме основных, различают барические системы с незамкнутыми изобарами: ложбина - вытянутая в виде желоба от центра циклона полоса пониженного давления, располагающаяся между двумя областями повышенного давления; гребень - вытянутый клином от центра антициклона полоса повышенного давления, располагающаяся между двумя областями пониженного давления; седловина - барическая область между двумя крест-накрест расположенными циклонами и антициклонами.



Изобары наносят на карту с шагом обычно 4 гПа или 2 гПа если давление изменяется медленно и надо показать более детально (рис. 63). Более частые линии изобар говорят о большем изменении давления в направлении, перпендикулярном изобарам. Расстояние между изобарами мы называем градиентом давления. Большой градиент давления приводит к большим силам, движущим воздушные массы, к более сильным ветрам. Мы можем заметить закономерность между скоростью ветра и частотой изобар: **чем плотнее располагаются изобары, тем сильнее ветер**. В таблице показана зависимость расположения изобар у поверхности для ветра 24 км/ч. Отметим, что это изменение с широтой связано с эффектом Кориолиса, который всегда противостоит силе градиента давления.

В холмистых и горных районах интервал между изобарами для ветра 24 км/ч должен быть меньше из-за эффекта торможения. Важно знать свой район, в смысле зависимости плотности изобар и скорости ветра.

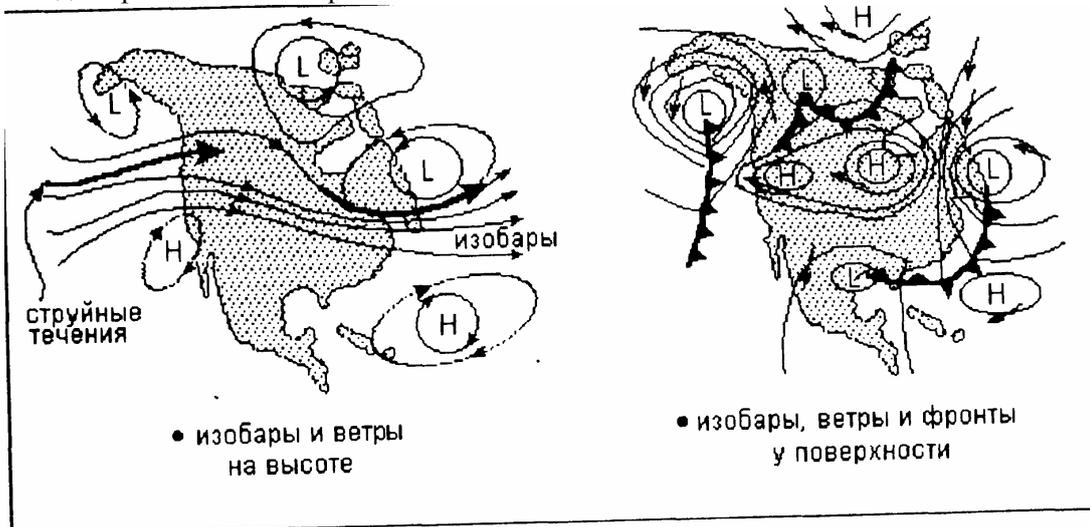
Интервал между изобарами для ветра 24 км/ч

Рис.63 Изобары вокруг барических систем

Широта	Интервал(км)
60	230
55	245
50	260
45	282
40	312
35	349
30	397
25	475
20	582

ИЗОБАРЫ И ВЕТЕР

Понятно, что воздух получает импульс для движения от барических систем перпендикулярно изобарам. Однако, как показано ранее, эффект Кориолиса приводит к повороту ветра. То есть достигается определенный баланс между силами Градиента давления, эффектом Кориолиса и центробежными силами (приложение II). На рисунке 64 мы видим карту погоды, где показаны барические системы на высоте 6000 м над Северной Америкой. Стрелки показывают направление ветра: по часовой стрелке вокруг антициклона, наоборот вокруг циклона и всегда параллельно изобарам.



На поверхности ситуация несколько отличается. Стационарные, обширные области высокого и низкого давления, воздушные течения на высоте и прогрев усложняют ситуацию у земли, как показано на втором рисунке. Также торможение воздушных масс, соприкасающихся с поверхностью, приводит к замедлению движения

Рис.64 Циркуляция на высоте

и уменьшению эффекта Кориолиса. В результате, у поверхности направление ветра не параллельно изобарам, а пересекает их. Угол пересечения может быть как маленький -10° над водой, где торможение минимально, так и большой -40° или 50° над холмистой или горной местностью. Поток зимой и в высоких широтах с более холодным воздухом, а значит и более плотным, подверженным большему торможению, пересекает изобары под большим углом. Зная это, мы можем предположить направление и скорость ветра, имея карту давления на поверхности.

В обоих барических системах и высокого, и низкого давления ветер усиливается с увеличением градиента давления. Причем, в антициклонах центробежные силы помогают силам градиента давления, противодействуя им в циклонах. Учитывая это, мы могли бы надеяться на более сильные ветра в антициклонах, но, фактически, все наоборот, потому что изобары расширяются при удалении от центра антициклона, в то время, как в циклонах, чем ближе к центру, тем больше градиент давления (сжатые изобары) и более сильный ветер. Также ветры имеют тенденцию ослабевать к центру антициклона, где воздух движется сверху и наоборот - в циклоне.

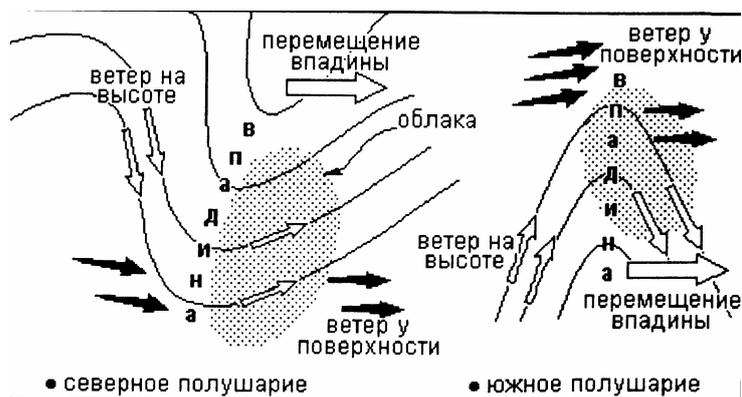


Рис.67 Впадина

какие-то характерные черты в крупных масштабах. Совершенно законченные, замкнутые циркуляции, это циклоны и антициклоны, частота их уменьшается с высотой. Чаще встречаются гребни в зонах высокого давления и впадины при низком. Типичная циркуляция в верхних слоях с характерными особенностями показана на рисунке 65. Отметим, что гребень спускается вниз из центра возвышенности (высокого давления) и вращение воздуха по изобарам по часовой стрелке. Впадины тянутся из барических систем низкого давления и расположены там, где изобары вытянуты по направлению к экватору, в них циркуляция против часовой стрелки. Эта модель, созданная для северного полушария, приемлема и южнее экватора.

Мы видим, что основные западные ветры движутся вверх-вниз на гребнях и впадинах (рис.58). Их называют **длинные волны**, и, обычно, их от трех до семи вокруг земного шара. Они накладываются на **короткие волны**, показанные на рисунке 65.

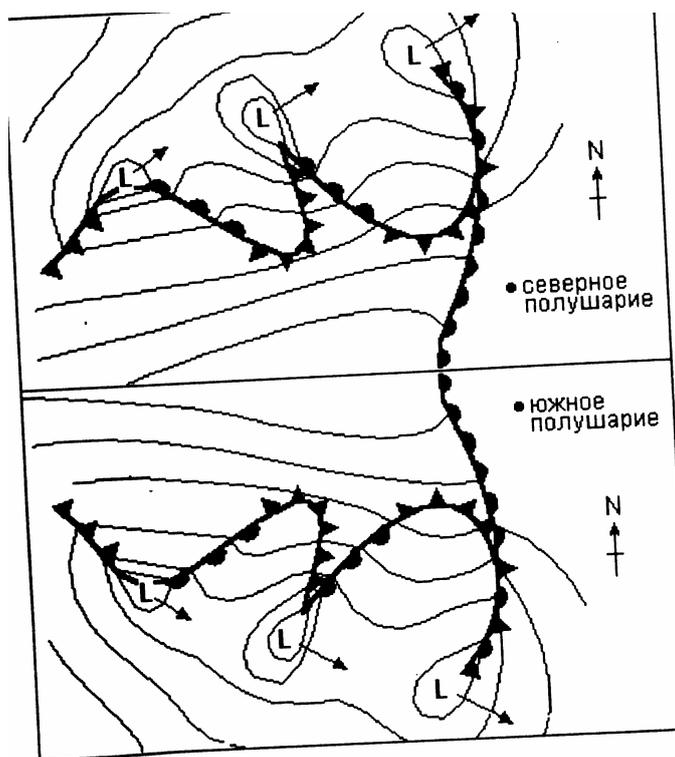


Рис.66 Волны у поверхности

ЦИРКУЛЯЦИЯ НА ВЫСОТЕ

Уточним основную циркуляцию на высоте. Мы можем получить карту изобар для любой высоты, картинку распределения давления и, как дуют ветры. Метеостанции с помощью метеозондов определяют давление на различных высотах, данные обрабатываются центральным процессором и рисуются карты. Типичные таблицы погоды готовят для карт приземных, 850 гПа (~ 1600 м), 700 гПа (~ 3300 м), 500 гПа (~ 6000 м) и 300 гПа ($\sim 10\ 000$ м). Эти высоты не точные, фактически таблицы показывают контуры определенного давления.

Циркуляция на высоте теряет такую детальность, как у поверхности, и показывает только завершенные, замкнутые циркуляции, это циклоны и антициклоны, частота их уменьшается с высотой. Чаще встречаются гребни в зонах высокого давления и впадины при низком. Типичная циркуляция в верхних слоях с характерными особенностями показана на рисунке 65. Отметим, что гребень спускается вниз из центра возвышенности (высокого давления) и вращение воздуха по изобарам по часовой стрелке. Впадины тянутся из барических систем низкого давления и расположены там, где изобары вытянуты по направлению к экватору, в них циркуляция против часовой стрелки. Эта модель, созданная для северного полушария, приемлема и южнее экватора.

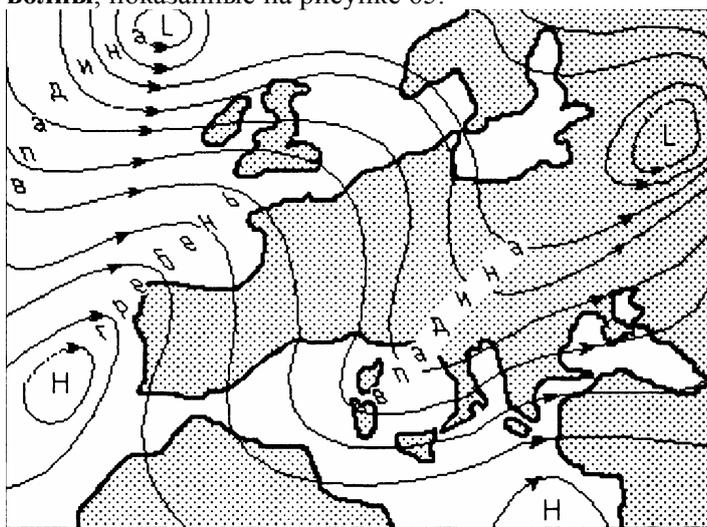


Рис.65 Гребни и впадины

Длинные волны чаще всего движутся медленно, дрейфуя в восточном направлении или стоят на месте несколько дней. Воздушные течения вокруг них могут нести тропический воздух далеко на север и полярный

далеко на юг. Короткие волны, быстро двигаясь, пересекают длинные волны. Ситуация на поверхности под серией коротких волн показана на рисунке 66. Волны вызывают серию центров низкого давления на поверхности.

ВПАДИНЫ В ВЕРХНИХ СЛОЯХ

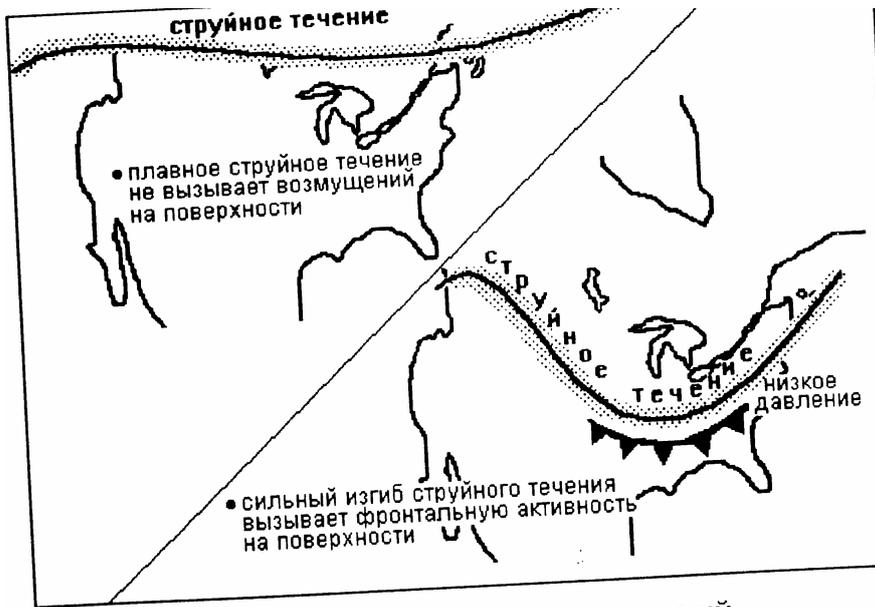


Рис.68 Эффекты струйных течений

(юго-западные наверху с западными у поверхности в южном полушарии) и ясно. Отметим, что ветер поворачивает против часовой стрелки на высоте до впадины и по часовой стрелке, когда она проходит (в обоих полушариях).

Когда формируется впадина в верхних слоях, она образует облака в поднимающемся воздухе так же, как система низкого давления. Обычно эти облака располагаются широким поясом на высоте, если, конечно, впадина не углубляется до земли. В этом случае, облака гуще и часто одаривают нас осадками типично, как облака в приземных циклонах. Понимая процессы в верхних слоях, пилоты могут предсказать ветер и погоду до и после каких-то погодных явлений. В основном восходящие потоки и дожди предшествуют впадине в верхних слоях воздуха с юго-западными ветрами наверху и западными у поверхности (северо-западные наверху и западные у поверхности в южном полушарии), как на рисунке 67. Когда проходит гребень на высоте, дуют северо-западные ветры и западные у поверхности

СТРУЙНЫЕ ТЕЧЕНИЯ

На рисунке 43 показано расположение струйных течений на границах воздушных масс. Мы будем

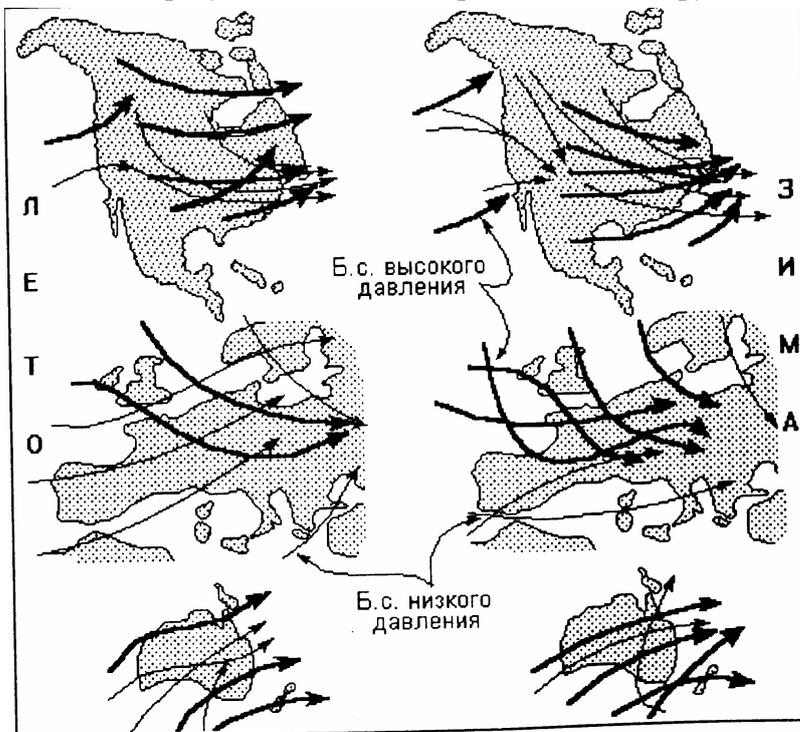


Рис.69 Движение барических систем

рассматривать, как они формируются в следующей главе, а здесь только констатируем, что скорость в них очень высока, более 320 км/ч на некоторых участках и направлены они с запада на восток. Струйные течения полярных фронтов, в основном, круговые вокруг Земли, но образуются в сегментах длиной 1600 - 4800 км. Тропические струйные течения имеют тенденцию быть спокойнее, выше и короче. Полярные течения являются хорошим индикатором погоды у земли. Когда течение с плавным изгибом пересекает какую-нибудь территорию, как на рисунке 68, оно имеет малую область влияния и определяет в основном хорошую погоду южнее (севернее в южном полушарии). Когда струйное течение имеет сильный изгиб, как на второй части рисунка, оно определяет холодный фронт и формирование циклона, который за ним вскоре последует. Это течение обычно предшествует фронту за несколько часов или дней, хотя мощный фронт может располагаться и двигаться относительно струйного течения, как показано.

ВЫСОТНЫЕ ВЕТРЫ И МОДЕЛИ ДАВЛЕНИЙ

Даже когда нет концентрированных струйных течений, высотные ветры направляют движение

барических систем и фронтов. Типичные формы низкого давления под направленными к полюсу потоками ветра показаны ранее. Циклоны двигаются медленно под этим течением, в конце концов застаиваются и рассеиваются.

Системы высокого давления также направляются высотными ветрами, но они дрейфуют в более южном направлении в северном полушарии и севернее - в южном. На рисунке 69 показаны типичные модели барических систем низкого и высокого давлений, дрейфующих летом и зимой.

В определенные периоды года высотные ветры на некоторых территориях отсутствуют. Это позволяет основным барическим системам сохраняться дни и недели. Например, летом, когда струйные течения движутся на север в северном полушарии, на побережье Флориды устанавливается устойчивая зона высокого давления, называемая Бермудским антициклоном, выталкивающая теплый, влажный воздух на юго-восточные территории США. Похожий процесс происходит на побережье Португалии - Азорский антициклон, который влияет на погоду в Испании и Западной Европе, посылая теплый воздух и делая пляжи там очень привлекательными для отдыхающих.

Кроме того, хорошо известны устойчивые барические системы: летняя морская - Тихоокеанский антициклон в северном полушарии, Калифорнийский циклон и мощный теплый циклон на Среднем Востоке. Зима приносит антициклоны в Канаду и Сибирь и циклон в Исландию.

ПОГОДА В ТРОПИКАХ

Ниже широты 20° силы Кориолиса становятся незначительными настолько, что ветры дуют не параллельно изобарам, а пересекают их, увеличивая угол даже на высоте. Возле экватора воздушные потоки перпендикулярны изобарам. В дополнение, фронты и крупные барические системы редко посещают тропики, но ежедневные процессы, сезонные изменения, малые волны и тропические циклоны делают свое дело.

Солнечный прогрев очень сильно влияет на погоду и ветер в тропиках, потому что он здесь очень интенсивный. Тепловые системы низкого давления (рис.62) формируются над сухими и голыми участками поверхности, в то время, как над более прохладными территориями (озера и леса) образуются системы относительно более высокого давления. Горы и другие топографические особенности приводят к изменению дневных потоков воздуха. Погода в тропиках имеет тенденцию повторяться изо дня в день в данный сезон.

Другие ежедневные эффекты связаны с атмосферными течениями. Также как океан водный, океан воздушный имеет приливы и отливы дважды в день. Это ощущается по изменению давления на поверхности в 2 - 3 ГПа. Если точно определить местное время на данной широте, то пик прилива наблюдается в 10:00 и 22:00, а отливы в 4:00 и 16:00. Эти приливы и отливы движутся с востока на запад и изменяют соответственно ветер.

Сезонные изменения в тропиках связаны с наклоном Земли и относительной миграцией пояса низкого экваториального давления (ITCZ) к северу и югу. ITCZ показана на рисунке 40 и состоит из экваториального пояса низкого давления с восточными ветрами, сходящимися к областям максимального прогрева. Рисунок 70 показывает ITCZ, типичные для января и июля с моделью ветров. Отметим, что ветры, в основном восточные, за исключением территорий, где ITCZ смещается дальше от экватора. В этом случае, они дуют с океана и несут сезонные дожди.

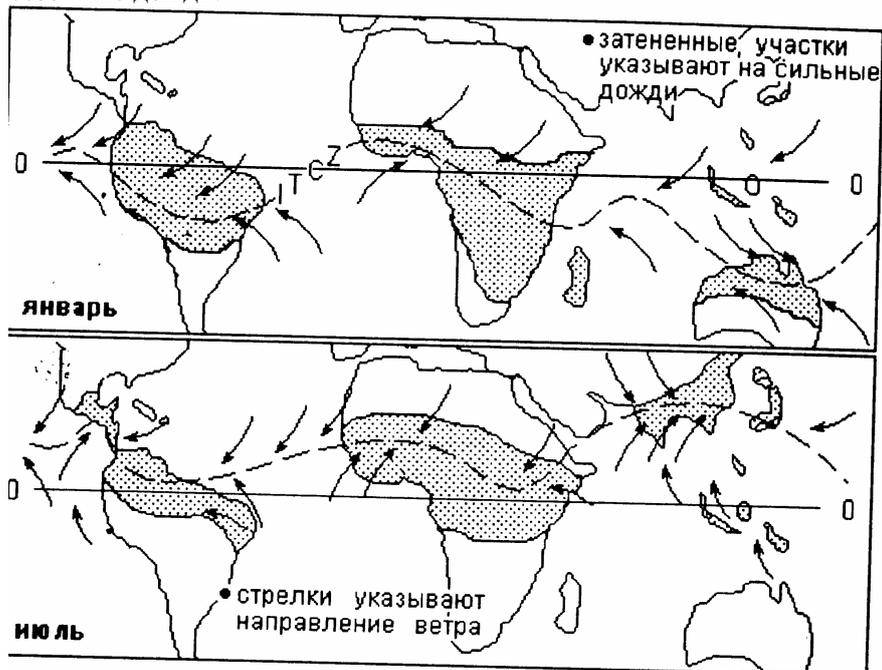


Рис. 70 Положение ITCZ

километров. Они запасаются скрытым теплом паров, которые находятся во влажном воздухе над океаном.

Пояс тропического высокого давления, который находится в районе 30-й параллели, часто показывает волны, движущиеся с востока на запад. Это так называемые восточные или поперечные волны. Летом и осенью в тропические районы каждые четыре - шесть дней они несут неустойчивую погоду с мощными высокими кучевыми облаками.

Некоторые из волн опускаются, и начинаются более серьезные явления. В этом случае они называются **тропическими впадинами**. Если давление продолжает падать и ветер усиливается, превышая 60 км/ч, система называется **тропической бурей**, если понижение давления продолжается и скорость ветра увеличивается до 115 км/ч и более - **тропическим циклоном** (тайфун или ураган). Тропические циклоны занимают территории в сотни

Скрытое тепло реализуется, когда происходит конденсация при образовании облаков. Тропические циклоны - это гигантские тепловые двигатели и в сечении представляются такими, как показано на рисунке 71. Центральная часть, названная "глаз циклона", является зоной затишья, в то время, как вокруг бешеный ветер от вращающегося против часовой стрелки (в северном полушарии и наоборот в южном) воздуха.



Рис.71 Вид урагана

Тропические циклоны имеют тенденцию двигаться к западу и к полюсу. Они могут оставаться далеко в море и, в конечном итоге, поворачивают в типичную широкую зону низкого давления, проникая в умеренные широты. В противном случае, они замыкаются на прибрежных территориях, принося бедствия и разрушения с ветрами более 160 км/ч. В этом случае, циклон быстро затухает, потому что земля прекращает поставлять тепло и влажный воздух. Когда такой шторм приходит на побережье, это может стать причиной сильных дождей и облаков, закрывающих более трети континента на несколько дней.

ПОГОДА НА ОСТРОВАХ

Многие из нас мечтают жить на островах в тропиках, но несмотря на привлекательные мягкие, спокойные океанские бризы, голубую кристально чистую воду и разнообразную первозданную природу, условия для полетов там не всегда идеальны. Определенно острова, размещенные в зонах устойчивых ветров или западных тихоокеанских воздушных течений, как Гавайи, получают эти дары природы постоянно: спокойные, надежные ветры, которые прекрасны для парения. Но большинство островов - это маленькие самостоятельные погодные системы.

Понятно, что острова не испытывают недостатка во влажном воздухе, обычно теплом. Когда земля на острове в течение дня нагревается, это формирует местную систему пониженного давления, что приводит к засасыванию воздуха со всех сторон (если отсутствует основной ветер). Это приводит к интенсивному образованию облаков над островами. Они растут вплоть до размеров грозовых с последующими сильными дождями. Облака над островами похожи на облака в горах (в виде шапки), но из-за очень влажного воздуха они образуются намного ниже. Если остров горный, он предрасположен к образованию облаков, которые появляются сразу после обеда. На рисунке 72 показан остров после обеда в спокойных и ветренных условиях. Если вы планируете посетить горный тропический остров, приготовьтесь летать пораньше.

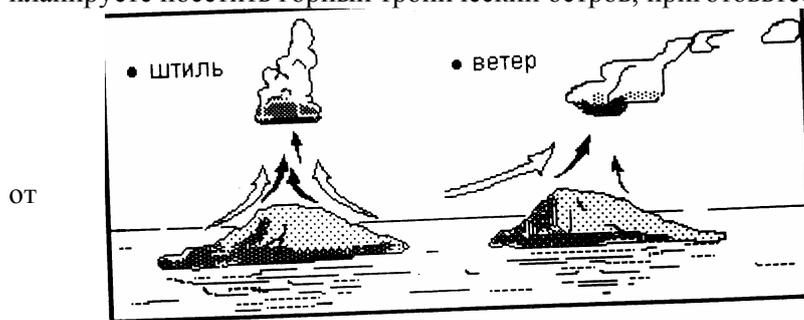


Рис. 72 Условия на островах

Но есть много крупных островов, расположенных не в тропиках, такие как: Ванкувер, Лонг-Айленд, Азорские, Ирландия, Япония и др., на которых соединяются эффекты морских бризов вдоль побережья, местных погодных условий и крупномасштабное движение воздушных масс (господствующие ветра). Поговорим об условиях на этих островах следующих главах.

ИТОГИ

Изменяющаяся, движущаяся, кипящая атмосфера над нами есть воздушная система, которая пульсирует с циклическим тактом солнца и под действием гравитации. Для полного понимания мы должны начать с глобальных процессов в масштабах планеты и постепенно детализировать вплоть до местных явлений, но, учитывая все предыдущие эффекты. Необходимо постоянно наблюдать погоду, запоминать и анализировать явления. Даже метеорологи постоянно узнают что-то новое, всю жизнь учатся. Мы можем только надеяться, что полностью понимаем происходящие вокруг нас явления, на самом деле, надо продолжать наши исследования в воздухе, и тогда личные наблюдения, соединяясь с нашими элементарными знаниями неба, принесут крупные дивиденды: мастерство и безопасность.

Солнечный прогрев в комплексе с эффектом Кориолиса и гравитацией создают определенную модель циркуляции воздуха в масштабе планеты. Эта циркуляция создает дисбаланс в распределении температуры и давления, что является причиной возмущений или волн холодного воздуха от полюса и теплого от тропических районов, которые восстанавливают равновесие. Передняя кромка этих волн называется фронтом, и он определяет

погоду в месте нахождения.

Ветры образуются из-за разности давлений. Изменение давления по расстоянию мы называем градиентом давления. На высоте модель давления укрупненная, расширенная, вызывающая сильные ветры, направление которых параллельно изобарам. У поверхности под действием трения ветры отклоняются и пересекают изобары под углом примерно 45° . Знание этого позволяет пилотам предсказать направление ветра по высотам и позволяет читать метеорологические карты.

Зная и понимая движение фронтов и барических систем, а также процессы, происходящие в них, пилоты могут предсказать погоду на день и даже два вперед.

ГЛАВА 5

Разновидности ветров.

Большое значение для нас имеет состояние воздушной среды, изменения в ней и, в частности, скорость и направление ветра. Скорость и направление ветра на высоте можно определить визуально по движению облаков, у поверхности "на ощупь" и на слух.

Мы называем движущийся воздух ветром и выделяем его разновидности, такие как: бриз, смерч (вихрь), буря, горнодолинные ветры, стоковые ветры и т. д. Характерные ветры имеют свои имена (например: chinook, фен, бора, harmattan, khamsin, levanter, mistral, Mono, Santa Ana, sirocco), показывающие наше отношение к причинам их вызывающим и последствиям.

Все пилоты постоянно в поиске нужного направления ветра. Некоторые бризы могут позволять нам пересекать огромные пространства по воздуху, в то время, как сильные порывы могут превратить наши полеты в эпизоды из фильма ужасов. Поэтому, очень важно, чтобы мы понимали характер ветров и все знали о них.

Можно предварительно сказать, что ветры могут распространяться на огромные территории, но возникают также местные ветры, которые быстро меняются, как по направлению, так и по скорости. О них мы поговорим позже, а объектом изучения в этой главе будут ветры, дующие на больших территориях.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕТРОВ

Можно сказать, что ветер - это горизонтальное перемещение воздуха. Он может быть резким, дующим порывами, или спокойным, дрейфующим, в зависимости от результирующего давления и стабильности воздуха. Почему мы чувствуем ветер? Потому что движущиеся молекулы воздуха, сталкиваясь с нами, давят на наше тело. Если ветер сильнее, то молекулы движутся быстрее, имеют большую кинетическую энергию и, следовательно, сильнее ударяются в нас. Фактически, сила воздействия движущегося воздуха изменяется пропорционально квадрату скорости. Подобным образом действуют силы на движущееся крыло. Предел скорости ветра из условия безопасности полета определяется, в зависимости от типа летательного аппарата.

На поверхности мы определяем скорость ветра с помощью анемометра (анемо по-гречески значит ветер). Официально принята высота замера скорости ветра над землей -10 метров. Целью этого является исключить влияние приземной турбулентности и трения воздуха о поверхность. Существуют различные типы анемометров, использующие пропеллер или вращающиеся чашечки (см. рис. 73). Они измеряют истинную скорость ветра, потому что двигаются вместе с ветром. Трубка Пито и плавающий шарик – анемо метры другого типа, показания которых изменяются в соот ветствии с плотностью воздуха (зависящей от температуры и высоты), они определяют скорость ветра по его динамическому давлению. Они мало зависят от высоты, жары и влажности. Обычно, когда мы интересуемся скоростью ветра, мы хотим знать, как он влияет на наш летательный ап парат, а это зависит от динамического давления воздуха. Естественно, что ветер 20 м/с на высоте 3000 м будет иметь на нас меньшее влияние, чем такой же ветер на уровне моря. Вы можете использовать ваш указатель скорости как анемометр, его показания будут такие же, за исключением может быть горных районов. Зная тип своего прибора, вы представляете, о чем говорят его показания, (индикатор воз душной скорости показывает относительную величину и меньшую скорость вашего самолета на высоте, т.е. самолет летит быстрее, чем ниже плотность воздуха. Этот указатель относительной скорости выдает некоторую погрешность с изменением плотности.)

Метеорологи и моряки классифицируют ветры в зависимости от их силы. Здесь приводится таблица бальности и названий ветров.

Классификация скорости ветра.

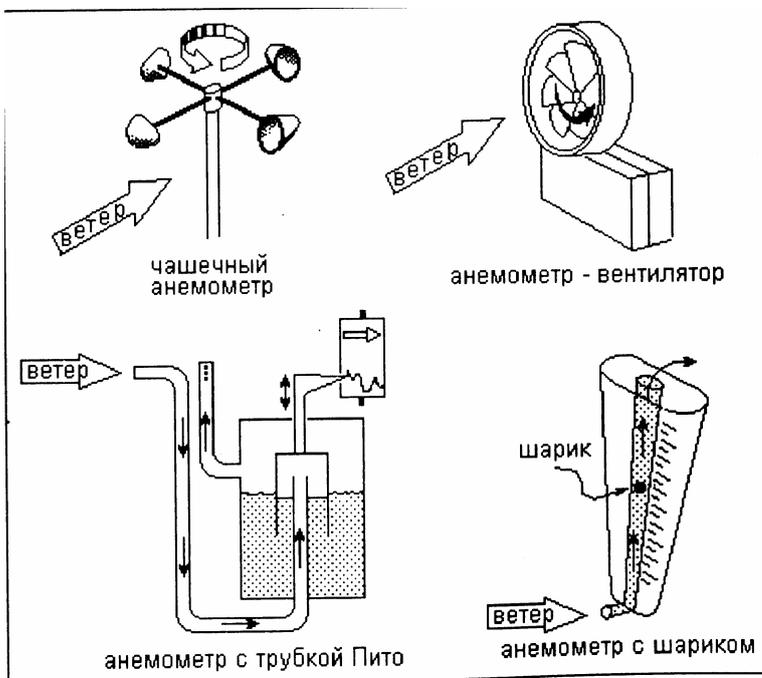


Рис.73 Приборы для измерения скорости ветра

информации о ветре, если научиться ее читать. Широкие водные пространства рябью или волнами показывают направление ветра. Будьте осторожны, не перепутайте волнообразование от течения с ветровыми эффектами. Потратьте некоторое время на наблюдение водной поверхности с берега и заметьте, как реагирует водная поверхность на изменение ветра. Часто направления волн пересекаются, из-за того, что встречаются воздушные массы, движущиеся в различных направлениях.

Мелкие пруды и озера могут по-разному реагировать на ветер, потому что, чаще всего, их поверхность находится ниже окружающей их земли. Следовательно, берега блокируют ветер на подветренной стороне. В результате у подветренного берега на водной поверхности штиль, а далее расширяющаяся к наветренному берегу в зависимости от силы ветра полоса ряби, как показано на рисунке 74. В более сильный ветер более широкая полоса ряби на поверхности. Неудачно выбрав место наблюдения, иногда даже при наличии дымов и ряби, невозможно определить параметры ветра, в том числе и из-за угла освещения солнцем, в таком случае надо изменить место наблюдения. Это должен уметь делать каждый пилот, потому что иногда только по поверхности водоема можно определить параметры ветра.

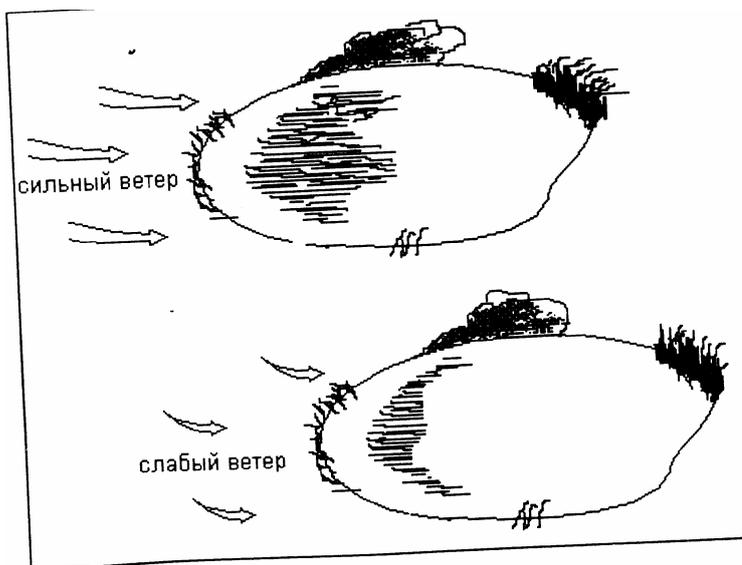


Рис.74 Влияние ветра на водную поверхность

направлений, но некоторые дуют чаще остальных. За длительный период наблюдений мы можем нарисовать "розу ветров" данной местности. Пример розы ветров показан на рисунке 75. Здесь мы видим, что юго-западные ветры в этом регионе встречаются наиболее часто, будем их называть преобладающими. Южный ветер также нередко в этом районе. Восточные ветры дуют здесь наиболее редко.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕТРА ПО ПРИЗНАКАМ

Если в данный момент у вас нет в руках анемометра, то вы можете приблизительно определить скорость ветра по признакам, замеченным вами в окружающей среде. Следующая таблица будет для вас хорошим помощником в этом. Эти эффекты помогают нам в определении только скорости ветра, но нам необходимо знать еще и направление, особенно в полете. В воздухе мы можем определить ветер по полосам на траве и лесных массивах, причем, по ним можно догадаться не только о направлении, но и о скорости. Флаги и дымы дают информацию о направлении и скорости ветра. Флаги свисают вниз или легко колышутся - ветер слабый, флаги развиваются и хлопают - ветер сильнее (будьте осторожны, можно попасть на тяжелые флаги в легкий ветер). Дым указывает на сильный ветер тем, что стелется над землей с разрывами.

Водоёмы могут дать достаточно информации о ветре, если научиться ее читать. Широкие водные пространства рябью или волнами показывают направление ветра. Будьте осторожны, не перепутайте волнообразование от течения с ветровыми эффектами. Потратьте некоторое время на наблюдение водной поверхности с берега и заметьте, как реагирует водная поверхность на изменение ветра. Часто направления волн пересекаются, из-за того, что встречаются воздушные массы, движущиеся в различных направлениях.

Одна интересная особенность, которую пилоты могут наблюдать в лесных районах: продвижение линии ветра вверх в горах, покрытых лесом. Когда сильные порывы ветра набегают вверх на склон, они переворачивают листья, показывая более светлую их сторону, это говорит об очень сильном порыве. Эта особенность может позволить вам определить направление ветра в горах, а также наличие термических потоков и порывов ветра, поможет также определить, где внизу самый сильный ветер. Эту информацию надо получить в долине, накапливая знания и опыт, а в результате интуицию, до того, как перейти к полетам в горах. Особенно это важно для пилотов, летающих в Европе и на западе США.

ПРЕОБЛАДАЮЩИЕ ВЕТРЫ

Во всех точках Земли дуют ветры всех направлений, но некоторые дуют чаще остальных. За длительный период наблюдений мы можем нарисовать "розу ветров" данной местности. Пример розы ветров показан на рисунке 75. Здесь мы видим, что юго-западные ветры в этом регионе встречаются наиболее часто, будем их называть преобладающими. Южный ветер также нередко в этом районе. Восточные ветры дуют здесь наиболее редко.

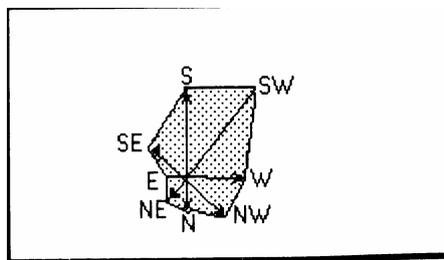
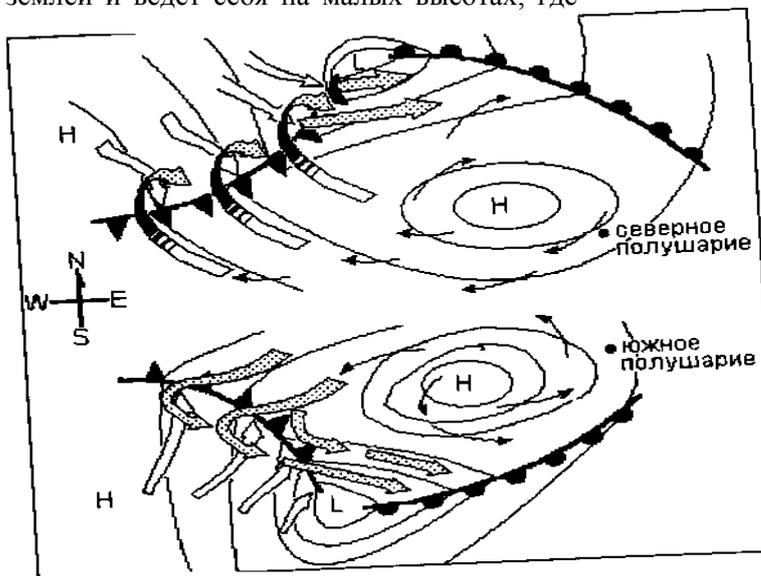


Рис. 75 Роза ветров

Этот пример розы ветров хорошо отражает ситуацию на восточном побережье Северной Америки и в некоторых районах Западной Европы. Позже мы поговорим, почему такая ситуация возникает. Различные районы имеют различные преобладающие ветры. Важно знать тенденцию распределения ветров по направлению в процентном соотношении по времени для планирования полетов в данном районе.

ВЕТЕР ВОЗЛЕ ПОВЕРХНОСТИ

К данному моменту времени мы знаем, почему дует ветер, но нам надо знать, как он взаимодействует с землей и ведет себя на малых высотах, где



мы летаем. Самый лучший путь представить или увидеть ветер и воздушные потоки - это понаблюдать за движением воды. Когда дно ручья гладкое, поток равномерный с постоянной скоростью, причем, вода сверху движется быстрее, чем внизу, возле дна. Когда поток встречается с препятствием или углублением, он становится непостоянным, даже если скорость его невелика. Вода предпочитает течь вокруг камня, чем над ним. Когда вода протекает между двумя камнями, она бьет ключом и течет быстрее. Когда она протекает над камнем, то возникает рябь или волна вниз по течению. Если камней много, то за ними спокойствие потока нарушается водоворотами или волнением.

Воздушные течения реагируют на земную поверхность аналогично. Они предпочитают двигаться вокруг отдельно стоящих гор, чем над ними и параллельно горным хребтам. Поток воздуха движется быстрее в ущелье. Образует смерчи и волны, о которых мы расскажем в следующей главе. Главная мысль, извлеченная из вышесказанного, это то, что земная поверхность оказывает существенное влияние на потоки воздуха возле нее.

Воздушные течения реагируют на земную поверхность аналогично. Они предпочитают двигаться вокруг отдельно стоящих гор, чем над

Кроме того, изменяя движение ветра, все эти препятствия замедляют движение ветра у поверхности. Изменение скорости ветра по высоте называется градиентом ветра. В дополнение к механическим эффектам, существенно изменяют поведение воздушных течений еще и тепловые процессы. Из этого следует вывод, что у поверхности воздух чаще всего очень непостоянен и турбулентность более высокая, чем на высоте. Приведенная таблица поможет понять особенности воздушных потоков на малых высотах.

Мы видели в прошлой главе, как эффект поверхностного трения уменьшает скорость ветра и является причиной того, что ветер дует в направлении, пересекающем изобары, в то время, как в свободной атмосфере следует по изобарам.

Ветер по высотам

Примерная высота над наивысшей характерной точкой поверхности	Природа воздушного потока
500 - 1000 м	Атмосфера свободна. Здесь не проявляется вязкость воздуха, потому что он не контактирует с твердыми телами. Движение воздуха определяется только градиентом давления и эффектом Кориолиса
50 - 100 м	Переходная область. Здесь эффект трения о поверхность влияет на структуру ветра. До этого уровня простирается действие морских бризов. Эффект Кориолиса и изменение плотности из-за прогрева земной поверхности существенные силы на этом уровне.
Поверхность	Область постоянно меняющихся процессов. Структура ветра определяется в основном природой поверхности и изменением температуры с высотой. Равнинные и горные ветры встречаются на этом уровне.

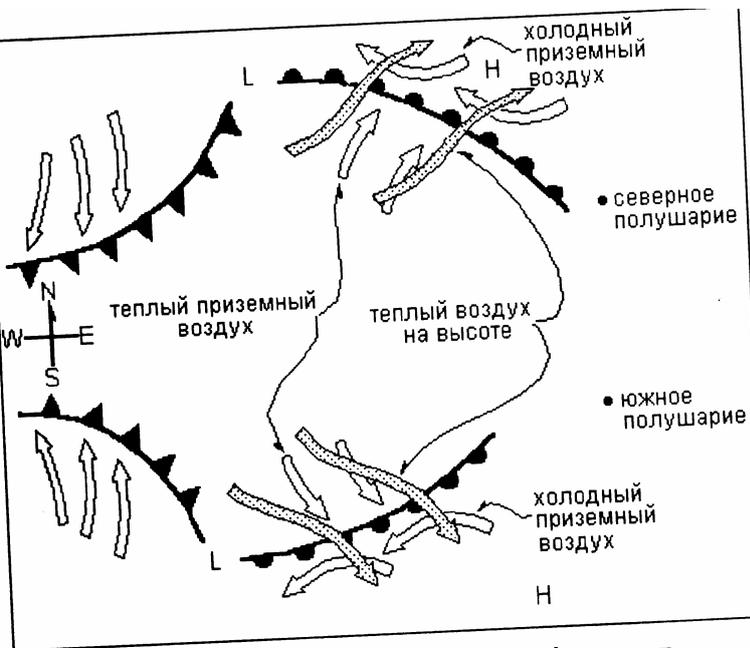


Рис.77 Ветры вблизи теплых фронтов.

Антициклон в холодном и теплом секторах показан изобарами. Широкие неокрашенные стрелки показывают холодный воздух, толкаемый к зоне высокого давления, в то время, как темными стрелками обозначен теплый воздух, движущийся к теплому сектору зоны повышенного давления. Оба потока имеют тенденцию отклоняться к более низкому давлению вдоль фронта.

Холодный поток изгибается под теплым и образует ветры от западных до северо-восточных направлений, если только фронт движется. Движения теплого воздуха более интересны. Контактывая с фронтом, он поднимается над холодным воздухом и поворачивает вправо, в конечном итоге, превращаясь наверху в потоки от юго-западных до северо-западных направлений.

Обычно, когда холодный фронт надвигается с северо-запада в северном полушарии, ветер у поверхности будет от южного до юго-восточного, в то время, как высотные облака могут двигаться с северо-запада. Пилоты, обрабатывающие термичность в юго-восточных потоках перед фронтом и дрейфующие первоначально к северо-западу, постепенно изменяют направление дрейфа наверху термика на противоположное. Это может произойти на 1000 м и более. Когда пилот сталкивается с таким процессом, это для него может быть сюрпризом. Однако, описываемые наблюдения обычное явление в предфронтальных условиях. Конечно, непосредственно перед фронтом возможны явления среза ветра (см. следующую главу) и суровые погодные условия, но процессы, описанные нами сейчас, происходят за день или два перед фронтом.

В южном полушарии эффект Кориолиса действует наоборот и надвигающийся с юга холодный фронт создает ситуацию, показанную на нижней части рисунка. Северные или северо-восточные ветры предвещают фронт, в то время как западные и южные замыкают его.

Как мы видели в предыдущей главе, ослабление холодного фронта в западной части останавливает его развитие и даже часто превращает его в теплый с обратным движением. На рисунке 77 изображена трехмерная модель воздушных течений возле теплого фронта у поверхности. Холодный фронт, двигаясь к югу, будет предвещаться южными и юго-западными ветрами, затем они сменятся северными и северо-восточными после прохождения фронта (северное полушарие). Потом он останавливается и поворачивает на северо-восток как теплый фронт. Ветры в холодном секторе поворачивают по часовой стрелке и становятся юго-восточными или южными, изменяясь на юго-западные после прохождения фронта. Теплый воздух давит на север, натекает на холодный сверху и доворачивает вправо, образуя сверху западный ветер.

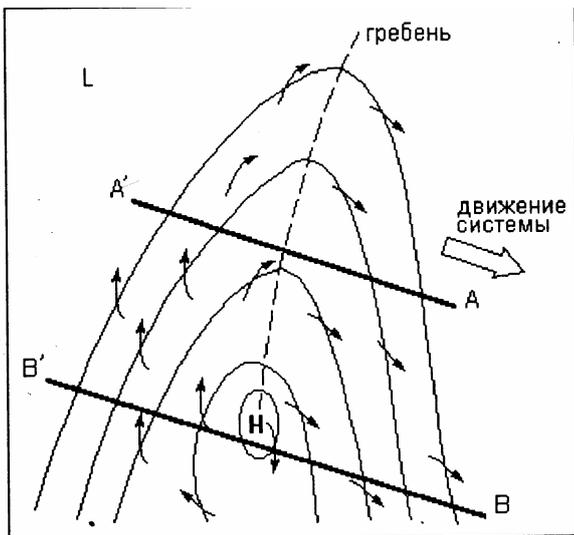


Рис.78 Ветер возле гребня антициклона

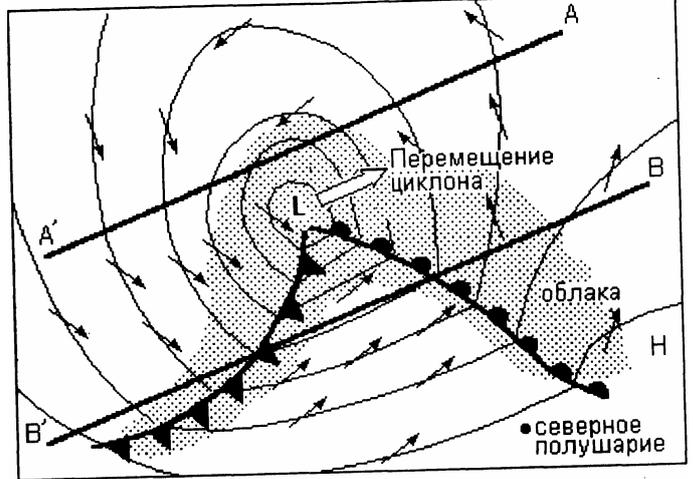


Рис.79 Ветровые потоки вблизи циклона

ВЕТЕР ВОЗЛЕ ФРОНТОВ И БАРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Схема холодного фронта и циклона изображена на рисунке 76. На нем показан холодный фронт у поверхности, движущийся на юг (в северном полушарии).

Рис.76 Ветры вблизи холодных фронтов.

ДВИЖЕНИЕ ПОГОДЫ

Как говорилось ранее, основное направление перемещения погодных процессов в умеренной зоне в обоих полушариях - с запада на восток. Это позволяет нам рассмотреть некоторые типичные ситуации в атмосферных явлениях, определяющих погоду и ветер.

ДВИЖЕНИЕ ГРЕБНЕЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ.

На рисунке 78 изображен гребень высокого давления в северном полушарии. Предположим: начальная позиция в точке А. Система движется на восток - это тоже самое, если бы вы двигались по линии А А'. Первые ваши наблюдения это северо-западные потоки, которые постепенно доворачивают до западных и ослабевают. Когда вы будете находиться в районе гребня (пересекать пунктирную линию) может быть штиль и ясное небо. Продвигаясь дальше на запад, за гребень, замечаем, что ветер усиливается и доворачивает до юго-западного и южного. Небо может быть снова затянуто облаками, как при подходе системы низкого давления.

В южном полушарии процесс будет таким же, за исключением направления ветров: юго-западные будут меняться на северные или северо-западные.

Теперь представим, что мы размещаемся в точке В. Система движется на восток, и мы наблюдаем изменение условий вдоль линии ВВ'. В этом случае начальный северо-западный ветер меняет направление по часовой стрелке и становится северо-восточным, восточным, юго-восточным и в конце концов южным. В любом случае он будет легким, незначительным внизу и наверху. В южном полушарии в подобной ситуации направление ветра изменяется против часовой стрелки от начального юго-западного.

ДВИЖЕНИЕ БАРИЧЕСКИХ СИСТЕМ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ.

На рисунке 79 изображена система низкого давления и типичные фронты, которые движутся с ней в северном полушарии (отметим, что показанный теплый фронт есть западная часть предшествующей холодной волны, которая движется на север). Теперь представим, что мы находимся в точке А, а, данная система перемещается на северо-восток вдоль линии АА'. Наблюдаем юго-восточный ветер, который доворачивает против часовой стрелки к востоку, северо-востоку, до северного и усиливается.

Хотя вы не встретите никаких фронтов на этой территории (исключая, возможно, фронт окклюзии), здесь обилие дождя и облаков, количество которых увеличивается, а база снижается к моменту, когда ветер доворачивает до восточного. Такая погода продолжается до момента, пока ветер не станет северо-западным и может продолжаться 12 часов и более. Если вся система движется намного южнее вас (сотни километров), дожди могут пройти мимо и вы увидите облака только высоко в небе на юге.

Теперь допустим, что мы находимся в

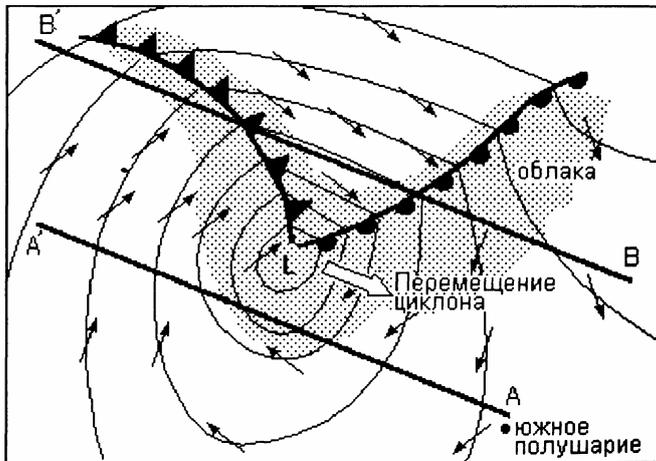
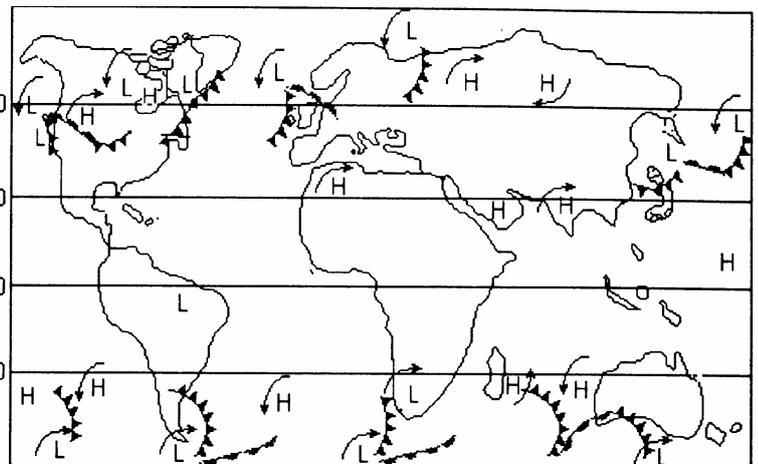


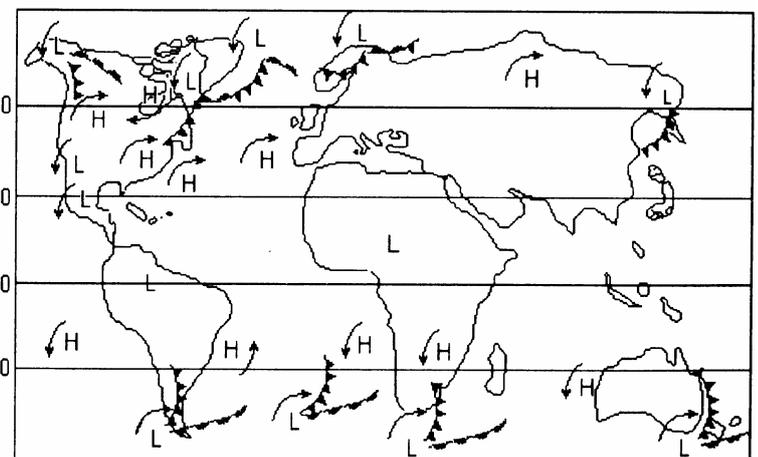
Рис.80 Ветровые потоки вблизи циклона

в точке В, а циклон движется вдоль линии ВВ'. В этом случае, начальный западный или юго-западный ветер будет поворачивать против часовой стрелки к юго-западному, юго-восточному, увеличивается скорость. Возможен небольшой поворот ветра по часовой стрелке до юго-западного (если он не был юго-западным все время), когда проходит теплый фронт. Затем ветры остаются постоянными до прохождения холодного фронта и круто меняют направление на северо-западное после него. И в завершение ветер ослабевает и поворачивает более к северному или западному, в зависимости от расположения следующей изобары.

Погода для живущих в пункте В



январь



июль

Рис.81 Основная ветровая обстановка у поверхности

определяется прохождением один за другим двух фронтов: теплого и холодного с ясным небом между ними. Теплый фронт несет плотную облачность и дожди на день или несколько, холодный проходит менее, чем за день.

Ситуация в южном полушарии показана на рисунке 80. Если вы расположитесь на юге от центра низкого давления в точке А, вы будете наблюдать северо-восточный ветер, поворачивающийся по часовой стрелке до восточного и в конце до юго-западного. Погода и усиление ветра будут аналогичны тому, что описано для северного полушария по АА'. Если вы находитесь в точке В, то погода вдоль ВВ' будет аналогична той, что в северном полушарии, ветер будет доворачивать от западного к северо-западному до северо-восточного, после прохождения теплого фронта до холодного северо-западный и резкое изменение на юго-западный после прохождения холодного фронта.

Используйте рассказанное выше, чтобы по погоде и ветрам понять господствующую метеорологическую ситуацию в вашем регионе, размещение и движение погодных систем. Наблюдения погодных условий и использование карт погоды дают возможность предсказать ветер и условия, наиболее приемлемые для парящих полетов. Так любой пилот или моряк может предсказать погоду безошибочно, но с большой вероятностью к приче́м, не только в своем родном регионе, но и практически в любом месте.

ТЕРРИТОРИИ ВДАЛИ ОТ ФРОНТОВ

Предыдущие объяснения хороши для пилотов, живущих в местах, часто посещаемых фронтами, но многие живут там, где такие погоды редкость. Также есть территории, требующие модификации наших простых моделей. Рисунок 81 представляет типичные морские карты погоды для января и июля соответственно. Здесь показаны основные и наиболее часто встречающиеся барические системы и фронты.

Начиная с Североамериканского континента мы видим, что наши идеальные фронты приходят с севера и пересекают его на восток. Северо-западное побережье от Аляски до севера Калифорнии подвержено воздействию влажных холодных фронтов с океана, а с другой стороны континентальных холодных фронтов, что часто приводит к образованию фронтов окклюзии. Ветры, дующие на этих территориях, можно объяснить наличием соответствующего фронта. Юго-запад США не задевают мощные фронты, здесь преобладают теплые циклоны летом и тихоокеанские антициклоны зимой. Ветры, чаще северо-западные и слабые зимой, и восточные летом (от юго-восточных до северо-восточных в зависимости от местоположения). На этих территориях местные тепловые эффекты, включая морские бризы вдоль побережья, часто оказывают существенное влияние на общее направление ветров. Здесь не редкость в полете встретить местный ветер обратного направления всего через несколько километров.

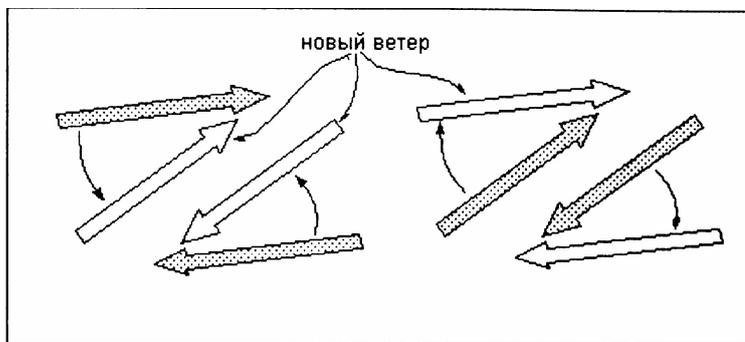
Обратившись к Европейскому континенту, мы видим влияние Исландского циклона, который создает фронтальные системы вокруг себя так, что холодные фронты часто оккупируют Британские острова и запад Европы, двигаясь с запада или юго-запада. Местоположение этих фронтов и факт, что они двигаются над теплым Атлантическим океаном изменяет здесь природу. Из моделей, приведенных в предыдущей части, можно предположить, что ветер поворачивает на 90° против часовой стрелки. Холодные фронты часто не так суровы и несут много влаги, что вызывает обильные снегопады в Альпах. Но Европа может находиться и под действием континентального холодного фронта с очень холодным воздухом, подобно тому, как это происходит на северо-западе Америки.

Австралия испытывает действие классических фронтов в своей юго-восточной части, на большей части восточного побережья. На западном побережье сухо из-за практически отсутствия фронтов, ведь оно находится в зоне действия тропического антициклона. Север Австралии ближе к 15° широты - тропическая зона с циклонами и проливными дождями. Ветры на западе Австралии слабые, южные или местные, вызванные термической активностью, в то время как в восточной части типичные, вызванные фронтами и барическими системами.

В Южной Африке господствуют антициклон зимой, циклон летом и мощная термическая активность. Холодные фронты зимой несут тропические ветры. В другое время года ветровую обстановку определяют термические процессы, в том числе морские бризы, как в южной Калифорнии.

ПОВОРОТ ВЕТРА ПО И ПРОТИВ ЧАСОВОЙ СТРЕЛКИ

Наблюдая за направлением ветра, можно заметить, что он меняет направление при движении вдоль поверхности, с высотой и по времени.



Ветер может довернуть против часовой стрелки, как показано на рисунке 82. В северном полушарии это происходит в обычные дни, или после прохождения холодного фронта и, в конечном итоге, при приближении следующего фронта - обычно теплого.

С другой стороны, ветер может изменить

Рис.82 Поворот ветра против и по часовой стрелке

направление по часовой стрелке. Такое часто происходит непосредственно после прохода фронта.

ГРАДИЕНТ ВЕТРА

Из-за трения движущегося воздуха о землю, скорость ветра у поверхности меньше, чем на высоте. По той же причине изменяется и направление. Ветер на высоте совпадает с направлением изобар, а у земли пересекает их. Давайте представим себе модель распределения ветра по высоте.

Градиент ветра (можно сказать изменение) возле земли может быть изображен, как на рисунке 83. Это графическое представление скорости ветра от высоты можно назвать **градиентным профилем ветра**. В спокойных условиях (без термичности) над землей поток не турбулентен и наибольшее изменение скорости ветра происходит вблизи поверхности. Если местность пересеченная, нижний слой турбулизируется, увеличивается толщина пограничного слоя, то есть слоя, в котором изменяется скорость ветра.

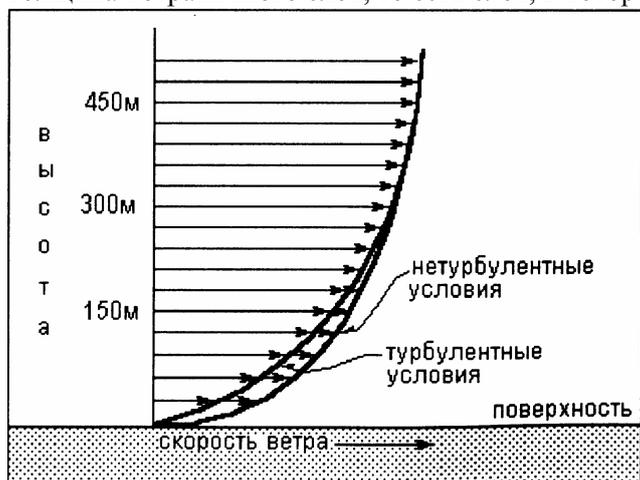


Рис.83 Типичный градиент ветра

На рисунке 84 мы видим изменение скорости и направления ветры с увеличением высоты. От поверхности до высоты 550м ветер доворачивает по часовой стрелке на 45° и усиливается с 10м/с до 20м/с.

Также на рисунке показаны ситуации, возникающие над ровной (водной) поверхностью и пересеченной. В первом случае, меньший поворот при меньшем уменьшении скорости. Во втором случае, большие изменения и направления, и скорости ветра. Поворот ветра с высотой важно учитывать пилотам при поиске термических потоков, планировании маршрута полета, экономии топлива или использования парящих участков горных склонов. Хотелось бы отметить, что нестабильные условия с термичностью имеют тенденцию отклонять потоки воздуха вверх и вниз и несколько уменьшают поворот ветра по сравнению со стабильными условиями. Также надо помнить, что очень удлиненные долины доворачивают ветер так, что он дует вдоль них. Этот эффект часто

увеличивает разницу между направлением приземных потоков и потоков на высоте.

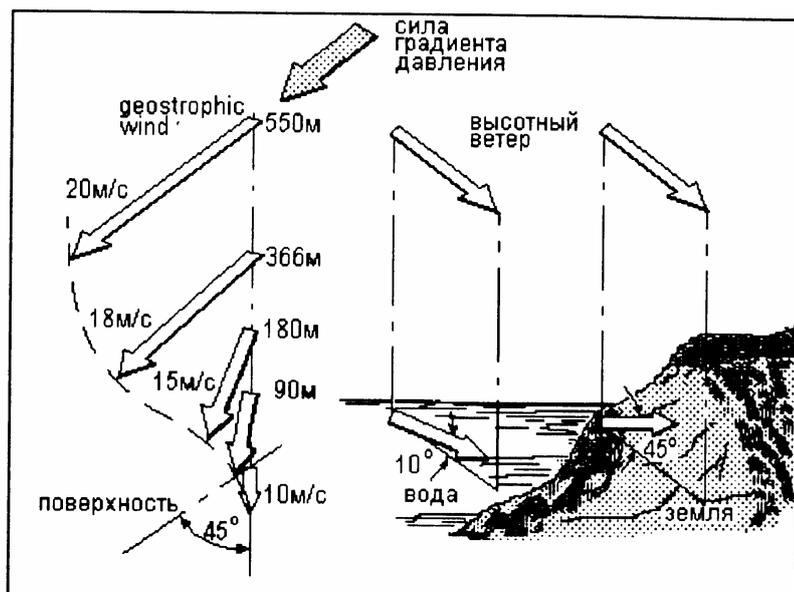


Рис.84 Изменение скорости и направления ветра с высотой

ветра на большой высоте, в соответствии с полученной моделью, можно определить с поворотом ветра с высотой. Обратив внимание на рисунки 58 и 68 в главе 4, где показаны высотные ветры в связи с барическими системами и фронтами, мы можем предположить направление при отсутствии нужных облаков. Отметим, что

Направление поворота ветра от поверхности до высоты свободного потока обычно по часовой стрелке в северном полушарии и против часовой в южном. Далее ветер опять поворачивает до направления более высоких ветров. В умеренном климате эти более высокие ветры обычно западные, за редким исключением, когда струйные потоки движутся к полюсу или изгибаются.

Лучший способ определить направление высотного ветра - это наблюдение за дрейфом облаков верхнего уровня, выбрав в качестве базы какой-нибудь неподвижный объект на земле. Зная направление

верховые ветры дуют почти всегда параллельно фронтам. Самое большое изменение направления ветра (180°) встречается в умеренных широтах при восточном ветре у поверхности. Все эти знания необходимы, когда работает высокая термичность, дрейфующая с ветром.

Характеристики высотного ветра зависят от места и расположения относительно него господствующих ветров на высоте и, особенно, струйных течений. Все это отображается на высотных картах погоды. При отсутствии таковых мы можем пользоваться основным правилом, которое гласит: ветер усиливается с высотой в теплом секторе антициклона и ослабляется в холодном секторе антициклона.

Мы должны понимать, что барические системы с высотой могут значительно отличаться от того что происходит у поверхности, а также, что в нижних слоях атмосферы возможно движение слоев воздуха над или под друг другом. Слои часто отличаются по температуре, влажности и характеристикам движения. Это может привести к изменению скорости и направления ветра через некоторое время. Чаще всего, ветер на высоте указывает, каким вскоре станет ветер у поверхности.

СТРУЙНЫЕ ТЕЧЕНИЯ

Ранее упоминалось о струйных течениях, которые являются составной частью погоды в умеренном

климате, но любопытная вещь, о них ничего не было известно до начала полетов крупных самолетов на больших высотах во время второй мировой войны.

Известно несколько струйных течений. Одно из них, **субтропическое**, показано на рисунке 43. Его потоки расположены на высоте более 14 км, на широте 30° и являются более слабыми и короткими, чем течение, расположенное в умеренной зоне. Они оказывают малое влияние на спортивные полеты.

Полярное струйное течение расположено на границе холодного и теплого воздуха в умеренной зоне, как показано на рисунке 43. Оно представляет собой быстро движущийся поток воздуха с запада на восток (рис. 85). Скорость воздуха максимальна в центре и уменьшается к периферии.

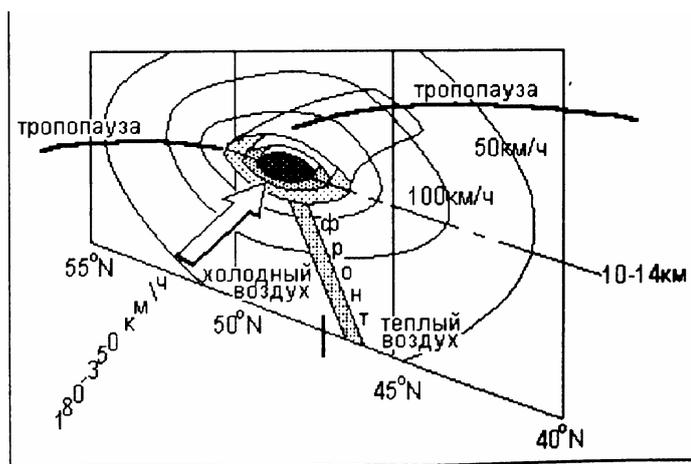


Рис.85 Полярное струйное течение

Скорость потока в струйном течении увеличивается, когда оно отклоняется к полюсу и уменьшается, когда отклонение к экватору. Объяснение этому дается при описании рисунка 58. Полярное течение располагается на высоте около 10 км и может достигать скорости 350 км/ч над Северной Америкой и Европой и более 500 км/ч над Японией и Новой Зеландией, где условия для его формирования наиболее благоприятны.

Струйные течения возникают из-за сильных температурных контрастов между полярными и тропическими воздушными массами. Эти потоки образуются при движении по направлению к полюсам, но поворачивают вправо в северном полушарии и влево в южном, двигаясь с запада на восток. Зоны сильных горизонтальных температурных градиентов, фронты на поверхности и струйные течения чаще всего сопутствуют друг другу.

Важность полярного струйного течения для спортивных пилотов двойная. Во-первых, помогает движению фронтов и циклонов, как показано в предыдущей главе. Обнаружение его дает предупреждение о погоде. Во-вторых, это говорит о сильном ветре на высоте. Полеты под струйным течением не обязательно опасны, но надо быть готовым к возможности усиления в течение дня ветра и турбулентности из-за перемешивания воздушных масс.

Струйное течение бывает заметным визуально, потому что оно зачастую сопровождается довольно протяженными группами перистых облаков. Они движутся параллельно потоку, но могут пересекать его при отклонении последнего к югу или северу.

ДНЕВНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ВЕТРА

Изменение направления ветра в течение дня должно быть хорошо известно любому, кто проводит на природе достаточное количество времени. Мы знаем, что ветер обычно усиливается днем и утихает к вечеру. На рисунке 86 показано типичное изменение скорости ветра в течение суток. Отметим, что максимум показан вскоре после полудня, когда отмечается пик прогрева и термической активности; минимум в ранние часы, когда земля максимально остыла.



Рис.86 Дневное изменение ветра

активность увеличивает обмен воздуха между различными слоями, и скорость ветра у поверхности увеличивается. После того, как солнечный прогрев начнет спадать, и термическая активность уменьшается, ветер у поверхности начинает утихать. Процесс этот может быть достаточно быстрым. Ветер продолжает утихать в течении ночи. Утром процесс повторяется. Часто бывают исключения из описанного сценария. Очень стабильные воздушные массы подавляют термическую активность, и ветер у поверхности может быть очень слабым или отсутствовать совсем. Жаркие гнетущие дни летом во влажных районах к этому предрасположены. Другое исключение возможно, когда на данной территории находится фронт. В этом случае, ветер может дуть весь день и всю ночь с очень малым изменением скорости.

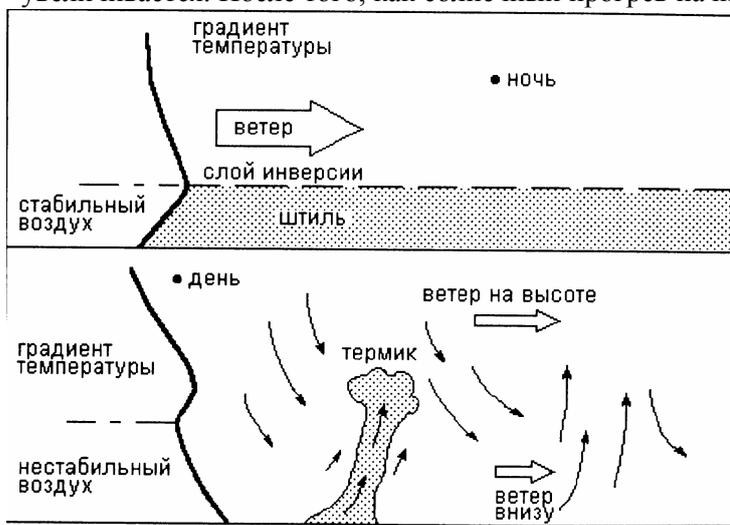


Рис.87 Изменение ветра по высоте



Рис.88 Градиент температуры и профиль ветра

массы от поверхности до тропопаузы. Имеет смысл рассматривать воздух по слоям. Первым подтверждением такой возможности является холодный слой воздуха у поверхности ясными ночами. В горных районах холодные ветры, движущиеся у склонов, могут создавать слои. Отметим возможность движения верхнего слоя воздуха над более холодным, находящемся в долине, в горах. И, конечно, мы должны иметь представление о слое инверсии.

Все эти расслоения связаны с разностью температур. Важно отметить, что профиль ветра часто связан с температурным градиентом. Это происходит потому что воздушные массы, имеющие различную температуру,

Попробуем объяснить изменение направления и скорости ветра. В течение ночи нижний слой воздуха стабилен - земля отдает остатки тепла - имеет место слабое вертикальное перемещение. Следовательно, иногда даже сильный ветер ночью у поверхности либо слаб, либо отсутствует совсем. С другой стороны, солнечный прогрев днем является причиной движения воздуха вверх и вниз и приносит к поверхности скорости воздуха, присущие верхним слоям. В результате, усиление ветра у поверхности при прогреве. Рисунок 87 иллюстрирует эту модель. Типичный дневной цикл начинается со спокойных условий ранним утром, когда воздух постепенно приходит в движение по мере прогрева поверхности. Воздушные потоки будут усиливаться, предпочитая утреннее направление. Позднее термическая

СЛОИ ВОЗДУХА.

Воздух не всегда состоит из однообразной

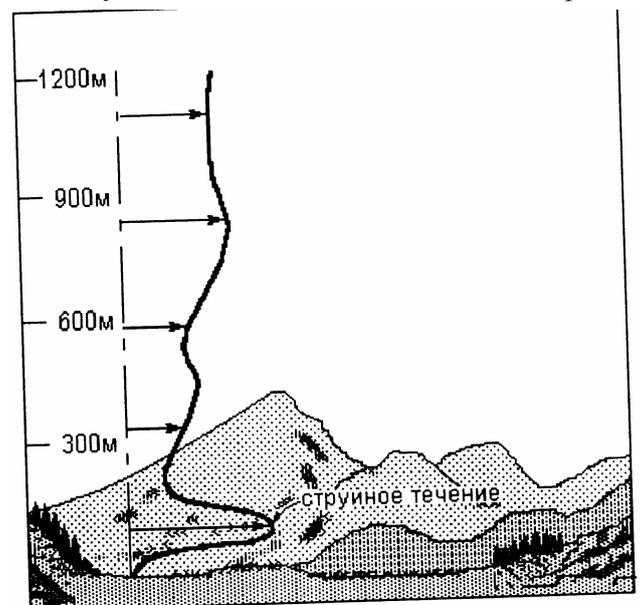


Рис.89 Струйное течение у поверхности

имеют различную плотность, а это не способствует их перемешиванию. В результате, мы часто находим теплые слои, скользящие по холодным или наоборот.

На рисунке 88 показаны некоторые профили ветра и соответствующие градиенты температуры. Эти профили могут изменяться ото дня к ночи или сохраняться в течение нескольких дней, если они результат прихода крупных воздушных масс: Отметим, что и турбулентность часто ассоциируется с движением двух соседних слоев. Турбулентность может создавать, собственную температурную инверсию, когда в результате нее более холодный воздух оказывается ниже более теплого. Более теплый воздух, являясь более влажным, поднимается и образует слой слоисто-кучевых облаков. Этот тип облаков указывает на слоистость воздуха и турбулентность в этом слое.

Пилоты воздушных шаров предпочитают летать либо рано утром, либо поздним вечером, когда нет сильных ветров у земли. Однако, на высоте ветер есть, и он обеспечивает дрейф шара. На разных высотах слои воздуха движутся в различных направлениях. Пилоты воздушных шаров используют это для полета в нужном направлении. Довольно часто опытные пилоты шаров могут привести шар и посадить его в месте старта, находя на различных высотах нужные потоки.

СТРУЙНЫЕ ТЕЧЕНИЯ МАЛЫХ ВЫСОТ

Струйные течения малых высот не сравнимы с полярным струйными течениями, но природа их возникновения аналогична - температурный градиент. Они обычно возникают ночью из-за плотных холодных ветров, движущихся с больших высот вниз к земле. В результате разница в скоростях, ведь основной ветер ослабевает с высотой (рис. 89). Маловысотное струйное течение может быть достаточно интенсивным и турбулентным.

Днем интенсивность течения снижается вследствие перемешивания воздуха под и над ним. Однако имеются исключения, например, ветер, который пересекает Великие равнины в США (рис. 59). Его можно отнести к струйным течениям, но интенсивность его максимальна днем, когда наивысший прогрев.

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ВЕТРЫ

Мы начали эту главу с упоминания о ветрах настолько знаменитых или особенных, что они получили собственные имена. Многие из них являются **фенами**. **Фен** - это общий термин для обозначения ветра, который осушается и нагревается при сжатии, когда он переваливает горную гряду и спускается в долину (приложение III). Термин фен пошел от ветров Швейцарии, дующих с гор в глубокие долины. Еще один тип ветра называется **бора**. Он тоже относится к ветрам, спускающимся вниз с гор. Бора более холодный, чем замещаемый им воздух. Обычно бора возникает в полярных районах, таких как Аляска и Скандинавия.

Существует два типа фенов. Первый возникает, когда холодные, сухие воздушные массы высокого давления застаиваются в запирающем их горном районе. Воздух начинает перетекать через вершины и, если в долинах по другую сторону гор низкое давление, возникает фен. Скорость его 60 - 100 км/ч, отмеченный максимум около 150 км/ч. Этот ветер может продолжаться несколько дней с постепенным затиханием, внезапными прекращениями и возобновлениями. Он типичен для зимы и весны, когда существуют мощные барические системы.

Второй тип фена возникает, когда маловысотный слой влажного воздуха пересекает горы. Этот воздух нагревается и осушается таким образом, как показано в приложении III.

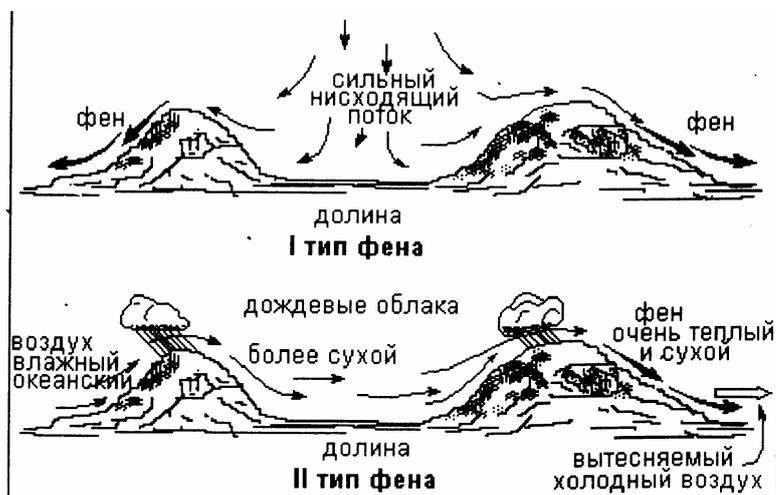


Рис.90 Типы ветров фен

Фены могут действовать как теплый фронт и выдавливать более холодный воздух от подветренной стороны гор, если этому способствует градиент давления. Иногда фен может дуть на некоторой высоте, лишь изредка прорываясь к поверхности. Он может приходиться как фронт или как относительно узкий поток, в зависимости от топографических особенностей и барической модели в данном районе. В любом случае фен повышает температуру и понижает влажность. Действие фенов часто связано с волновыми процессами в атмосфере (гл. 8). На подветренном склоне провоцируется волна, которая меняет длину или амплитуду там, где фен достигает земли. Хорошо известен фен в Альпах,

в основе которого лежит подобный механизм. Воздух, двигаясь волнообразно вверх и вниз, достигает

периодически уровня конденсации, и поэтому фен часто сопровождается слоисто-кучевыми облаками, расположенными группами, как показано на рисунке 91.



Рис91. Феновая щель (глаз)

ВЕТРЫ СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ

На рисунке 92 показана западная часть североамериканского континента. Основные ветры здесь это фены.

Восточные ветры (*east wind*) значительно выше к северу. Они могут быть слабыми и дуть над поступающим с запада холодным морским воздухом и сильными, проникая в долины. Северные (*north*) и *Mono (Mono)* ветры Северной

Калифорнии дуют в Большом Бассейне между Скалистыми горами и побережьем.

Ветры *chinook* дуют с западных склонов Скалистых гор. В зимнее время они могут быстро принести оттепель, известны случаи, когда температура поднималась на 17° - 22°C за несколько минут.

В Южной Калифорнии фен называют *Santa Ana*. Эти ветры также зарождаются в Большом Бассейне и часто дуют на южном побережье. Если *Santa Ana* слаб, он дует высоко над морскими бризами и может преобладать только на отдельных склонах. Морской бриз может повернуть этот ветер, который не заходит далеко в море. В другом случае сильный *Santa Ana* прижимается к поверхности и образует северо-восточный ветер, передавливая дневной морской бриз и создавая турбулентность.

Сильный *Santa Ana* сравнительно мало отличается днем и ночью. Однако, если он слабее, днем морской бриз дует с моря вверх на склоны, а *Santa Ana* над ним. Ночью земля, остывая, делает воздух стабильнее и *Santa Ana* на прибрежных склонах становится единоличным хозяином. Этот ветер может стать причиной возникновения волновых потоков.

Голубой северный ветер (*blue norther*), показанный на рисунке, - не фен, он движется вдоль Скалистых гор с севера на юг у поверхности. Известен как холодный, сильный и часто турбулентный ветер.

ВЕТРЫ СТАРОГО СВЕТА

Возможно, самый известный ветер в Европе мистраль (*mistral*), который дует с северной части Альп на юг к Средиземноморью. Он усиливается, проходя как в аэродинамической трубе, между Центральным массивом и южными Альпами во Франции (рис. 93).

Мистраль возникает из-за высокого давления на севере и низкого в бассейне Средиземного моря. Он приносит с собой очень холодные условия на юго-восток Франции и может дуть несколько дней.

Соседний с *mistral* ветер - *tramontane*, что значит "пересекать гору". Дует он на юге Франции, параллельно Пиренеям по низменностям и долинам, между этими горами и Центральным массивом. Он возникает при перемещении слабых барических систем. Иногда эти два ветра дуют одновременно. Когда в Европе антициклон, настоящий *tramontane* может дуть, пересекая Италию, создавая эффект сухого фена вдоль всего юго-восточного побережья.

Ветры, являющиеся по природе своей фенами, в Европе имеют свои названия. Это сухие, низовые, дующие над горными склонами ветры в Альпах, во Франции, Швейцарии и Австрии. Часто они сопровождаются тяжелой облачностью на Итальянской стороне Альп, которая по виду подобна феновым валам, как показано на рисунке 91. В этом случае также присутствуют феновые щели.

Есть еще ветры интересные для пилотов. Это *harmattans*, который часто пылевой и дует, пересекая горы Атлас к атлантике; *levanter*, который дует с запада Среднего Востока к Средиземному морю; *khamsin* - жаркий и сухой с юга в Египте. И, конечно, *sirocco*, который формируется в пустыне Сахара, пересекает Средиземное море, достигая Сицилии и Италии и несет огромное количество пыли и песка.

ИТОГИ

Движение атмосферы создает ветер, который влияет как-то на полеты. Он может принести парящие условия, но может быть причиной сильной турбулентности. Понятно, что все пилоты должны изучать и понимать ветровую обстановку.

В этой главе мы изучили условия и причины возникновения ветров, некоторые специфические ветры, особенно в горных районах. Мы узнали, что воздух можно разделить на слои по температуре или параметрам ветра. Были даны некоторые сведения о струйных течениях.

Далее мы рассмотрим некоторые формы турбулентности, привязывая их к местности.

Турбулентность.

Движение воздуха часто сопровождается сюрпризами, -которые мы называем турбулентность. Такие сюрпризы могут быть очень неприятны для малых летательных аппаратов, которые чувствуют любую неравномерность потока. Многие аспекты погоды и, в особенности, турбулентность сильно влияют на безопасность полета.

Также, как многие явления погоды, турбулентность нельзя увидеть, но мы можем с большой вероятностью её предугадать. В этой главе мы будем говорить только о турбулентности.

СМЫСЛ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

Если бы мы могли визуализировать воздушный поток, например при помощи красящих веществ или дымов, то появилась бы возможность увидеть турбулентность. Мы смогли бы увидеть вихри, смерчи, ускорения и торможения движущегося воздуха. Косвенно можно определить неравномерность потока по его направлению и скорости при обтекании нашего тела. Например, это заметно при движении турбулизированного воздуха в сильный ветер и объясняется рисунком 94. Здесь мы видим движение вихря, если смотреть сверху. Наблюдатель находится в точке А. Сначала слегка задувает слева, затем усиливается в лоб и по мере прохождения вихря направление потока меняется на противоположное.



Рис.94 Смысл турбулентности

Мы можем дать определение турбулентности как **хаотическое случайное движение воздуха**. И хотя отдельные формы турбулентности отличаются некоторой организованностью, такие как роторы, вспухания при термической активности, все-таки определяющий фактор - это случайность. Смысл турбулентности В зависимости от причины и характера турбулентности пилот принимает решение о типе аппарата и о возможности полетов вообще. Для наблюдателя на луне смерч, видимый в атмосфере Земли - это турбулентность. Для землянина - это стихийное бедствие. С другой

стороны, экстремальное состояние воздуха для бабочки - лишь легкое дуновение для человека. Как правило, более легкие летательные аппараты и аппараты с меньшей нагрузкой на крыло более чувствительны к любого рода турбулентностям.

ПРИРОДА ТУРБУЛЕНТНОСТИ

Влияние турбулентности на летательный аппарат во многом такое же, как и на наше тело (рис. 94). Скорость и направление полета относительно ветра будут менять влияние вихрь на крыло. Воздействие его на аппарат зависит от интенсивности, размеров и ориентации вихря.

Маленькие вихри создают ощущение быстрых ударов таких же, какие испытывает быстроходная лодка на озере с мелкой волной. Вихри диаметром от нескольких метров до размаха вашего летательного аппарата принесут вам как ощущение сильных ударов, так и, возможно, проблемы в управлении. Вихри еще большего диаметра будут восприниматься как внезапные подъемы, снижения, повороты, торможения или ускорения. И в конце концов, вихри очень больших размеров будут ощущаться, как изменение скорости и направления ветра на определенный период времени.

Опасности влияния турбулентности на полет следующие: внезапное попадание в нее может привести к нештатным параметрам полета, что особенно опасно на малой высоте; могут возникнуть проблемы с управлением, опять же очень опасные на малых высотах; в некоторых случаях - попадание в ротор или сильную термичность - возможны развороты и броски; и самое неприятное - возможно даже разрушение элементов летательного аппарата.

Цикл турбулентности начинается, когда она формируется одним из трех способов, которые будут обсуждаться далее. Крупный ротор движется с основным потоком ветра и разбивается на все более и более мелкие, но увеличивающиеся в количестве вихри. Этот процесс продолжается до тех пор, пока вихри не становятся так малы, что энергия движения гасится вязкостью и подобна тепловому движению (диаметром около 0,25 мм на уровне моря). По существу имеет место обмен энергией между крупномасштабным движением и более мелкими. Благодаря этому механизму, движение масс воздуха будет угасать быстрее, чем в идеальных условиях.

Более мелкие вихри не обязательно будут оказывать меньшее влияние на ваше крыло, они могут иметь энергию большую, чем крупные вихри, из которых они образовались. Это можно заметить, наблюдая за течением воды, когда маленькие быстровращающиеся водовороты двигаются внутри более крупных и медленных. И только с прохождением времени и определенного пути вихри турбулентности уменьшают свою энергию.

Турбулентность, возникая, имеет тенденцию распространять вокруг все свойства воздуха. Например, теплота, влажность и загрязненность расходится во всех направлениях, турбулентность уравнивает разницу в ветре. Подчеркнем, что градиент скорости ветра уменьшается турбулентностью, но она сама по себе может быть большей проблемой для пилотов, чем сам градиент.

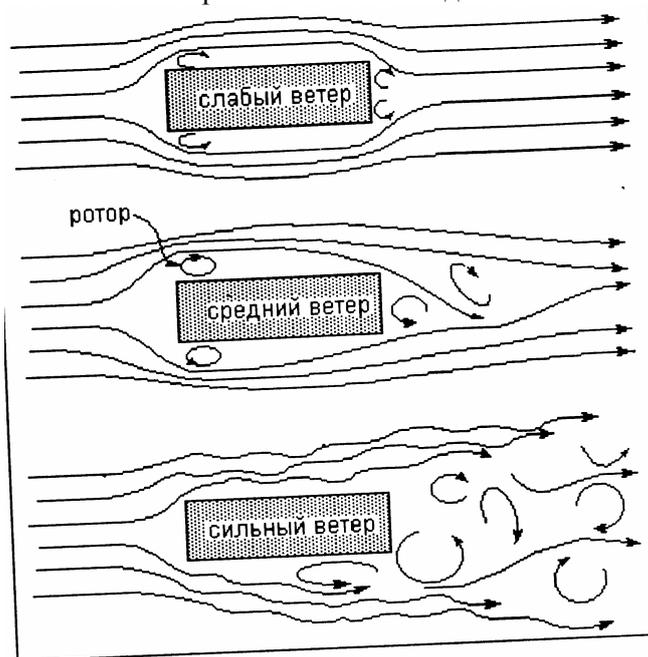
ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

Разделим турбулентность в зависимости от причин возникновения и развития на механическую, термическую и среза потоков. Каждая имеет существенные различия, поэтому мы рассмотрим их отдельно. Однако, мы должны сознавать, что они могут встречаться в любой комбинации. Например, механическая и термическая турбулентности часто присутствуют обе вблизи поверхности в жаркие, ветреные дни.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

Когда твердое тело - будь то гора, лес, дом или человек находится в потоке воздуха, оно разбивает его. Если скорость воздуха невелика, то возможно просто отклонение потока, но при больших скоростях поток разбивается с образованием вихрей, которые создают за объектом след, являющийся уже настоящей турбулентностью. Этот эффект можно наблюдать, опуская руку в воду, текущую с различной скоростью.

На рисунке 95 показано обтекание твердого тела потоком воздуха, при различной скорости. Подчеркнем, что более скоростной поток создает не только более сильную турбулентность, но и увеличивает ее след за объектом.



Интересно расположение вихрей. Более или менее стабильные вихри, расположенные в одном месте, определяются формой твердого тела. В атмосфере такие вихри мы называем **роторами**. Естественно, эти роторы могут отрываться потоком и уноситься, но их место занимают новые. В основном, они стабильны и занимают свое место до тех пор, пока существует поток с определенными параметрами. Если скорость потока сильно увеличится, роторы унесет, на их месте будет сплошная турбулентность.

Как гласит закон Ньютона, силы, с которыми тело действует на поток эквивалентны и противоположны тем, которые действуют на тело со стороны потока. Эти силы можно наблюдать, выставляя руку в окно автомобиля, движущегося с различными скоростями. Испытываемая сила сопротивления определяется разностью давлений спереди и сзади руки. Чем больше сила сопротивления, тем сильнее турбулентность за рукой. Кроме скорости потока, очень важным фактором является форма объекта. Если предмет имеет острые кромки, то невозможно безотрывное обтекание поверхностей из-за инерции молекул воздуха. На рисунке 96

Рис.95 Механическая турбулентность

показаны тела различной формы и модель их обтекания. На первой картинке изображено сечение объекта, создающего минимальное сопротивление и минимальную турбулентность. Самолеты и лодки очень похожи на него, а деревья, растущие в районах с сильными и частыми ветрами, стремятся к подобной конфигурации. На других картинках показано, как острые кромки или большая кривизна поверхности инициируют турбулентность. Теперь понятно, что любой предмет на земной поверхности является турбулизатором движущегося воздуха, а интенсивность турбулентности зависит от скорости ветра, размеров и формы горы, здания или любого другого объекта. Турбулентность, вызванная любыми твердыми телами, расположенными на земной поверхности, ограничивается слоем толщиной до 500 м над самым высоким из них. В предыдущей главе, в таблице мы назвали этот слой переходным. В этом слое имеет место нарушение ламинарности и равномерности потока. Величина объектов, стоящих на пути воздушного потока, определяет начальные размеры вихрей турбулентности. Чем больше преграда, тем больше вихри, но они могут быстро разделиться на более мелкие. Обычно объект создает начальный вихрь в 1/10 - 1/7 своего размера. Таблица, приведенная ниже, дает примерный диаметр вихрей для некоторых территорий.

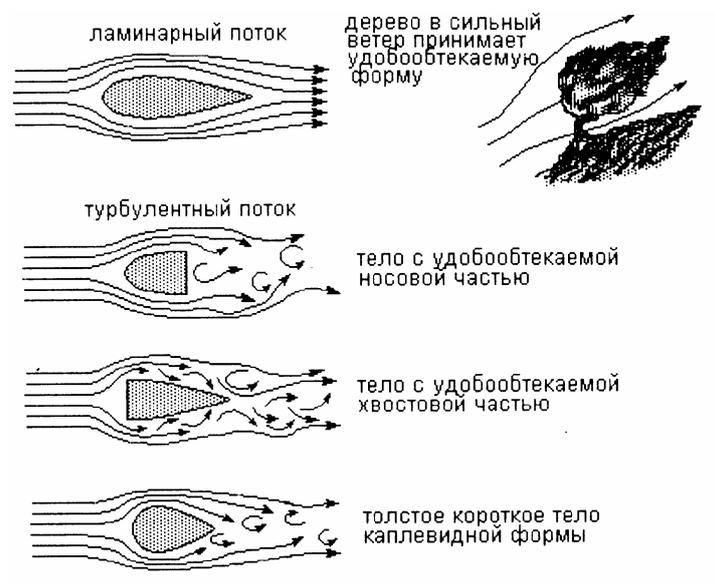


Рис.96 Обтекание потоком тел различной формы

Примерные диаметры вихрей турбулентности

Город или лес	2,0 м
Отдельностоящие дома	0,5 м
Скошеное поле (стерня)	0,1 м
Скошенная трава	10 мм
Океан, большое озеро	0,3мм

Рассмотрим влияние скорости ветра. При слабом ветре турбулентность слаба или отсутствует совсем. В средний ветер могут формироваться вихри, и тогда для наблюдателя ветер будет быстро меняться, в том числе и по направлению. В более сильный ветер (более 30 км/ч) вихри могут быть очень интенсивными, более мелкими и сноситься потоком, пока не разрушатся. В этом случае будут заметны существенные изменения в скорости ветра, а изменения в направлении слабо выражены.

Сила ветра и энергия вихрей турбулентности пропорциональна квадрату скорости. То есть, если скорость ветра увеличилась в два раза, то сила его воздействия увеличится вчетверо. Вихри, вызванные более сильным ветром, будут также более интенсивными. Эту мысль стоит выделить: **Мощность турбулентности увеличивается с квадратом скорости ветра.**

ТЕРМИЧЕСКАЯ ТУРБУЛЕНТНОСТЬ.

Второй причиной турбулентности в атмосфере является тепловая конвекция или термичность. Как показано на рисунке 97, когда образуется восходящий тепловой поток, он вторгается в воздух над ним и приводит этим к образованию вихрей турбулентности и изменению других параметров окружающего воздуха. Как мы увидим в главах 9 и 10, термики сами по себе образуют вращение поднимающегося воздуха внутри и рядом, а также нисходящие потоки по периметру. Пролетая сквозь такие поднимающиеся массы воздуха, пилот ощущает резкие переходы от нисходящих потоков к восходящим и наоборот. Авиационное название этого явления в прошлые времена - "воздушные ямы". Кромка таких термических потоков в любом случае очень турбулентна. Очень опасна термичность в жарких пустынях, где поток может перевернуть или даже разрушить небольшой самолет. К счастью, такие экстремальные условия встречаются довольно редко. Термическая турбулентность, обычно, наиболее сильна на высотах 600 - 1300 м, но может достигать нескольких километров в пустынях или в грозных условиях. Результатом одновременного присутствия механической и термической турбулентности может быть достаточно хаотическое движение воздуха (пример на рисунке 98). Даже когда основной ветер слаб, термические потоки могут создавать приземную турбулентность, притягивая воздух со всех направлений. Рисунок 99 иллюстрирует влияние термичности на движение воздуха у поверхности. Когда нагретый воздух поднимается, его место занимает воздух сверху. Если наверху дует ветер, то движение вниз приведет к тому, что у земли будет ощущение потока, направленного к земле с горизонтальной и вертикальной составляющими. Этот эффект называют "кошачьей лапой" и увидеть его можно в ветренный день с термической активностью по местной ряби на воде, по верхушкам леса, на травяных полях. Такие порции холодного воздуха приводят как к умеренной, так и к сильной турбулентности.

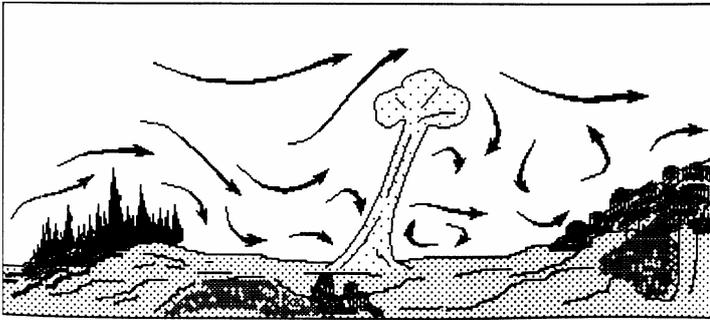


Рис.98 Влияние на поток у земли термической и механической турбулентности

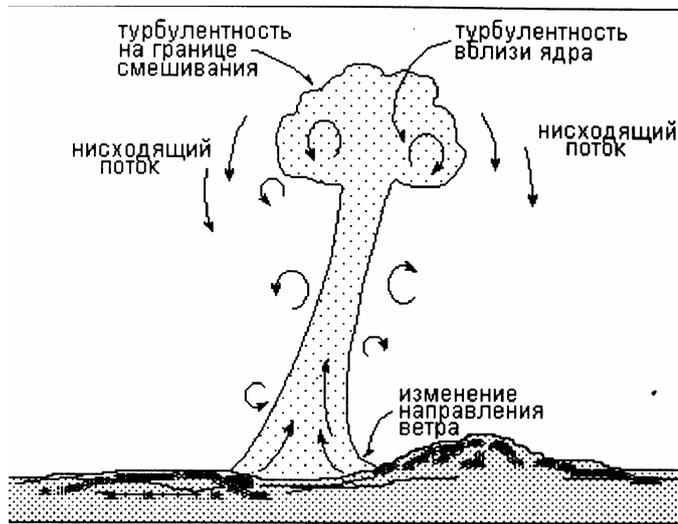


Рис.97 Термическая турбулентность

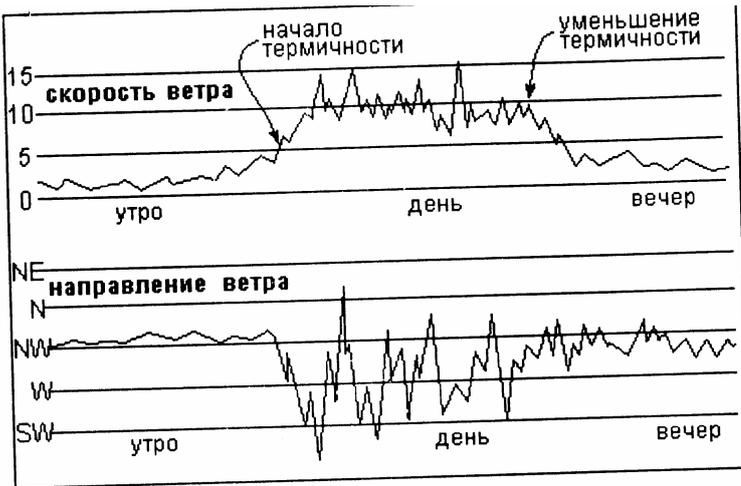


Рис.99 Изменение параметров ветра от термичности

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ СРЕЗА.

Третья и последняя причина возникновения турбулентности - это следствие среза ветра. Под термином срез будем понимать плоскость соприкосновения двух слоев воздуха, которые имеют различные скорости или направления. В этом случае граница между этими двумя потоками становится зоной, или слоем турбулентности, возникающей из-за трения между ними, как показано на рисунке 100.

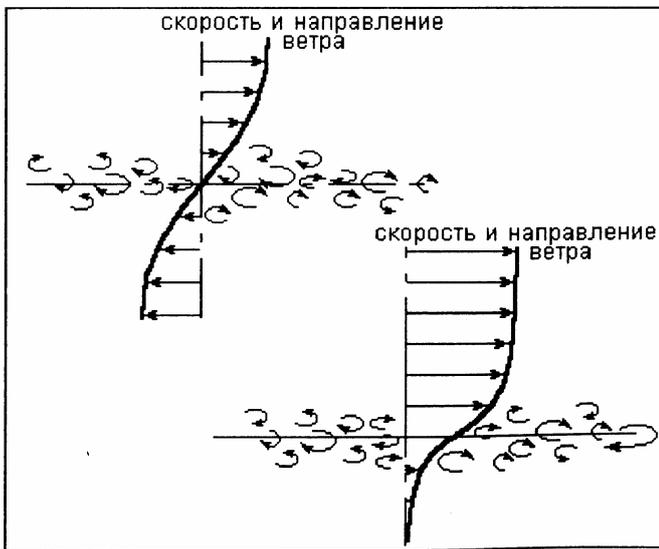


Рис.100 Турбулентность на срезе потоков

В действительности, причиной любой турбулентности являются процессы среза, в том смысле, в котором мы понимаем это слово. Для механической турбулентности наличие на поверхности неровностей и трение потока (рис. 83) это тоже срез. Термическая - это срез при различных скоростях и направлениях восходящего потока и окружающего воздуха. Однако мы игнорируем эти детали и рассматриваем только турбулентность, возникающую при взаимодействии двух слоев с различными скоростями или даже направлениями движения.

Нужно сказать, что можно отделить скоростные и температурные причины возникновения турбулентности среза. Можно сказать, что слои воздуха, имеющие различные температуры, имеют неодинаковые скорости и направления, что является причиной турбулентности среза между ними. В предыдущих главах говорилось, что эффекты нагревания и охлаждения воздуха, а также барические системы

высокого давления создают температурные инверсии и струйные потоки на различных уровнях. Это типичное явление, тесно связанное с турбулентностью среза.

В самом деле, турбулентность среза чаще всего встречается возле слоя инверсии. Этот слой может быть на высоте нескольких сотен метров, формируется он опускающимся воздухом в барических системах высокого давления, или ночью, когда нижний слой воздуха остывает быстрее. В первом случае, инверсионный слой может остановить подъем термических потоков, турбулентный воздух перемещается в теплый слой. На рисунке 101 изображено несколько ситуаций, когда присутствуют одновременно инверсия и турбулентность среза. На последней картинке мы видим, как в долине собирается холодный воздух, а более теплый протекая над ним с большой скоростью, приводит к образованию сильной турбулентности среза на границе между воздушными массами. В горных районах после обеда возникают мощные холодные потоки, которые являются результатом

стока воздуха с гор в долину (подробнее об этом явлении в следующей главе). Они приводят к образованию сильной турбулентности среза (рис. 102). Этот процесс чаще всего встречается на восточно-ориентированных склонах с глубокими каньонами внизу в жаркие дни, когда солнце опускается ниже вершин и восточные склоны оказываются в тени. На рисунке 103 объясняется еще одна причина возникновения турбулентности среза - это холодный и теплый фронты, а также фронты морских бризов (смотри следующую главу). Отметим, что сильная турбулентность среза встречается на границе двух воздушных масс с сильно отличающимися характеристиками (например, во фронте морского бриза). Турбулентность среза имеет тенденцию удерживаться длительное время, если слои ее порождающие, стабильны. Мощные фронты могут создавать турбулентный слой на несколько дней. Слои воздуха с различной температурой, а значит и плотностью не стремятся перемешиваться. Таким образом, они некоторое время поддерживают разделение и перемешиваются только в узком слое между собой. С годами турбулентность среза не становится менее тяжелым испытанием для спортивной авиации. Для большей части малой авиации лучше ее избегать. Турбулентность среза часто выглядит как небольшая болтанка и возможны вполне нормальные полеты, но может быть очень сильной, неприятной даже для самолетов, что встречается в верхних слоях и чаще в высоких широтах.

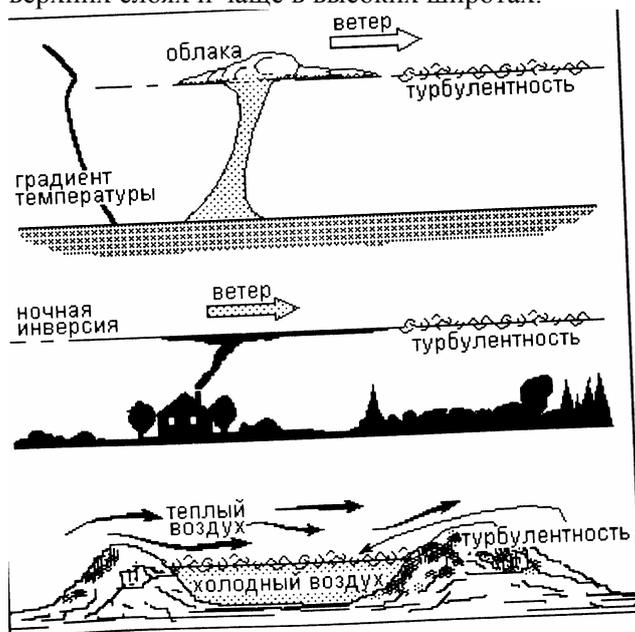


Рис.101 Причины возникновения турбулентности среза



Рис.102 Ветер в горах как причина турбулентности

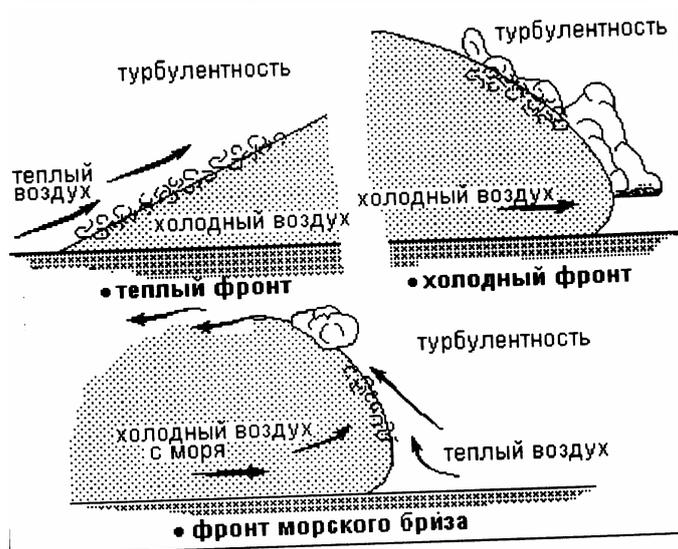


Рис.103 Турбулентность среза во фронтах

ВИХРЕВАЯ ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

Мы рассмотрели три естественных причины возникновения турбулентности. Для полноты информации отметим, что есть еще причина, созданная человеком. Это спутная струя, представляющая собой вихрь, сходящий с законцовок всех крыльев. Он имеет большую энергию, и его воздействие в воздухе на летательный аппарат, летящий сзади, ощутимо. Спутная струя от другого аппарата действует на некотором расстоянии за крылом. В этих пределах летящий сзади ощущает толчки, удары, тряску в зависимости от расстояния и положения относительно переднего аппарата. Спутные струи за самолетом намного интенсивнее, чем мы можем предположить, они могут стать причиной проблем в управлении и даже разрушений попавшего в них летательного аппарата. Избегая их, вы сохраняете свое здоровье. Спутные струи тем интенсивнее, чем больше нагрузка на крыло, чем менее аэродинамически совершенен летательный аппарат и чем больше углы атаки.

РОТОРЫ

В определенных условиях в пересеченной или горной местности образуются вихри, которые мы называем роторами. Длительность их существования зависит от того, как долго дует ветер. Позднее будут приведены рисунки с примерами роторов.

Роторы возникают в стабильных условиях при слабых или средних ветрах. В нестабильных условиях (например: термичность) имеется тенденция к их дроблению или уничтожению совсем. В более сильный ветер ротора обычно сдуваются в направлении основной турбулентности, свойственной данной местности. В полете

надо избегать роторов, потому что они приводят к возникновению сильных нисходящих потоков и создают проблемы в управлении аппаратом. Полет вдоль оси ротора может привести к опрокидыванию. Роторы, которые расположены под волной (глава 8) могут привести к разрушению самолета.

ПРИЗНАКИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

Турбулентность можно увидеть, находясь на земле. Любое быстрое изменение скорости или направления движения воздуха является указателем турбулентности. Каждый пилот должен знать максимальные параметры турбулентности, допустимые для его летательного аппарата, да еще с учетом его индивидуального мастерства. Например, примем ограничение изменения скорости и направления ветра на 2 м/с и 45° за 3 секунды. Если изменения больше, или такие, но за меньший промежуток времени, то вам лучше подождать более подходящую погоду.

Рис. 104 Дым как индикатор турбулентности. Любые гибкие объекты, которые могут служить указателями ветра, такие, как: деревья, поля злаковых, высокая трава, водяные пространства, флаги и ветроуказатели можно использовать для определения интенсивности турбулентности. Идеальным детектором турбулентности является дым, как показано на рисунке 104.



Рис. 104 Дым как индикатор турбулентности

Как отмечалось в главе 3 определенные типы облаков также хорошо указывают на турбулентность. Кучевые облака очень часто связаны с термиками и, следовательно, с термической турбулентностью. На интенсивность турбулентности частично указывают вертикальное развитие и скорость роста облаков, связанные с термической активностью. Турбулентность среза также можно определить по типу облаков.

Слоистые облака часто находятся в инверсионном слое. А граница слоя инверсии с более холодным воздухом является зоной турбулентности среза. Willow облака, которые рассматриваются выше (рис. 34), указывают на срез потоков. Часто они возникают по причине прихода теплого фронта и обычно выше уровня полетов спортивных аппаратов (5000 м и более).

Последний тип облаков, который может помочь определить наличие турбулентности, - это волновые облака (рис.33). Сильные роторы часто соседствуют с волнами, поэтому район с волновыми облаками представляет опасность для легкой авиации. В главе 8 мы подробнее рассмотрим волны и покажем, чем опасен ротор.

УСЛОВИЯ И ЦИКЛЫ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

Понятно, что жаркие, сухие условия идеальны для возникновения сильной термической турбулентности. В дополнение, большой градиент давления, местные прогревы или крупномасштабная циркуляция вызывают сильный ветер, что может привести еще и к мощной механической турбулентности.

Изменения стабильности атмосферы тесно связано с типом турбулентности. Стабильный воздух не способствует термической активности или другим видам вертикального движения потоков. Механическая турбулентность, как и термическая, довольно неожиданна в стабильных условиях, и умирает быстрее. С другой стороны взаимодействие стабильного воздуха с другими слоями зачастую приводит к турбулентности среза.

Из вышесказанного мы можем сделать вывод, что каждый тип турбулентности наиболее вероятен при определенных условиях в различное время. На смену утренним стабильным приходят послеобеденный нестабильные условия, затем вечерняя и ночная стабильность. В более крупных временных масштабах зимние стабильные условия меняются весенними, нестабильными, затем смесь летом (стабильные и нестабильные во влажных районах, нестабильные в сухих районах), затем, в основном, нестабильные осенью, когда холодный фронт движется к югу. В таблице приведены различные типы турбулентности и их наличие от времени и атмосферных условий.

- Конечно, возможны различные исключения из таблицы. Например, термичные дни бывают зимой после прохода холодного фронта или в пустыне в солнечный день. Турбулентность среза может быть в любое время года или в середине дня, когда рядом фронты или барические системы. В зимнем, холодном и плотном воздухе термическая турбулентность слаба, не сильно распространяется и механическая, но любое движение или вращение воздуха более энергонасыщенно, так как воздух более плотный.

Турбулентность

МЕХАНИЧЕСКАЯ ТЕРМИЧЕСКАЯ СРЕЗА

Стабильные условия	X	—	X
--------------------	---	---	---

Нестабильные условия	X	X	—
Утро	—	—	X
День	X	X	—
Вечер и ночь	X(в конце ветренного дня)	X(стихает)	X
Зима	X	—	X
Весна и осень	X	X	—
Лето	X	X(особенно в сухих районах)	X(только во фронтах)

Механическая турбулентность встречается только в ветренные дни.

ПРИЗЕМНЫЕ УСЛОВИЯ

Исходя из того, что спортивная авиация, в основном, летает в эшелоне до нескольких сотен метров, хотелось бы обратить внимание на приземное пространство. Как мы знаем нижний слой воздуха называют пограничным из-за процессов, связанных с трением его о поверхность, а это значит, что при ветре будет механическая турбулентность.

ПРИБРЕЖНАЯ ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

Возле моря воздушный поток часто очень ровный. Во-первых, ветер над водой до самого берега турбулизуется очень слабо. Во-вторых, воздух над водной поверхностью обычно стабилен, потому что охлаждается водой, ведь чаще вода холоднее воздуха. И последнее, вся масса воздуха стабильна, потому что в течении дня воздух снижается, как мы увидим в следующей главе. С полетами вдоль побережья больших водных пространств по спокойствию воздуха могут конкурировать разве что только полуночные условия.



Рис.105 Распространение турбулентности

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ ВНЕ ВОДНЫХ ПРОСТРАНСТВ.

Здесь ситуация может быть очень разнообразная. Механическая и термическая турбулентности могут комбинироваться, как показано на рисунке 98. За любым твердым объектом при ветре возникает механическая турбулентность (рис 105). Здесь мы видим, как она распространяется, а размер вихрей с расстоянием уменьшается. Вихревой след зависит от силы ветра и стабильности воздуха. Основное правило авиации гласит, что безопасная зона на подветренной стороне объекта, начинается на расстоянии, равном произведению высоты объекта на половину скорости ветра в км/ч. Например, дом высотой 8 м при скорости ветра 30 км/ч даст протяженность опасной зоны на подветренной стороне 120 м, в то время как гора - 200 м при ветре 30 км/ч - 3 км.

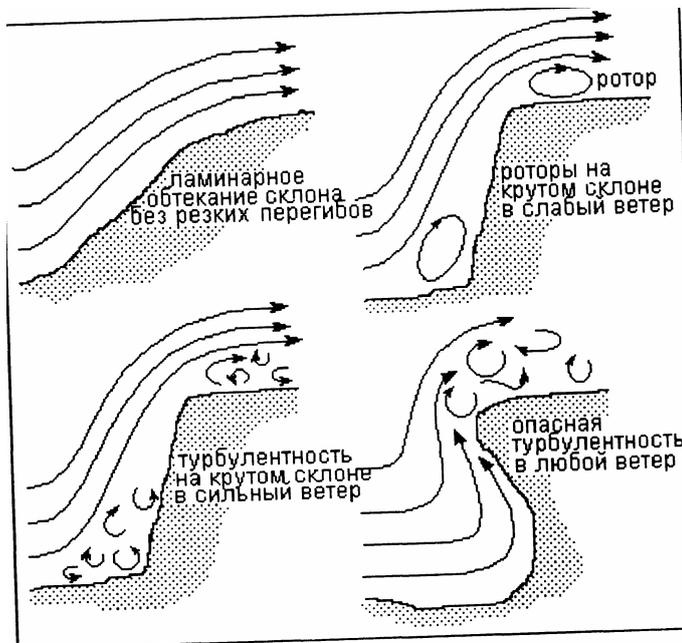


Рис.106 Турбулентность на склонах

НАВЕТРЕННЫЙ СКЛОН.

Ранее на рисунках 95 и 96 было показано, как влияют различные формы тела на поток. Обтекание строений происходит подобно тому, как изображено на рисунке 95. Проанализировав, можно понять, что происходит с потоком, встретившим на своем пути холм или утес произвольной формы, как, например, показано на рисунке 106. Плавный отлогий склон в слабый и даже умеренный ветер может вообще не иметь

турбулентности. Такие возвышенности могут использоваться не только для полетов, но и для посадки.

Крутой склон при ветре обязательно имеет какую либо форму турбулентности. Слабый ветер может индуцировать роторы, в сильный ветер возможна сильная хаотическая турбулентность. Особенно опасны склоны с нависанием где турбулентность присутствует даже в самый слабый ветер

Мы специально так подробно останавливаемся на различных формах склонов, потому что некоторые виды летательных аппаратов летают вблизи них и даже совершают на них посадки. Пилоты должны понимать процессы, происходящие на склоне и уметь и с земли и с воздуха определить возможность и безопасность таких полетов и посадок.

ГОРНЫЕ ХРЕБТЫ, ГРЕБНИ.

Условия возникновения турбулентности при обтекании горных хребтов похожи на те, что возникают на склонах. Некоторые общие ситуации показаны на рисунке 107. Здесь мы видим возвышенности с различными по крутизне подветренными склонами. Хребты с пологими подветренными склонами турбулизируют поток только при очень сильном ветре. Если склон крутой, то при слабом ветре за ним располагается ротор, при сильном мощная турбулентность с интенсивным перемешиванием. Отметим, что при любой крупной неровности наветренного склона, там образуется ротор. Длинный хребет, лесополоса или ряд домов более эффективно индуцируют турбулентность, чем отдельностоящие. Как показано на рисунке 108, ветер обтекает холм с очень малыми завихрениями потока (в главе 8 мы увидим, что изолированный холм создает менее интенсивный динамический восходящий поток, чем длинный гребень по той же причине).

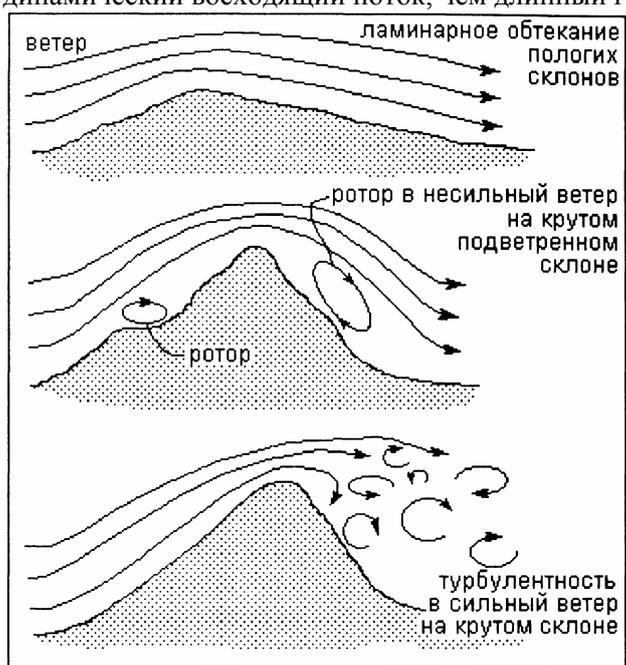


Рис.107 Турбулентность возле вершины

подниматься вверх даже над подветренным склоном холма из-за расположенного там ротора (см. рис 109). Посадка в этот ротор приводит к очень неустойчивому и беспорядочному "полету", который в лучшем случае закончится грубым приземлением на склон. Автор однажды наблюдал, как подобную ошибку совершил пилот дельтаплана. Аппарат перевернулся и упал на склон, пилоту потребовалось много времени для выздоровления.

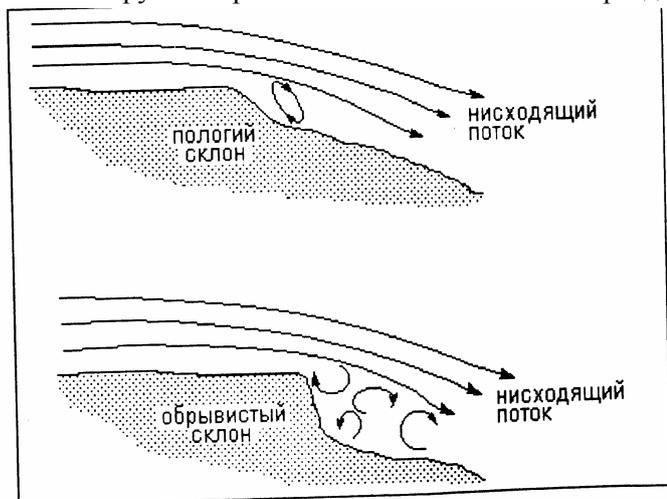


Рис.110 Турбулентность на подветренном склоне плато

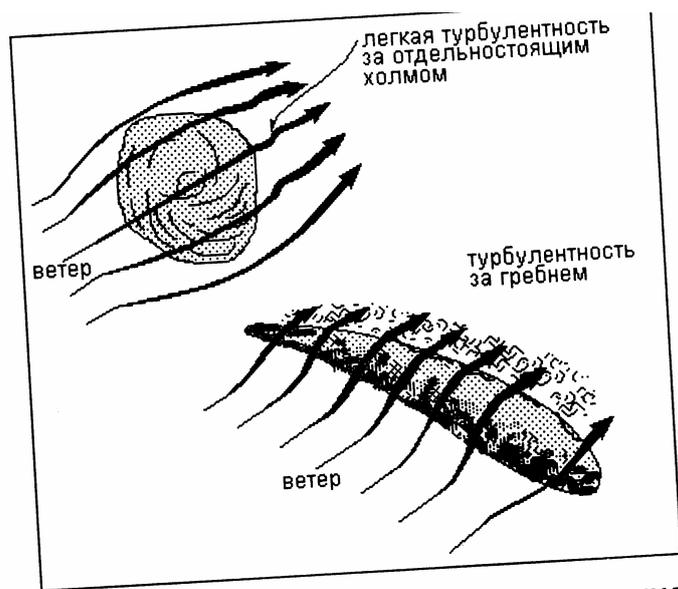


Рис.108 Поведение потока вблизи возвышенностей

Существует возможность того, что поток будет подниматься вверх даже над подветренным склоном холма из-за расположенного там ротора (см. рис 109). Посадка в этот ротор приводит к очень неустойчивому и беспорядочному "полету", который в лучшем случае закончится грубым приземлением на склон. Автор однажды наблюдал, как подобную ошибку совершил пилот дельтаплана. Аппарат перевернулся и упал на склон, пилоту потребовалось много времени для выздоровления.

размер ротора зависит от стабильности воздуха и силы ветра

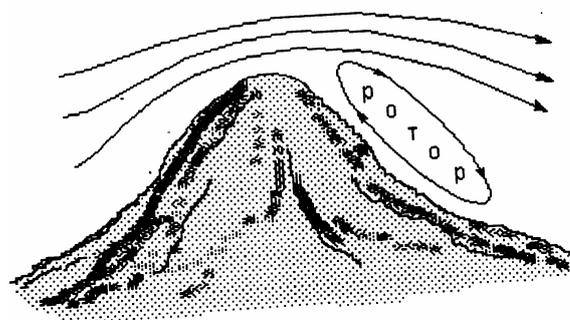


Рис.109 Ротор на подветренном склоне

Если на подветренном склоне расставить флажки, то они покажут восточный ветер, даже если, на самом деле, дует сильный западный. Это действие ротора, которое может обмануть невнимательного пилота. Чтобы

быть уверенным в направлении ветра, надо посмотреть на обе стороны вершины хребта. Напомним, что возможна ситуация, когда верховой и низовой ветры имеют различные направления (например, при прохождении холодного фронта: юго-восточный вниз и западный вверх в северном полушарии), но, в отличие от ситуации с роторами, в данном случае, полеты могут быть возможны.

В зависимости от формы подветренного склона плато, на нем при общем нисходящем потоке возможен ротор или даже обширная турбулентность (рис. 110), что очень опасно для полетов.

УЩЕЛЬЯ, ЧАШИ, КАНЬОНЫ И ОВРАГИ.

Гребни и холмы, которые используются пилотами для парения, имеют одну общую особенность - малую турбулентность. Если в длинном гребне есть пролом, то это вносит некоторые особенности в характер потока как в нем, так и за ним. Наблюдать это можно на примере ручья, перегороженного дамбой. Рисунок 111 показывает поток и турбулентность вблизи разрыва в гряде при прямом и скошенном ветре. Скорость воздушного потока в проломе будет выше, чем скорость ветра вообще, из-за сжатия. Если разрыв протяженный и сужающийся, то характер течения в нем будет таким, как показано на рисунке 112. Когда ветер дует параллельно длинному пролому или сужающейся долине, поток спокоен с завихрениями и роторами только вблизи склонов и поверхности. В случае же, когда ветер дует под углом к оси долины, то размеры и интенсивность турбулентности в ней увеличиваются, что и отражено на рисунке 113. Несильный ветер может создавать ротор, заполняющий всю долину. Однако термичность приводит к его разрушению и к хаотической турбулентности, как при сильном ветре. Когда основной ветер пересекает долину, в ней самой поток может идти вдоль, прижимаясь к наветренному склону, а турбулентность присутствовать только у подветренного.

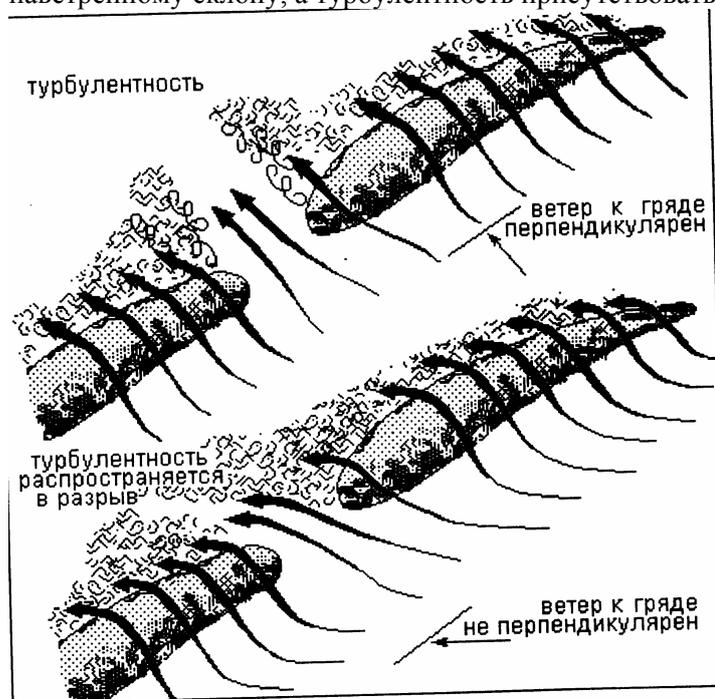


Рис.111 Поток и турбулентность в разрыве

Каньоны в высокогорных районах могут создавать свою очень мощную и опасную турбулентность, которая, комбинируясь с прогревом и термичностью, часто создаёт мощные нисходящие потоки внутри каньона, и восходящие вдоль хребтов. Классический пример этого наблюдается в Owens Valley в Калифорнии, а также в Альпах и других крупных горных образованиях. Когда ветер направлен под углом к основной оси каньона, турбулентность и нисходящие потоки могут быть еще суровее (см. рис. 114), хотя на подветренной стороне хребта и в глубине каньона может быть тихо и спокойно. Пересекая такие каньоны необходимо иметь достаточный запас высоты. В более мелких горах выступы и овраги создают турбулентность аналогичным образом, но более слабую (см. рис.115). Пересекать мелкие неровности рельефа можно, облетая их, либо над ними, имея некоторый запас высоты в зависимости от скорости ветра и высоты хребтов или глубины оврагов.

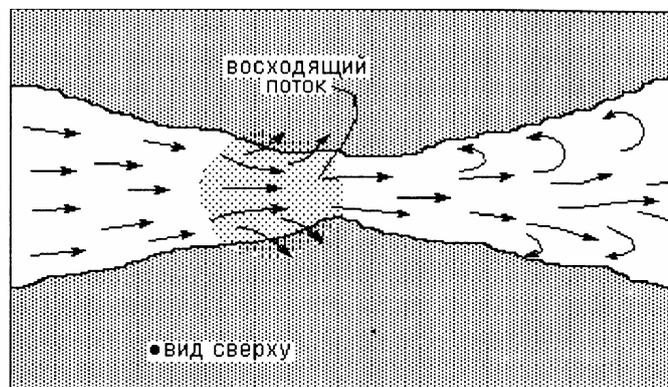


Рис.112 Характер течения в сужающемся ущелье

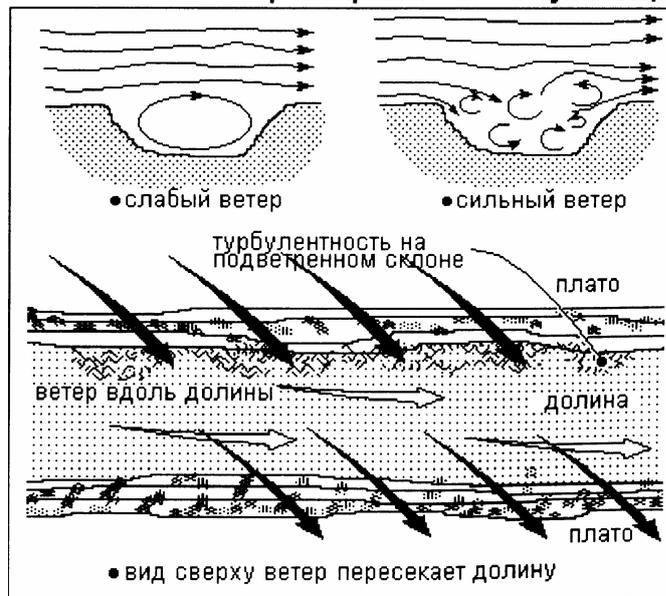


Рис.113 Поток и турбулентность в долине

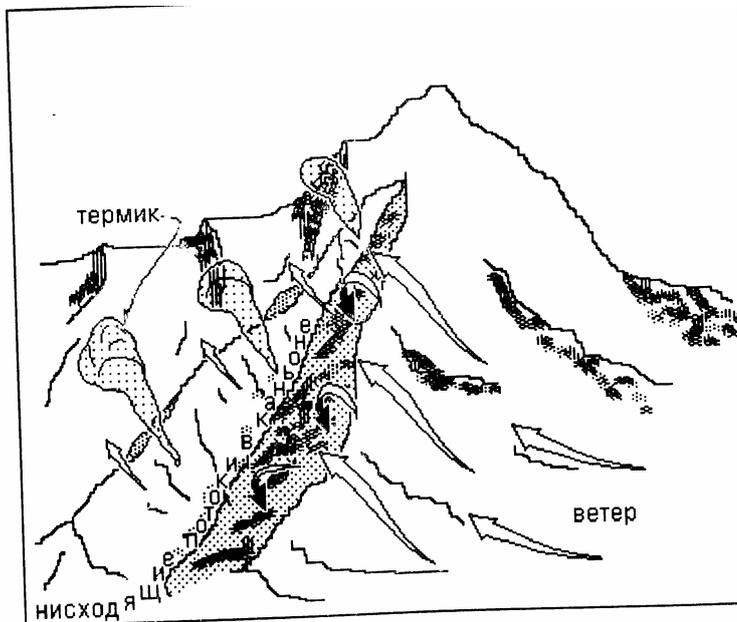


Рис.114 Потоки в высокогорных каньонах

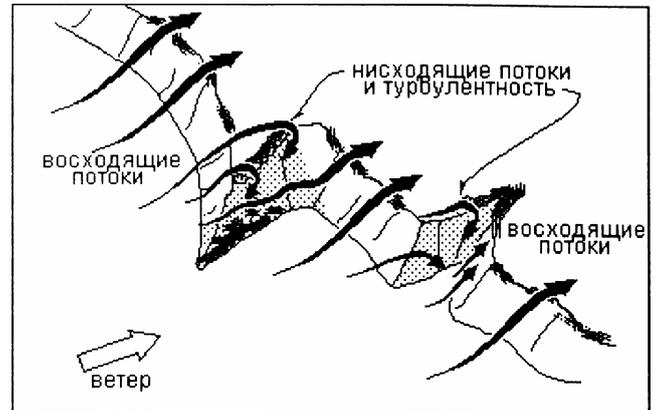


Рис.115 Потоки у склона сложной формы

ДЕРЕВЬЯ.

Во многих частях света деревья являются естественными и многочисленными препятствиями, от которых пилотам приходится постоянно уклоняться. Они также являются

причиной турбулентности. Парение над холмами, покрытыми лесом при отсутствии термичности происходит в условиях большей болтанки, чем над голыми возвышенностями.

Ряд деревьев будет создавать турбулентность из большого количества вихрей, а если они растут очень плотно, то их обтекание будет аналогично длинному гребню. Часто пилоты этим пользуются и ловят восходящие потоки над лесополосами. Понятно, что если деревья голые, без листьев, то набрать над ними высоту невозможно, зато турбулентность за ними обеспечена. На рисунке 116 изображена модель турбулентности, возникающей за одиноким деревом. От множества деревьев вихри перемешиваются. На территории, заросшей лесом, характер течения воздуха до и после него будет различаться (см. рис. 117). Хотелось бы обратить внимание на большой градиент скорости ветра за деревьями, на высоте вершин. Сильное уменьшение скорости

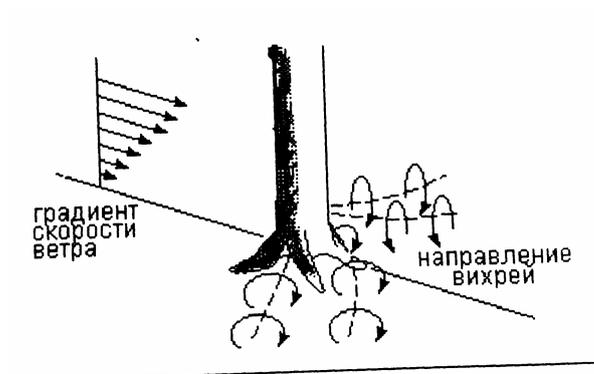


Рис.116 Турбулентность за стволом

ветра за лесопосадкой называют ветровой тенью или затенением ветра.

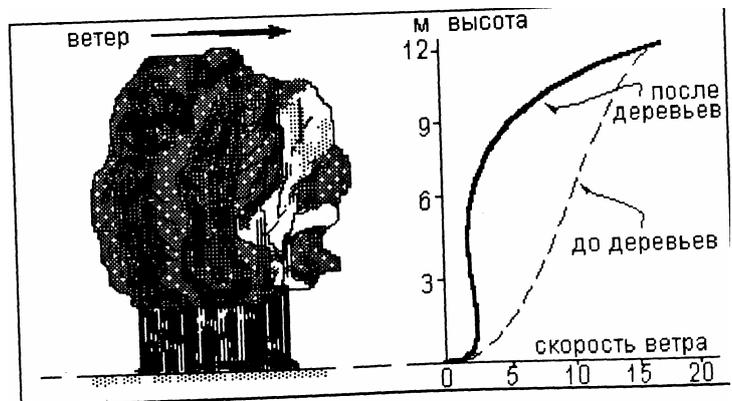


Рис.117 Ветровая тень за деревьями

Попытки приземлиться на дорогу, окаймленную лесополосами или на просеку при направлении ветра пересекающем их ось, очень опасны. По турбулентности эти места подобны узким долинам (рис. 113). Также могут оказаться небезопасными посадка и взлет на местности, окруженной лесом.

ЗАТЕНЕНИЕ ВЕТРА

Затенение возможно за полосой деревьев, строением или холмом. Выдвижение из нее в свободный поток можно сравнить с сильным порывом или большим градиентом скорости ветра. Как мы узнали в пятой главе, у земли всегда существует определенный градиент скорости ветра. Чем он сильнее, тем серьезнее его влияние на полет. При пролете границы сильного ветрового затенения достаточно сложно справиться с управлением, даже если заранее предполагаешь осложнения и готовишься к ним. Благоразумные пилоты предпочитают не испытывать судьбу и не залетают на подветренную сторону строений, холмов, лесных массивов ни в какой ветер. Если попадание в тень неизбежно, то надо двигаться в направлении, пересекающем ветер.

Особая форма затенения встречается у поверхности в условиях сильного прогрева со стабильными воздушными массами. В этом случае формирующийся слой теплого воздуха настолько устойчив, что некоторое время до отрыва блокирует ветер у земли. Такая ситуация часто встречается возле моря: стабильный морской бриз и сильно прогревающийся воздух над берегом. На верхушке горячего слоя воздуха скорость ветра может резко увеличиваться, что приводит к большому градиенту скорости ветра.

ПОЛЕТЫ В ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

В сильную турбулентность лучше не летать, но в любом случае порывы ветра очень частые спутники полетов. На самом деле пилоты-парители жаждут найти толчки, неравномерность потока, потому что они предвестники восходящего потока. Со временем любой пилот осваивает полеты в умеренную турбулентность. Турбулентность создает две проблемы для авиаторов: сложности с управлением и ударные нагрузки на летательный аппарат. Если рассматривать этот вопрос применительно к самолетам, то для решения первой проблемы необходима более высокая скорость, а для уменьшения нагрузок скорость должна быть минимальной. Поэтому надо прийти к какому-то компромиссу. В авиационных кругах есть такое правило: полет в турбулентность со скоростью в 1,5 раза больше минимальной поможет предотвратить чрезмерные нагрузки на крыло при достаточном запасе для управления. Механическая турбулентность у поверхности может принимать очень опасные формы. Вы можете избежать ее, летая на высоте 100 метров или выше, переждав сильный ветер, или совершая посадку на ровную открытую поверхность. Ближе к земле турбулентность состоит из вихрей, ориентированных параллельно поверхности и перпендикулярно ветру, они как будто катятся по земле, как показано на рисунке 118. Это особенно заметно в самом низком слое, порядка нескольких метров от поверхности. Примерно на высоте 20 метров вихри становятся ориентированными произвольно, во всех направлениях и с различной энергией. Посадка в ветер ставит нас лицом к лицу с турбулентностью, которая постоянно меняется, причем неравномерно под каждым крылом. Некоторый запас скорости - хороший помощник при посадке в ветер. Термическая турбулентность может быть везде, от земли до базы облаков. Однако, она жестче вблизи инверсионных слоев и в сильный ветер. Иногда такие ветры дуют в определенном слое воздуха или над некоторой территорией, их надо избегать, если они известны. Несмотря на более сильные ветры на высоте, термическая турбулентность зачастую с высотой становится менее опасной. Она становится более упорядоченной и расширяется. В любом случае лучший путь избежать термической турбулентности - это дожидаться уменьшения солнечного прогрева.



Если не летать вблизи границ различных слоев, то можно избежать попадания в турбулентность среза. Набирая высоту, и обнаружив турбулентный слой, проще уйти из него, снизившись. Турбулентность среза очень редко распространяется до земли.

Необходимо избегать турбулентности за летящим впереди аппаратом, особенно, если он больше вашего. Подробно это описывается в инструкциях по производству полетов, но главная идея - избежать попадания в спутную струю в течение некоторого времени.

Рис.118 Ориентация турбулентности у земли

ИТОГИ

Турбулентность всегда рядом. Мы живем в ней, летаем в ней и основная наша задача - избегать ее жестких форм. Позже мы придем к пониманию того, как различные типы турбулентности создаются и что указывает на их присутствие. Использование воды, некоторых моделей и воображения поможет визуализировать, где спрятался дракон турбулентности, а где можно в полете чувствовать себя комфортно.

Пилоты-парители ищут условия с термическими потоками и ветром, чему, естественно, сопутствует турбулентность. Непарящие пилоты ищут условия с минимальной турбулентностью, но даже в этом случае необходимо быть к ней готовым.

ГЛАВА 7.

Местные ветры.

Земля - это планета с огромными водными пространствами, окутанная атмосферой. На ней происходят многие процессы с очень мощной энергетикой от землетрясений, приливов и отливов до тропических ураганов. Мы, люди, только слабые зрители на этом грандиозном спектакле и не можем повлиять даже на обычные погодные явления.

Но в небе достаточно мелких по масштабам пространств, где модели потоков отличаются своей периодичностью и постоянством. К счастью, для пилотов-парителей эти мелкомасштабные циркуляции хорошо изучены и позволяют совершать длительные полеты. Мы называем эти потоки воздуха местными ветрами. Такое название принято в связи с тем, что они возникают от теплового и барического дисбалансов на полосе 30 км и менее. Это микрометеорология.

Отметим, что местные погодные условия хорошо изучены и понятны пилотам, потому что они наблюдают их годами в различные сезоны и при различных метеорологических процессах. Они будут объектом изучения в этой главе: причины возникновения, как их предсказать, как избежать возможных опасностей и использовать для высоких и приятных полетов.

ПРОГРЕВ И ЦИРКУЛЯЦИЯ

Главная движущая сила большинства местных эффектов - это различный прогрев. Это предполагает, что в солнечные дни одна площадь прогревается сильнее, чем соседняя. В главе 1 мы обратили внимание на то, как различные части земной поверхностигреваются в соответствии с направлением солнечного излучения и тем, как они поглощают или отражают тепло. Основываясь на этом, мы будем разбираться, как работает местная циркуляция. Эта модель очень важна пилотам-спортсменам для определения воздействия ветра и парящих условий.

На рисунке 119 показано, что происходит с воздухом над теплым и холодным участками земной поверхности. Сначала рассмотрим случай с одинаковой температурой на большой территории. Над этой поверхностью изображены линии давления на различных высотах или изобары. Они представляют собой прямые линии, потому что давление воздуха в горизонтальном направлении ведет себя так же, как и температура. Когда начинается солнечный прогрев, участки поверхности, которые более склонны к прогреву, повышают свою температуру и нагревают воздух над собой. Более теплый воздух расширяется и изобары становятся не прямыми, а изгибающимися вверх, как показано на рисунке 119 внизу. Помните, что давление на высоте зависит от того, насколько сильно оно изменилось внизу. Так что, когда нагревающийся воздух расширяется в вертикальном направлении, то все изобары поднимаются на большую высоту, за исключением давления на поверхности.

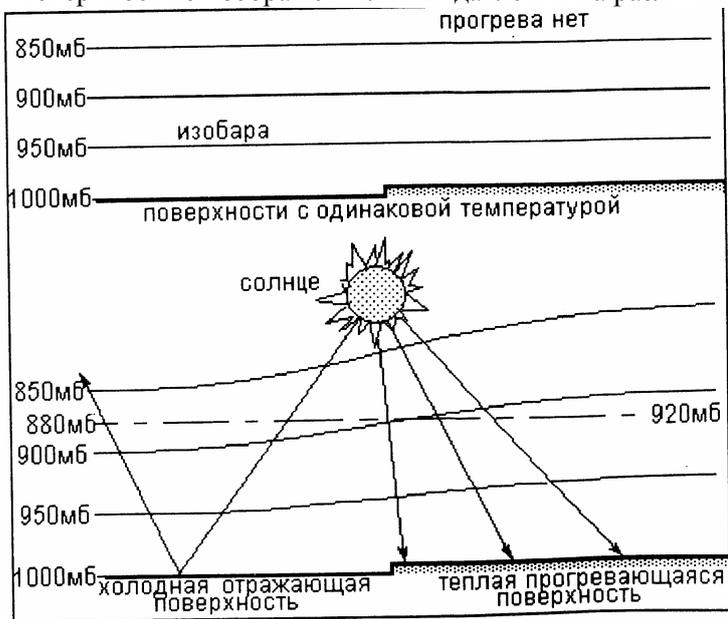


Рис.119 Влияние прогрева на давление

На рисунке 119 внизу показано, что на одной и той же высоте давление в теплом воздухе выше, чем в холодном. В результате этого поток наверху начинает двигаться в сторону более холодных поверхностей, как показано стрелочкой на рисунке 120.

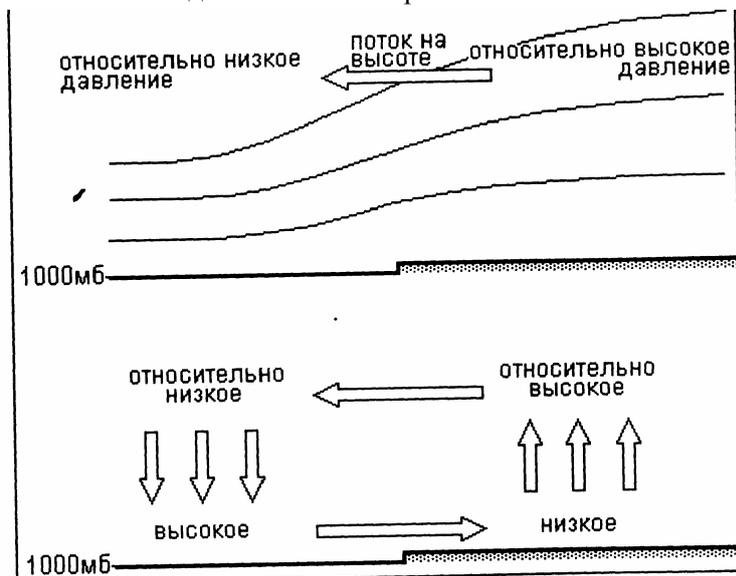


Рис.120 Возникновение циркуляции из-за прогрева

Этот процесс приводит к тому, что давление над теплой поверхностью уменьшается. Через некоторое время количество воздуха над холодной поверхностью, а значит, и давление возрастет и возникнет обратное течение с холодной поверхности в сторону теплой. В результате возникает циркуляция воздуха, как показано на рисунке 120 внизу. Она существует так долго, пока продолжается солнечный прогрев. Подобный процесс можно получить у себя в квартире: закройте в ванной дверь и примите душ, после чего, открыв дверь, вы ногами почувствуете, как в ванную затекает холодный воздух, а поднятыми руками - вытекающий теплый.

Этот механизм циркуляции является причиной морских бризов, ветров на склонах и других местных ветров. Ночью, когда все остывает, тоже имеет место подобный процесс: ветер у поверхности дует с участков, которые охлаждаются быстрее. Хотелось бы также отметить, что во время сильной дневной термичности циркуляция воздуха от неравномерного прогрева может затормозиться или прекратиться вообще.

Сформулируем очень важный итог - результат вышеприведенных рассуждений:

У поверхности циркуляция связана с прогревом.

Воздух перемещается от холодных участков к теплым;

Теплый воздух поднимается, а холодный опускается.

МОРСКИЕ БРИЗЫ

Одним из самых очевидных мест, где граничат друг с другом холодная и теплая поверхности, является побережье, где постоянно дуют морские и береговые бризы. Это классический пример циркуляции от неравномерного прогрева двух граничащих участков поверхности.

Как мы знаем, прогрев земной поверхности зависит от ее структуры и состава. В любом случае днем она всегда теплее, чем вода (за исключением, конечно, земли, покрытой снегом). Поверхность моря нагревается очень мало, причем, большое количество тепла расходуется на испарение, солнечные лучи проникают вглубь, распределяя тепло вниз. Поэтому море в течение дня остается более холодным, чем земля.

Типичная ситуация с морским бризом днем и береговым ночью показана на рисунке 121. Первые дуновения морского бриза появляются утром, как только солнечные лучи начинают нагревать землю. Несколько позднее он обычно окончательно устанавливается и усиливается до середины второй половины дня, когда прогрев максимален. В течение дня, благодаря эффекту Кориолиса, направление морского бриза может измениться, повернув вправо в северном полушарии и влево в южном (вплоть до ветра вдоль береговой линии). Рисунок 122 иллюстрирует типичное изменение направления морского бриза за день.

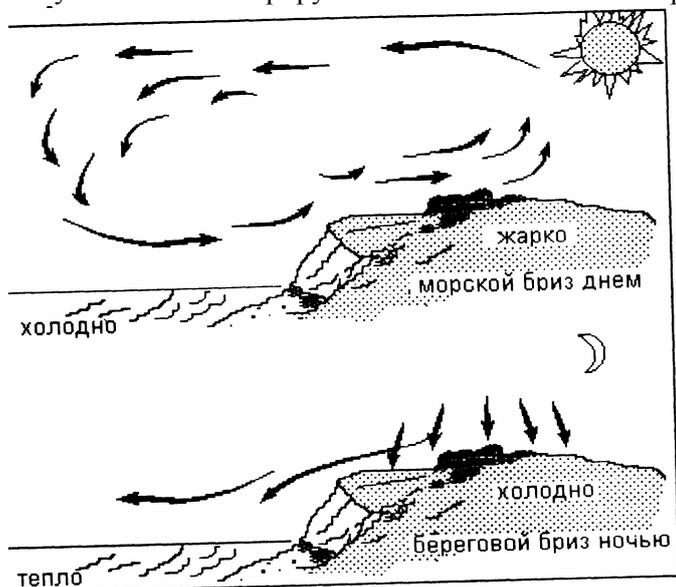


Рис.121 Морской и береговой бризы

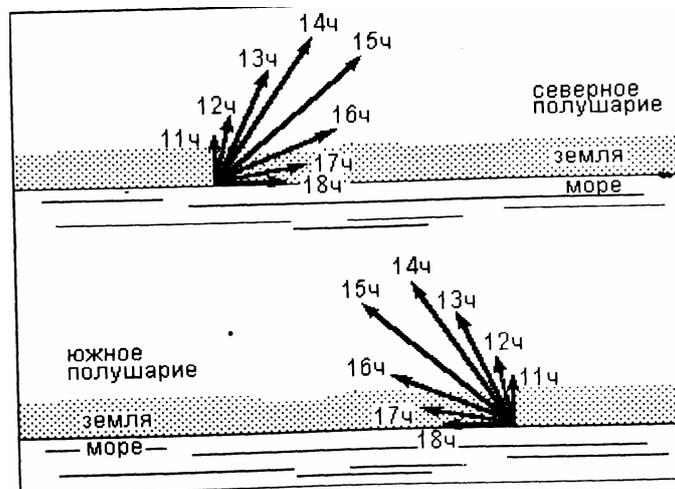


Рис.122 Изменение бриза в течение дня

МОРСКОЙ БРИЗ И ОСНОВНОЙ ВЕТЕР

Бриз с озера или морской бриз может возникать около любого водного пространства: от маленького озера до океана. Сила его меняется в зависимости от разницы температур суши и воды, а также от размеров водной поверхности. Бризы очень сильно зависят от господствующих в данном районе основных ветров. Основной ветер, возникающий от взаимодействия крупномасштабных барических систем, может очень неожиданно повлиять на морской бриз. Долго не раздумывая, мы предполагаем, что основной ветер, дующий с суши на море, мешает или совсем прекращает процесс формирования морского бриза, но это не совсем верно при ветрах до ~24 км/ч. Если, например, дует легкий ветер в сторону моря, он у поверхности будет тормозить зарождающуюся циркуляцию, но в то же время помогать ей наверху, что, в конечном итоге, все-таки приведет к образованию морского бриза. Сильный неравномерный прогрев возле моря создает барическую систему, которая индуцирует у земли воздушный поток, противоположный ветру.

Если мы представим, что ветер дует с моря, то на первый взгляд кажется, что он должен способствовать и

усиливать морской бриз, но фактически это выглядит несколько иначе. Ветер с моря приносит на сушу холодные воздушные массы, которые являются стабильными, что снижает утренний прогрев и к тому же препятствует потоку в сторону моря наверху.

Полнее понять влияние основного ветра на морской бриз мы сможем, посмотрев на рис. 123. Основной ветер направлен под углом к побережью, а над водой образуется зона конвергенции. Конвергенция значит "двигаться вместе". В данной ситуации рассмотрим смысл этого движения. Воздух движется у поверхности над землей медленнее из-за трения, и поэтому поток пересекает изобары, как объяснено в главе 4. Над водой сопротивление меньше и направление ветра ближе к основному, который следует изобарам на высоте. Следовательно, над землей у поверхности направление ветра отклоняется влево на некоторый угол от направления основного ветра на высоте и от направления ветра у поверхности над водой (в северном полушарии). В южном полушарии это отклонение вправо. Такой ветер над водой и землей движется вместе (конвергенция), как показано на рисунке. В дополнение, соединяясь, поток поворачивает в сторону более медленного потока над землей.

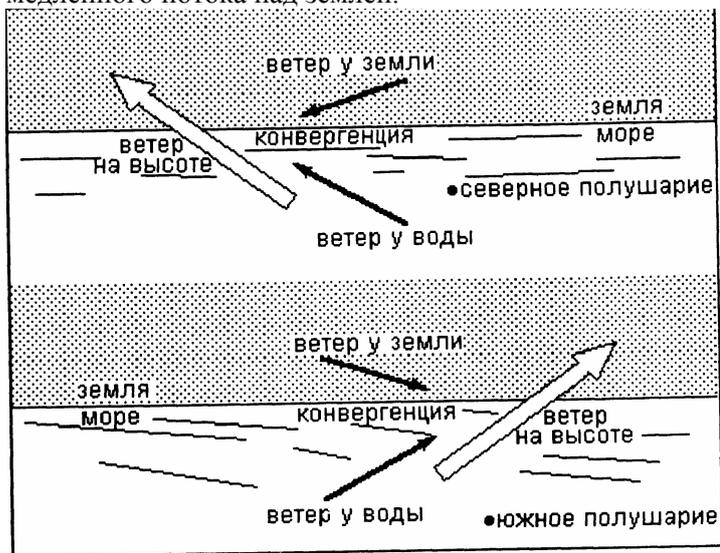


Рис.123 Конвергенция вдоль берега

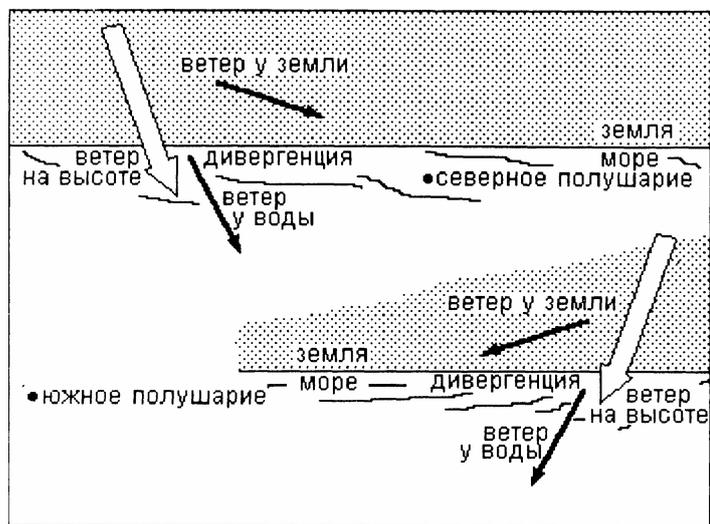


Рис.124 Дивергенция вдоль берега

В результате конвергенции случается одна из двух (или обе) вещей: 1) если условия стабильные, ветер увеличивает силу; 2) если воздух нейтрально-стабилен или нестабилен, он может подниматься вверх. В этом случае над побережьем формируется полоса облаков.

В рассмотренном случае морской бриз невозможен, потому что нет потока воздуха с суши на море.

Обратная ситуация показана на рисунке 124. Здесь для каждого полушария изображен береговой бриз. Различия в направлении и скорости потоков над сушей и водой приводят к разделению или дивергенции воздуха над береговой линией, в этом случае наблюдается эффект замедления. Этот процесс имеет тенденцию поддерживать формирование морского бриза. И действительно, морской бриз наиболее вероятен, когда основной ветер дует с суши в направлении, показанном на рисунке.

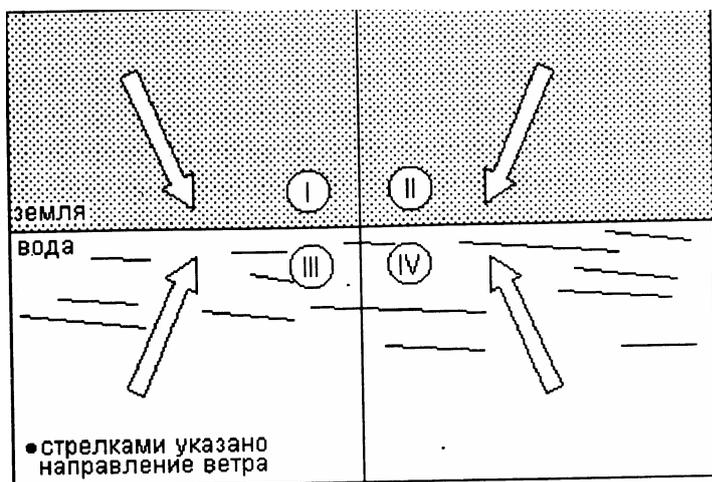


Рис.125 К прогнозированию морского бриза

Когда основной ветер по направлению такой, как показано в четвертях 2 и 3 рисунка 125, появляется возможность изменения направления и скорости ветра над землей.

ПРЕДСКАЗАНИЕ МОРСКОГО БРИЗА.

В связи с тем, что большое количество мест полетов находится возле водных пространств, пилотам необходимо уметь заранее предсказывать возникновение морского бриза. Как показано на рисунке 125, направление основного ветра является ключом к этому предсказанию.

Что же происходит, когда основной ветер дует из различных четвертей относительно побережья?

Предлагаем следующие рекомендации по прогнозированию морского бриза:

1 четверть северное полушарие (2 южное)

В этом случае дивергенция способствует формированию морских бризов, которые могут распространяться далеко в глубь суши. Вначале ветер с берега, затем штиль, потом между восходом и полуднем ветер поворачивает на берег и над сушей усиливается.

2 четверть северное полушарие (1 южное)

Образованию морского бриза препятствует слабая конвергенция над береговой линией. Однако, направленный в сторону моря поток на высоте помогает установлению морского бриза в нескольких милях от берега в море, и в конце концов при увеличении прогрева к середине дня смещается к берегу. В этом случае морской бриз не так силен как в предыдущем.

3 четверть северное полушарие (4 южное)

Когда основной ветер дует на берег, мы никогда не имеем чистого морского бриза из-за противодействия наверху. Но в данном случае ветер с моря - следствие барической системы низкого давления над землей (помните, ветер в северном полушарии дует против часовой стрелки вокруг систем низкого давления). Прогрев суши возле побережья увеличивает градиент давления, и основной ветер усиливается. Это усиление может быть 18-35 км/час в более теплых районах как, например, юго-запад США или средиземноморское побережье.

4 четверть северное полушарие (3 южное)

Когда дует такой ветер, он не является морским бризом в чистом виде. Однако, так как в основном причиной такого ветра является барическая система высокого давления на суше, прогрев побережья несколько снижает давление и уменьшает скорость основного ветра. Если, например, высокое давление и основной ветер держатся длительное время, то дневные прогревы могут привести к возникновению морского бриза позднее, через день или несколько. Этот начавшийся позже над сушей бриз сильным не будет.

Когда основной ветер перпендикулярен или параллелен береговой линии то комбинируются эффекты двух четвертей.

СИЛА МОРСКОГО БРИЗА, ОХВАТЫВАЕМАЯ ТЕРРИТОРИЯ И СЕЗОННОСТЬ

Кроме влияния фактора направления основного ветра, сила морского бриза очень сильно зависит от разности температур между водой и сушей. Когда побережье является пустыней как, например, в Австралии, на юго-западном побережье Америки и вокруг Средиземного моря, морские бризы могут достигать 35 км/ч и более. На более зеленых площадях в основном 18-25 км/ч.

Региональные различия морского бриза объясняются сезонными температурами воды. Например, на востоке США и в Европе температура воды поздней весной и ранним летом наиболее сильно отличается от температуры земли, и именно в это время здесь дуют самые сильные морские бризы. Эти районы подвержены частым изменениям основного ветра, и в соответствии с этим меняются бризы.

В районах, где побережье является пустыней, пик прогрева суши приходится на середину лета и соответственно сила морского бриза максимальна летом и ранней осенью. Примером этому являются Австралия и юго-западное побережье США. На тихоокеанском побережье Северной Америки также господствуют сильные морские бризы, объясняется это тем, что здесь рекордная разница температур между побережьем-пустыней и холодными водами Тихого океана. Ориентация береговой линии не имеет значения для формирования морского бриза, чего не скажешь о наличии барической системы, так как она определяет ориентацию основного ветра. Циклон на юго-западе США приводит к возникновению самого сильного морского бриза вдоль всего Тихоокеанского побережья. Циклон на востоке США приносит облака и дожди. Бермудский антициклон, несущий юго-западные ветры вдоль Атлантического побережья является причиной лучшего морского бриза. Циклон над Австралией не оправдывает надежд на бриз, в то же время циклон над Европой или антициклон над Северной Африкой создают лучшие Средиземноморские морские бризы.

Территория на суше, которую охватывает морской бриз, зависит от того, как рано он сформировался и насколько силен. Нет ничего удивительного, если морской бриз распространяется на 32-48 км вглубь суши на более влажных территориях. В пустынных районах зафиксированы случаи распространения ветра с моря на сушу до 400 км, но в данном случае вызывает сомнения, что это было: морской бриз или основной ветер.

Для пилотов важно знать: насколько сильны и как глубоко распространяются морские бризы в данном районе. Если в вашем районе горная гряда вытянулась вдоль побережья, то можно ожидать усиление морского бриза, за исключением ситуации, когда в гряде проходы, ущелья, пропускающие холодный воздух с моря дальше.

ЭФФЕКТЫ МОРСКОГО БРИЗА

Как правило морской бриз стабилен. Это происходит потому, что с удалением от берега воздух снижается, градиент становится более ровным или стабильным, как показано на рисунке 126. Мы разбирали стабильность снижающегося воздуха в главе 3. Холодный воздух, двигаясь над горячей поверхностью, нагревается, но не готов к формированию термик. Любая конвекция, образующаяся в воздушной массе морского бриза обычно малая и короткоживущая. Фотографии с космических спутников иногда показывают этот процесс. В солнечные дни на полуострове Флорида мы можем наблюдать над побережьем 20-ти мильный пояс

ясного неба, что говорит о стабильном воздухе, в то время, как дальше, вглубь суши, сплошная кучевая облачность, то есть день не стабильный.



Рис.126 Фронт морского бриза

встречаются в прибрежных районах Тихоокеанского северо-запада.

Хорошо известен этот эффект морского бриза в горах, недалеко от Лос-Анжелоса, где морские бризы обтекают с двух сторон горы Santa Monica и Santa Ana, как показано на рис. 159, за ними возникают восходящие потоки конвергенции. Иногда потоки встречаются негармонично, что приводит к возникновению неравномерности общего потока.

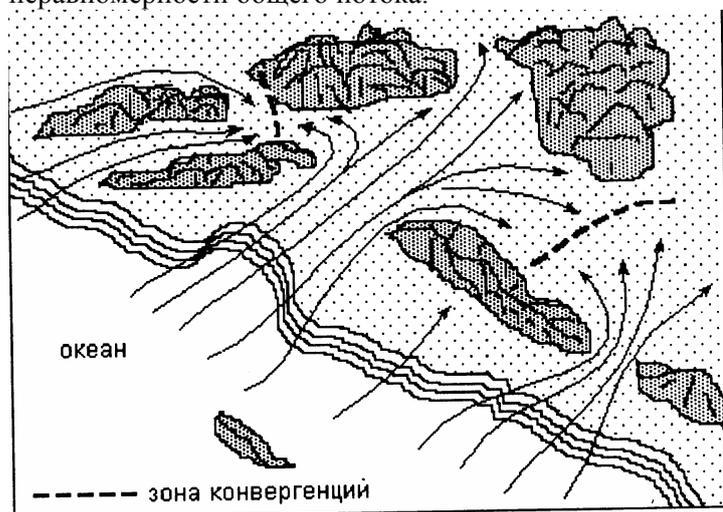


Рис.159 Конвергенция в горах возле моря

смерчи. Встречаются сильные нисходящие потоки в теплом воздухе недалеко от восходящего потока. В районе фронта морского бриза возникают кучевые облака, которые распадаются по мере перемещения в сторону моря. Они могут в воздушной массе морского бриза самостоятельно создавать небольшие восходящие потоки.

В полосе фронта большие кучевые облака могут образовываться только при достаточной влажности теплых воздушных масс над сушей. В этом случае облако может перерости даже в грозовое. Если воздух относительно сухой, то на небе могут возникать только мелкие белые облака, либо небо вообще будет ясным.

Размещение фронта морского бриза и образование восходящего потока - это основной процесс, определяющий явления и положение облаков в теплом воздухе перед фронтом. Автор этой книги пролетал мили на западном побережье Франции, следуя вдоль фронта морского бриза, под фронтальными облаками. Часто морской воздух несет с собой пыль, дым и дымку, которые медленно растворяются. В результате переднюю кромку фронта можно определить как начало более мутного воздуха. Так фронт морского бриза вблизи Лос-Анжелоса часто называют дымным фронтом.

Когда морской воздух чистый и прозрачный местоположение и движение фронта морского бриза можно определить по турбулентности перед ним. В основном скорость продвижения фронта вглубь суши невысока - 10 км/час и менее, понятно, что с такой же скоростью перемещается и полоса восходящего потока перед фронтом. Он может двигаться быстрее - 30 км/час и более, может пульсировать, продвигаясь вперед как бы прыжками. Пульсации связаны с неравномерностью основного воздуха, который воздействуя на стабильную массу морского воздуха, приводит к его колебанию, как желе.

Высота фронта морского бриза и восходящего потока перед ним очень различна, но в основном около 1000 м. Вверху воздушный поток движется с суши в сторону моря, собственно высотой конвекции и

Мы так много говорили о стабильности воздуха в морском бризе, что может сложиться впечатление о невозможности парящих полетов на побережье. Однако, это не совсем так. Натекая на возвышенность или хребет на побережье, морской бриз создает устойчивый, ровный восходящий поток.

Другой важной особенностью морского бриза является наличие восходящих потоков конвергенции. Морской бриз стабилен, воздушный поток стремится обтекать возвышенности по сторонам, а не над вершиной. Это приводит к тому, что на подветренной стороне возвышенности два потока встречаются и поднимаются вверх. Мы будем изучать восходящие потоки конвергенции в следующей главе, но сейчас хотелось бы отметить, что они достаточно часто

Морской бриз является источником и третьего вида восходящих потоков - это фронт морского бриза.

ФРОНТ МОРСКОГО БРИЗА

Когда настоящий морской бриз вторгается на сушу, он постоянно противостоит бризу материковому. Холодный морской воздух заходит под теплую береговую массу воздуха и вытесняет ее вверх. В результате передняя кромка морского бриза представляет собой холодный фронт в миниатюре, который называют фронтом морского бриза.

На рисунке 126 мы можем видеть некоторые важные особенности фронта морского бриза. Во-первых, отметим, что площадь восходящего потока мала. Этот поток может быть довольно сильным, но в очень узком поясе 100м и менее. Его сопровождают

ограничивается морской бриз. Мы можем использовать этот факт для предсказания наличия и силы морского бриза.

В основном при уровне конвекции до 1000 м морской бриз будет слабым в лучшем случае; от 1000 до 2000 м - условия идеальные для возникновения фронта морского бриза с хорошими восходящими потоками и глубоким проникновением на сушу; более 2000 м - также будет поддерживаться сильный морской бриз, но могут развиваться грозные облака. Фронт развивается только, когда образовался настоящий морской бриз и основной ветер из 1 и 2 четвертей (рис.125) для обоих полушарий.

СЛОЖНАЯ ФОРМА БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ

Земная поверхность исключительно редко имеет такие ровные, прямолинейные формы, какие изображены на рисунках в этой книге. Неровная поверхность, полуострова, заливы, небольшие бухты и различные острова - вот элементы, присущие береговой линии в реальности. Эти элементы побережья оказывают каждый свое влияние на морской бриз. В начале морского бриза будет дуть перпендикулярно береговой линии в каждой ее точке, как показано на рисунке 127. Однако, с течением времени воздушный поток станет укрупненным, более общим.

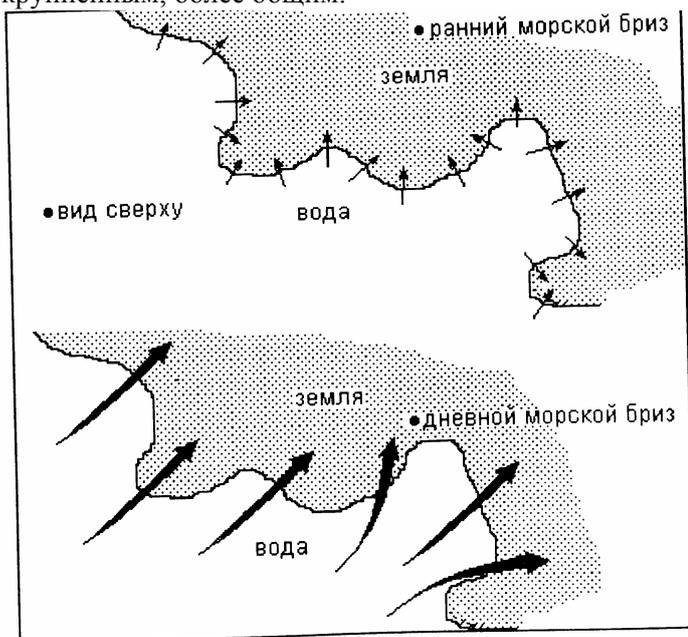


Рис.127 Морской бриз на берегу сложной формы

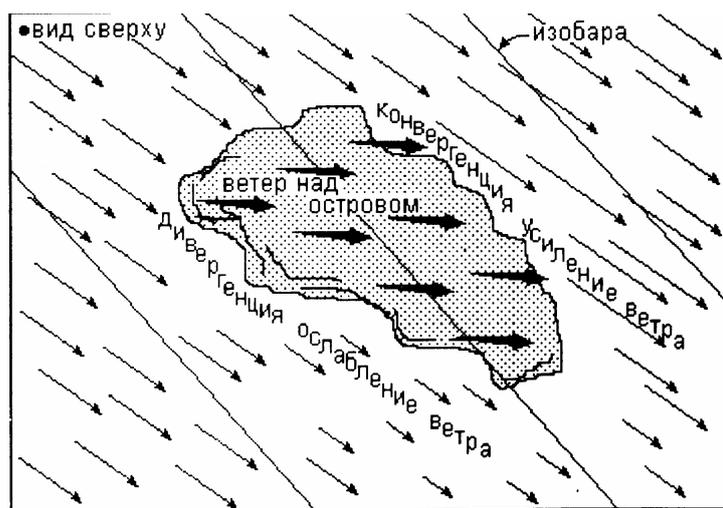


Рис.128 Влияние острова на ветер морем (северное полушарие).

На выступах суши, таких, как длинная коса, может возникать морской бриз с обеих сторон, что приводит к встрече двух ветров и возникновения восходящих потоков конвергенции над косой. В заливах наблюдается тенденция установления легкого морского бриза по всему периметру. Морской бриз, дующий в залив, может быть очень сильным, если вход в залив узкий. Поток сужается и ускоряется и даже может на входе возникнуть восходящий поток, например, подобная модель действует в заливе Сан-Франциско.

ОСТРОВНЫЕ ЭФФЕКТЫ

Острова, которые находятся вблизи больших земных массивов, такие как Long Island, New York, Vancouver Island, Isle of Wight на юге Англии создают морской бриз, дующий со всех направлений. Однако, общий морской бриз, дующий на сушу вскоре пересиливает островной ветер и приспособливает его под основной воздушный поток.

На изолированных островах вначале возникает морской бриз и дует со всех сторон, но если остров мал, он быстро охлаждается морским воздухом. Поэтому на мелких островах морской бриз будет чередоваться со штилем. На более крупном острове, особенно если он с возвышенностью, возникает комбинация морского бриза с присклонными ветрами, что приводит к образованию кучевого облака в виде шапки над горой.

Острова очень характерно изменяют ветровую модель возле себя, примерно так, как показано на рисунке 128. Здесь мы видим, что за счет увеличения трения над поверхностью острова поток отклоняется и пересекает изобары под большим углом, чем над водой. Это изменение ветра по направлению и скорости приводит к усилению ветра вдоль левого берега острова (по ветру) из-за конвергенции потоков с острова и над

БЕРЕГОВЫЕ БРИЗЫ

Береговой бриз - это циркуляция обратная морскому. Обычно суша охлаждается до температуры ниже, чем вода, через пару часов после захода солнца, и в это время начинает формироваться береговой бриз. Он слабый - 5-8 км/час и неглубокий, без прогрева и, значит, без вертикального движения.

Поверхность, которая хорошо прогревается днем, также быстро и остывает. Поэтому береговой бриз и другие формы обратных потоков действуют аналогично дневным циркуляциям, но в противоположном направлении.

Пилоты в основном не используют береговой бриз, так как не всякий решится на ночные полеты, но мы должны сознавать, что береговой бриз может возникнуть внезапно и сравнительно рано, это нормально, если вблизи береговой линии находятся горы. В этом случае еще до захода солнца ветер вниз со склона помогает формированию берегового бриза. Также при основном ветре на берег береговой бриз склонен затекать под него. Поэтому, летая вечером вдоль побережья, мы можем встретить турбулентность в нижнем слое воздуха (около 100 м).

ТЕПЛОВЫЕ ФРОНТЫ

Морской бриз и фронт морского бриза - это важная модель, имеющая отношение к местному прогреву. Любое место, где поверхность нагревается или охлаждается сильнее, чем соседние, является кандидатом на циркуляцию. Например, сплошная облачность или дым закрывают землю в данном месте от солнечных лучей, следовательно, она холоднее, чем соседние участки, а, значит, аналогично границе

море-суша здесь возникает у поверхности воздушный поток, направленный от холодного к теплому участку. Если основной ветер слабый и направлен против этого потока, то получается тепловой фронт, как показано на рисунке 129. Парящие условия в нем примерно такие же, как во фронте берегового бриза. Дым, который собирается в районе Лос-Анжелеса, двигается вглубь суши с бризом и усиливает фронт морского бриза. Местное название этого теплового фронта - "дымный фронт". Дымные фронты могут возникать в промышленных районах вблизи больших площадей, закрытых от солнечных лучей.

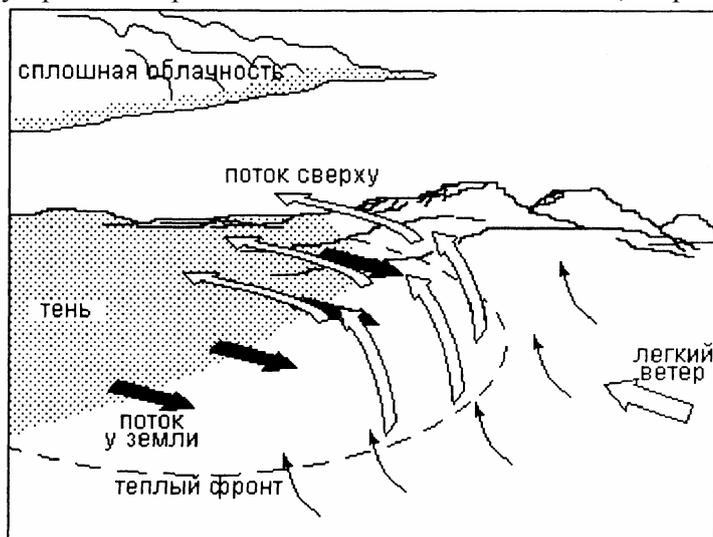


Рис.129 Теплый фронт при сплошной облачности

Фронты и ветры, связанные с большими массивами сплошных облаков или дыма, будут двигаться вместе с ними, с верховым ветром. Часто такие, несущие тень образования, двигаются настолько быстро, что не успевают создать сильную циркуляцию или фронт, но они сообщают об изменении направления или силы ветра, как рассказано в главе 5.

Вода часто имеет участки с различной температурой, например, из-за впадающих ручьев, рек, из-за течений теплых или холодных. В таком случае температурное различие может привести к местным ветрам, основанным на рассмотренном выше принципе циркуляции. Хороший пример этому побережье Сан-Франциско, где относительно теплый залив и холодный Тихий океан.

Очень важная модель, в смысле условий для парения, - тепловой фронт, формирующийся возле плоскогорий. Как показано на рисунке 130, само плато в течение дня прогревается сильнее. Воздух над ним нагревается быстрее и становится более теплым, чем воздух на той же высоте, но над низиной. В результате маленький фронт с конвергенцией и восходящим потоком. Примером данной модели могут быть плоскогорья западной Америки и центральный массив Франции. На рисунке показан такой восходящий поток возле кромки плато с ветром, дующим в гору, несмотря на обратный основной ветер.

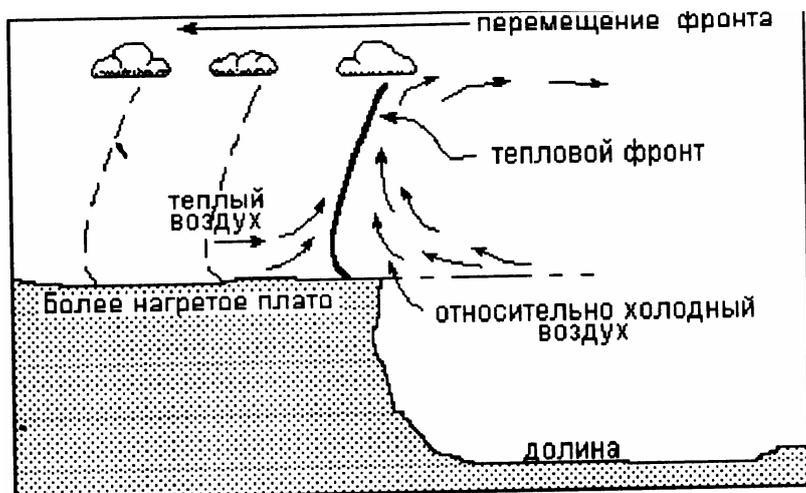


Рис.130 Тепловой фронт на плато

плато и бывают различны по глубине проникновения. Однако кучевые облака часто указывают местонахождение фронта и этим помогают пилотам. Надо отметить, что бризы вверх по склону и термичность могут дополняться эффектами теплового фронта и их бывает трудно разделить и различить.

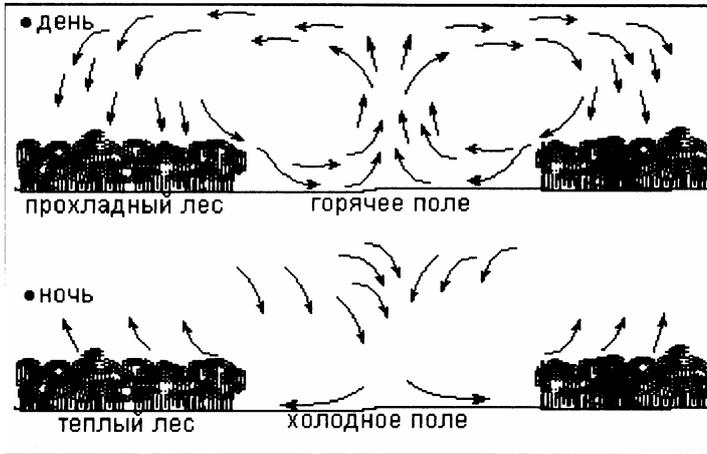


Рис.131 Циркуляция возле поля и леса

лесных массивов и тогда, как показано на рисунке, присутствует конвергенция, слияние двух потоков воздуха. Данная циркуляция не способствует формированию фронтов и слаба, часто очень слаба для поддержания парящих полетов.

Вечером лес медленнее остывает, чем открытые поля, и поэтому возникают потоки обратного направления, как показано на рисунке 131 внизу. В конце жаркого дня лес может создать восходящие потоки теплого воздуха, способные обеспечить парящий полет.

ВЕТРЫ ВВЕРХ ПО СКЛОНУ

Любой турист, путешествовавший в горах и любовавшийся видами, открывавшимися сверху, встречался с бризами на склон. Эти бризы хорошо знакомы пилотам, они дуют на любом склоне в течении дня так долго, пока их не подавит основной ветер.

Возникновение бриза на склон зависит от солнечного тепла, нагревающего склон, и температуры лежащего над ним воздуха. Процесс его образования аналогичен образованию морского бриза: воздух нагревается, расширяется, давление меняется, возникает циркуляция, как на рисунке 132. Ветер на склон чаще начинается у вершины ранним утром со слабых дуновений. У склонов, ориентированных на восток, юго-восток, бриз возникает раньше. Западные и северные могут не иметь ветра на склон до позднего утра.

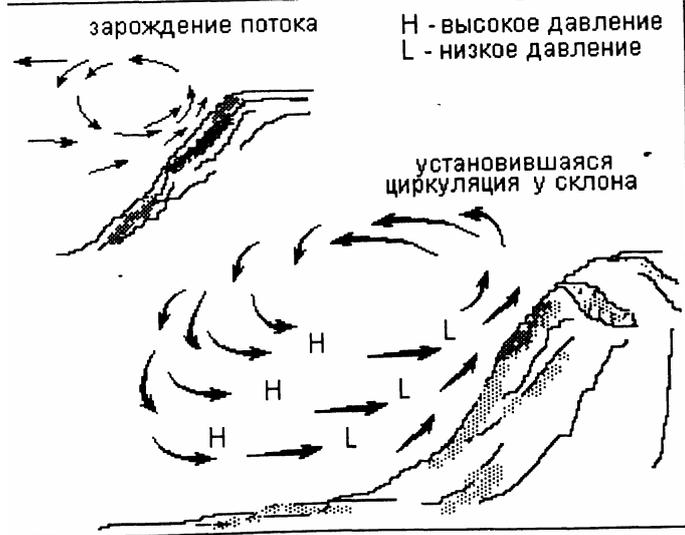


Рис.132 Циркуляция возле склона

Склоны, на которых рано возникают хорошие бризы, первыми получают термики и кучевую облачность. Это раннее возникновение восходящих потоков у горы может привести к тому, что подавляются восходящие потоки в долинах, прилегающих к ней.

Надо учитывать то, что поток возвращается в долину перед склоном, как показано на рисунке. У поверхности долины образуется нисходящий поток, движущийся к возвышенности. Этот спускающийся воздух становится более стабильным, и термическая активность в долине возможна только на некотором расстоянии перед склоном. Нетрудно пронаблюдать существование бриза на склон в любой день с хорошим прогревом и не очень сильным ветром сзади. В данном случае неустойчивость не нужна, потому что многочисленные термические потоки будут разрушать стабильность бриза и могут даже временно менять его направление на обратное. Бриз на склон еще называют ветер из долины или анабатический ветер.

ВЕТЕР СО СКЛОНА

Все, что двигается вверх, обязательно должно возвращаться вниз. Бризы в горах не исключение. Вечером,

С ЛЕСА НА ПОЛЕ

Крупные лесные массивы остаются значительно холоднее в течении дня, чем граничащие с ними поля. Смысл этого в том, что большая часть солнечной энергии тратится на испарение влаги с листьев, площадь которых огромна. В результате, в дневное время возникает циркуляция с более холодного леса в сторону поля, как показано на рисунке 131.

Мы можем надеяться на восходящие потоки над полем, особенно, если оно находится вблизи

лесных массивов и тогда, как показано на рисунке, присутствует конвергенция, слияние двух потоков воздуха. Данная циркуляция не способствует формированию фронтов и слаба, часто очень слаба для поддержания парящих полетов.

Вечером лес медленнее остывает, чем открытые поля, и поэтому возникают потоки обратного направления, как показано на рисунке 131 внизу. В конце жаркого дня лес может создать восходящие потоки теплого воздуха, способные обеспечить парящий полет.

ВЕТРЫ ВВЕРХ ПО СКЛОНУ

Любой турист, путешествовавший в горах и любовавшийся видами, открывавшимися сверху, встречался с бризами на склон. Эти бризы хорошо знакомы пилотам, они дуют на любом склоне в течении дня так долго, пока их не подавит основной ветер.

Возникновение бриза на склон зависит от солнечного тепла, нагревающего склон, и температуры лежащего над ним воздуха. Процесс его образования аналогичен образованию морского бриза: воздух нагревается, расширяется, давление меняется, возникает циркуляция, как на рисунке 132. Ветер на склон чаще начинается у вершины ранним утром со слабых дуновений. У склонов, ориентированных на восток, юго-восток, бриз возникает раньше. Западные и северные могут не иметь ветра на склон до позднего утра.

Самый сильный бриз на склон возникает не тогда, когда максимальная солнечная активность, а когда склон сам ориентирован перпендикулярно солнечным лучам. Это до обеда для восточных склонов и после обеда для западных. Вогнутые склоны аккумулируют больше тепла, чем выпуклые, и это определяет более сильные ветры на них.

Максимальная скорость бризов на склон обычно не превышает 27 км/час, но может быть и сильнее на хорошо прогреваемых склонах высоких гор. Они наиболее сильны и широки у вершины горы. Обычно ширина потока ~ 90 м, иногда меньше. Даже легкие потоки на склон часто позволяют парить (если они не отклоняются основным ветром). Часто эти ветры перемешиваются с термическими потоками.

Действительно, ветры на склон могут содействовать возникновению термических потоков.

когда склоны начинают остывать, они охлаждают воздух над ними, и он скользит низом по склону в долину. Такой ветер со склона называют еще горным ветром или кататическим. Зарождается он у подножия склона.

Рисунок 133 показывает, как может возникнуть горный ветер даже, если у вершины еще работает бриз на склон. Такая ситуация не редкость, особенно вечером, когда у вершины парящие условия при ветре на склон, а у подножия дует в долину. Это особенно выражено, если на склоне есть глубокий овраг, ущелье или лощина, выходящие в самую долину, тогда слив холодного воздуха по ним особенно типичен.

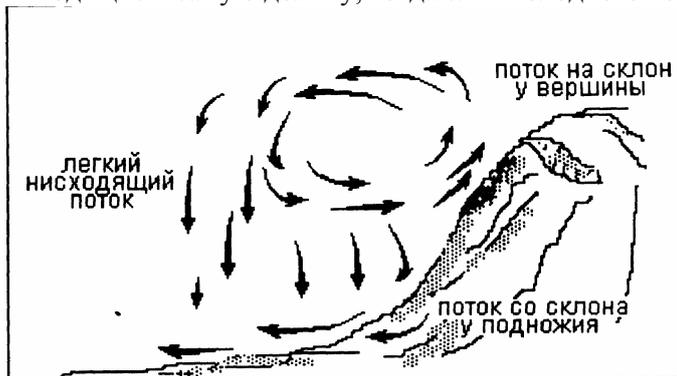


Рис.133 Ветер вниз со склона

Основной механизм, который поддерживает ветер со склона - это гравитация. Можно представить себе поток холодного, более плотного воздуха как воду, которая стекает вниз. Горный ветер стабилен и ограничивается поверхностным слоем, поэтому если на пути вниз встречается препятствие в виде, например, еще одного гребня, то в углублении образовывается озеро холодного воздуха.

В ясные дни прогрев особенно сильный, а охлаждение очень интенсивное и быстрое, поэтому поток со склона может быть довольно мощным и возникнуть внезапно. Понятно, что для пилотов может оказаться сюрпризом связанное с этим быстрое изменение ветра и

турбулентность в долине перед горой. Горный ветер может появляться порывами, периодически, пока не установится. Если рядом несколько склонов, то воздух, стекающий с них, объединяется в общий поток в долине. Он может дуть всю ночь и прекратиться только утром, с началом прогрева, когда его пересилит ветер на склон.

Холодный воздух, стекающий с гор, может внезапно прекратить термические потоки и возможность парящих полетов. Раннее и внезапное появление бризов со склона - обычное явление для восточных склонов. С прекращением прогрева они очень быстро начинают остывать, в то время как западные склоны освещены до самого захода солнца и тень наползает снизу постепенно.

ГРАВИТАЦИОННЫЙ ВЕТЕР

Гравитационный ветер - особенный тип бриза, дующего с горы, и его часто называют бора. Гравитационный ветер обычно возникает на больших высотах, где есть постоянно холодные территории, такие как лед или снежные шапки. Этот ветер объединяет очень холодный воздух, текущий вниз с туманом, образующимся в районе нижней кромки льда или снега.

Гравитационный ветер может достигать больших скоростей, а, следовательно, будет сильная механическая турбулентность, поэтому он требует особого внимания и осторожности. Эти ветры в основном образуются от кромки снежных полей и ледников. На рисунке 134 показано, как одновременно дуют бриз на склон и гравитационный ветер. Мистраль в Альпах можно отнести к гравитационному ветру.

МАГИЧЕСКИЙ ВОЗДУХ И УДИВИТЕЛЬНЫЙ ВЕТЕР

В вечерние часы часто вдоль гор бывают замечательно ровные восходящие потоки. Пилоты называют такие условия "удивительный ветер".

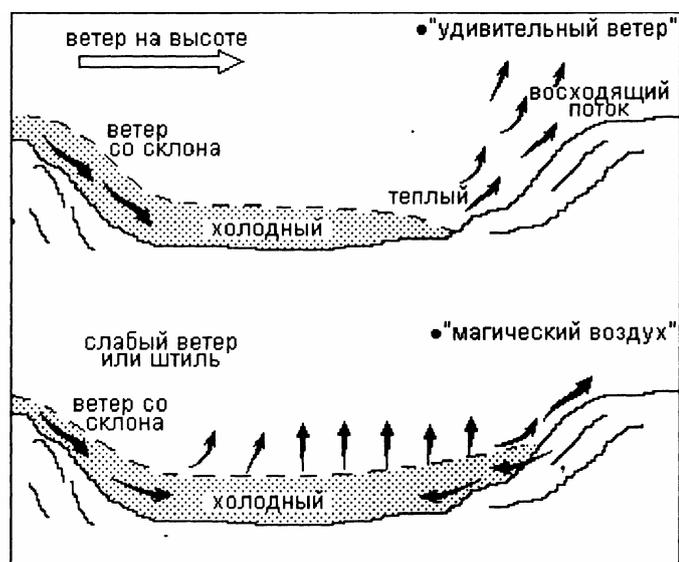


Рис.135 Магический воздух и удивительный ветер

Механизм его возникновения показан на рисунке 135. Мы видим сечение долины, имеющей восточный склон. Когда к вечеру он оказывается в тени, с него начинает дуть ветер, который стекает в долину и выдавливает воздух перед собой и вверх на противоположный склон, вызывая таким образом "удивительный ветер", причем усиленный тепловыми эффектами от прогрева западного склона. Удивительные ветра образуются вдоль хребтов (охотнее, чем у отдельных вершин) с узкими долинами шириной 5-8км или 10-20 высот гор. Главный хребет на востоке США и узкая долина Rhone в Альпах - два основных формирования, где характерны такие условия.

Эти ветры возникают в конце солнечного дня с относительно слабой термичностью и легкими основными ветрами. Сильная термичность приводит к тому, что большое количество тепла, отбираемого у поверхности восходящими потоками уносится

вверх, а сильный ветер приводит к перемешиванию воздуха и уменьшению тепла в долине. Часто вечером в конвективные дни присутствует волновая активность (о чем будет подробнее рассказано в следующей главе), и этот феномен должен способствовать усилению удивительного ветра. Но многие штилевые дни или дни со слабым ветром без волновых процессов заканчиваются удивительным ветром.

"Магический воздух" - название более обширного процесса, протекающего в долине. Эти условия могут иметь место, когда ветер очень слабый, а причину возникновения восходящего потока можно понять из рисунка 135 внизу. Здесь мы видим, что восходящий поток образуется теплым воздухом, вытесняемым из долины двумя сходящимися бризами с противоположных склонов. Когда воздух поднимается, он становится менее стабильным до автоконвекции и продолжает подъем.

Магический воздух - это обширный восходящий поток над всей долиной. Часто возникают мощные ядра поднимающегося воздуха, если на земле есть более прогретые участки. Иногда они ровные, равномерные в широкой зоне, по этому признаку можно предположить, что это волновая активность, которая является одним из факторов образования восходящего потока.

Удивительный ветер и магический воздух трудно гарантировано предсказать, их надо использовать при возникновении. Если интенсивность восходящего потока у вершины горы уменьшается к вечеру, то, возможно, стоит попробовать над долиной, где комбинация поздней термичности с поверхности и лесов образует магический воздух и может получиться незабываемый по красоте полет.

ВЕТРЫ В ДОЛИНЕ

В длинных, ограниченных склонами долинах наблюдается суточная цикличность ветров: днем вверх по долине, ночью вниз. Эти потоки комбинируются с ветрами на склон и вниз по склону, и получается картина, изображенная на рисунке 136.

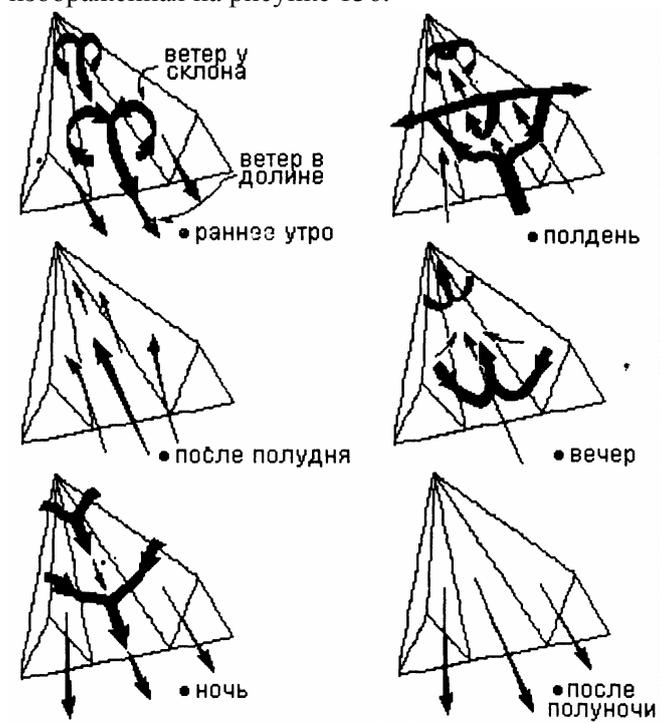


Рис.136 Суточное изменение ветра

Вначале, рано утром, солнце инициирует бризы на склон, в то время как в низу долины ветер продолжает дуть каньонами и по теневым склонам. Затем к обеду ветер в низу долины останавливается и начинается обратный ток. После обеда ветер по верху долины становится сильным и даже меняет ветер, дующий на склон. К вечеру начинаются ветры со склонов вниз, в то время как ветер по верху долины продолжается. Отметим соединение воздуха в центре долины. За пару часов ветер по верху долины останавливается и поворачивает, начинается ветер низовой. Этот ветер становится сильным ночью, он даже разрушает потоки со склонов вниз. Утром цикл повторяется. Наличие неровной поверхности, сужение долины и основной ветер меняют четкий план, описанный выше. Основной ветер может часто препятствовать потокам вверх по склону с одной стороны или даже ветру вдоль долины в одном направлении в течение дня. Однако, понимание суточного цикла помогает нам предсказать появление и характер местных ветров. Основной ветер над долиной будет усиливаться днем и ослабевать ночью.

Несколько дополнительных замечаний о ветрах в долине, которые надо помнить. Первое: из-за влияния на них эффекта Кориолиса они стремятся повернуть вправо в северном полушарии и влево в южном.

Это приводит к тому, что при всех остальных указанных условиях ветер в долине прижимается к правому склону по его направлению (северное полушарие) и более мощные восходящие потоки вдоль этого склона. Второе: существует, скажем так, транзитное время - несколько часов, когда ветер меняет направление.

В дополнение отметим, что ветры в долине могут быть очень сильными, потому что они постоянно подпитываются нисходящим воздухом. Они могут быть сильнее, чем ветер, буквально на 100 м выше. Ветер в долине вечером можно представить как реку холодного воздуха, текущего под теплым слоем инверсии, что определяет некоторую турбулентность среза и механическую. Пилоты, летающие или совершающие посадку в длинной долине, должны быть готовы к разного рода неожиданностям и опасностям: турбулентность, изменение скорости и направления ветра, особенно вечером. *

Будем закрывать эту главу о местных условиях, но хотелось бы отметить, что некоторые территории имеют своеобразную погоду, отличную от описанной выше. Например, горы St. Pierre в Квебеке и St. Andre в южных Альпах, как и подобные территории с высокими горами, морем или озерами и высокогорными плато,

дают наложение эффектов морского бриза, тепловых фронтов, долинных ветров и ветров на склоны и со склонов. Слияние и разделение местных течений с основным ветром дают очень своеобразные условия, восходящие и нисходящие потоки. Ветер часто меняет направление и скорость или возникают отдельные потоки. Ключ к пониманию таких сложных микросистем - изучить все присутствующие элементы и, конечно, длительные наблюдения. Знание циркуляционной модели на местном уровне, привязка к ней тепловых процессов и анализ того, как и что они изменяют, есть ключ к прогнозированию разнообразных эффектов, с которыми мы можем столкнуться. Показателем, как драматически комбинируются местные эффекты и большие барические системы, может служить один пример: Mohave в Калифорнии 18.11.91 г. в 6:00 скорость ветра была 160 км/час, потому что к ветру от движения барической системы добавлялся гравитационный ветер. Через час после прогрева долины установился штиль.

ИТОГИ

В этой главе мы вплотную познакомились с мелкомасштабными эффектами, условиями, которые возникают на местном уровне и движущей силой которых является солнце. Они имеют циклическую природу.

Мы дали простые имена различным циркуляциям: морской бриз, тепловой фронт или бриз на склон.

Мы сможем больше, дальше и, главное, приятнее летать, если научимся использовать местные эффекты. Путь к использованию атмосферных краткосрочных колебаний погоды - это понять важность различного прогрева соседних территорий или дисбаланса прогрева.

Теперь на фоне полученных знаний почему, как и где возникают и меняются ветры и погода в атмосфере, научившись применять знания о метеорологии и местных эффектах, мы обратим свое внимание на образование и исчезновение вертикальных потоков.

ГЛАВА 8

Парящие условия. Восходящие потоки.

В противовес силам гравитации большинство видов спортивной авиации используют восходящие воздушные потоки. Даже в моторизованных авиационных дисциплинах пилоты, которые знают секреты поднимающегося воздуха, могут расширить характеристики своего летательного аппарата и увеличить безопасность. Мы можем быть в воздухе как дома, в гармонии с небесными течениями. Чтобы добиться этого, мы должны понимать движение воздуха в вертикальном направлении так же хорошо, как и в горизонтальном.

В этой главе мы посмотрим на небо не с целью избежать или уклониться от чего-нибудь, но с целью искать и найти. Что же мы собираемся искать? Поднимающийся воздух или восходящие потоки. Мы будем изучать причины и механизмы возникновения восходящих потоков. Поняв их, мы научимся летать высоко и далеко.

ПАРИТЬ

* Слово **soar** (парить) произошло от латинского *ex aiga*, что означает в воздухе, на воздухе. Чтобы пилот чувствовал себя в воздухе, как дома, необходимо понимать и использовать восходящие потоки для увеличения длительности и дальности полета. Парение - это полет с набором высоты при помощи управления, мастерства и знаний пилотом воздушной обстановки.

Условие для парения очевидно: мы должны найти воздух, поднимающийся вверх со скоростью равной или большей, чем минимальная скорость снижения нашего летательного аппарата. В природе существуют различные причины для того, чтобы воздух поднимался вверх. Это отклонение ветра, волны, конвергенция, фронтальное движение и термичность. Последнее так важно, что мы выделим эту тему отдельно в следующие две главы.

ВОСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ У ГРЕБНЕЙ

Ветер, наталкиваясь на гору, гребень или холм, отклоняется так же, как и вода, обтекающая препятствие. Если в направлении, перпендикулярном ветру, на поверхности находится достаточно обширное препятствие, оно будет отклонять воздух, создавая восходящие потоки, как показано на рисунке 137. Мы называем их динамическими или орографическими

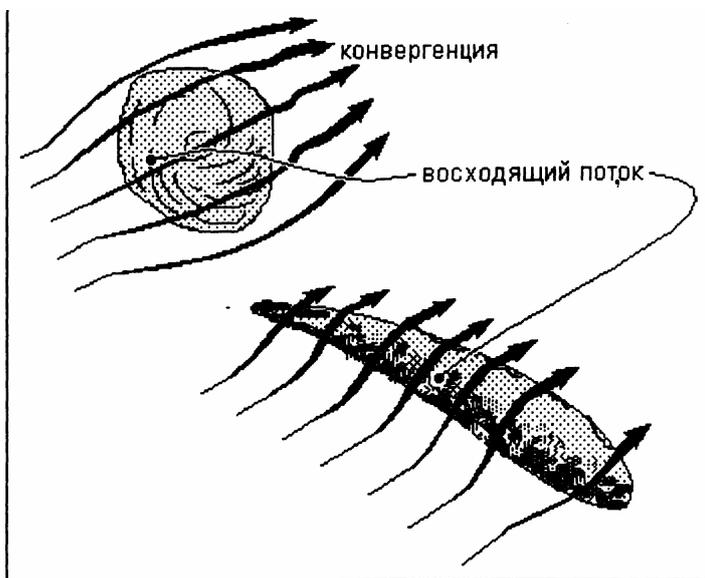


Рис.137 Динамический восходящий поток

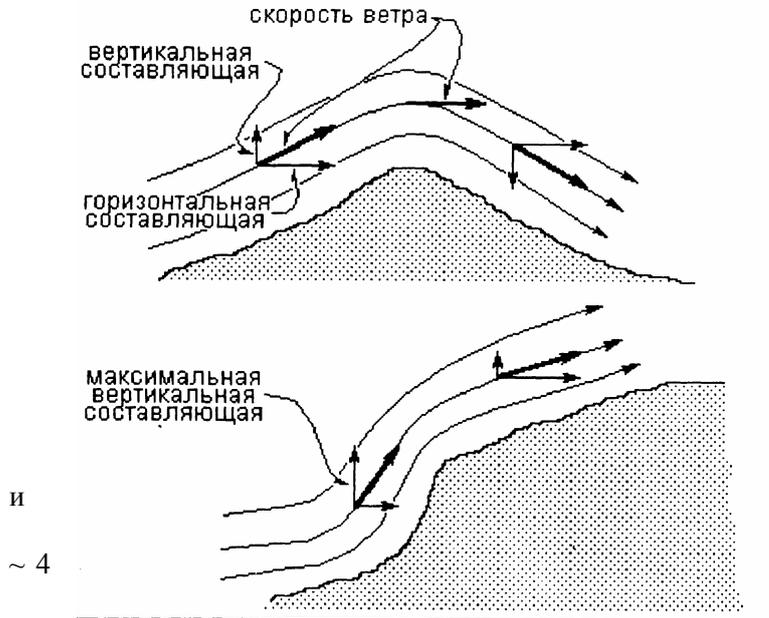


Рис.138 Изменение динамического потока

где безмоторные летательные аппараты (за исключением воздушных шаров), как птицы и бабочки, когда не машут крыльями, снижаются, а подниматься могут только, находясь в зоне восходящего потока над горой. Зона устойчивого парения имеет определенную форму и местоположение, как показано на рисунке 140, в зависимости от формы возвышенности, от силы ветра и состояния воздуха. Отметим, что более крутые склоны дают лучшие условия для парения. Также линия максимальной подъемной силы (А-В) слегка наклонена вперед. В более стабильных условиях зона парения сдвигается вперед и становится ниже. С увеличением ветра назад и выше.

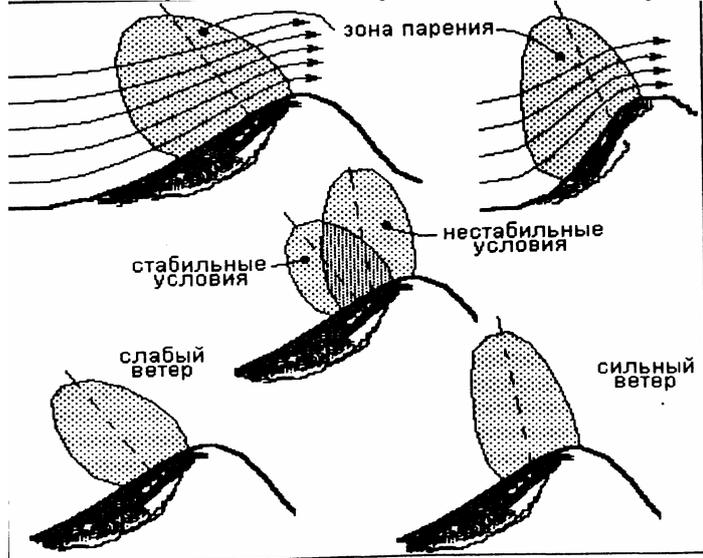


Рис.140 Зоны парения в различных условиях

СКЛОН СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

В реальной жизни ветер не всегда идеально прямо дует на склон. Лучшей формой для создания

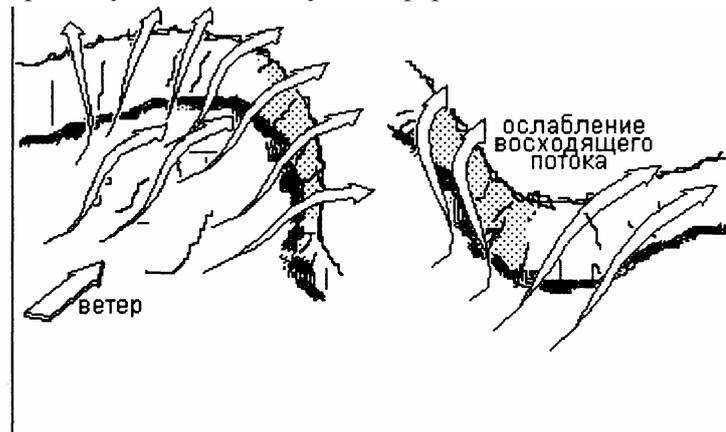


Рис.141 Обтекание склонов различной формы

потоками.

Различные формы препятствий по разному влияют на набегающий поток. В основном более крутые склоны дают большую вертикальную составляющую при одинаковой скорости ветра. Это показано на рисунке 138, где изображены линии тока при различной крутизне склона. На графике (рис.139) представлена зависимость вертикальной составляющей потока от силы ветра крутизны склона. Например, на склоне 40° при ветре 24 км/час максимальная составляющая будет м/сек. Если есть гребень или гора с различными склонами, то мы надеемся найти лучшие восходящие потоки над более крутыми местами, ветер дует перпендикулярно склону. Все

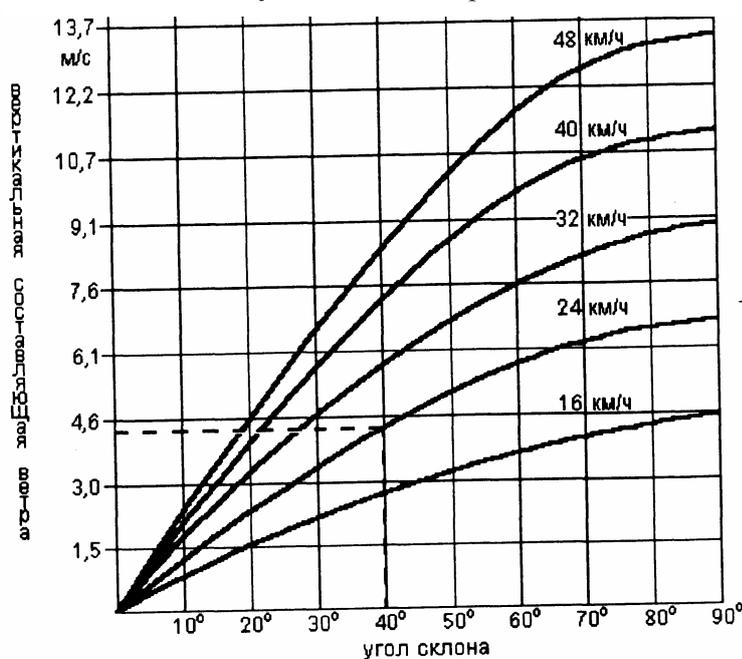


Рис.139 Максимальный восходящий поток в зависимости от угла склона и скорости ветра

хорошего динамического потока является чаша, как показано на рисунке 141. Здесь весь воздух, попадающий в нее поднимается вверх. Противоположная по эффекту форма - выступ. Если ветер дует прямо на него, то поток разделяется и вертикальная составляющая его меньше.

Когда направление ветра не перпендикулярно склону, то динамический поток слабее, так как набегающий воздух делится на поднимающийся вверх и двигающийся в горизонте вдоль склона. Фактически, чем круче склон, тем сильнее отклонение. Динамический поток на вертикальных склонах сильнее зависит от направления ветра, чем

на пологих. График на рисунке 142 показывает изменение максимума восходящего потока в зависимости от крутизны склона и угла натекания ветра. Например, отвесный склон (90°) создает половинный по силе восходящий поток при отклонении ветра от перпендикуляра только на 30° . В то же время склон 15° уменьшает вдвое динамик только при отклонении на 60° . Но даже вдвое ослабленный поток на отвесном склоне больше динамика при перпендикулярном ветре той же силы на склоне 15° .

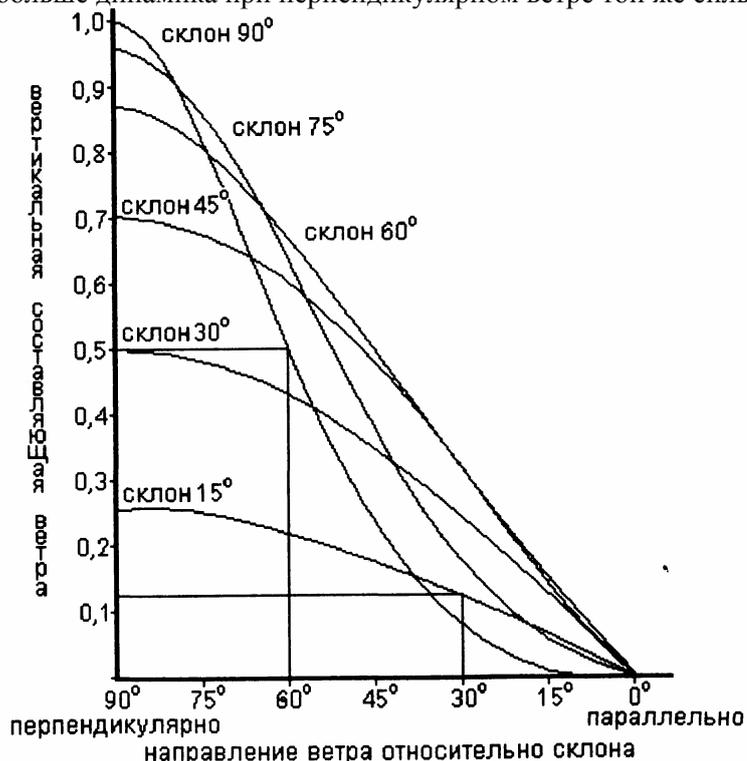


Рис. 142 Изменение скорости восходящего потока от направления ветра и крутизны склона

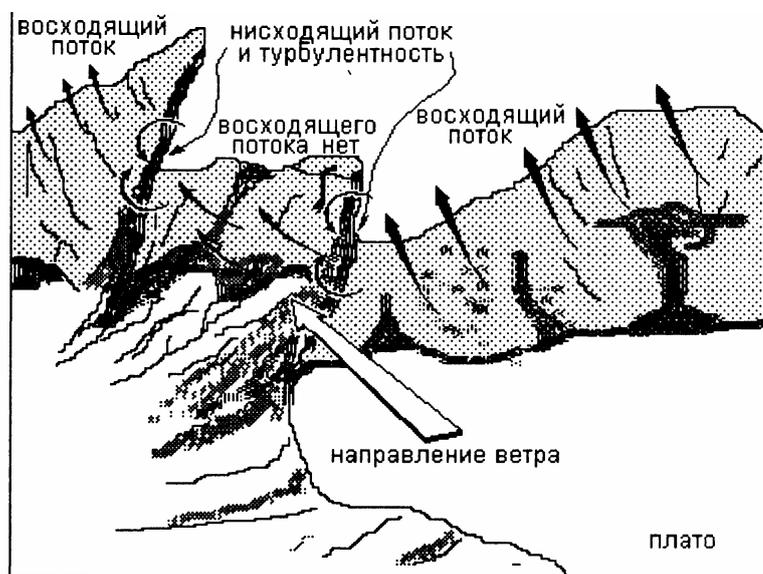


Рис.143 Локализация восходящего потока ветром избегает подветренной стороны и стремится на наветренной стороне к наибольшей высоте, как показано на рисунке. Основное правило при пересечении проломов - это чем ниже, тем дальше впереди надо лететь, чтобы избежать затягивания потоком в пролом. Пересечение с небольшой попутной составляющей ветра облегчает, а с составляющей навстречу затрудняет задачу.

ПРОБЛЕМЫ ПАРЕНИЯ У ГРЕБНЯ

Одна из реальностей парения у гребня есть тот факт, что у поверхности присутствует турбулентность, вызванная трением потока о склон. Поэтому приходится выдерживать большую скорость (планеры, дельтапланы), что соответственно приводит к увеличению и вертикальной составляющей, а это затрудняет парение. Следует особо отметить различия в турбулизации потока над склонами, поросшими травой и деревьями. Турбулентность минимальна над ровным грунтовым склоном.

Из всего выше сказанного следует, что надо держаться у склонов, которые расположены более круто к ветру. На рисунке 143 изображен приближающийся к реальному горный ландшафт и указаны зоны хороших динамических потоков, а также нисходящих и турбулентности. Этот рисунок приблизительно отражает место полетов в Mont Revard во французских Альпах.

КАНЬОНЫ И ПРОЛОМЫ

Ранее мы разобрались с моделью восходящих и нисходящих потоков, возникающих в каньонах (глава 6). Здесь мы просто отметим, что в них возникают хорошие динамические потоки у вершины, если ветер прямо внутрь и на наветренном склоне, если ветер пересекает каньон. Остерегайтесь подветренных склонов из-за турбулентности. Отметим, что нисходящие массы воздуха могут поджидать вас высоко над подветренным склоном.

В случае, когда горный хребет разрезан, то в проломе при прямом ветре создается ситуация, показанная на рисунке 144. Здесь мы видим изменение потока возле пролома, сжатие его и ускорение. Турбулентность на подветренной стороне такая, как показано на рисунке 111. Полет возле пролома может быть небезопасен именно по причине ускорения потока. Не рискуйте летать в таких местах в сильный ветер. Проломы, которые не разрезают хребет насквозь и если они не очень глубокие, могут работать, как чаши с хорошими динамическими потоками. Более глубокие проломы создают восходящие потоки далеко позади и могут быть вне досягаемости легкими летательными аппаратами.

При обоих типах проломов следует избегать подветренной стороны и стремиться на наветренной стороне к наибольшей высоте, как показано на рисунке. Основное правило при пересечении проломов - это чем ниже, тем дальше впереди надо лететь, чтобы избежать затягивания потоком в пролом. Пересечение с небольшой попутной составляющей ветра облегчает, а с составляющей навстречу затрудняет задачу.



Рис.145 Градиент ветра на наветренном склоне

На рисунке 145 показан градиент скорости потока, движущегося вверх по склону. Это может привести к увеличению подъема на консоли, дальней от склона, к крену и развороту аппарата на склон. Вы должны противодействовать этой тенденции, а для этого тоже нужен некоторый запас скорости.

Над вершиной хребта может быть зона, где скорость потока больше, чем ветер, ее называют зоной Вентури (Venturi). Процесс этот аналогичен тому, что происходит в карбюраторе вашего автомобиля: сжатие потока приводит к его ускорению (такое же явление наблюдается в сужающихся долинах, ущельях, проломах и т. д.). Как видно из рисунка 146, более скоростной поток ограничивается высотой меньшей, чем высота горы. Эту зону легко обойти, но многие, если не все пилоты, убедились в ее наличии на собственном опыте. Обычно для возникновения над гребнем зоны Вентури требуется ветер по меньшей мере 20 км/час, причем этот эффект не наблюдается на изолированных холмах или горах.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВОСХОДЯЩИХ ПОТОКОВ

Динамический поток на гребне существует так долго, пока дует ветер. В некоторые дни это действительно так, но в другое время при определенных скоростях и направлениях ветра восходящие потоки слабы или отсутствуют совсем. Это состояние дел может быть очень огорчительным.

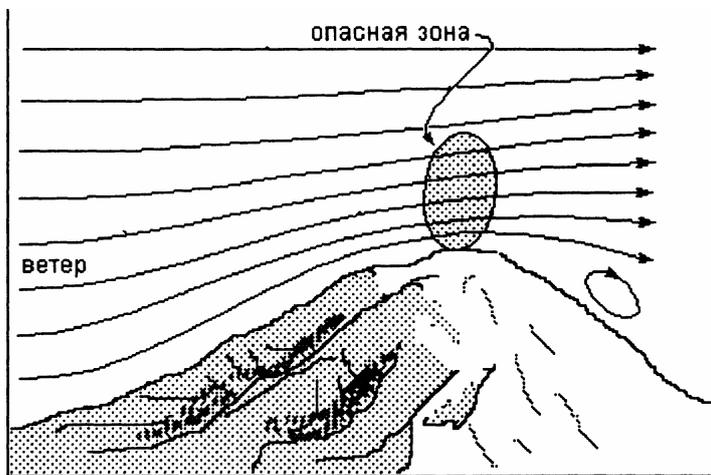


Рис.146 Зона риска над гребнем

усадить вас на землю. Даже в безоблачные дни улицы могут существовать со всеми вышеперечисленными последствиями. Лучший план полета вдоль гребня в подобных условиях это набирать высоту в термиках и пересекать побыстрее нисходящие потоки.

Конечно, улицы термиков есть не всегда и исключительно редко в позднее послеобеденное время и вечером. Такая модель воздушной обстановки встречается только на длинных хребтах, более изолированные холмы (горы) сами являются генераторами потоков. Вы должны знать, что термический поток меняет свою интенсивность от нулевой у подножья до максимальной у вершины. Необходимо быть наблюдательным, чтобы определить условия в день полетов. Ваша первая попытка полета вдоль хребта в данный день дает вам представление о восходящих потоках, местные они или продолжительные.

Как мы определились, бризы на склон дополняют динамический поток. Поэтому облака над долиной могут уменьшать динамик у хребта в этой местности, если не образуется бриз на склон. Вечером течение со склона может также иметь негативное влияние на динамик, но обычно оно начинается внизу склона и просто

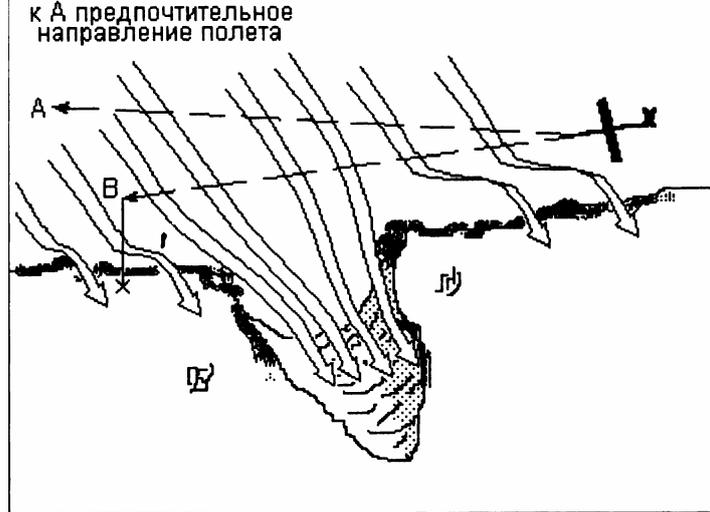


Рис.144 Потоки вблизи ущелья

Решение этой загадки заключается в наличии других форм восходящих потоков, которые в комбинации с динамическим потоком создают общую модель движения воздуха. Термики имеют особенно сильное влияние на динамические потоки. Обычно они усиливают динамик (за исключением случаев, когда ветер очень силен и сдувает термик). Однако нисходящий поток между термиками может существенно уменьшить динамик. Подобную ситуацию автор много раз наблюдал, летая вдоль гребней на востоке США и обнаруживая большие провалы в динамике. Даже когда деревья показывали хороший ветер, динамик отсутствовал. Термики часто выстраиваются в линию (улицу) (глава 10). Между ними обязательно есть полосы нисходящих потоков. Когда улицы пересекают гребень, нисходящие потоки между ними способны заглушить динамический поток и

приводит к уменьшению силы ветра. Бризы на склон в основном ощущаются так же, как динамик у хребта, за исключением того, что они имеют меньшую горизонтальную составляющую. Также для возникновения чистого динамического потока, достаточного для парения, требуется ветер большей силы, чем для аналогичных процессов, связанных с прогревом. В любом случае, в солнечные дни с ветром мы не можем разграничить динамик и бриз потому, что они работают вместе.

ВОЛНОВЫЕ ВОСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ

Воздух - это легкая жидкость, и как все жидкости, он может образовывать волны. Если вы хотите увидеть модель атмосферных волн, идите к вашему ближайшему любимому ручейку и посмотрите, что происходит ниже по течению от затопленного камня. Вы увидите, что вода, обтекая предмет, поднимается вверх перед ним (динамический поток перед хребтом), в то время как за ним вы увидите рябь или серию волн. Эти волны могут быть достаточно большими в быстром глубоком ручье.

Подобным образом возникают и волны в атмосфере. Просто замените камень горой или хребтом и получите требуемую модель. Однако, только вполне определенные атмосферные условия на определенной местности приводят к образованию волн. На рисунке 147 мы можем видеть, что происходит при ветре, дующем на хребет в стабильных, нейтральных и нестабильных условиях. Отметим, что только в стабильных условиях возможно возникновение волн. Это потому, что поднимающийся стабильный воздух имеет тенденцию после прохода горы возвращаться на прежний уровень. Однако, двигаясь вниз, он проскакивает свою высоту и опять же по причине стабильности начинает двигаться вверх и так далее вверх-вниз, вверх-вниз, как на большой мягкой пружине, движущейся от горы. Значит, первое требование для волнового процесса - это наличие стабильного слоя воздуха.

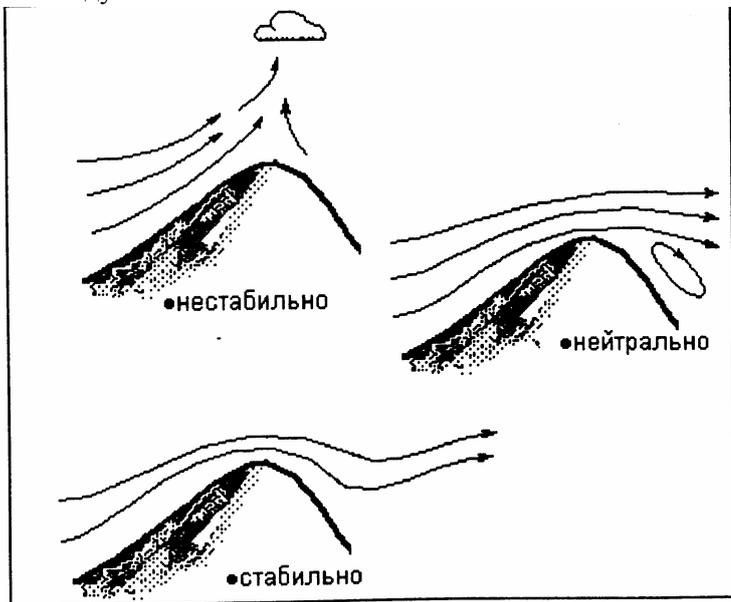
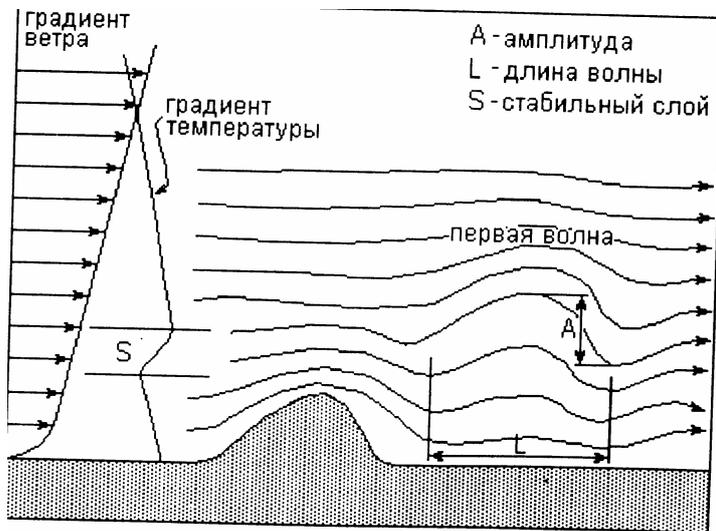


Рис.147 Поток над горой в различных условиях

Следующая вещь - нужен достаточный ветер. Для образования волн нужен ветер, скорость которого на вершине не менее 25 км/час. Кроме того, ветер должен быть перпендикулярен хребту, не менять направление с увеличением высоты и желательно усиление от поверхности к тропопаузе. Эти требования отражены на рисунке 148. Отметим, что градиент стабильного слоя воздуха должен быть над горой. Идеальные условия, когда под и над стабильным слоем находится нестабильный воздух.

Форма горы, индуцирующей волны является фактором, определяющим параметры волн. Идеальный профиль горы показан на рисунке. Наветренный склон плавный, а подветренный крутой, а размер горы определяет размер первой волны. Длинный хребет лучше для образования волн. У изолированных гор и холмов



воздух обтекает их с двух сторон и этим мешает волновому процессу. Длина гребня для оптимального формирования волн должна быть равна минимум длине волны. Волна может образоваться и на изолированном холме, как показано на рисунке 149, но она будет слабая

Рис.148 Образование волны

и быстро за холмом пропадать. Идеальный генератор

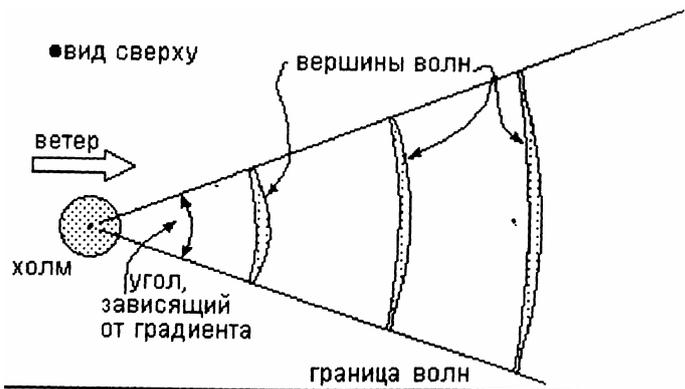


Рис.149 Волнообразование за холмом

волн может инициировать серию волн, которые распространяются на сотни километров за хребет.

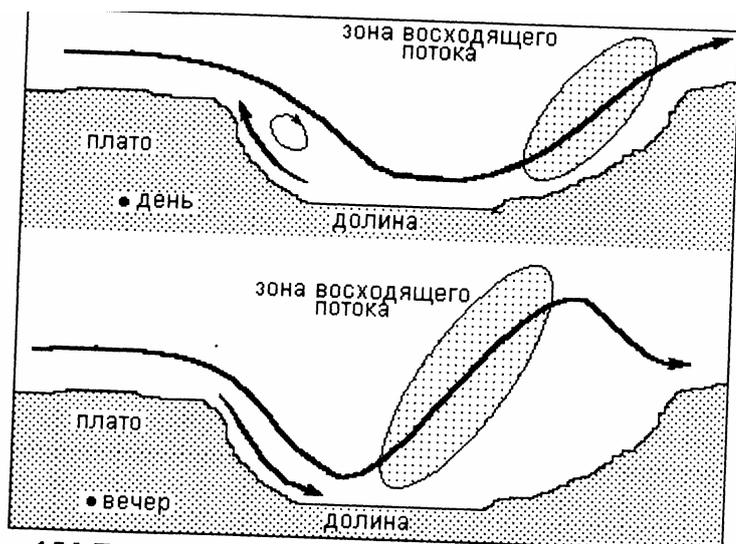


Рис.150 Волна возле наветренного склона долины

опускается воздух, двигаясь в волне. Длина волны - амплитуда очень сильно зависит от температурного градиента воздуха по высоте и профиля ветра. Кроме того более влажный воздух способствует увеличению амплитуды.

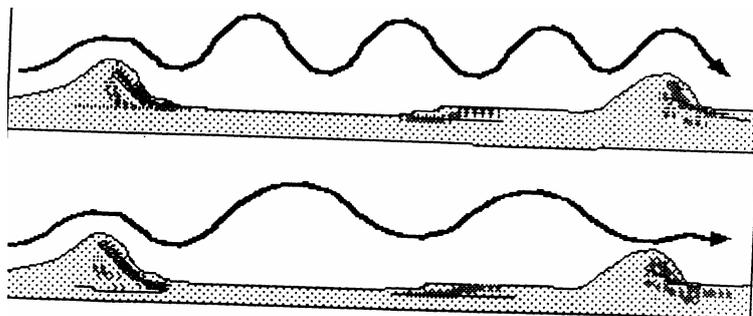


Рис. 151. Конструктивная и деструктивная волновая интерференция

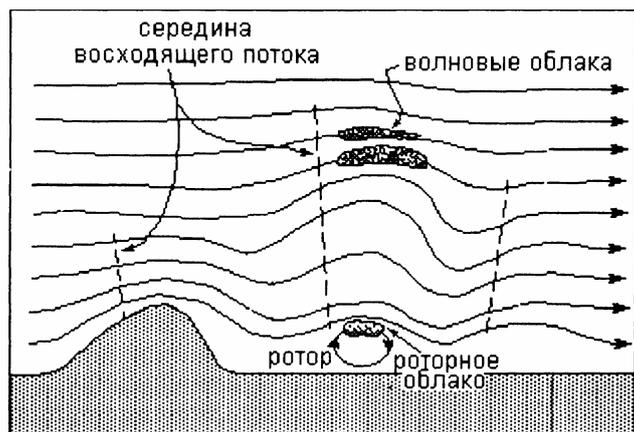


Рис.152 Волна с присущими ей облаками

деструктивная интерференция, возникает смешанная волновая модель.

Подведем итоги.

Необходимые причины возникновения волн:

Ветер - не менее 25 км/час, перпендикулярно гребню, не меняющийся с высотой по направлению и увеличивающийся по скорости.

Стабильность - градиент температуры показывает нестабильность под и над стабильным слоем. Более стабильный и узкий слой воздуха приводит к большей амплитуде волны.

Гора - форма поперечного сечения близка к форме волны. Высота 170 м более для летательного аппарата, пилотируемого человеком. Другие хребты, расположенные. За инициатором

Резкое снижение плато может индуцировать волну, этот процесс изображен на рисунке 150. Это явление наблюдается на востоке США. На волну влияет эффект охлаждения, ее длина становится меньше с увеличением плотности воздуха.

Волны могут возникать от любого объекта, находящегося на пути ветра. Авиамodelисты освоили парение моделей планеров в волнах, образуемых строениями, изгородями, дамбами. Процесс таких мелкомасштабных образований происходит в менее сильный ветер, по сравнению с необходимым для больших волн.

СВОЙСТВА ВОЛН

Два важных свойства волн: амплитуда и длина волн (см. рис.148). Амплитуда обозначает насколько высоко или низко поднимается или опускается воздух, двигаясь в волне.

Невысокие горы - наиболее часто встречающиеся рельефные образования. За низкими горами (до 300м), покрытыми деревьями и кустарниками, реже можно встретить волны, чем за такими же возвышенностями, но гладкими (трава, снег...).

Длина волны зависит от температурного градиента и скорости ветра. Расстояние между гребнями может быть от 2 до 32 км. Наиболее часто встречаются волны с длиной 10км. Как правило, длина волны примерно численно равна 1/8 скорости ветра (в км /час).

Длина волны - очень важная величина, особенно, когда горы или хребты расположены один за другим. Смысл этого отражен на рисунке 151. На верхнем рисунке за хребтом, вызвавшим волновой эффект, расположен следующий хребет, вершина которого по месту совпадает с гребнем одной из волн. Это называется конструктивной интерференцией.

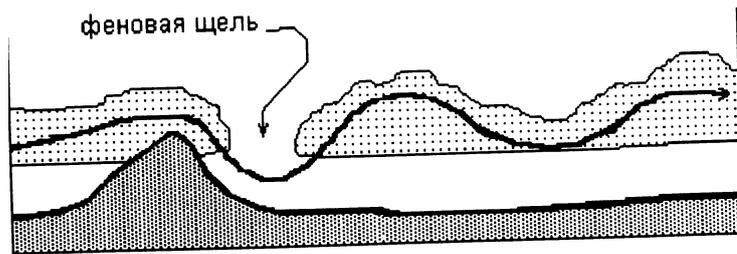
На нижнем рисунке показана та же территория, но длина волны больше. В данном случае восходящий поток на наветренном склоне движется навстречу воздуху в волне, что гасит последнюю. Этот процесс называется деструктивной интерференцией. Если на некоторой территории большое количество хребтов один за другим, может присутствовать в разных местах и конструктивная, и

волнового движения, совпадают с фазой волны.

ВОЛНОВЫЕ ОБЛАКА

Волны могут быть при ясном небе, но часто в восходящей части волны образуются облака специфической формы. Волновые облака (lenticular) описаны в главе 3. На рисунке 152 показано сечение с облаками на вершинах волн. Они стационарны, потому что передняя кромка находится на восходящей стороне волны, а задняя на нисходящей. Ниже передней кромки еще нет условий для образования облаков, а ниже задней они начинают распадаться. В трех измерениях волновые облака смотрятся как удлинненные, плоские блюда на узкой волне.

Волновые облака могут существовать на всех гребнях волн, если поток пересекает слой конденсации. Наличие или отсутствие облаков не влияет на волновой процесс, но следует отметить, что влажный воздух больше способствует образованию волн. В особенно влажных условиях облака могут быть в стабильном слое. Всякий волновой процесс можно увидеть по наличию щели в облаках. Просвет в облаках за горой называется феновой щелью. Если база облаков низко, то может быть сплошной слой облаков, и только феновая щель



указывает на наличие волнового процесса (см. рис. 153).

Рис.153 Феновая щель как свидетельство волнового процесса

Под вершиной волны может быть роторное (roll) облако, как показано на рисунке 152. Это облако бывает шероховатым, часто темным и цилиндрической формы. Оно формируется в восходящей части ротора, который часто размещается под вершиной волны. Но роторные облака не обязательно образуются даже при наличии ротора.

ОПАСНОСТИ ВОЛН

Из ранее прочитанного, мы поняли, как можно использовать волны, теперь хотелось бы определиться со степенью их опасности. Самой большой опасностью в волне является ротор и турбулентность, им производимая. Это часто не только очень сильные вихри, но могут накладываться срез и случайные порывы. Эффекты могут быть очень мощные.

Роторы могут испортить дело любому пилоту и не подозревавшему о волновой перспективе. Наблюдение - это основное средство избежать попадания в ротор. Когда есть роторы и волны, на поверхности чередуются места затишья, почти штиля и сильного ветра. Сверху будет видно, что ветер на поверхности неустойчивый и меняется в широких пределах.

Если вы летаете, а погодные условия таковы, что образовались волны, то, чтобы избежать ротора, старайтесь находиться перед возвышенностью, индуцирующей или усиливающей волну. Если вы далеко от этой горы и имеете достаточно высоты, летите как можно дальше по ветру, где и роторы и волны ослабевают. Если ни одна из этих стратегий невозможна, снижайтесь в восходящем потоке и двигайтесь вперед, чтобы избежать ротора у земли. Если вы не можете снизиться - а это очень даже возможно при хороших волнах, просто летите против или по ветру в соседнюю зону нисходящего потока и двигайтесь по ветру.

Следующая очень серьезная опасность полетов в волнах - это возможные супермощные восходящие потоки, уносящие вас на очень большие высоты к очень сильным ветрам. Если такое случится, а вы не оборудованы в соответствии с ситуацией, то вы испытаете и недостаток кислорода, и сильное переохлаждение. Зафиксированы случаи, когда планеры в волнах набирали высоту более 15 км и подъем продолжался. Если ваш летательный аппарат недостаточно скоростной и не может пробиться против ветра, двигайтесь по ветру, возможно, тогда вам удастся благополучно приземлиться.

Еще одна проблема - это мощный и обширный нисходящий поток на подветренном склоне и внезапное затягивание неба облаками. Наблюдая за волновой облачностью, легко заметить, что облака иногда меняют форму при изменении состава движущихся воздушных масс.

Самые мощные волны наблюдаются в очень сильный ветер в высоких горах. Например, горы Сьерра Невада в Калифорнии индуцируют волновой процесс, отмеченный над долиной Owens. "Волна Сьерра" является рекордсменом по прерванным полетам и разбитым самолетам в роторах

ПОЛЕТ В ВОЛНАХ

Волны имеют тенденцию появляться обычно утром, поздно после обеда и вечером в конце хорошего дня (в смысле парения). Нижний нестабильный слой воздуха может создавать термические потоки целый день, и волны возникают после угасания термичности. Объяснением того, что волны не возникают днем, являются термические потоки, которые разрушают ламинарный слой, необходимый для волнообразования.

Когда высота термиком уменьшается, появляются условия для возникновения волн. Такая ситуация наблюдалась 31.08.91 г., когда проходили полеты вдоль горы Bald Eagle возле Lock Haven в Пенсильвании.

Пилоты набирали около 1000 м над горой в термических потоках до возникновения в районе 17-00 волны. Летая в полукруге километрах перед горой, они набрали в волне более 2300 м и увидели внизу образование волновых облаков.

В другом случае автор этой книги и два других пилота участвовали в соревнованиях в долине Sequachie в Теннесси. Мы парили над гребнем и в 14-00 попытались набрать высоту, чтобы пересечь долину. В 1000 м над вершиной попали в волну, и набор высоты продолжали без вращения в спирали. Восходящий поток был ровный, фиксированный по месту и очень широкий. Набрал через некоторое время более 3000 м, ветер стал сильнее, сильно уменьшив нашу скорость. Воздух еще поднимался, когда мы бросились выходить из потока.

Надо извлечь два урока из приведенных выше случаев. Первое: мы должны знать, что волны могут возникнуть неожиданно. Важное условие - надо быть всегда готовым к ним и знать, что предпринять при их появлении. Второе: ясно, что волны могут возникнуть в любое время в течение дня и надо знать правила поведения волн, но помнить, что бывают исключения. Очень часто волны возникают ночью и зимой, когда летная активность ограничена. Один исследователь утверждает, что в горных районах волновая активность существует 2/3 времени.

Вертикальная скорость, которую вы можете обнаружить в волнах, зависит от крутизны волны и скорости ветра. Чем короче длина волны, тем больше шансов на то, что она круче. Максимальная вертикальная скорость наблюдается на высотах от 1800 до 3000 м во многих местах, но особенно в - высоких горах (Скалистые, Сьерра, Альпы). Эта скорость может-быть более 10 м/сек, но обычно -2 м/сек. Рекорд высоты волн ~30 км, но обычно они намного ниже.

Использовать восходящий поток в волне лучше всего, летая вдоль волны, учитывая, что они стационарны. На рисунке 154 показано сечение волнового движения воздуха и отмечены зоны восходящих и нисходящих потоков. Обратите внимание на различия в высоте восходящих потоков. Если вы будете парить возле вершины первой волны сразу за горой, то сможете набрать большую высоту.

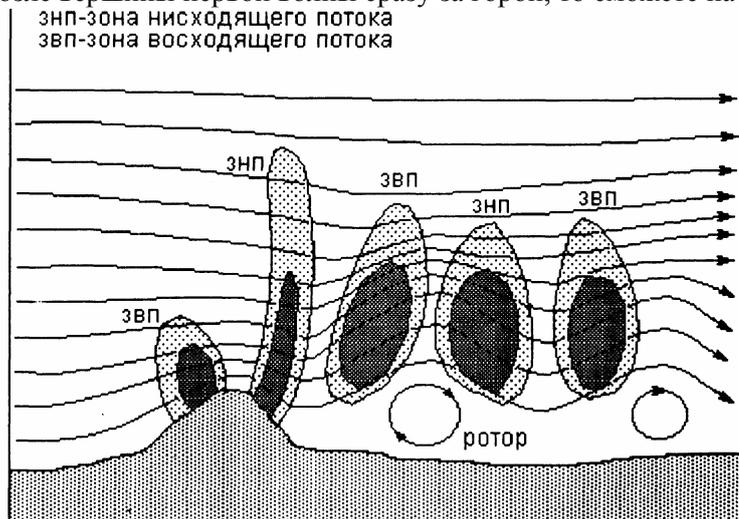


Рис.154 Зоны потоков при волновых процессах
нисходящего потока.

Двигаться в нем поперек ветру.

Как только достигнете малых высот остерегайтесь ротора.

Перелетая от одной волны к другой можно совершать дальние полеты, но летательные аппараты с малой скоростью будут терять высоту на тыльной стороне волн. Парение вдоль них обычно более эффективно.

Общие опасения (и даже страх) пилотов при полете в волне, это: "Не могу снизиться". Фактически снижение возможно, но требуется некоторое напряжение, если не экстремальное маневрирование.

Волны часто возникают к вечеру и реально встает проблема посадки до темноты.

Основные правила для выхода из волны просты:

Уйти из восходящего потока, лететь против ветра или по ветру пока не достигнешь

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ВОЛН

Часто волны представляют себя сами широким восходящим потоком, и вы узнаете об этом, уже находясь в нем. Если вы набираете высоту больше и больше, а поток не ограничен в размерах и не изменяется подобно термику, то вы, скорее всего, уже в волне. В другом случае вы попадаете в ротор или турбулентность. Подозревая волновую активность, надо быть готовым к переменчивости ветра и турбулентности у поверхности за горой.

В любом случае, для пилотов предпочтительнее еще до попадания в волну определить ее наличие. Лучшим указателем этого являются волновые облака. Обширный слой облаков со щелью также является хорошей подсказкой. Кроме этих явных признаков, надо знать лучшее время и условия для возникновения волновых процессов.

Основные погодные условия, способствующие формированию волн, должны знать и понимать все парящие пилоты. Приближение теплого фронта часто приводит к образованию волн из теплого воздуха наверху, представляющего стабильный слой, над нормально нестабильными нижними воздушными массами. Действительно, мы можем часто на высоте видеть плоские волновые облака во время приближения теплого фронта. Но эти волны, в основном, не для спортивных авиаторов. И только за 10 - 20 часов до прохождения фронта теплый слой значительно снижается и волны могут быть достигнуты. Во влажном, умеренном климате такие фронты обычно сопровождаются толстым слоем stratus облаков, которые маскируют наличие волн.

Парение у гребней и в термиках не очень хорошо в таких условиях, потому что пилоты, увлеченные выпариванием, могут пропустить изменение обстановки.

Очень хорошие условия для внезапного возникновения волн появляются при прохождении барической системы высокого давления. В этом случае идет небольшая подпитка воздуха, который создает температурную инверсию - идеальные условия для волнообразования. К сожалению, ветер у поверхности, в центре антициклона, очень слабый, и мы

должны быть очень удачливыми, чтобы найти волны на периферии.

Предсказание волн возможно, если вы очень хорошо знаете причины их возникновения. Два вероятных периода времени для обнаружения волн: непосредственно перед приближением теплого фронта и сразу после прохождения холодного. Более сильные фронты более предрасположены к волнообразованию по причине более сильного ветра. Каждое место для полетов имеет свои господствующие ветры и известны направление и скорость ветра, при котором велика вероятность волнообразования. Эти знания - результат долгих наблюдений. В предсказании волновых процессов могут помочь сводки погоды на день.

ДРУГИЕ ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ВОЛН

В главе 6 мы уже упоминали о волнах среза и облаках billow (вал). Здесь мы рассмотрим их подробнее. Облака среза иногда бывают в зоне проходящих фронтов. Холодный фронт время от времени создает волны, которые пилоты используют. Морские бризы и ветры вниз по склону также производят такие волны, когда они подтекают под более теплый воздух, но эти валы обычно слишком малы для того, чтобы поддерживать парение.

Термические облака с их огромной массой могут создать конвективный барьер. Смысл этого в том, что термики поднимаются от земли с меньшей скоростью, чем быстрее движется воздух, в котором они поднимаются. Хотя мы думаем, что облака как легкие пушистые клубы, но воздух в них весит тонны, и их инерция препятствует их повороту вправо вместе с ветром при подъеме. Поэтому воздух движется вокруг и над ними. Линия таких облаков может создать барьер, который станет причиной волн так же, как гора или хребет. Как показано на рисунке 155, линии кучевых облаков "улицы" могут создавать волны над своими вершинами, когда ветер поворачивает и пересекает их. Эти термические волны как они называются, могут быть достаточны для парения на наветренной стороне облачной гряды. В таких условиях облака часто создают гребень восходящего потока, как в горах в сильный ветер. Использование таких "гребней" или волновых восходящих потоков требует парения вдоль линии облаков.

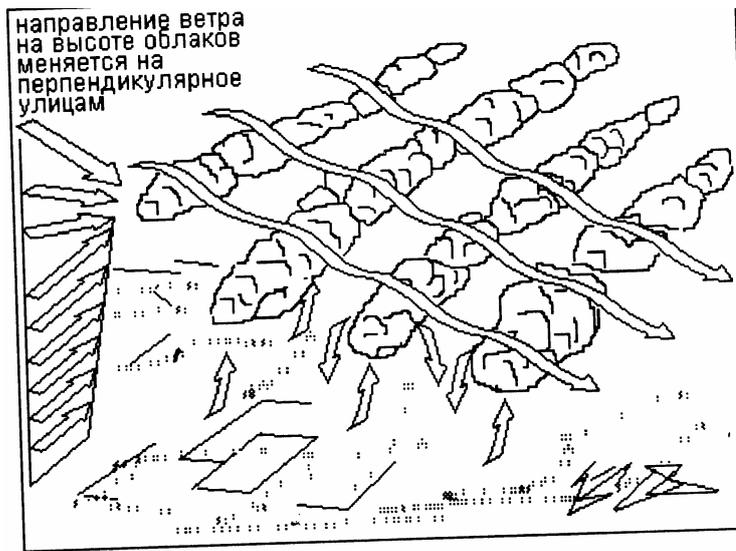


Рис.155 Термическое волнообразование

конвергенции используются, когда ветер не слишком силен, потому что при сильном ветре велика опасность турбулентности и увеличения скорости потока. Чаши, перекрытые длинные каньоны и долины не только дают

ВОСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ КОНВЕРГЕНЦИИ.

Как уже говорилось ранее, "конвергенция" - значит двигаться вместе. Когда воздушные потоки объединяются, если они не двигаются в сторону, то они двигаются вместе вверх. Это то, что нам надо. Давайте разберем различные пути, которые приводят к восходящим потокам конвергенции.

Ранее мы рассматривали существование конвергенции в крупных барических системах низкого давления. Связанный с этим поднимающийся воздух может помогать термической деятельности, но сам по себе не достаточно силен, чтобы поддерживать парение. Мы также видели, что конвергенция имеет место, когда ветер дует в сужающуюся расщелину (рис.112) или пролом (рис.144). Эти формы восходящих потоков

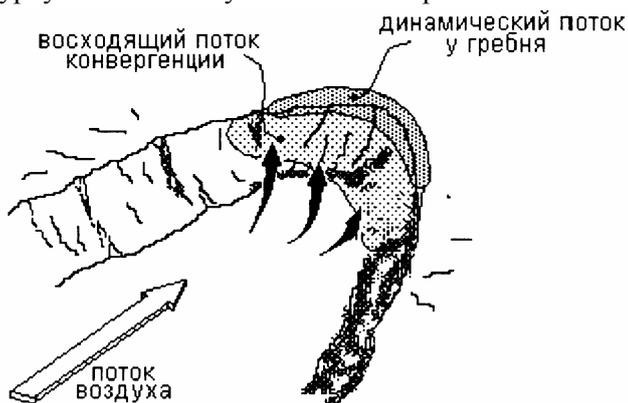


Рис.156 Восходящий поток конвергенции

характерный динамик у гребня, но также поток конвергенции, который часто расположен там же, но шире (рис. 156). Если ветер внезапно меняет направление, могут возникать зоны конвергенции, особенно, если новый ветер сильнее. Подобная ситуация имела место весной 1991г. на соревнованиях в Теннесси. В горах дул легкий юго-восточный ветер и пилоты парили низко в слабых термиках. Сплошная слоистая облачность, пришедшая с юга, принесла более сильный южный ветер. Изменение ветра прогрессировало вверх по долине к северу и сопровождалось зоной конвергенции, которая помогла

набрать нескольким удачливым пилотам высоту 1600 м над горой и пролететь 40 км.

Заранее определить такую зону конвергенции можно по надвигающемуся слою облаков, но все равно возникает она внезапно. В любое время направление ветра может измениться, и тогда мы должны искать зону конвергенции.

Легкие кучевые облака отмечают конвергенцию. Но это только один из признаков, и восходящий поток в этом месте может оказаться иллюзией. В этой ситуации восходящий поток движется по направлению нового ветра. На самом деле условия, описанные здесь, имеют все характеристики теплого фронта и, возможно, им будут являться. Метеослужба не сообщает о таких вещах, поэтому необходимо наблюдать за погодой для предсказания изменений ветра и облачных эффектов.

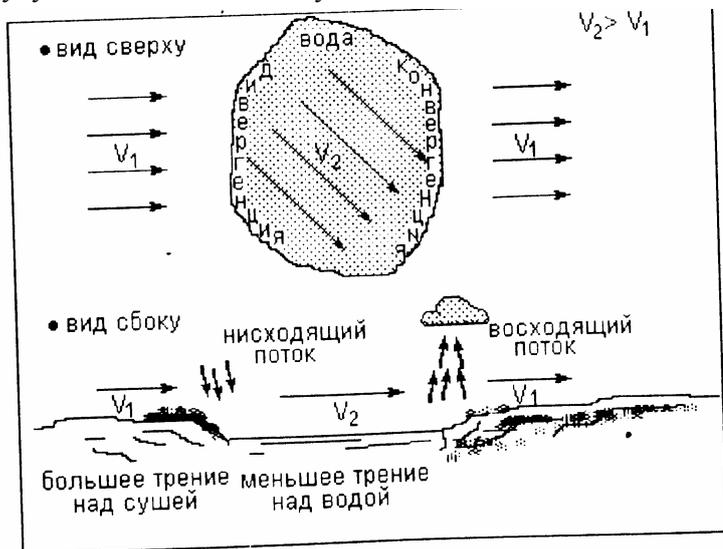


Рис.157 Восходящий поток конвергенции возле воды

ветра на берегу 20-40 градусов против часовой стрелки на подветренной стороне (по часовой стрелке в южном полушарии).

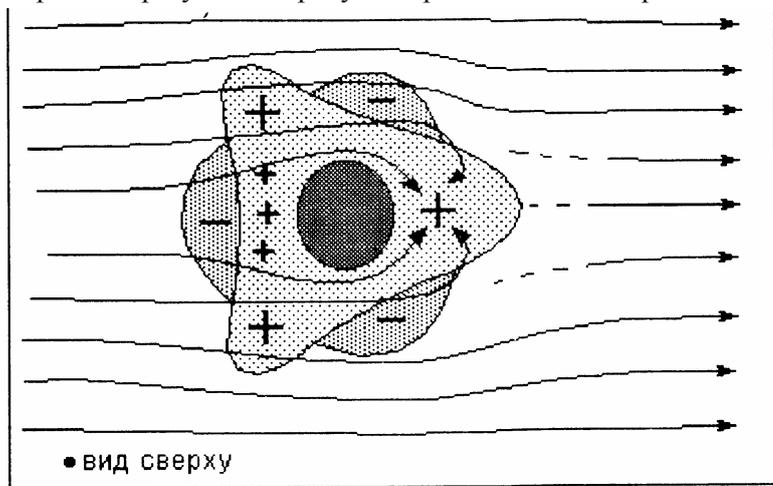


Рис.158 Восходящие и нисходящие потоки возле изолированного холма

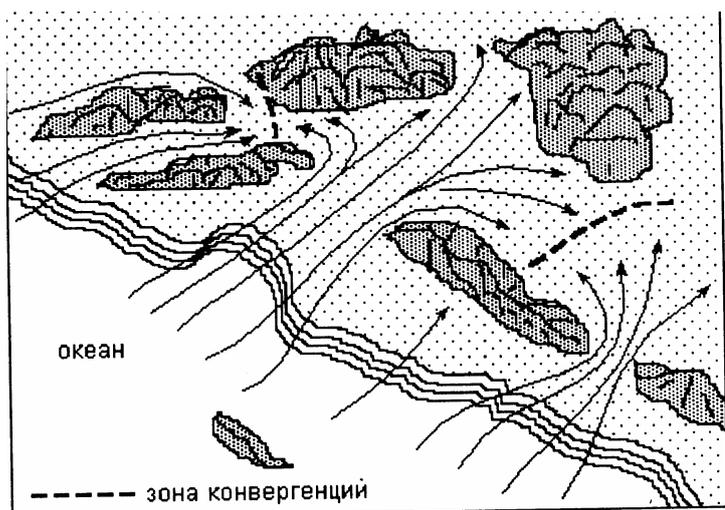


Рис.159 Конвергенция в горах возле моря

Другим местом, где присутствует изменение направления ветра с конвергенцией, является переход от воды к суше. Этот процесс не аналогичен морской бризу. Как это происходит; показано на рисунке 157. Воздух пересекает сушу, затем большое озеро и снова выходит на сушу. В связи с большим трением над землей, ветер возле поверхности замедляется и пересекает изобары, как мы изучали в главе 4. Над водой трение меньше, скорость ветра выше и, следовательно, направление ближе к направлению изобар. В результате ветер делится или дивергирует на наветренной стороне озера и сходится вместе или конвергирует на подветренной. Конвергенция усиливает поток и делает воздух более нестабильным. Изменение направления

ранее мы видели, что волны могут образовываться за холмом. Даже когда нет условий для возникновения волн, наличие конвергенции может создать восходящий поток позади изолированного холма, как показано на рисунке 158.

Наиболее часто подобная ситуация встречается, когда морской бриз дует на сушу в горных районах. Если стабильный морской воздух встречает изолированный холм, он делится и обдувает холм по сторонам, после чего очень часто движется вверх. Сложная горная система, как мы видим на рисунке 159, может создать многочисленные зоны конвергенции. Используя восходящие потоки конвергенции такого типа, очень важно помнить об опасностях роторов, нисходящих потоков и турбулентности на подветренных склонах возвышенностей (рис. 110).

Ранее мы изучали конвергенцию и местные циркуляции (глава 7), возникающие по причине неравномерного прогрева, такие как поле - лес, например (рис. 131). Также мы исследовали конвергенцию, возникающую в середине долины, когда с двух сторон в долину дуют ветры со склонов. Это изображено на рисунке 160 и на рисунке 136 (вечерние условия). В данном случае восходящий поток обычно легкий и обширный, у которого есть

свое имя: магический воздух. Особенная конвергенционная ситуация возникает, когда верховой ветер в долине встречается с низовым. Это может произойти, когда основной ветер, ориентированный вниз по долине, борется с противоположным по направлению, который возникает из-за различий прогрева. Ветер вверх по долине может дуть утром до перемешивания нижних слоев и усиления противоположного ветра. Другой путь возникновения ветра вниз по долине в течение дня - это существенное охлаждение в основании долины. Как пример можно привести долину Rhone в Швейцарии. Северо-восточный ветер вверх по долине встречает после обеда сильный снижающийся поток с холодных ледников и лесов, которые украшают вход в нее. Этот ветер вниз хорошо известен как "Grimsel snake". Его конвергенция может двигаться вверх и вниз по долине и изменять направление ветра у поверхности.

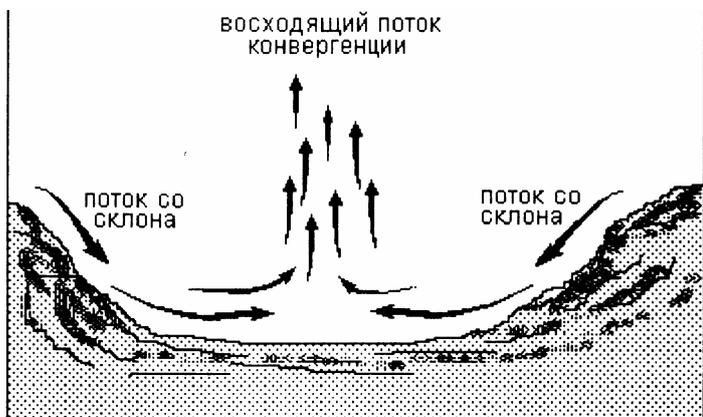


Рис.160 Вечерняя конвергенция в долине

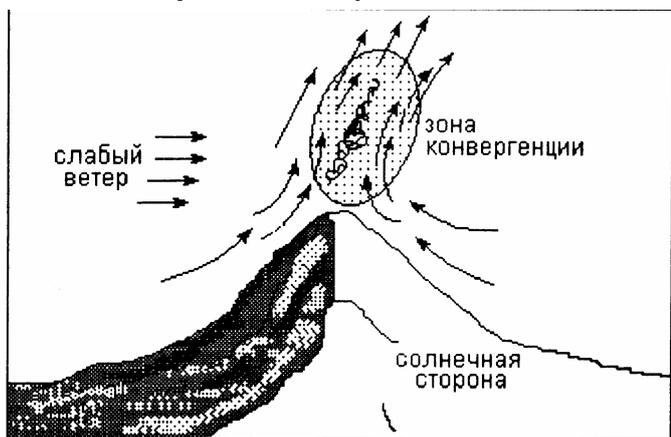


Рис.161 Конвергенция над вершиной холма

динамических потоков накладываются ограничения по времени суток или месту, то восходящие потоки конвергенции более свободны.

Но такое спокойное положение существует не всегда. В природе чаще всего различные процессы встречаются совместно. Более сильные потоки (например; термики), двигаясь быстрее, создают вертикальную турбулентность среза. Но, кроме этого, такие потоки несут и приятные моменты, связанные с большими скоростями восходящих потоков.



Рис.162 Облака, сопровождающие конвергенцию

Возможно, самая используемая форма конвергенции - это когда два потока вверх по склону холма или горы с разных сторон встречаются на вершине (см.рис.161). Поток на одной стороне может быть недостаточно сильным для полетов, но над холмом два потока создают очень хороший для парения столб восходящего воздуха. Если поток с одной стороны сильнее чем с другой (например; неравномерность освещения), то над горой возможно будет иметь место турбулентность среза. Если есть основной ветер, он с одной стороны создает динамический поток на наветренной стороне, а также отклоняет столб восходящего воздуха, как показано на рисунке. Усиление ветра изменит ситуацию: будет динамический поток на наветренной стороне и ротор на подветренной.

ПОЛЕТЫ В УСЛОВИЯХ КОНВЕРГЕНЦИИ.

Восходящие потоки в зонах конвергенции часто спокойные, ровные над обширной территорией. Это потому, что они в основном двигаются вертикально вверх и со скоростью менее 5 км/час. Для парения в них необходимы современные парaplаны, дельтапланы или планеры. Это идеальные условия для радиоуправляемых моделей. В таких слабых потоках турбулентность стремится к нулю. Также если на существование термических или

восходящих потоков накладываются ограничения по времени суток или месту, то восходящие потоки конвергенции более свободны.

Но такое спокойное положение существует не всегда. В природе чаще всего различные процессы встречаются совместно. Более сильные потоки (например; термики), двигаясь быстрее, создают вертикальную турбулентность среза. Но, кроме этого, такие потоки несут и приятные моменты, связанные с большими скоростями восходящих потоков. Потоки конвергенции часто сопровождаются облаками. Это могут быть ряды толстых кучевых облаков над хребтами или шапки над изолированными горами. Если воздух сухой, над зоной конвергенции могут появиться только очень слабые космы. Бывает они ориентированы вертикально и располагаются узкой полосой в поднимающемся воздухе. А вообще над медленно поднимающимся воздухом возможны различные облака (рисунок 162). Конечно, воздух не поднимается очень высоко, например, в центре долины вечером, облака не сформируются, так как воздух не достигает высоты конденсации, если, конечно, он не очень влажный.

Над горными пиками и грядками нередко наблюдаются облака с двумя различными базами. Это верный знак конвергенции над вершиной, а разный уровень облаков формируется в разных по влажности потоках воздуха, которые поднимаются с двух противоположных сторон горы, как показано на рисунке 163. Эта ситуация не редкость, если один из склонов горы смотрит на море или большое озеро.

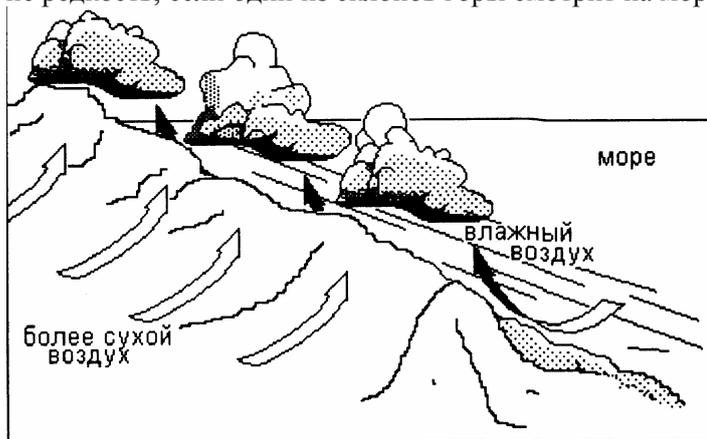


Рис.163 Облака с различной базой - указатели конвергенции

высоты. Но над пиками гор могут быть очень сильными. Очень важно понимать, что в полете можно встретить зоны конвергенции в любой момент - особенно ближе к вечеру над холмами и в изменяющихся погодных условиях, чем раньше вы их обнаружите, тем больший эффект получите.

ФРОНТАЛЬНЫЕ ВОСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ

На самом деле восходящий поток в зоне фронта есть просто особая форма конвергенции, когда вместе движутся две воздушные массы и одна выталкивает вторую перед собой. Здесь мы специально выделим фронтальные потоки отдельно, из-за специфики их поведения и проблем, возникающих в них. Более интересны для нас холодные фронты, потому что теплые не обеспечивают сильные восходящие потоки.

Ранее мы в деталях обсудили использование фронтов морского бриза (глава 7). Этот тип холодного фронта, возможно, является самым используемым спортивными авиаторами. Другие тепловые фронты, о которых рассказано в той же главе, являются тоже очень полезными для любителей высоты, но их труднее определить.

Синоптические (крупномасштабные) холодные фронты часто создают пригодные для полетов восходящие потоки. Такой движущийся холодный фронт, образующий восходящий поток, заявляет об этом массивом растущих вверх облаков. Дополним: основная проблема использование этих потоков - возможность грозовых процессов (глава 11). Однако обилие сухих и мелких холодных фронтов создает восходящие потоки, обеспечивающие хорошее парение и среднее развитие облачности.

Техника использования фронтальных восходящих потоков заключается в том, чтобы находиться в секторе теплого воздуха у самой границы фронта, как на рисунке 164, то есть летать параллельно фронту. Таким образом, можно покрывать большие расстояния, но если фронт сухой, то бывает трудно определить его местоположение. Помните: фронт движется (если он не стационарный), вместе с ним смещаются и восходящие потоки. Слабые фронты часто двигаются со скоростью менее 24 км/час.

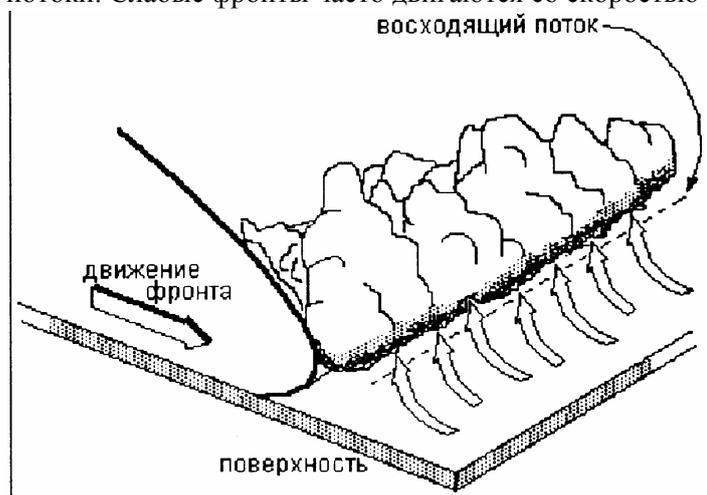


Рис.164 Восходящий поток перед фронтом

Полет в восходящих потоках конвергенции часто требует разведки и, возможно, сразу найти его не удастся. Термики могут быть обозначены облаками, или их можно спрогнозировать по характеру подстилающей поверхности и погодным условиям, они дрейфуют с основным ветром; динамики привязаны к возвышенностям, а конвергенция может быть короткоживущей и скрытой. Зона восходящего потока между двумя конвергирующими потоками может передвигаться, или вдруг исчезать и появляться позже в новом месте. Вы можете делать длинные перелеты, находясь в одной узкой зоне конвергенции, а можете кружиться на месте, если она маленькая.

Обычно восходящие потоки конвергенции слабы и требуют большого терпения для набора

высоты. Но над пиками гор могут быть очень сильными. Очень важно понимать, что в полете можно встретить зоны конвергенции в любой момент - особенно ближе к вечеру над холмами и в изменяющихся погодных условиях, чем раньше вы их обнаружите, тем больший эффект получите.

ФРОНТАЛЬНЫЕ ВОСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ

На самом деле восходящий поток в зоне фронта есть просто особая форма конвергенции, когда вместе движутся две воздушные массы и одна выталкивает вторую перед собой. Здесь мы специально выделим фронтальные потоки отдельно, из-за специфики их поведения и проблем, возникающих в них. Более интересны для нас холодные фронты, потому что теплые не обеспечивают сильные восходящие потоки.

Ранее мы в деталях обсудили использование фронтов морского бриза (глава 7). Этот тип холодного фронта, возможно, является самым используемым спортивными авиаторами. Другие тепловые фронты, о которых рассказано в той же главе, являются тоже очень полезными для любителей высоты, но их труднее определить.

Синоптические (крупномасштабные) холодные фронты часто создают пригодные для полетов восходящие потоки. Такой движущийся холодный фронт, образующий восходящий поток, заявляет об этом массивом растущих вверх облаков. Дополним: основная проблема использование этих потоков - возможность грозовых процессов (глава 11). Однако обилие сухих и мелких холодных фронтов создает восходящие потоки, обеспечивающие хорошее парение и среднее развитие облачности.

Техника использования фронтальных восходящих потоков заключается в том, чтобы находиться в секторе теплого воздуха у самой границы фронта, как на рисунке 164, то есть летать параллельно фронту. Таким образом, можно покрывать большие расстояния, но если фронт сухой, то бывает трудно определить его местоположение. Помните: фронт движется (если он не стационарный), вместе с ним смещаются и восходящие потоки. Слабые фронты часто двигаются со скоростью менее 24 км/час.

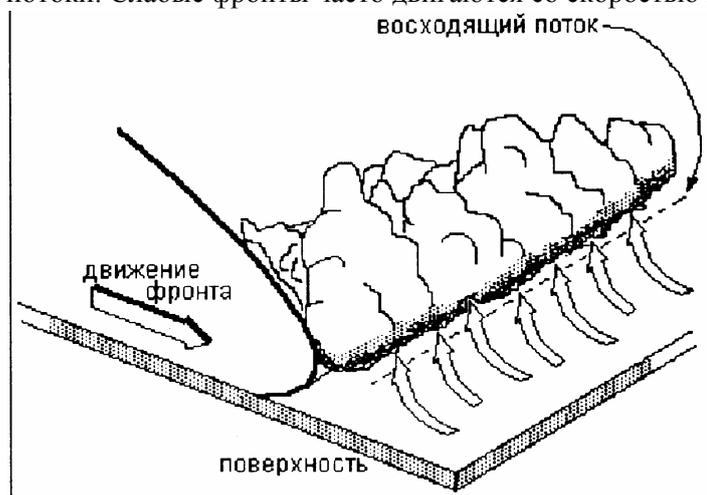


Рис.164 Восходящий поток перед фронтом

Фронты с более влажным воздухом легче определять и использовать. В этом случае вы должны оставаться в районе передней кромки облаков, так как это чаще всего место лучших восходящих потоков, но нужно быть готовым к тому, что они могут быть слишком сильными или ситуация станет грозовой. Остерегайтесь очень влажных фронтов. Когда начинает подниматься более влажный воздух, база облаков начинает быстро опускаться. Иногда перед фронтом движется полоса шквала с грозами. Такие мощные холодные фронты не место для полетов спортивной авиации.

УКАЗАТЕЛИ ВОСХОДЯЩИХ ПОТОКОВ

Использовать восходящие потоки мы можем,

если знаем, где и когда они возникают. Мы можем определить их наличие по некоторым признакам, например, на рисунках в этой книге по стрелочкам, направленным вверх, в воздухе это немного сложнее. Облака - явный признак поднимающегося воздуха. Мы обсуждали различные их типы, сопровождающие разные формы восходящих потоков. Другие признаки - это изменение ветра у поверхности, что можно определить по движению деревьев и дыма, а также птицы.

Изменение ветра у поверхности сопровождается термической деятельностью, мы рассмотрим это в следующей главе, но ветер, дующий с разных направлений в одном месте хороший знак конвергенции. Вершина, заросшая деревьями, является хорошим индикатором парящего ветра. Деревья могут рассказать о скорости и направлении ветра. Дым - хороший указатель состояния воздуха: скорость, направление и турбулентность (рис.104), стабильность и наличие восходящих потоков. Рисунок 165 показывает, как дым двигается почти параллельно земле по ветру до места, где есть восходящий поток. Дым клубами говорит о нестабильности воздуха. Обратим внимание, что дым от костра или у большой трубы является искусственным термиком, создающим определенное движение вверх. Зная, насколько он теплее окружающего воздуха, можно предположить скорость его вертикального движения. Фактически иногда это серьезная проблема, часто рядом с дымом присутствуют сильные вихри турбулентности из-за разности в скорости, например, при лесных пожарах. Горящие свалки или большие индустриальные трубы, как это не опасно, могут стать шансом для отчаявшихся и безрассудных пилотов.

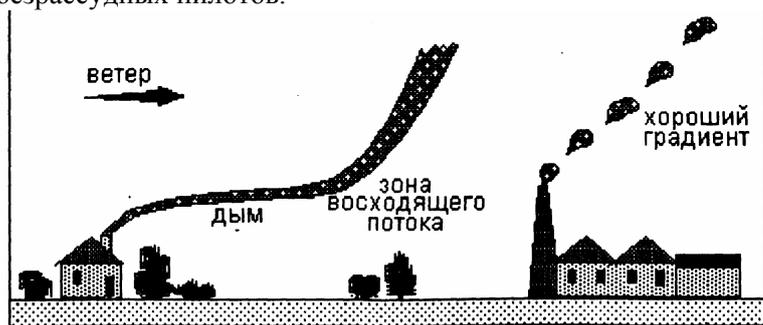


Рис.165 Дым как индикатор восходящих потоков

потоках, чем нужны для спортивной авиации. Также они могут летать в очень сильный ветер с сильной турбулентностью и даже в роторах подветренных склонов. Однако, учитывая такие особенности, мы можем всегда воспользоваться подсказкой этих птиц. Еще очень хорошие помощники - это ласточки. Они не являются парителями, как хищные птицы, но часто устраивают себе пиршество, охотясь на насекомых, которых восходящим потоком уносит высоко вверх. Обычно, если ласточки стремглав носятся вверху над какой-то территорией, то это значит, что воздух поднимается со скоростью достаточной для парения.

ИТОГИ

Восходящие потоки постоянно изменяются, потому что атмосфера сама по себе очень динамична. Иногда мы можем определить поднимающийся воздух, опираясь на свои знания условий и опыт. В другой раз мы ошибаемся. Но в любом случае - это урок на следующие полеты.

В этой главе мы поговорили о многообразии форм восходящих потоков воздуха и выяснили, что они могут встречаться в любой комбинации. Когда мы дополним наши знания еще и термиками, то в нас еще больше укрепится мнение, что очень непростое это дело - парящие полеты, но заверяю вас, не безнадежное. Изучение теории, эксперименты в воздухе (в разумных пределах, конечно) и осмысление всего, что вы узнали и попробовали - ключ к пониманию и максимально выгодному использованию любых погодных условий. Ведь предпочтительнее и приятнее предсказать условия и лететь, если они подходящие, чем попробовать, а затем констатировать, причем, чаще свою ошибку.

ГЛАВА 9

Нестабильность и термичность

Одна из самых частых и продуктивных причин восходящих потоков в природе - это термичность. Пузыри и столбы поднимающегося теплого воздуха могут достигать больших высот. Они могут быть очень слабые и незаметные в условиях слабого прогрева или мощные и даже опасные, когда солнце жаркое, а поверхность подходящая.

В связи с исключительной важностью термических потоков для спортивной авиации мы посвятим некоторое время в этой главе на объяснение того, как они возникают, какие условия необходимы для этого и где их искать. В следующей главе мы поговорим о поведении термиков в небе.

В главе 2 мы разобрались что такое нестабильность и градиент температуры. Эти знания будем

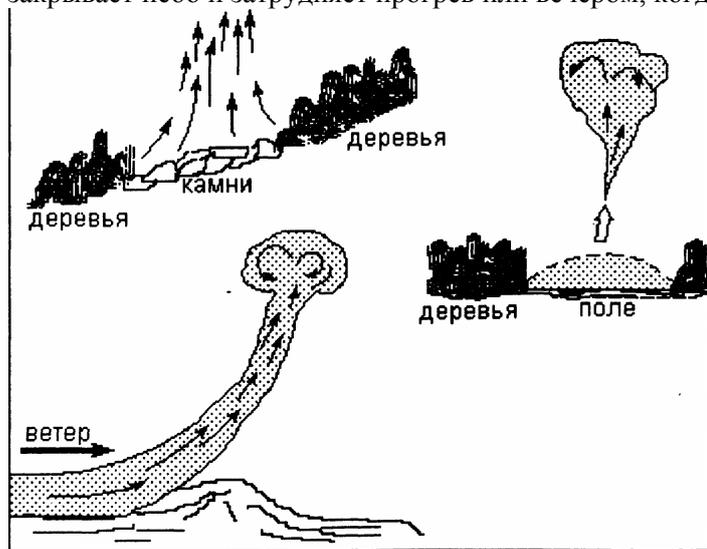
использовать для изучения материала этой главы.

РОЖДЕНИЕ ТЕРМИКА

Термик - это скопление воздуха, поднимающегося в основной массе по причине того, что он легче окружающего. Термики могут различаться по форме, размерам и силе. Если мы хотим совершать эффективные и приятные прогулки верхом на этом свободно поднимающемся воздухе, мы должны начать его изучение с рождения.

Основа всего - солнечный прогрев поверхности в течение дня. Тепло передается воздуху над ней (глава 1). Если прогрев медленный, теплый воздух может подниматься в легком непрерывном потоке, столбе. При более быстром прогреве могут формироваться пузыри, оставаясь на поверхности и увеличиваясь некоторый период времени до внезапного отрыва. Увидеть этот процесс можно, понаблюдав за греющейся водой. Сначала на дне вы будете видеть конвективный процесс - столб поднимающейся более теплой воды. Затем, когда нагрев станет более интенсивным, начнут формироваться пузыри на дне, через определенные промежутки времени, отрываясь и быстро поднимаясь к поверхности. С продолжением прогрева образуются пузыри все более крупные в месте большего прогрева дна сосуда. Пузыри, в основном, сферической формы. Позднее начинается перемешивание воды. Аналогичные процессы происходят и в воздухе.

На рисунке 166 показана ситуация, имеющая место над нагревающейся поверхностью. Сначала легкий прогрев приводит к медленной постоянной циркуляции. Это возможно утром, днем, когда слой облаков частично закрывает небо и затрудняет прогрев или вечером, когда теплая земля медленно отдает накопленное тепло.



Второй этап: на поверхности начинает расти купол теплого воздуха. Купол будет таким, как показано на рисунке, будет занимать прогреваемую площадь и в размерах ограничиваться размерами поля или другой поверхности. Деревья или окружающая поле более холодная поверхность могут ограничивать размеры купола.

Когда этот купол растет, он вытесняет окружающий воздух, как показано на рисунке. Быстрое расширение и инерция нагревающегося воздуха удерживает его у поверхности до некоторых размеров. Затем он отрывается от земли, формируется теплый пузырь. Подробнее об этом будет рассказано ниже. Процесс образования теплых пузырей - очень эффективный метод теплообмена.

Рис.166 Образование термических потоков

образуются в более зеленых районах, таких как Европа и восточная часть Северной Америки. В пустынях, где огромная территория однообразной поверхности, формируется обширный слой горячего воздуха. Это потенциальный термик. Воздух поднимается от какого-нибудь воздействия в определенном месте (своего рода трамплин) непрерывным столбом, подпитываемый из нагретого слоя у поверхности. Данная ситуация проиллюстрирована на картинке 3.

Ограниченные объемы нагревающегося воздуха, как показано на второй картинке, очень часто

образуются в более зеленых районах, таких как Европа и восточная часть Северной Америки. В пустынях, где огромная территория однообразной поверхности, формируется обширный слой горячего воздуха. Это потенциальный термик. Воздух поднимается от какого-нибудь воздействия в определенном месте (своего рода трамплин) непрерывным столбом, подпитываемый из нагретого слоя у поверхности. Данная ситуация проиллюстрирована на картинке 3.

ТОЛЧОК ДЛЯ РОЖДЕНИЯ ТЕРМИКОВ

Потенциальный термик может находиться на земле в течение многих минут с момента формирования. Такая ситуация является нестабильной. Теплый воздух должен подниматься вверх через более холодный. Нагреваясь, воздух расширяется и может оставаться на поверхности до порыва ветра, который разрушит хрупкое равновесие, или он станет таким большим, что расширение замедляется из-за давления со всех сторон более холодного воздуха.

Некоторая нерегулярность ветра может послужить толчком для образования термика, например, движение воздуха у поверхности от предыдущего сошедшего термика или порыв воздуха от быстро проехавшего автомобиля. Много пилотов с малых высот выбирались наверх благодаря тому, что их наземный экипаж движением своего автомобиля срывает термик. В одном месте в Пенсильвании имеется долина с

железнодорожной линией и проходящий поезд срывает термик. Пилоты планеров знают об этом и используют в полетах.

Основной ветер у поверхности создает термики, завихряясь вокруг земных препятствий. Такой ветер часто ограничивает размер термиков потому, что обычно способствует их отрыву. На

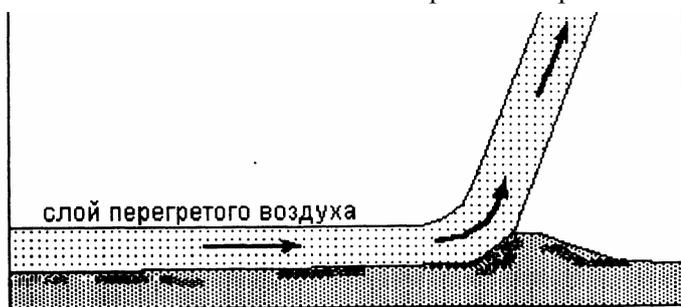


Рис.167 Холм - причина образования термика

обширных плоских территориях ветер будет гнать теплый воздух, пока не встретит на своем пути холм или возвышенность, которые спровоцируют вертикальное движение и послужат трамплином для термика как показано на рисунке 167.

Толчком для термической деятельности над наклонной территорией может послужить движение облаков. По максимуму земля может в несколько минут охлаждаться на 27°C, когда облака закрывают солнце. Быстрое движение холодного воздуха вниз к подножию холма может послужить толчком для отрыва термика.

В штиль любые неровности поверхности могут сыграть роль инициатора термического потока. Особенно на поднимающихся территориях, где может возникнуть бриз на склон. Рисунок 168 иллюстрирует образование термика возле холма, дерева, столба. Другие нерегулярности территории, такие, как: строения, плато, лесополосы - будут способствовать образованию термических потоков аналогичным образом.

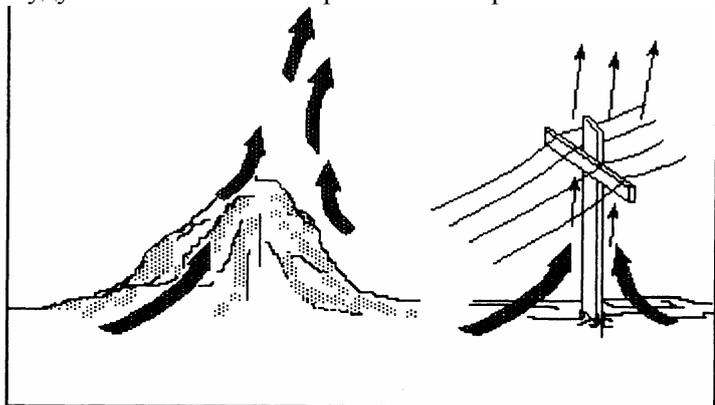


Рис.168 Возникновение восходящего потока

ТЕРМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НА ПОДВЕТРЕННОЙ СТОРОНЕ

Важные эффекты на поверхности возникают в условиях, когда ветер блокируется препятствием: холмы, строения, лесопосадки. На наветренной или подветренной стороне таких преград будут возникать возмущения, но если ветер несильный, то они будут очень слабыми. В таких местах, закрытых от ветра, купола теплого воздуха вырастают до сравнительно больших размеров.

Термики подветренной стороны имеют среди пилотов репутацию хороших парящих восходящих потоков. Однако, в любой ветер подветренная сторона горы не лучшее место для полетов. Нам нужно находиться над возвышенностью для безопасного использования потока. С этой точки зрения идеальные условия, когда на вершине встречаются восходящие потоки с обеих сторон горы. Термик подветренной стороны - не лучший источник восходящего потока, потому что мы не можем проводить все время над подветренным склоном. И все-таки надо обязательно обращать внимание на препятствия на поверхности, как на возможные источники хороших термических потоков.

ИСТОЧНИКИ ТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ

Источники терминов очень близко связаны с причинами их возникновения. Термический источник - это место, над которым возникают тепловые восходящие потоки.

Хорошим источником терминов является поверхность, быстро прогреваемая солнцем. В списке таких территорий: вспаханные поля, открытая голая земля, асфальт, созревшие злаковые, скошенные поля. Любое место, где вы можете в солнечный день обжечь ноги, является хорошим генератором термических потоков. Песок очень быстро прогревается, но также быстро и отдает тепло воздуху, поэтому он быстро охлаждается проходящими облаками. Созревшая пшеница осенью - отличный источник тепловых восходящих потоков, потому что прогревается толстый слой воздуха, попавшего в ловушку. Очень хорошо нагревают нижний слой воздуха городские кварталы, здесь и прогрев дорог и тротуаров, и отражения стенами строений солнечного тепла.

Скалистая поверхность также является отличным источником терминов, если скалы маленькие. Более крупные скальные образования имеют своеобразные особенности. Они легко проводят тепло, передают его поверхности, из которой выступают, но долго его хранят. К надежным источникам термических потоков их можно отнести только после обеда. Вечером горные районы могут иметь отличные термичные места, так как они медленно отдают накопленное тепло. Отличными источниками являются карьеры, если они неглубокие. Нагретый воздух не торопится их покинуть.

МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ

Термины, жилище термина и резиденция термина (часто дежурный термик) относятся к постоянным термическим потокам, расположенным возле мест полетов и дельтадромов. Они могут быть устойчивыми термическими столбами или регулярными, очень хорошими для полетов пузырями. Многие пилоты вспоминают о дежурном термике, попав в безнадёжный нисходящий поток. Хотя нельзя забывать и то, что в воздухе ничего не может быть гарантировано, за исключением силы притяжения и роста цен на оборудование и снаряжение.

Понятно, что дежурный термик находится над хорошим термическим источником. Именно отсюда его постоянство. Иногда источником является одиночный холм, иногда каменистая поверхность. В горах таким местом может быть чаша или ущелье. Не обязательно на какой-то территории существует определенное место образования термика, бывает, что они возникают периодически и в разных местах.

Пилоты должны помнить:

хороший термический источник имеет тенденцию к созданию восходящих потоков на

периодической основе в течение дня и каждый день.

ИСТОЧНИКИ ТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ НА ПОВЕРХНОСТИ

Мы всегда предполагали, что холмы и другие поднимающиеся поверхности являются хорошим местом для возникновения термических потоков. Остановимся на этом подробнее. Поднимающиеся территории такие, как горы или хребты - отличные генераторы термик. Во-первых, если высокие, они лучше и легче прогреваются солнцем, потому что солнечные лучи проходят до них более тонкий слой атмосферы. Во-вторых, склоны часто ориентированы так, что солнечные лучи падают на них перпендикулярно, как показано на рисунке 169. Рисунок также иллюстрирует прогрев воздуха возле вогнутого и выпуклого склонов. Третья причина заключается в том, что воздух над горами более холодный, чем в долинах, в то время, как поверхность становится теплее и теплее. Поэтому термики над возвышенностями возникают раньше, чем над долиной, они более мощные и чаще возникают в течение теплой части дня. Ночью горные вершины выступают над слоем инверсии. Холодный воздух стекает по склонам вниз, как показано на рисунках 101 и 135. Следовательно, у горы будут раньше образовываться термические потоки.

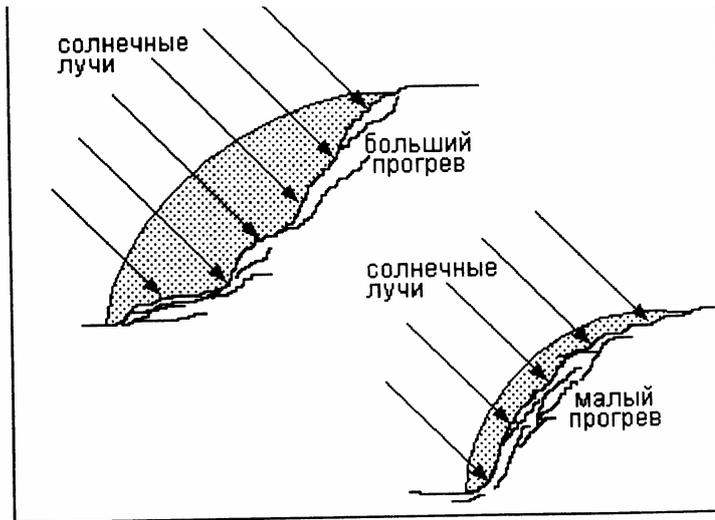


Рис.169 Прогрев вогнутого и выпуклого склонов

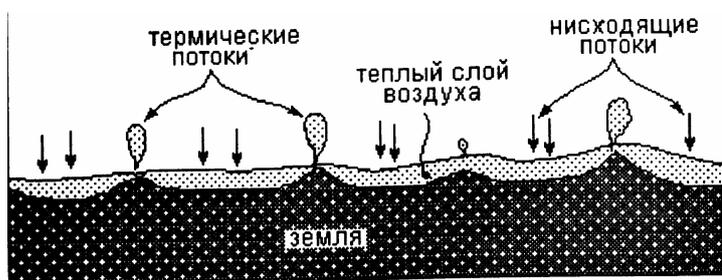


Рис.170 Образование термик над возвышенностями

нисходящие потоки и пилотам лучше уклоняться от полетов над ней. Но в некоторых случаях бывают исключения.

Тонкий слой стоячей воды, характерный пример этому болота, будет прогреваться так же, как и твердая поверхность. В этом случае возможно образование термик, но они будут, скорее всего слабыми, широкими и если водное пространство очень обширное, то возникают трудности с определением их местоположения.

Влажная поверхность (например, после дождя) - слабый источник термик, опять же из-за охлаждающего эффекта парообразования. Но с другой стороны, водяные пары помогают воздуху подниматься. На обширных влажных территориях можно найти восходящие потоки над более высокими или осушенными участками. В очень влажных районах сухие участки являются генераторами термик. Это характерно для северной Европы и восточной половины Северной Америки. Когда в таких районах случаются засухи, то термики очень часты и сила их бывает драматична.

Крупные водоемы являются территориями нисходящих потоков, но даже над ними в определенных ситуациях могут возникать восходящие потоки. Когда холодный северный воздух натекает на крупное водное пространство, он нагревается и могут образоваться спокойные, широкие, слабые потоки. Это часто наблюдается осенью и зимой возле крупных озер, морей и океанов и называется водный термический поток.

Снег отражает солнечные лучи днем и излучает тепло ночью, поэтому заснеженные территории очень холодны даже после солнечного дня. Однако и в этом случае иногда возможны термические потоки, когда на

В пустынях и в местности с однообразным ландшафтом более высокие точки будут наиболее вероятным местом существования тепловых восходящих потоков. Эта ситуация проиллюстрирована рисунком 170. Если его перевернуть вверх ногами и вместо теплого воздуха представить себе жидкость, то получим неплохую модель. Причем, чем выше точка на поверхности, тем лучшим местом для существования термика она является. Вы можете использовать это утверждение для поиска восходящих потоков во время полетов.

В это же время над чашами между возвышенностями будут нисходящие потоки. Над обширными пространствами эти потоки могут турбулизовать поток ветра и этим способствовать образованию термик, что часто имеет место в пустынях.

ВОДОЕМЫ ИСТОЧНИКИ ВОСХОДЯЩИХ ПОТОКОВ

Мы изучали выше, что водная поверхность прогревается медленнее потому, что много тепла расходуется на испарение и, кроме того, вода распространяет тепло по всей толще. Это приводит к тому, что над водной поверхностью образуются

покрытую снегом поверхность натекает очень холодный воздух. Снежные термики бывают редко, но при возникновении очень похожи на водные, такие же широкие и спокойные.

ТЕРМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ.

Мы уже знаем, что солнечный прогрев земли имеет суточные и сезонные циклы. Это рассмотрено в главе 1 на рисунках 7 и 8. Из них следует, что максимальный дневной прогрев, а значит и максимальная термическая активность, по времени не соответствуют моменту, когда солнце в зените, а запаздывает, потому что даже после этого некоторое время поверхность продолжает прогреваться. График на рисунке 7 показывает максимальный нагрев поверхности, а значит, и наибольшую термическую активность между 14-00 и 15-00.

Время циклов может сильно изменяться в зависимости от поверхности и облаков. Например, западные склоны достигают пика прогрева на 3-4 часа позже, чем горизонтальная поверхность, в то время как на восточных все это происходит утром. Северные склоны в северном полушарии могут прогреваться только в середине лета и то только у вершин. Это особенно справедливо в полярных районах.

Дымка или облачность могут сильно уменьшить солнечный прогрев и исключить образование термических восходящих потоков. Утренние облака, которые позже исчезают, задерживают термический цикл. Но когда облака исчезают, идет очень быстрый прогрев и термики формируются очень бурно (если, конечно, был не тонкий слой облаков, медленно растворяющийся). В основном, высокие перистые облака уменьшают термическую активность, в то время как кучевые облака, закрывающие большую территорию, могут совсем остановить или не допустить термические процессы. Иногда такой рост кучевых облаков цикличен: тепловые восходящие потоки приводят к образованию облаков, которые закрывают солнце и гасят термическую активность, облака распадаются, опять возникают термики и цикл повторяется.

Термическая активность в течение года, в основном, соответствует солнечной активности. Пик солнечного прогрева приводит к пику термичности. Зимой термики возникают не часто и слабы. Бывают исключения из правила, когда пик парения в умеренных широтах смещается на весну и осень, когда характерен перенос больших масс воздуха с полюсов. Это приводит к нестабильности.

Необходимо обратить внимание на суточную цикличность термической активности: начало прогрева утром приводит к слабому движению воздуха. Легкая циркуляция является толчком для возникновения термиков, первые из которых появляются в районе 10-11 часов. Термические потоки растут и развиваются до 2-3 часов дня, после чего они затухают, и имеет место вечерняя отдача тепла примерно до 6 - 8 часов вечера.

Часто в течение дня имеют место две **термические паузы**. Первая возникает примерно на полчаса после первых термиков. Кажется, что природа делает глубокий вдох, для возобновления термических процессов с новой силой. Эта пауза ранним утром объясняется тем, что на смену поднявшемуся вверх нагретому воздуху приходит холодный, и для его прогрева необходимо некоторое время. Затем, прогревшись, он образует термики уже на более регулярной основе.

Вторая термическая пауза возникает вечером, когда регулярная термическая активность ослабевает. Иногда это длится около получаса в промежутке между 16 и 18 часами. После этой паузы термики исключительно редко возникают вновь от солнечного прогрева, а живут за счет остатков тепла.

ВЕЧЕРНИЕ ТЕРМИЧЕСКИЕ ПОТОКИ

Как только солнце опускается к горизонту, регулярная термическая активность уменьшается. Территории, которые, попадая в тень, быстро отдают тепло (например, песок), и слабые источники термиков в течение дня вечером являются местами возникновения нисходящих потоков. Дневные нисходящие потоки также не ослабевают.

Леса и скалы - прекрасные места для вечерней термичности. Хороши в этом смысле поля с небурным урожаем злаковых. И, наконец, вода - природный аккумулятор тепла, может греть воздух над собой в вечерние часы. Над глубокими водоемами возникают восходящие потоки, если ветер уносит нагретый воздух от поверхности. Неглубокие водоемы и все другие вечерние источники термиков лучше всего работают а этом качестве при легком ветре или в штиль.

Вечерние термики не такие сильные и широкие, высокие и надежные, как дневные, но слабые восходящие потоки все-таки лучше, чем их отсутствие вообще. Кроме того, в спокойном воздухе встречаются поднимающиеся пузыри теплого воздуха.

Надо помнить, что хорошими местами для вечерних восходящих потоков являются крупные автостоянки и города. Также не забывайте: дым от огня и из труб являются хорошими указателями восходящих потоков (глава 8).

Подведем некоторые итоги.

Места возникновения термиков

День	Ночь
Место дежурного термика	Тоже

Возвышенности	Тоже
Хорошо нагревающиеся поверхности, такие как: голая земля, вспаханные поля, горы (во второй половине дня), песок, карьеры	Территории, накапливающие тепло: горы, города, поля зерновых
	Избегайте закрытых высоких склонов и песчаных площадей.
Избегайте: влажных, сырых территорий; зеленых полей; низин; территорий, долго находящихся в тени.	Лес (особенно сосновый) и вода

Отметим, что этот список составлен по мере убывания надежности источника термической активности.

ВЫСОТА ТЕРМИЧЕСКОГО ПОТОКА

Сразу после отрыва от земли термик претерпевает несколько изменений. Во-первых, он формируется: воздух начинает подниматься, приобретая форму столба или пузырей, как показано на рисунке 171. Этот процесс может распространяться на 100 м. Сформировавшийся поток ускоряется до скорости, при которой уравниваются выталкивающая сила (буоуансу) и сила сопротивления. Выталкивающая сила, действующая на объем теплого воздуха определяется дефицитом его плотности относительно окружающего воздуха и его размером. Мы подробно разберемся с термической выталкивающей силой в приложении IV.

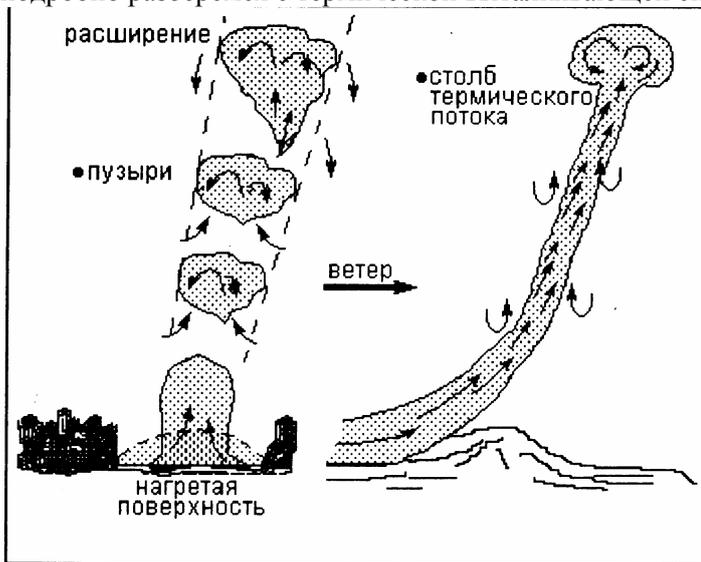


Рис.171 Образование термических потоков

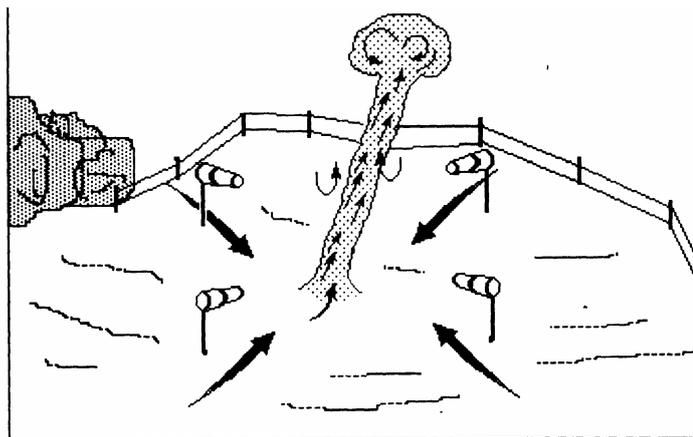


Рис.172 Ветер у земли вблизи термического потока

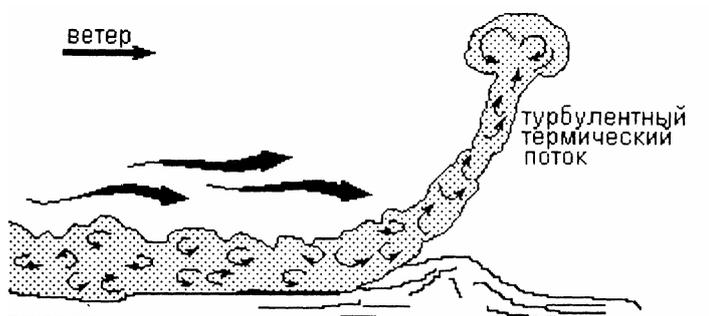


Рис.173 Термичность в турбулентном слое

Когда термик поднимается, на его место у поверхности приходит другой воздух. Если он теплый, то тоже сразу начинает подниматься. В этом случае (часть 3 рисунка 166) на несколько минут возникнет термический столб, достигающий большой высоты.

Если подпитка теплым воздухом ограничена и на место поднимавшемуся приходит холодный, то образуется термик ограниченных размеров. Потребуется некоторое время для нагрева следующей порции холодного воздуха. Это может составить от нескольких минут до часа и более, в зависимости от прогрева подстилающей поверхности.

Рисунок 172 иллюстрирует, как в слабый ветер воздух может двигаться к месту образования термика со всех сторон. Этот процесс ярко выражен в дни с мощной термичностью и может ввести в заблуждение по поводу направления ветра у земли, что очень важно на посадке. Когда в метеоисводке говорят о том, что ветер слабый, переменных направлений, то это указывает на термические процессы. В сильный ветер не будет изменения направления ветра, но он будет порывистым.

Пока термик поднимается первые 300 м, он может подсасывать окружающий воздух со всех сторон. Эта тенденция к конвергенции является причиной затягивания парящих летательных аппаратов к центру потока, так что надо уменьшать угол крена для движения по желаемой окружности. С подъемом может быть придется крен увеличивать.

В основном, у земли турбулентность в термиках выше, а с высотой поток становится ровнее. Термики часто проходят через слои инверсии, что их притормаживает и добавляет турбулентность на высоте инверсии от среза. В ветренную погоду термики могут также замедляться в подъеме из-за перемешивания слоев и турбулентности нагретого воздуха у земли, как показано на рисунке 173. Это очень турбулизирует восходящий поток.

РЕАЛЬНЫЙ ГРАДИЕНТ

Мы говорили во второй главе, что поднимающийся или нагревающийся воздух приводит к нестабильности. Термик является порцией воздуха, которая и нагревается и поднимается. Давайте рассмотрим как на него влияет типичный градиент температуры.

На рисунке 174 показано в среднем изменение градиента у земли в течение суток. Утром мы видим наличие инверсионного слоя у земли. Вспомним, что градиент - это просто график изменения температуры от высоты. Инверсия - это слой, где этот график показывает, что воздух более теплый или недостаточно холодный, чтобы быть нестабильным.

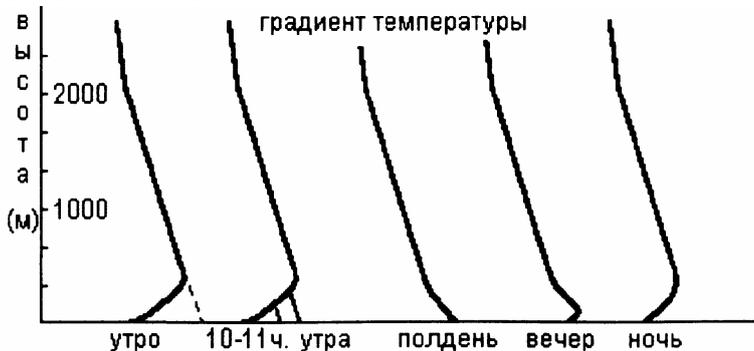


Рис.174 Суточное изменение градиента температуры

Возьмем точку на оси температур, например, 19 или 21° (график на рисунке 175). Термический поток с такой начальной температурой поднимается в приземном слое инверсии, затухая, до выравнивания температур. На высоте, где температуры выравниваются, подъем прекращается, начинается перемешивание с окружающим воздухом. Если прогрев очень сильный и температура воздуха у поверхности больше 23°, то поток пробивает инверсию. Этот процесс продолжается, что приводит к прогреву слоя воздуха у поверхности. Со временем толщина прогревающегося слоя увеличивается. На рисунке 174 это отражается изменением графика в нижней части.

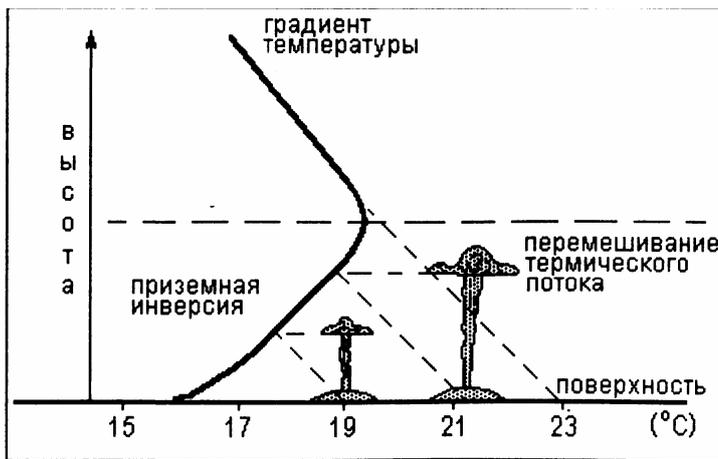


Рис.175 Термичность в приземном слое инверсии

времени на прорыв слоя инверсии и обещает хорошую термичность до позднего вечера. В таких условиях земля прогревается быстро, потому что тепловая энергия как бы попадает в ловушку в нижнем слое воздуха. Это может проявиться в том, что вдруг возникает термичность, хотя до этого момента ничего не было. В приложении 5 мы увидим, как определять время выравнивания градиента, разрушения слоя инверсии у земли.

Некоторые выводы:

Термическая активность

Безоблачные ночи приводят к толстому, стабильному слою инверсии у земли, что задерживает термическую активность на следующий день.



Рис.176 Слой инверсии на высоте

Утренняя приземная инверсия объясняется тем, что земля за ночь остыла и остудила нижний слой воздуха. В горах ночные бризы вниз по склону могут создать толстый слой холодного воздуха у земли, то есть толстый слой инверсии (не редкость 300 м). Вечерняя термичность, облака и ветер могут уменьшать толщину инверсионного слоя из-за перемешивания воздуха в нижних слоях и уменьшения потери тепла поверхностью излучением.

Усиление солнечного прогрева поверхности приводит к увеличению толщины прогреваемого слоя. Увеличение температуры из-за прогрева приводит к подъему нижней границы слоя инверсии. Из-за своеобразной формы на графике это часто называют курок температуры (**trigger temperature**), образно говоря, нажав на который, природа выпускает термические потоки.

Как мы видим на графике (рис. 174) приземная инверсия постепенно "размывается" теплым воздухом. Позже, к вечеру этот процесс идет в обратном направлении. Очень сильная инверсия, бывающая после ясных холодных ночей приводит к затягиванию

Ясный день обещает хороший прогрев и термическую активность.

Важным фактором, определяющим время появления термических потоков, является разность температур внизу иверху приземного инверсионного слоя

ГРАДИЕНТ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ВЫСОТЕ

Слой инверсии может встречаться не только

у земли, но и на высоте. Опускающийся воздух в барических системах высокого давления обычно создает инверсию на высоте около 2000 м, как показано на рисунке 176. Часто различные слои воздуха опускаются по разному. Этот процесс приводит к образованию двух и более слоев инверсии. К образованию дополнительной инверсии может привести также вторжение теплого воздуха сверху.

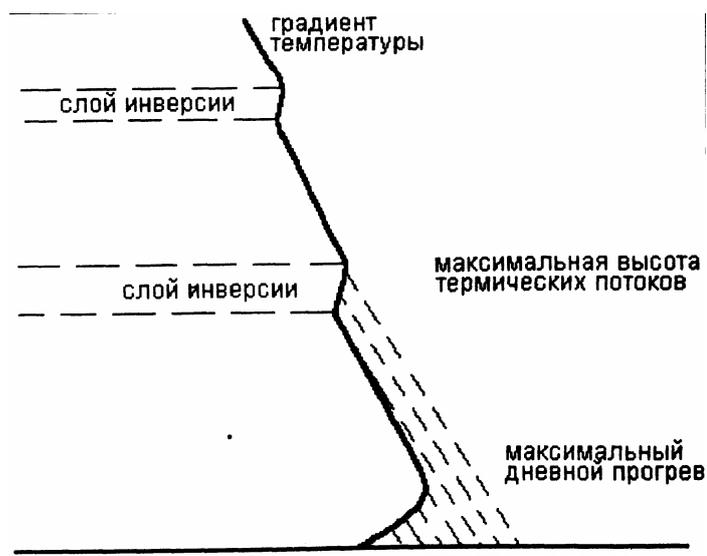


Рис.177 Слой инверсии

местоположения инверсионного слоя помогает узнать, когда ожидается замедление потока и возможен ли подъем выше.

В следующей главе мы поговорим о термиках, проникающих сквозь инверсию. Сейчас хотелось бы отметить, что в день с сильной термичностью, тепловые процессы могут разрушать слой инверсии.

Слой инверсии может быть непостоянным над территориями с мощной термической активностью, такими, как горные цепи и в то же время быть устойчивым над близлежащими районами. Рисунок 178 иллюстрирует как бы перемещение инверсии с воздухом, где абсолютная высота над вершинами больше, чем над остальной территорией и разрыв в слое инверсии при сильном прогреве.

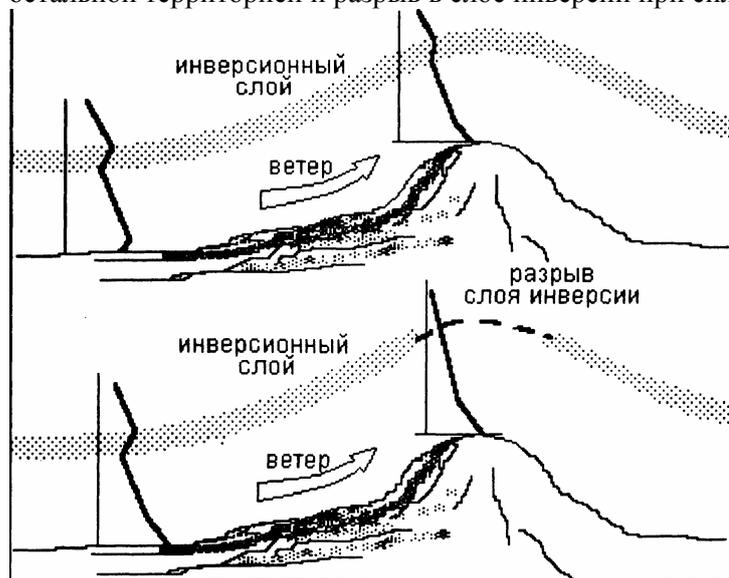


Рис.178 Подъем и разрыв слоя инверсии над возвышенностью

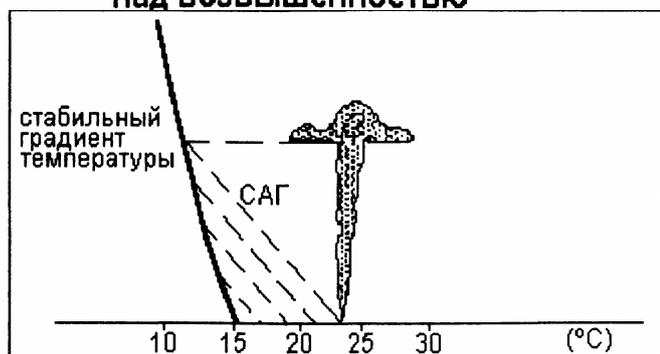


Рис.179 Слабая термичность в стабильные дни

Многослойная инверсия оказывает сильное влияние на термические процессы. На рисунке 177 показан типичный градиент температуры в термичный день. Как только термичность пробивает приземный слой инверсии, она быстро увеличивает свою максимальную высоту до достижения слоя меньшей неустойчивости. Затем увеличение высоты потока замедляется и достигает потолка в слое инверсии. Отметим, что если термик проходит слой инверсии, то он часто продолжает подъем.

Большинство термиков прекращают свое существование в инверсионном слое. Как результат пыль, дым и другие включения задерживаются на его границе, и часто можно наблюдать на горизонте серую линию, над которой воздух кажется кристально голубым. Наличие над этой линией серого купола указывает на наличие очень сильного потока, который пробил инверсионный слой. Определение

ИЗМЕНЕНИЕ ТЕРМИЧНОСТИ И ГРАДИЕНТА ТЕМПЕРАТУРЫ

Мощность термических потоков в данный день зависит от солнечного прогрева и влажности, но основным показателем является градиент температуры, который учитывает все эти факторы и указывает на возможность парящих условий. Градиент температуры в нижних слоях воздуха имеет тенденцию приближаться к сухадиабатическому градиенту (САГ) - приблизительно 1°C на 100 м. Смысл этого в том, что термики распространяют тепло вверх и вниз и несут воздух к своей температуре в каждом уровне. Конечно, градиент может несколько отличаться от теоретического. Давайте посмотрим, что произойдет с термиками в этом случае.

Очень стабильная инверсия у земли может задержать появление термических потоков. С другой

стороны очень толстый слой стабильного воздуха может двигаться над поверхностью. Он, конечно, не так стабилен, как инверсия, но тоже не способствует термической активности. На рисунке 179 изображена ситуация со стабильным воздухом и показано какие могут быть потоки в данных условиях. Такие термики имеют тенденцию быть медленными, спокойными внизу, пока они

поднимаются и довольно турбулентными, когда разрушаются наверху. Такие дни чаще всего бывают с дымкой, потому что термики не несут влажность наверх.

Мы привыкли считать, что термические потоки - это поднимающийся вверх воздух, более теплый, чем окружающий, но, на самом деле, основной и единственный критерий для термиков - это воздух должен быть более легким, чем окружающий. Например, над очень влажными территориями можно наблюдать потоки, поднимающиеся вверх не потому, что воздух в них более теплый, а потому что он содержит большее количество водяных паров по сравнению с окружающим. Такая ситуация часто возникает в душные, знойные дни над влажными территориями, что приводит к грозам.

В ясные, жаркие дни слой воздуха, прилегающий к поверхности суперпрогревается. Толщина этого слоя может быть от нескольких десятков сантиметров над поверхностью, покрытой травой до тысяч метров над пустыней. Этот слой называют суперadiaбатическим (это подробно рассматривается в главе 1, (рис. 11)). Суперadiaбатический слой имеет градиент температуры больший, чем в термиках (САГ)- В результате различия в температуре между термиком и окружающим воздухом увеличивается и поток, разгоняясь, проходит через этот суперпрогретый слой. Принципиально это показано на рисунке 180.

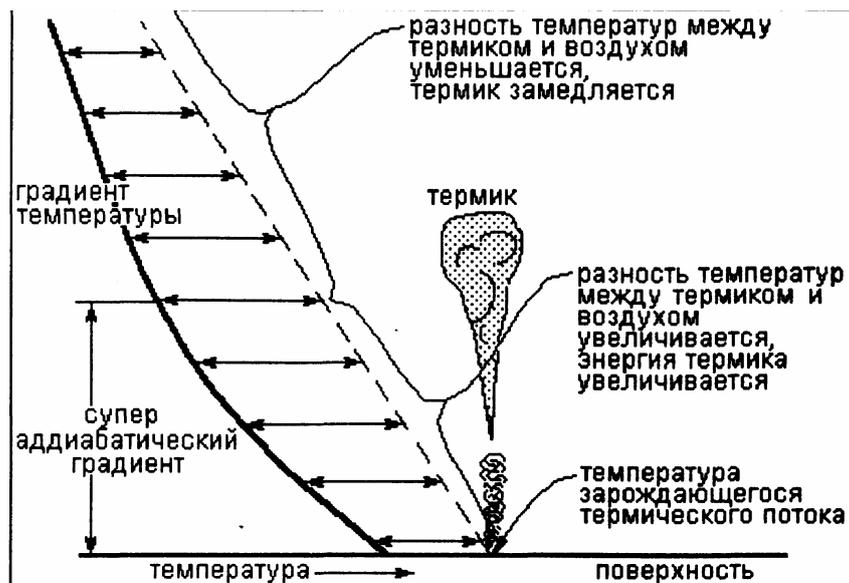


Рис.180 Ускорение термического потока

Из-за эффекта Кориолиса воздух, начинающий подъем в приземном слое, имеет некоторое вращательное движение. Двигаясь с вращением, он ускоряется так же как ускоряется вращение фигуриски по мере того как она притягивает к себе руки. Это вращение вскоре вдруг становится невидимым. Ускоряющийся термик принимает форму вращающейся колонны, которая с высотой становится туже и плотнее. Также как становится тоньше струйка стекающего с ложки сиропа.

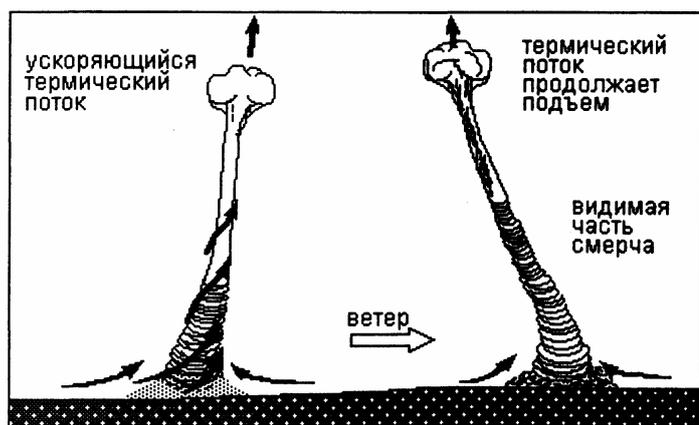


Рис.181 Смерчи, образующие термические потоки

песка и пыли высота смерчей указывает минимальную высоту потоков, в равной мере визуализируется их положение и направление движения. Во время прохождения смерча кроме полезного восходящего потока незадачливый пилот может найти неприятные для себя приключения. А вот наблюдение за смерчами очень полезно, так как помогает определить параметры движения термиков.

Абсолютное большинство смерчей вращаются против часовой стрелки в северном полушарии и по часовой в южном. Они представляют собой явление, подобное барической системе низкого давления. Отдельные

Термические потоки, поднимающиеся в суперadiaбатическом слое, как правило, малого диаметра, очень мощные и скоростные. Они чаще всего наблюдаются в сухих солнечных районах мира. В таких условиях очень часто возникают смерчи.

СМЕРЧИ

Иногда можно наблюдать движущийся вращающийся поток, поднимающий вверх пыль, листья и другие мелкие предметы, который наблюдается как пылевой столб движущегося воздуха. Такое явление называют смерч.

Смерчи возникают в суперadiaбатических условиях (рис. 181).

Отметим для себя.

Смерчи:

Смерчи возникают, когда термические потоки поднимаются при суперadiaбатическом градиенте температуры. Смерчи расположены под восходящим потоком, обозначают его путь, скорость, размеры и часто высоту.

Смерчи иногда достигают облака над термиком, но, обычно, прекращаются намного раньше, поднимаясь только до высоты от нескольких метров до 100 м. И только в некоторых районах пустынь они могут достигать 1000 м. При изобилии мощных, устойчивых термических потоков и большом количестве

смерчи, которые вращаются в обратном направлении, вероятно, зарождаются от турбулентности. Есть предположение, что смерчи раскручивают поднимающийся воздух в термическом потоке. Оно не обосновательно. Заметное в некоторых случаях вращение облаков над термиками может служить подтверждением этому. Вероятно, воздух продолжает вращение над смерчем и тормозится, когда термик выходит из слоя суперadiaбатического градиента. На этой основе резонно надеяться на лучший подъем летательного аппарата, когда он вращается против потока закрученного смерчем (по часовой стрелке или вправо в северном полушарии). Объясняется это тем, что для удержания аппарата в потоке нужен меньший угол крена из-за меньших скоростей и, следовательно, меньших центробежных сил.

Также важно отметить, что вход против вращения полезен и в смысле безопасности. Если вы входите в термик по его вращению, то внезапно получаете поток в спину, что может привести к потере воздушной скорости или складыванию аппарата. Если же входить против вращения, вы будете испытывать усиление набегающего потока, который улучшит маневренность аппарата (рис. 182).

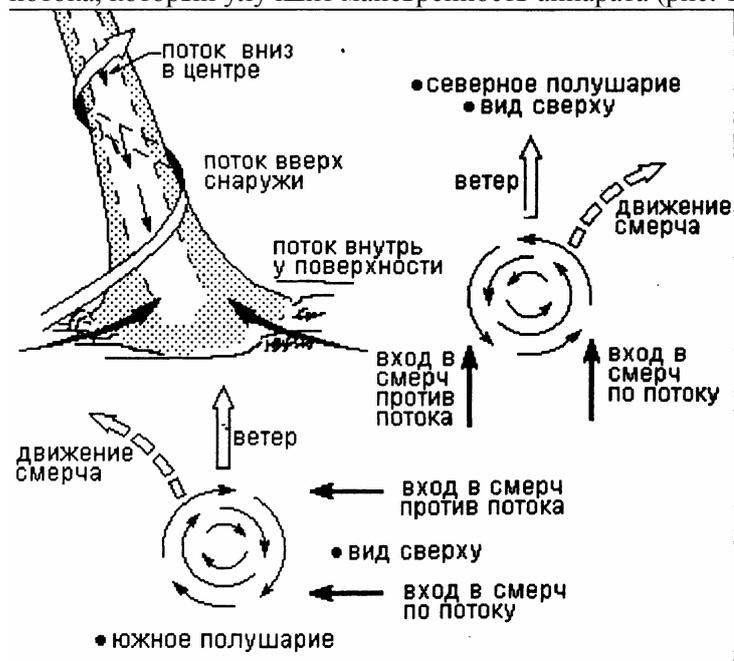


Рис.182 Природа смерча

вверх, движется по ветру, то он будет левее смерча в северном полушарии и правее в южном. Знание этого может помочь определить местоположение термика по видимому смерчу. На рисунке 181 видно, как извиваясь, смерчь переходит в поток без вращения. Очень высокие смерчи могут иметь волнообразную форму при различных ветрах. Объяснить то, что он движется под углом к ветру можно тем, что справа и слева скорость в смерче относительно окружающего воздуха различна, естественно, не одинаковы силы трения, и происходит выдавливание его в сторону.

Смерчи могут быть очень различными по размерам и скорости вращения. Действительно, некоторые сносят дома - это торнадо. Смерчи, о которых мы ведем речь в этом разделе, похожи на миниторнадо. Они возникают при соответствующих условиях на поверхности и поднимаются вверх, в то время, как торнадо развиваются от неустойчивости на высоте и растут от облаков вниз. Вращение потока в смерче со скоростью около 24 км/час и диаметр 30 м типичны и, возможно, имеет смысл использовать их спортивной авиацией, что очень сильно зависит от типа летательного аппарата и опыта спортсмена.

Лучший вариант использовать смерчи как указатели термических потоков, наблюдая за ними. Набор высоты в них - дело не без риска. Внутри границ смерча может быть турбулентность, которая может очень серьезно ухудшить управляемость летательного аппарата. Попробуем сформулировать правила безопасности при полетах в смерчах:

Полеты в смерчах.

Не входите в поток со смерчем на высотах до 300 м от земли.

Не входите в смерчи до верха его видимой части.

Не используйте слишком большие и сильные смерчи на малых высотах.

Выбирайте спираль против вращения смерча.

Вновь образовавшийся смерч - лучший указатель термического потока, чем давно существующий.

В пустынях смерчи более мощные и чаще встречаются. Некоторые из этих монстров могут быть 1 км и более в диаметре. На территориях с зеленой растительностью смерчи более редки, слабее и имеют меньший срок жизни. Частично это можно объяснить меньшей их видимостью из-за недостатка пыли, поднимающейся вверх.

Автор этой книги однажды летел в термическом потоке в Пенсильвании на высоте 1500 м и столкнулся с большим количеством зерен, вращавшихся в потоке. В другом случае он стал свидетелем смерча, зародившегося в горах Нью Хэмпшира. Частицы породы сверкали и искрились, как фейерверк.

Другое дело, водяные смерчи, которые возникают при прохождении их над водой. Они обычно коротко живущие и маловысотные, но они указывают на хорошие термические условия в этот день.

ИДЕАЛЬНЫЕ ТЕРМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Воздушные массы,двигающиеся над данной территорией, играют очень важную роль для стабильности и перспектив термической деятельности. Теплые фронты и влажные воздушные массы чаще всего не способствуют этому, потому что они приносят большую влажность, снижают прогрев поверхности, рассеивая солнечные лучи. Влажность сама по себе поглощает тепло и нагревает воздух до того, как могут развиваться термические процессы.

Холодные воздушные массы, в основном, способствуют термической деятельности, потому что они приносят ясный сухой воздух, который становится нестабильным при прогреве. Есть исключения, например, воздушные массы морских бризов, которые стабильны. Холодные фронты с полюсов всегда несут термичную погоду.

На востоке США и севере Европы такие фронты очень желательны, потому что приносят отличные парящие условия. К сожалению, они также приносят барические системы высокого давления, и поэтому приходящая воздушная масса слабо подпитывается. Сильная термичность давит вверх этот опускающийся воздух, но им же и замедляется. Настоящая проблема заключается в том, что высокое давление способствует образованию инверсии, которая ограничивается высотой 2000 м над уровнем моря, а база облаков на 4000 м - редкое и восхитительное зрелище.

С другой стороны, в пустынях предпочтительнее для парящих условий барические системы низкого давления. Лениво поднимающийся воздух уменьшает стабильность на высоте и способствует прогрессированию термичности. Не исключением является высота потоков свыше 7000 м потому, что инверсия обычно отсутствует.

Системы низкого давления во влажных районах не часто создают термические потоки, потому что воздух поднимается, образуются облака и идут дожди. Пилоты в зеленых районах должны радоваться и большим, и малым высотам. Во влажных районах желательны сухие погодные условия. С другой стороны, в пустынях небольшая влажность желанна потому что увлажнение термических потоков делает их мощнее и выше. Более влажные термики образуют облака, которые являются хорошими указателями потоков.

Хорошие термические условия

Ясное небо и жаркое солнце.

Легкий или средний ветер.

Холодный фронт, высокое давление и сухие дни во влажных, зеленых районах.

Низкое давление и некоторая влажность в пустынных районах.

ВОСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

В идеале термик поднимается в небо и формируется в форме гриба с циркуляцией воздуха в нем от центра наружу, как показано на рисунке 183. Воздух, поднимающийся в центре, наверху термика, разделяется на продолжающий подъем и закручивающийся в форме тора. Пространство турбулентного перемешивания воздуха находится на передней кромке термика, как показано на рисунке. Для опытного пилота нисходящий поток и турбулентность часто указывают на соседство восходящего потока.

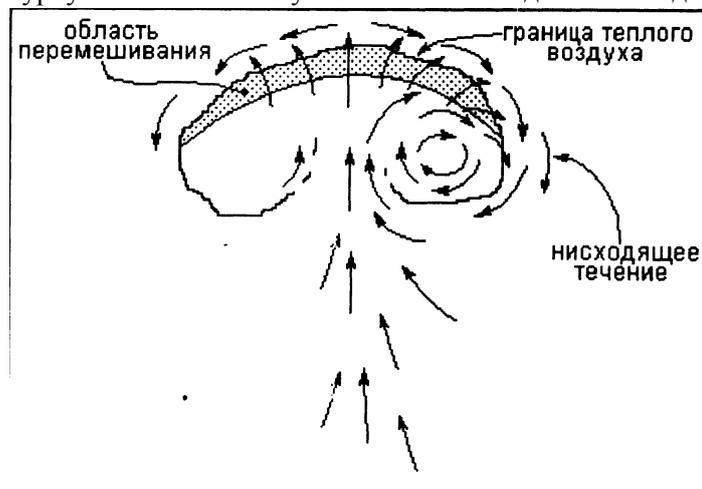


Рис.183 Сечение идеального термика

В процессе подъема нашего идеального термика он разрастается, вовлекая окружающий воздух и встречая более низкое давление. Он подпитывается снизу (так долго, пока там достаточно теплого воздуха) и с боков, что усиливает поток, если окружающий воздух теплый и размывает его, если холодный. С другой стороны, поднимаясь, термик может оставлять сзади "части", как показано на рисунке 184.

Понятно, что идеальные термики встречаются в природе один из тысячи. Очень часто сердцевина термика непостоянна, различной силы или даже их несколько. В следующей главе мы подробнее остановимся на различных вариациях термических потоков.

НИСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ В ТЕРМИКАХ

Мы знаем, что в нестабильных условиях поднимающийся воздух стремится продолжать подъем, а

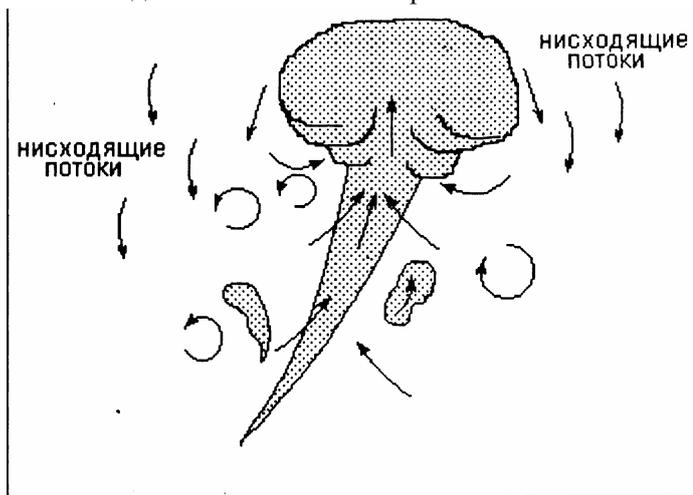
опускающийся стремится продолжить снижение, при этом оставаясь более холодным, чем окружающий. Этот процесс движения воздуха вниз аналогичен термику, но противоположен по направлению.

В хороших термичных условиях будет также обилие нисходящих потоков. Обычно чем сильнее термики, тем сильнее и нисходящие потоки. Термические восходящие потоки занимают только 1/10 часть пространства или даже меньше, поэтому нисходящие более распространены и не так организованы.

Межтермальные нисходящие потоки, обычно, самые сильные наверху, где термики обширнее. Если термики возникают в горах, то нисходящие потоки могут быть более обширными и организованными. Иногда, находясь, долгое время в нисходящем потоке, целесообразно отвернуть от курса на 90°, очень возможно, что вы двигались вдоль длинной оси нисходящего потока.

ИТОГИ

Мы пытались продолжить наши воздушные приключения, как только возможно. Одним из самых лучших двигателей для этого являются термические потоки. Это подобно воздушному шару, поднимающему нас в небо.



Единственная трудность - это то, что они в своем большинстве невидимы. Изучая их природу и поведение, мы с большей вероятностью определяем как, где и когда их можно найти.

Термиком множество везде и в различное время. Они переменчивы во всех свойствах: мощности, турбулентности, размерах, направлении развития и высоте. Только опыт, знания и немного удачи позволят вам найти лучший термик в данных условиях. Мы теперь имеем хорошую базу, знание основ поведения термических потоков. Далее мы будем изучать их секреты более глубоко и подробно.

ГЛАВА 10 Наука о термиках

Рис.184 Перемешивание, нисходящие и восходящие потоки возле термика

Вы не найдете ни одного человека на земле, который был бы более счастлив, чем пилот, приземлившийся после длительного полета в термических потоках. Это награда природы пилоту, который ищет их и, обнаружив, умело обрабатывает. Полеты в термиках - это полеты, в которых между пилотом и окружающим его воздухом стоит минимум приборов и оборудования. Это комбинация случайности и мастерства.

После изучения предыдущей главы мы понимаем механизм зарождения и движущие силы термических потоков. Теперь мы обратим наше внимание на поведение термиков в небе. Наша задача познать законы термической деятельности, чтобы минимизировать роль случая и поднять до максимума роль нашего мастерства в полетах.

РАЗМЕРЫ И МОЩНОСТЬ ТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ

Термики - желанные призраки. Мы не можем их видеть, но они всецело захватывают наши мысли и желания. Все мы после полета можем рассказать об их размерах: диаметр, высота. Но даже эти данные неоднозначны в рассказах двух пилотов, летавших в одном потоке.

Так какие же общие, наиболее типичные характеристики термиков? Из опыта полетов можно сказать, что термик диаметром 50 м является крупным, чаще встречаются 30 м и менее. Некоторые термики, особенно в слабых условиях, могут быть больше. Когда мы находим зону восходящего потока больше чем 100 м в одном направлении, стоит задуматься только ли термик этому причина.

Давайте поближе познакомимся со сферическим пузырем диаметром около 30 м. Если подсчитать объем воздуха в нем, получим около 15000 кубических метров. На уровне моря масса воздуха в термическом потоке примерно составит 20 т. Не удивительно, что он может легко нести наш легкий летательный аппарат вверх. Чтобы получился такой шар теплого воздуха, должен собраться слой воздуха с квадратного поля со стороной 100 м толщиной приблизительно 1,5 м. Если наш термик будет иметь диаметр в два раза больше, то объем увеличится в 8 раз, а вес возрастет до 150 тонн. Это огромная масса воздуха, живущая по определенным законам.

Силу термика логично определять по его скорости поднятия вверх. Она может изменяться в широких пределах от 0 до 17 м/сек в грозу. Обычно во влажном климате термики поднимаются со скоростью 1,1 - 3,9 м/сек, до 5,5 м/сек. В условиях пустынь 2,8 - 8,4 м/сек и даже больше. Самая большая скорость наблюдается на высоте, где градиент температуры наиболее нестабилен, как показано на рисунке 180.

Один метеоролог установил связь между силой термика и его высотностью. Это в основном так же верно, как-то, что сухие термики несколько слабее влажных, образующих облака. Данные можно свести в таблицу, по

которой очень быстро определяется среднее значение скорости в термическом потоке.

Сила термического потока

Сухие термики

Мах высота термика	Средняя скорость
1000 м	1,7 м/сек
2000 м	2,5 м/сек
3000 м	3,6 м/сек

Влажные термики

1000 м	1,9 м/сек
2000 м	3,0 м/сек
3000 м	4,0 м/сек

Средние скорости, приведенные в таблице, не учитывают скорость снижения вашего летательного аппарата. В условиях пустынь можно ожидать более сильные потоки и цифры в таблице должны быть выше. Кроме того, мы можем сделать вывод о том, что более сильные термики чаще всего более турбулентные, более компактные и долго живущие. Более слабые потоки мягче и часто шире.

ВЫСОТА ТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ

Максимальная высота термиков зависит от нескольких факторов: высоты слоя инверсии, высоты образования облаков или высоты слоя сухоадиабатического градиента (рис. 185). В первом случае мы видим, что поток остановлен инверсионным слоем. Когда термик достигает его, он турбулизируется и распадается. Если более влажный термик останавливается более сухим инверсионным слоем, то в нем могут образовываться облака, - обычно слоисто-кучевые (Sc). Слои инверсии могут быть везде, от земли до нормальной высоты работы термика. Некоторые термические восходящие потоки могут пробивать слой инверсии, если он нетолстый. Это самые сильные термики в данных условиях. Чтобы поток прошел сквозь слой инверсии, ему необходимо иметь концентрированную сердцевину (центр). Часто такой термик сохраняется над слоем инверсии.

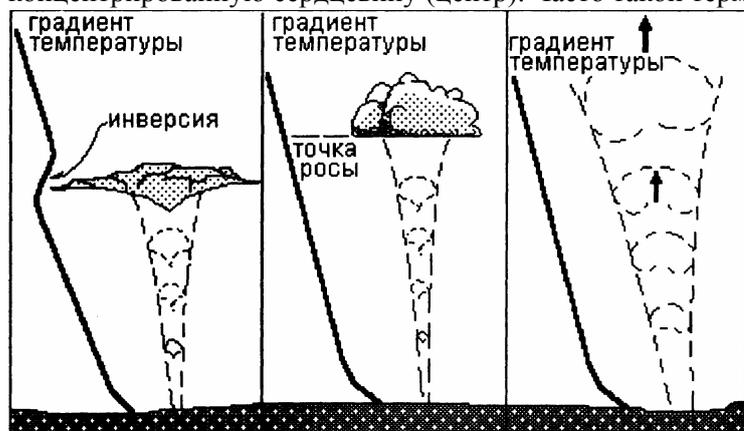


Рис.185 Высота термических потоков

Во втором случае поток достигает уровня точки росы и образует кучевые облака. Когда это происходит, идет сильное перемешивание с окружающим воздухом из-за выделяемой при конденсации энергии скрытого тепла. При этом перемешивании термик теряет свою форму и направленность энергии. Высота точки росы зависит от профиля температуры воздуха и влажности термика. Различия или изменения базы облаков зависит от различия воздушных масс над разными территориями.

Последняя картинка показывает прекращение потока, когда он входит в нейтрально стабильный воздух и становится все слабее и слабее по мере перемешивания с окружающим воздухом. Это ситуация с сухим термином, когда отсутствует слой инверсии.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ И ДНЕВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ

Термики могут быть очень различны. Мы можем как-то обобщать, но чаще всего термики обеспечивают



восходящий поток в течение 10 мин и менее. Редкий случай, когда один поток несет нас от малых высот под облака, даже в условиях пустынь, где термики продолжительнее и база облаков выше. В слабых термических условиях мы должны передвигаться от термика к термику, чтоб шаг за шагом набирать высоту.

Утром термики становятся постепенно более богатыми, большими и увеличивается время их существования. В середине дня постоянные потоки нормальное явление,

Рис.186 Дневное изменение высоты и размеров облаков

половина из них образует облака, а половина затухает в любой момент времени. Термичное облако обычно существует около 20 минут и питается от двух, трех термических потоков. Один термик обычно не формирует облако окончательно. В общем, в обычных условиях, мы имеем время существования термического потока 6-10 минут.

Рисунок 186 иллюстрирует типичное дневное увеличение размеров облаков и их базы. Отметим, что база поднимается по мере уменьшения влажности воздуха, также она не опускается вечером, когда ослабевают потоки. В очень влажных условиях, в течение дня, база не поднимается, потому что воздух у поверхности не становится суше.

ТЕРМИЧЕСКИЕ ПОТОКИ В ВЕТЕР

Мы говорили, что ветер приводит к более частому образованию термиком. Он также смещает термики и позволяет поднять с одного места более теплый воздух, чем обычно. Но сильный ветер будет распространять тепло на некоторую высоту, и термики могут зарождаться над землей, как пара объединившихся теплых объемов.

Когда термик поднимается в ветреную погоду, он смещается по ветру, но имея огромную массу, он в силу инертности движется несколько медленнее. Рисунок 187 иллюстрирует горизонтальное перемещение термического потока, который всегда будет отставать от ветра.

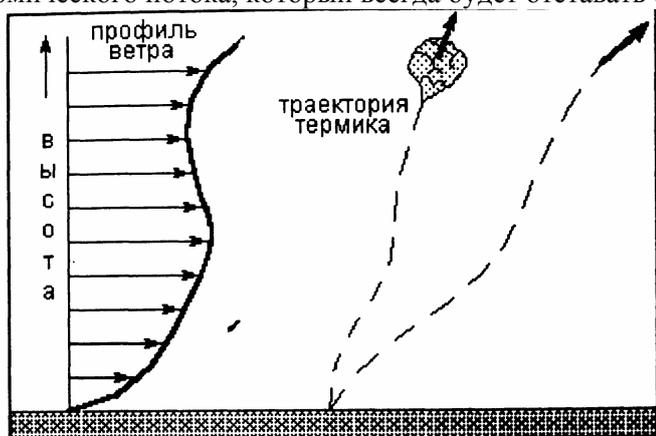


Рис.187 Дрейф термического потока по ветру

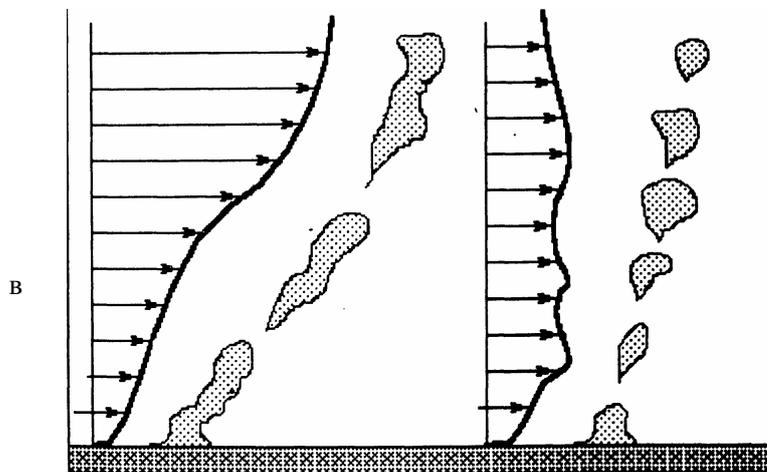


Рис.188 Термические потоки в ветер

На срезе сильного ветра или в неустойчивый порывистый ветер на различных высотах термик может разрываться, как показано на рисунке 188. Если это произошло, термик может вновь организовать над слоем среза. При более слабом изменении скорости ветра на высоте термик может наклоняться даже на большой угол (рис. 189). Это несколько усложняет дело, потому что в борьбе за высоту пилот должен постоянно стремиться как можно ближе к центру потока и дрейфовать с ним.

В более легкие изменчивые ветра термики могут смещаться ими, или подниматься над местом зарождения и вокруг него, могут объединяться с другими потоками, сходящими с соседних участков. Такие змеевидные потоки обычное явление в Бразилии и в других тропических районах. Автор книги убедился в этом на собственном опыте.

Иногда даже встречаются термические потоки, движущиеся против ветра. Это происходит том случае, когда у земли ветер обратен по направлению ветру на высоте полета. Такие потоки требуют от пилотов мастерства и повышенного внимания, чтобы не вывалиться. Птицы, другие набирающие высоту аппараты, поднимающиеся пушинки или другие легкие частички очень хорошие помощники в таких условиях.

ПУТЬ И ЦИКЛЫ ТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ

Ветер имеет тенденцию собирать термики у возвышенностей. Смысл этого в том, что он смещает туда потоки и плюс к этому у горы возникают собственные, что-то подобное изображено на рисунке 190.

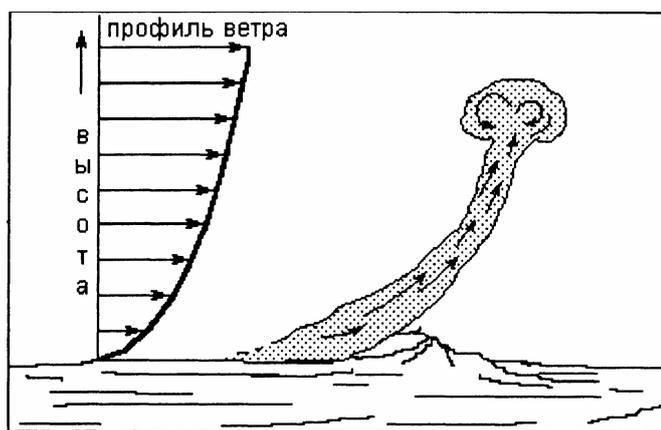


Рис.189 Термический поток в ветер

покрытию склона. Но надо помнить, что в моменты очень сильной активности потока за деревьями и за горой, на уровне вершины возникают сильные нисходящие потоки, которые представляют опасность. Это типично для очень сильного ветра. В более сильный ветер вершины деревьев являются хорошими указателями присутствия термического потока. Когда термики поднимаются возле склона, они имеют тенденцию прижиматься к поверхности, потому что воздух в потоке блокируется наветренной стороной склона. Этот эффект является причиной того, что термики поднимаются вверх у стен каньонов и ущелий. В дополнение скажем, что комбинация бризов у склона и тенденция термика прижиматься к поверхности может привести к тому, что термик ниже по склону прижимается к нему, а выше отходит, как показано на рисунке 191. Важным моментом здесь является то, что термики, движущиеся вверх по склону, могут быть локализованы потоком у вершины.



Рис.191 Термический поток со склона

регулярны, и это можно с успехом использовать для определения времени старта.

ТИПЫ ТЕРМИКОВ

В прошлой главе мы говорили о восходящих тепловых потоках как о легкой циркуляции, пузырях или столбах и описывали их как идеальные. Здесь мы разберем все их разнообразие. Первое и самое общее отличие между идеальным и реальным термиком - это наличие неодинарных термиков. Это кажется, что термики должны подниматься в исходном виде. Часто вторичный термик догоняет первый. Этот процесс может быть продемонстрирован, если визуализировать газ.

Вторая категория термических потоков - это, когда несколько объединяются в один и совместно продолжают подъем. Это можно увидеть в термиках с несколькими ядрами. В таких случаях четыре или пять ядер могут подниматься с одной территории. Между ними будут нисходящие потоки или более медленные восходящие. А наблюдаются они по нескольким группам, набирающих рядом высоту летательных аппаратов. В ситуации с несколькими ядрами может существовать одно самое сильное, но вы об этом не знаете, если в них не кружат другие пилоты или птицы. Рисунок 192 изображает гипотетическую форму многоядрового термика. Такое может происходить при сильном ветре у земли, сильном прогреве воздуха или при инверсии, изменяющейся от термической активности.

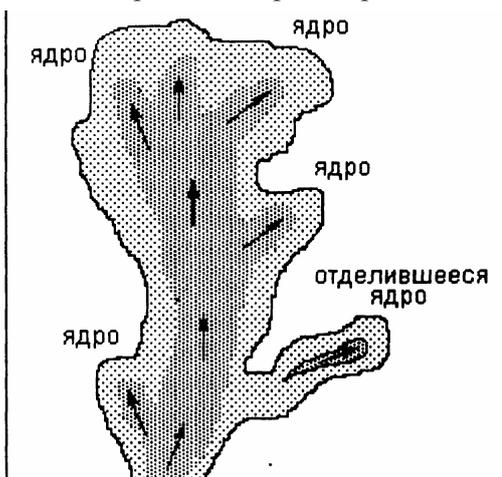


Рис.192 Многоядровый термик

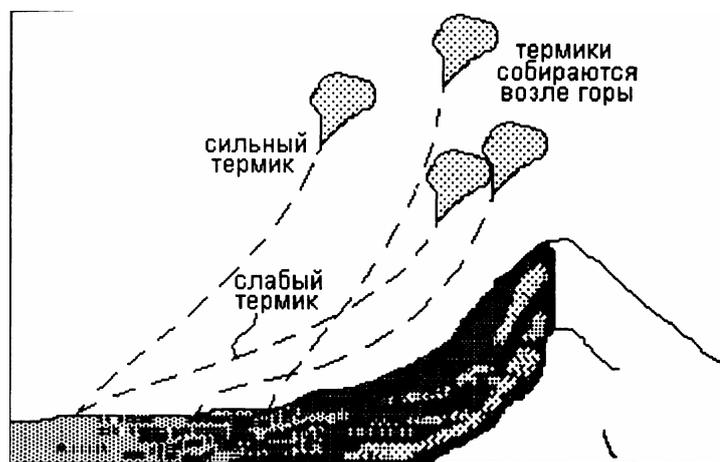


Рис.190 Концентрация термиков у горы

Когда термики поднимаются вверх по склону, мы можем увидеть их путь по деревьям или по травяному покрытию склона. Но надо помнить, что в моменты очень сильной активности потока за деревьями и за горой, на уровне вершины возникают сильные нисходящие потоки, которые представляют опасность. Это типично для очень сильного ветра. В более сильный ветер вершины деревьев являются хорошими указателями присутствия термического потока. Когда термики поднимаются возле склона, они имеют тенденцию прижиматься к поверхности, потому что воздух в потоке блокируется наветренной стороной склона. Этот эффект является причиной того, что термики поднимаются вверх у стен каньонов и ущелий. В дополнение скажем, что комбинация бризов у склона и тенденция термика прижиматься к поверхности может привести к тому, что термик ниже по склону прижимается к нему, а выше отходит, как показано на рисунке 191. Важным моментом здесь является то, что термики, движущиеся вверх по склону, могут быть локализованы потоком у вершины.

Термики, приближающиеся к вершине холма или горы, часто замедляются, останавливаются или даже начинают двигаться на ветер, так как они всасывают теплый воздух и создают разрежение (рис. 191). В результате ветер меняется. Это может происходить с цикличностью в несколько минут. Иногда приближение термика можно заметить по шуршанию листьев в кустарнике. В высоких горах приближение термиков часто сопровождается смерчами, признак поднятия супернагретого воздуха. Циклы эти зачастую очень регулярны, и это можно с успехом использовать для определения времени старта.

Часто термики бывают удлиненной или эллиптической формы в сечении с длинной осью вытянутой по ветру. В них тоже может быть по несколько ядер. Вытянутая форма может быть из-за того, что при смещении по ветру вовлекают ся дополнительные объемы теплого воздуха. Если образуются термики эллиптической формы, то очень велика вероятность того, что такая форма потоков сохранится в течение всего дня. В этом случае полет по ветру или против ветра приводит к дольшему пребыванию в восходящем потоке, что поможет вам найти ядро термика.

Хочется обратить внимание на вечерние термики, и хотя они, в основном, более слабые и короткоживущие, но зато чаще более широкие. На рисунке 193 показаны различия между термиками днем и вечером.

ПРОСТРАНСТВО, ЗАНИМАЕМОЕ ТЕРМИЧЕСКИМИ ПОТОКАМИ

Не все термики, зарождающиеся на поверхности, доходят до базы облаков. Действительно, многие из них останавливаются, так как их энергия была недостаточна и они растворяются в окружающем воздухе. Другие объединяются с соседними потоками и поднимаются вместе. Рисунок 194 показывает, что потоки поднимаются до разных высот: одни выше, другие ниже. Идеальный вариант для нас находить самые мощные, которые поднимаются выше всех.

Суммарная площадь сечений терминов тесно связана с их максимальной высотой. Термики имеют тенденцию на максимальной высоте занимать в 1,5 - 3 раза меньше места. Ниже термики более обширны. Выше они уже, но мощнее. Число, определяющее суммарную площадь сечений термических потоков, не может очень сильно меняться в течение дня, но возможны изменения между территориями в зависимости от дневных условий.

Можно привести некоторые другие относительные величины. Термики имеют тенденцию охватывать приблизительно 1/10 неба. Меньшее их количество поднимается выше, но они шире. Облака в типично термичный день закрывают, примерно, 1/4 часть неба. Может показаться, что облака занимают большее пространство, но это потому, что они имеют вертикальное развитие и наблюдаются вдаль, как сплошное поле (рис. 195). Диаметр термиков обычно составляет 1/3 диаметра облаков.

МОДЕЛИ ТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ

Природа показывает нам, как создать ячейки, занимающие все пространство и имеющие минимальную длину линий границ. Это шестигранные соты. Мы можем видеть формы примерно похожие на соты, когда подмораживается грязь и при некоторой доле воображения на небе в облаках. Модель термиков (независимо над пустыней или водой) будут иметь такую сотовую форму, как показано на рисунке 196. Здесь мы видим восходящий поток в центре шестиугольника и нисходящий по периметру. Фактически, высококучевые (Ac) облака (небо похожее на чешуйчатое) возникают при тепловой

циркуляции, вызванной поднимающимся слоем нестабильного воздуха и автоконвекцией. Практически любой процесс в атмосфере близок к модели шестиугольных сот. За годы наблюдений натуралистов за полетами чаек и других морских птиц, была обнаружена еще одна интересная модель. В некоторых условиях птицы долгое время парят над морем, летая по спирали, как будто бы они в термическом потоке; в другом случае, птицы летают по прямой как если бы они находились в длинном коридоре восходящего потока. После исследований и экспериментов было обнаружено, что в первом случае они действительно крутятся в ячейке термического потока,

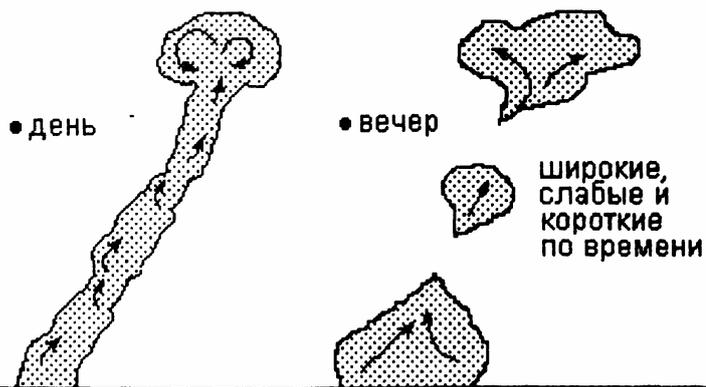


Рис.193 Дневные и вечерние термики

как их энергия была недостаточна и они растворяются в окружающем воздухе. Другие объединяются с соседними потоками и поднимаются вместе. Рисунок 194 показывает, что потоки поднимаются до разных высот: одни выше, другие ниже. Идеальный вариант для нас находить самые мощные, которые поднимаются выше всех.



Рис.194 Термики, различные по высоте



Рис.195 Наблюдение облаков с земли

как было описано выше. Размер и высота этой ячейки конвекции (иногда ее называют ячейка Бенарда) зависит от суммарного прогрева и толщины прогреваемого слоя.

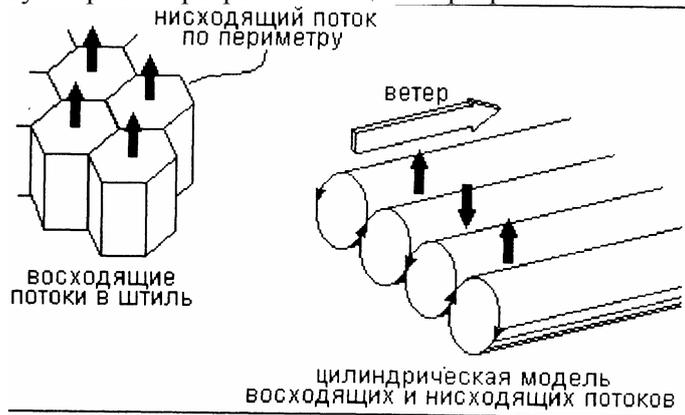


Рис. 196 Модель термических потоков

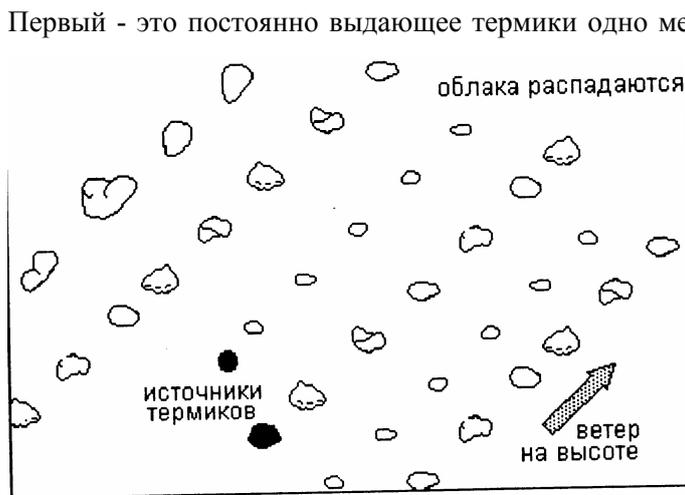


Рис.197 Улицы облаков

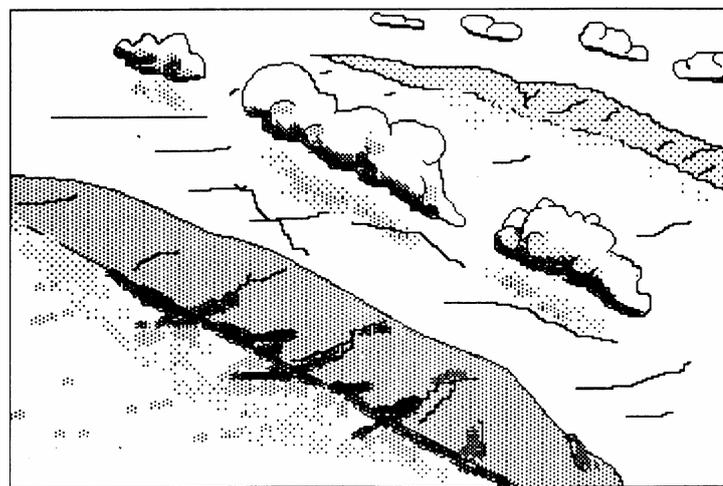


Рис.198 Улицы облаков над хребтами

потоков

Если дует ветер, ячейка отклоняется. Если ветер превышает 24 км/час, ячейка как бы ложится на боковую сторону и тогда образуется цилиндр с горизонтальной осью, как показано на рисунке. Такие цилиндры очень важны для спортивной авиации и похожи на улицы термических потоков. Использование восходящей части цилиндра позволяет птицам совершать длительные дальние перелеты.

УЛИЦЫ ТЕРМИКОВ

Мы используем термин улица термик, применяя его к любому ряду термических потоков. Причиной образования рядов могут быть различные механизмы. Некоторые из таких постоянных источников термик могут дать облачность по модели, похожей на изображенную на рисунке 197. Здесь мы видим ряды облаков различной частоты и размеров, зависящих от эффективности места - источника термик, его размещения и прогрева. Ряды облаков или термик формируются в образования, которые называют облачные улицы или термические улицы, в зависимости от погоды: формируются облака или нет. Таким образом, ряды могут простираться на 5 - 25 км по ветру от точки зарождения термика в зависимости от скорости ветра и того, как быстро они распадаются. Но надо учитывать, что такие ряды пригодны для использования только примерно, половину их длины, до начала распада облаков.

Другая форма термических или облачных рядов наблюдается вдоль горных цепей или длинных хребтов, как изображено на рисунке 198. Такие ряды могут быть названы улицами, но они не формируются классическим методом, описанным ранее. Улицы вдоль гор имеют тенденцию быть стационарными и формируются термиками и конвергенцией над вершиной горы. Автор этой книги сам это попробовал над Пенсильванскими гребнями с рядами облаков вдоль каждого с самого утра. Был полный штиль и не могло существовать динамического потока. Но пилоты поднимались в термиках до 1300 м над вершиной и летали вдоль гребня. Полчаса полета и облака начали исчезать с уменьшением влажности. Однако, термические улицы оставались над гребнем, подтверждалось это еще двухчасовым полетом в чистом термике. Пилоты, которые отважились пойти в долину, не нашли сколько-нибудь полезных восходящих

УЛИЦЫ ОБЛАКОВ

Улицы облаков возникают над равнинными территориями в процессе цилиндрической циркуляции воздуха, описанной выше. На рисунке 199 мы видим такие цилиндры и возникшие улицы облаков над восходящими потоками с рядами нисходящих потоков, или улицами нисходящих потоков между ними. Параллельные цилиндры не являются существующей реальностью, но дают представление о воздушной циркуляции. В идеальном случае воздух частично по спирали движется вдоль цилиндров, как показано.

Условия, предпочтительные для образования улиц облаков - это ровный ветер и по скорости и по направлению, силой 24 км/час или более в пределах 2/3 высоты базы облаков. Также желательно иметь стабильный слой над улицей, тогда ни одно облако не может расти исключительно большим и быть выбросом из модели.

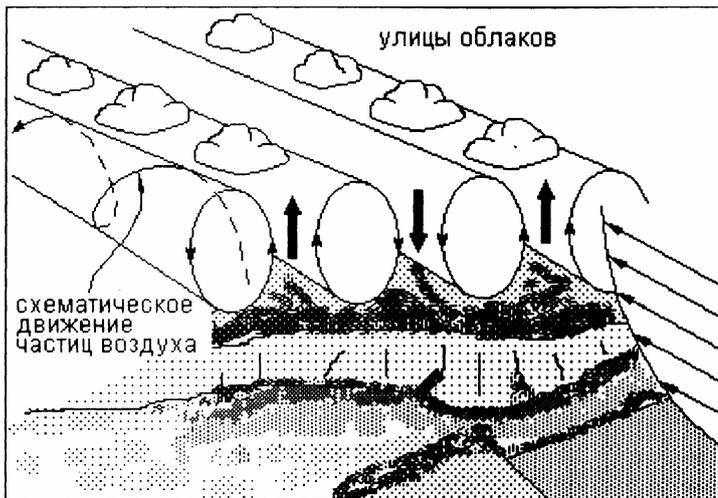


Рис.199 Процесс образования улиц облаков

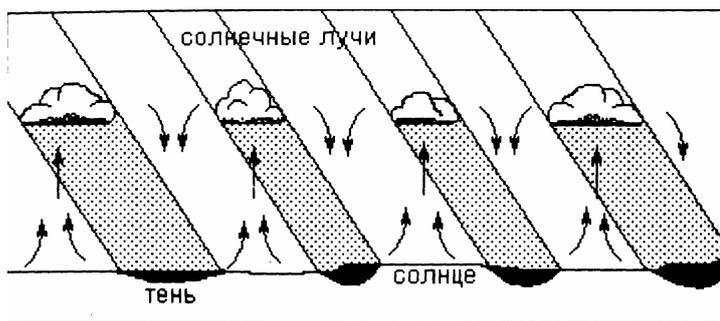
наблюдая за небом с неудачного места, бывает трудно определить наличие улиц облаков. Есть маленькая хитрость: наблюдайте за тенями облаков на земле.

Можно ожидать возникновение улиц облаков после прохождения каждого холодного фронта, если не вмешаются какие-нибудь случайные эффекты, действующие на прогрев воздушных масс на данной территории. Часто улицы облаков трудно связать с каким-либо отдельным местом поверхности - источником термических потоков, но надо знать, что некоторые, наиболее мощные источники, изменяют модель улиц и могут действительно быть определяющим фактором в их размещении.

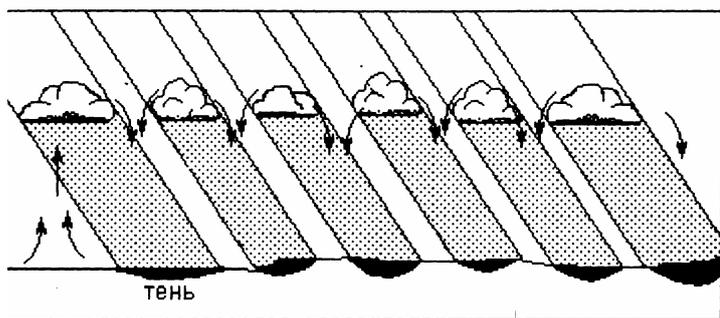
ПОВЕДЕНИЕ УЛИЦ ОБЛАКОВ

Улицы облаков могут быть сплошными линиями облаков во влажных условиях или редкими точками облаков в более сухом воздухе. В основном, более толстые облака вдоль улицы говорят о лучших восходящих потоках. Каждая из них распространяется по ветру на расстояние в 2 - 3 раза превышающие высоту облаков. То есть при базе облаков 2000 м, мы получим длину улицы 4,5 - 7 км. Это расстояние зависит от градиента температуры.

Обычное явление, когда один ряд прекратит свое существование, прервется, в то время, как остальные останутся. Нет ничего необычного, если отдельный ряд протянется на 80 км или больше и вся территория, где возникают улицы, растянется на сотни километров как в длину, так и в ширину. В таком случае, они обычно изгибаются, отслеживая изобары на высоте.



облака в фазе с солнцем



облака не в фазе с солнцем

Рис.200 Улицы облаков

Когда такие улицы термиком сухие, их называют голубыми улицами. Это улицы при ясном небе, они возникают в районах, предрасположенных к образованию улиц, намного чаще, чем думают многие пилоты. Работая в термическом потоке в таких условиях, полететь по или против ветра - мудрая идея.

Улицы облаков возникают намного чаще, когда доминируют воздушные массы высокого давления. Это потому, что сверху образуются стабильные слои. Так как инверсия не частый гость в пустынных районах юго-запада Америки, то настоящие улицы облаков там - редкое явление. Где-нибудь в другом месте улицы облаков - обычная ситуация, и их можно наблюдать, как только появляются термические кучевые облака. Иногда появляются термические кучевые облака. Иногда появляются термические кучевые облака.

Улицы не являются устойчивыми формами существования облаков. Они регулярно распадаются и замещаются. Также они часто пропадают и реформируются в стороне. Правильный выбор времени и удача нужны для полетов в быстро изменяющихся условиях улиц. Иногда солнечные места и тени на поверхности находятся "в фазе" с облаками в ряду, как показано на рисунке 200. В этом случае солнечный прогрев под восходящим потоком усиливает его. В противном случае, в конце концов, ряд может заглохнуть или перейти в сторону. Движение солнца относительно направления улиц может даже изменить модель восходящих потоков.

Для того, чтобы полет в условиях наличия улиц облаков был наиболее продолжительным надо выбирать самую здоровую по виду улицу и лететь по ней оставаясь как можно выше. Иногда вы можете лететь прямо в мощном восходящем потоке. В другой раз будете перелетать от термика к термику. В любом случае нисходящие потоки будут слабее, чем между

улицами. Нисходящие потоки между улицами могут быть очень сильными течениями воздуха вниз, которые часто не ослабевают до самой земли.

Когда надо перейти от одной улицы к другой, это надо делать очень осторожно. Начинать перемещение по кратчайшему пути между наиболее хорошими облаками и с максимальной высоты. Вы должны знать, что 300 м это минимум для этой непростой затеи. Сильный нисходящий поток между улицами облаков может полностью уничтожить динамический восходящий поток, пересекая его, как это описано в главе 8. В основном более слабые нисходящие потоки между голубыми улицами чем между улицами облаков объясняется тем, что причиной последних является более сильная циркуляция.

Иногда улицы облаков смещаются в сторону, когда пересекается слой инверсии. В этом случае возможно движение воздуха вверх перед барьером из облаков и даже в ясном небе над потоками. Эта модель была описана в главе 8.

Подведем итоги по всему вышесказанному об улицах облаков.

Полеты с использованием улиц облаков

Используйте тени облаков чтобы определить наличие улиц и размещение лучшей из них.

Летите вдоль улицы так долго как это возможно. Если ваш маршрут требует пересечения улиц, делайте это перпендикулярно улице и возле хорошего облака.

Постарайтесь набрать максимальную высоту.

Ищите голубые улицы вдоль гор и над равнинами. Они часто бывают в условиях после прохождения фронта.

Помните, что над улицами могут возникать волны, особенно когда улицы дрейфуют в сторону

.ХАРАКТЕР ТЕРМИКОВ И ОБЛАКОВ

Мы видели, что первые облака возникают на термиках с утра и дольше всего сохраняются над лучшими источниками, такими как горы. Исключение составляют шапки облаков над островами и высокими горами, здесь термические облака подвергаются процессу постоянного разрушения и формирования. Рисунок 201 показывает фазы развития одиночного кучевого облака.

Нормально, если на образование облаков будет работать более, чем один термик, ведь от начала зарождения облака до его полного разрушения проходит примерно 20 минут. Облако растет до тех пор, пока оно подпитывается термическим потоком. Когда этот процесс прекращается, оно высыхает и пропадает. На рисунке 202 показаны типичные формы облаков в развитии. Отметим, что если вписанный в облако треугольник смотрит вершиной вверх, то облако растет, а если вниз, то облако распадается, потому что после прекращения восходящего потока, в первую очередь, начинает высыхать основание облака. Рисунки 1-3 представляют фазы растущего облака, а 4 и 5 - распадающегося. Будет прекрасно, если вы не ошибетесь и не перепутаете пятую картинку с первой.



Рис.201 Цикл жизни кучевого облака

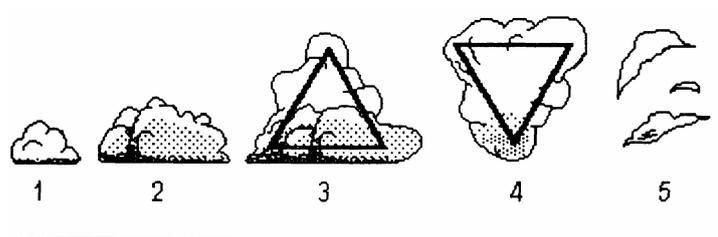


Рис.202 Формы кучевого облака

Другой знак растущего облака, подпитывающегося термиком, это темная, плоская база; четкие, неразмытые очертания и нарастающая, как бы кипящая верхняя часть облака, такая, как показана на рисунке 3. Знаком того, что облако распадается, являются космы, выходящие за пределы облака, особенно возле базы, плохо определяемая, не плоская нижняя часть облака и уменьшение размеров. Хорошим указателем состояния облака является его цвет. Растущие или крепкие облака будут иметь серый или белый цвет, яркий, блестящий или темный в зависимости от освещенности и как оно пропускает солнечные лучи. Распадающиеся облака становятся блеклого цвета и могут приобретать желтоватый и коричневый оттенки, потому что первые порции объема облака, начиная испаряться, изменяют отражение и пропускную способность последнего.

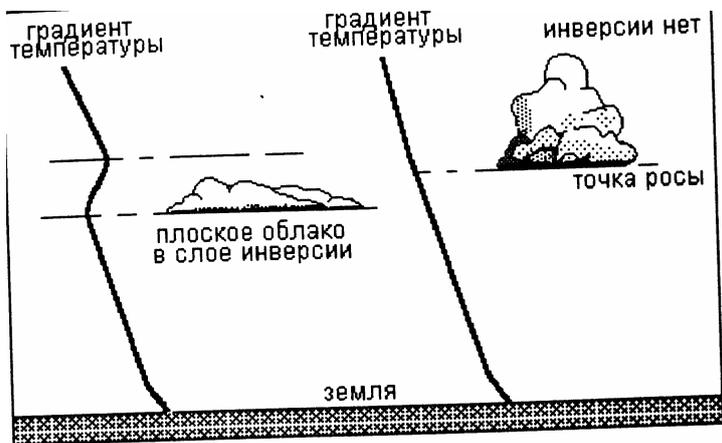


Рис.203 Облака и слой инверсии

еще могут образовываться, если солнце хоть немного пробивается сквозь сплошную пелену облаков или холодный воздух натекает на теплую поверхность. В этом случае более темные участки нижней части облаков (места, где облако возвышается выше всего, если, конечно, можно их увидеть) указывают на места, где в данный момент функционирует термик, как показано на рисунке 204. Очень сильно разросшиеся в стороны облака называют облаками суперразвития или OD.

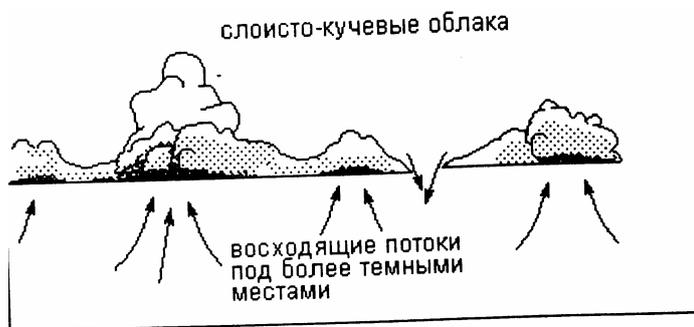


Рис.204 Восходящие потоки под облаками

сигналом быстрого подъема под облаком и, следовательно, быстрое охлаждение при подъеме. Частицы, поднятые потоком (пыль...), способствуют конденсации паров еще до высоты точки росы. Поэтому под облаком возникает дымка. Такая подоблачная дымка возникает в термиках над горами или другими пыльными источниками термиком и являются сигналом хорошего восходящего потока.

Часто бывает процесс, обратный всасыванию облаков. Что под этим подразумевают? Восходящий поток в термике под облаком настолько слаб или отсутствует совсем, что последние, примерно, 100 м до облака трудно набрать или невозможно. Причиной этого может быть две ситуации. Первая, облака не всегда питаются от термика, зародившегося на земле. Они часто всасывают окружающий воздух из слоя около базы облаков, и таким образом, сами поддерживают свое существование за счет реализации энергии скрытого тепла при конденсации (рис. 205). Набрать высоту под таким облаком будет трудно или невозможно. Отсюда вывод: плохо то, что не все кучевые облака со стороны, имеющие хороший здоровый вид, подпитываются термиками.

Вторая причина: основное нисходящее движение воздуха и восходящий термический поток создают под облаком слой стабильного воздуха. Этот подоблачный слой может достигать толщины 150 м (рис. 205). В этом слое может быть турбулентность и разрушение термика в слое инверсии. Только сильный поток с концентрированным ядром может пробить его и продолжить подъем.

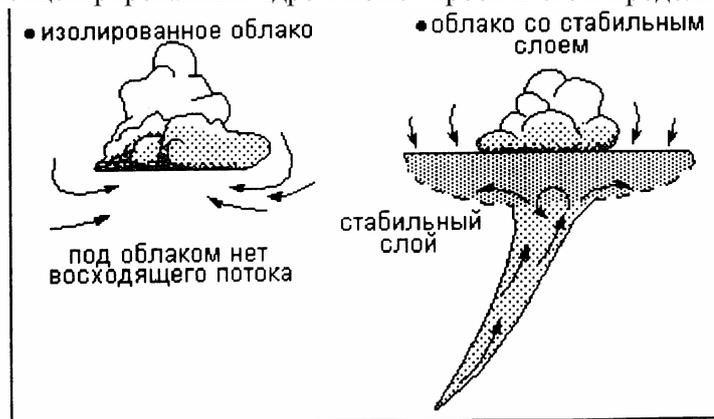


Рис.205 Особенности существования облаков

Основные, сильные термики при продолжительном существовании могут привести к росту высоких, больших кучевых облаков. Более сильные термические потоки вздымаются выше облаков. Однако характеристики воздуха накладывают отпечаток на эти процессы, например, слой инверсии может блокировать термик на своей высоте. Рисунок 203 показывает развитие термика, образующего облако со слоем инверсии и без него.

Когда влажный воздух поднимается вверх, то на уровне точки росы образуется облако, которое развивается и в стороны и главное вверх; если же поток упирается в инверсию, где в тонком слое содержится много влажности, то облако растет и распространяется вширь, превращаясь в слоисто-кучевое (Sc). Термики все еще могут образовываться, если солнце хоть немного пробивается сквозь сплошную пелену облаков или холодный воздух натекает на теплую поверхность.

ОСОБЕННОСТИ ОБЛАКОВ

Слабый восходящий поток под термическим облаком может внезапно усилиться. Самое подходящее название этому феномену - засасывание облаком. Многие пилоты-парители предпочитают не попадать под облако в такое время. Всасывание облаками в основном наблюдается в погодных условиях низкого давления и, особенно, при высокой влажности.

Временами может быть видна дымка под растущими термическими облаками. Эта дымка является

сигналом быстрого подъема под облаком и, следовательно, быстрое охлаждение при подъеме. Частицы, поднятые потоком (пыль...), способствуют конденсации паров еще до высоты точки росы. Поэтому под облаком возникает дымка. Такая подоблачная дымка возникает в термиках над горами или другими пыльными источниками термиком и являются сигналом хорошего восходящего потока.

Часто бывает процесс, обратный всасыванию облаков. Что под этим подразумевают? Восходящий поток в термике под облаком настолько слаб или отсутствует совсем, что последние, примерно, 100 м до облака трудно набрать или невозможно. Причиной этого может быть две ситуации. Первая, облака не всегда питаются от термика, зародившегося на земле. Они часто всасывают окружающий воздух из слоя около базы облаков, и таким образом, сами поддерживают свое существование за счет реализации энергии скрытого тепла при конденсации (рис. 205). Набрать высоту под таким облаком будет трудно или невозможно. Отсюда вывод: плохо то, что не все кучевые облака со стороны, имеющие хороший здоровый вид, подпитываются термиками.

Вторая причина: основное нисходящее движение воздуха и восходящий термический поток создают под облаком слой стабильного воздуха. Этот подоблачный слой может достигать толщины 150 м (рис. 205). В этом слое может быть турбулентность и разрушение термика в слое инверсии. Только сильный поток с концентрированным ядром может пробить его и продолжить подъем.

ВЛИЯНИЕ ВЕТРА НА ОБЛАКА

Ранее (рис. 36) мы видели, как ветер меняет форму облаков. Комбинация термической активности и ветра создают течение, направленное вверх на наветренной стороне облака и вниз на подветренной стороне. На рисунке 206 мы видим, как поток, направленный вниз, может генерировать новый термик и исказить форму облака. Рисунок 207 изображает постоянно живущее облако, подпитываемое из одного источника в ветер.

Облако сносится по ветру, нарастая с наветренной стороны и разрушаясь на некотором расстоянии от источника термического потока.



Рис.206 Образование термиков в ветер

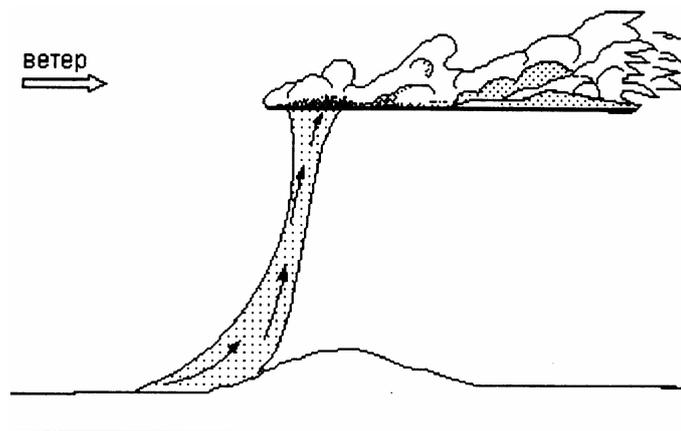


Рис.207 Облако над термиком в ветер

Важной особенностью облаков в ветер является барьерный эффект. Мы обсуждали это явление ранее, в главе 8, когда говорили о волновых процессах при наличии улиц облаков. Здесь эта идея расширяется. Когда в ветренную погоду поднимается термический поток, он оказывает влияние, аналогичное холму (одиночный термик) или гребню (ряд термиков). Возникает восходящий поток перед термиком, как показано на рисунке 208.

Чтобы найти и использовать восходящий поток, образовавшийся перед облаком, мы должны исследовать наветренную сторону облака. Как только, набирая высоту, приближаемся к базе облаков, начинаем смещаться к передней кромке облака и надеемся на восходящий поток. Это помогает, если вы возле облака встретили свежий термик и он поднимает вас под самую кромку. Многие пилоты испытывали трепет и возбуждение, набирая высоту перед стеной кучевого облака в спокойном, ровном восходящем потоке.

РАЗМЕЩЕНИЕ ТЕРМИКОВ

Поиск терминов - это то же, что охота за сокровищами: иногда есть ключ, ясно видны признаки; в другое время мы получаем только смутные намеки на их присутствие.

Разделим небо на три части от земли до облачной базы или максимальной высоты термиков. Далее рассмотрим поиск потоков в каждой трети отдельно.

НИЖНЯЯ ТРЕТЬ

Находясь у земли, мы должны оценить особенности рельефа и растительность на предмет зарождения термиков. Во-первых, мы должны помнить, что возвышения поверхности - наши лучшие помощники. Долины между длинными гребнями или горами во время прогрева - это места нисходящих потоков. Гребни и горы собирают термические потоки, дрейфующие по ветру и сами производят термики за счет бризов вверх по склону и прогрева солнечных склонов.

Также надо научиться определять места, предрасположенные к прогреву, учитывая, что различная подстилающая поверхность готова к производству термиков в различное время дня. Например: скалы, города и в меньшей степени деревья и вода реализуют тепло ночью. Даже восходящие потоки в горах различны в зависимости от движения солнца и прогрева различных склонов.

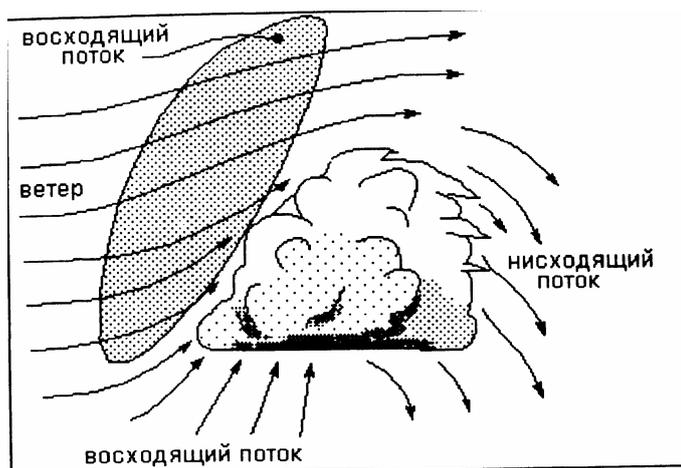


Рис.208 Динамический восходящий поток возле облака

На малых высотах запахи, летящие частички могут указывать на термический поток. Например, расположенные в Пенсильвании химические заводы, распространяют специфический запах, который указывает на наличие термика.

В 1988 году автор этой книги, летая в Bright (Австралия), столкнулся над территорией, где воздушным способом вносились удобрения, с воздушным столбом, насыщенным ими. Опыт был не совсем приятным, но абсолютно точно определивший место хорошего термика. Другие частицы более приятны: пух, листья и даже бумага, которые поднимаются вверх в мощных потоках.

Птицы, бабочки и набирающие высоту пилоты — хорошие указатели термиком. Соколы, грифы, орлы — частые термические партнеры пилотов. Автор этой книги однажды крутился в одном потоке с двумя мигрирующими голубыми цаплями. Бабочки-монархи — частые жильцы термиком в некоторые сезоны.

Термик, двигающийся близко у земли, можно видеть по деревьям, растущим на склоне горы. Часто жизнь термиком циклична. Так, зная место и время предыдущего термика и определив цикличность, можно определить время и место следующего. Рисунок 209 иллюстрирует часто лучшее продолжение вашего полета учитывая, цикличность термических потоков.

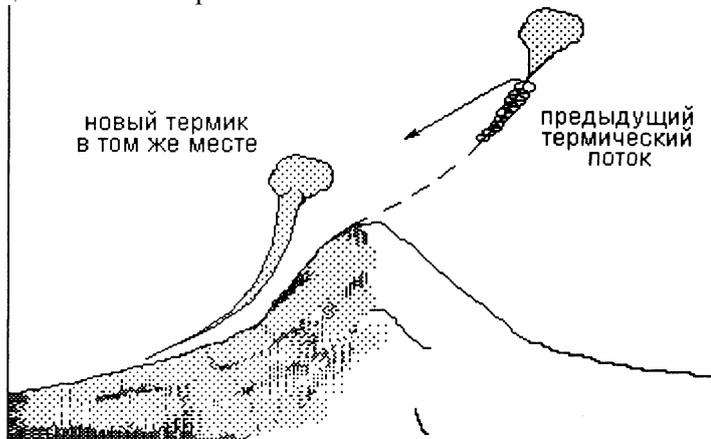


Рис.209 Дрейф термических потоков

отслеживая облака. Все время восходящие потоки были слабыми и полет проходил на одной высоте.

ВЕРХНЯЯ ТРЕТЬ

На этих высотах главным нашим путеводителем являются облака, если они есть. Ранее мы говорили о том, как отличить рабочее, растущее облако от уже распадающегося. К этому можно добавить следующее: появление косм и нечеткие очертания указывают на распад облака, в то же время под облаком видна дымка — это образуются кристаллы льда (облако находится над слоем воздуха с отрицательной температурой). Образование ледяной дымки не имеет отношения к фазе облаков (исключение составляет гроза, о чем будем говорить в следующей главе) или силе термического потока.

Искать лучший восходящий поток около облака стоит ближе к его наветренной стороне и под более темным местом его основания, как показано на рисунке 210. Это также важно, если термик имеет несколько ядер, таким образом, можно выделить лучшее ядро по сравнению с другими. Вогнутость базы облака является верным признаком того, что под ним сильный термический поток. Когда летите к какому-либо облаку, следите за его вершиной и боковыми сторонами. Если их движение, рост прекратились, то это говорит о прекращении восходящего потока под ним.

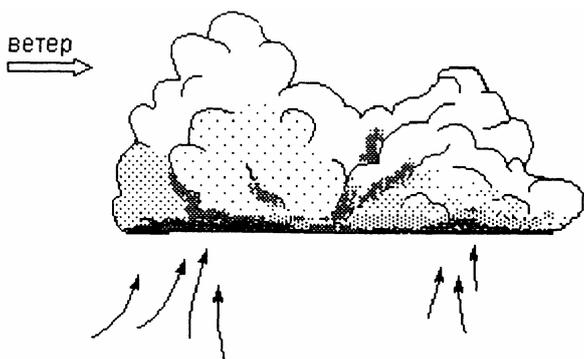


Рис.210 Восходящие потоки под облаком

Облакам с вогнутым вверх основанием или участком базы.
Участком, где облака имеют максимальное вертикальное развитие.
Наветренной части облака.

Избегайте:

Облаков с нечеткой уже линией обводов, с космами или частями облаков, которые косматятся.
Уменьшающихся облаков.
Вылинявших или "грязных" по цвету облаков.

Когда вокруг нет облаков, мы должны пользоваться характерными особенностями местности, особенно возвышениями, которые, как мы уже знаем, являются лучшими источниками термиком. Также найдя там термик, можно надеяться на уличу термиком по ветру, либо возможно удастся возле возвышенности подождать термик.

СРЕДНЯЯ ТРЕТЬ

Когда полет проходит в средней трети воздушного пространства, важно использовать наземные и облачные ключи так же хорошо, как и воздушные подсказки для определения потоков, такие, как запахи и указатели термиком. Когда полет дальний, пересекающий огромные территории, мы должны искать термики по маршруту, но отклоняться от него в сторону более выгодных формирований облаков. Поиск термиком в небе, одновременно сочетая его с учетом наземных ориентиров, — это идеальный метод.

Тени облаков можно ясно видеть со средних высот, и они могут помочь вам определить лучшие из них. Автор этой книги однажды пролетел 80 км,

Подведем итоги. Как определить лучшую термическую деятельность под облаками.

Ищите:

Крупные, пушистые, выпуклые как бы кипящие облака белого цвета.
Растущие облака с выпуклостями.
Облака с четкой наружной линией и плоской базой.
Вновь формирующиеся облака.

Стремитесь к:

Самым темным и толстым на вид облакам (исключая, конечно, грозовые).
Самым темным местам на базе облаков.

ГОЛУБЫЕ ЯМЫ (ДЫРЫ)

Довольно часто в хорошие термичные дни встречаются территории, над которыми безоблачное ясное небо. Самое подходящее название для таких мест - голубая яма. Восходящие потоки в голубых ямах очень слабые, хаотичные или отсутствуют совсем. Лучший вариант, в данном случае, облететь такой район вокруг, не пересекая его, если это возможно. Если вы все-таки пересекаете такой район, вам вероятно лучше всего бороться за высоту всеми средствами, используя рельеф и местные восходящие потоки, чтобы иметь запас высоты для того, чтобы пройти нисходящие потоки и добраться до хороших термик.

Голубые дыры - это термин, который мы применяем для обозначения территорий, не производящих термические потоки над долинами. Голубые дыры могут существовать над ровными территориями и могут сменяться выше воздушными волнами. Объясняется это бедной термической активностью этой поверхности или тем, что соседние участки начинают термическую деятельность раньше, чем эти, и, таким образом, подавляют в них термики, засасывая теплый воздух. Голубые дыры наиболее часто возникают на территориях со слабым ветром. В таких ситуациях они редко заполняются.

ИТОГИ

В этой главе мы узнали еще больше о термиках. Можно сказать, что термик - очень сложное существо. Он живет короткое время, но за этот период производит огромную работу. Мы поняли, что каждый термик уникален. Термики - благоприятная возможность для восходящих потоков. Их нелегко найти, но есть смысл попробовать. Мы поговорили об основных законах образования термик и принципах их обнаружения. Парящие пилоты особенно должны это изучать, хотя бы для того, чтобы избежать турбулентности и нисходящих потоков.

ГЛАВА 11

Гроза

Величественное зрелище надвигающейся грозы завораживает: гром и молнии, звук и огонь. Наше удивление и восхищение плавно переходит в испуг и ужас, если со всем этим мы встречаемся в полете. Грозы - это серьезное препятствие для всей авиации и тем более, если речь идет о так называемой малой авиации, летательные аппараты которой особенно уязвимы.

Часто этот природный катаклизм несет смертельную угрозу. Мы можем существенно уменьшить опасность гроз, обладая хотя бы минимальными знаниями о их природе, поведении. Уклоняясь от гроз, мы заботимся о своем здоровье. Собственно этому и посвящена эта глава.

ГДЕ И КОГДА

Грозы - это просто суперразвивающиеся термические потоки. В определенных условиях термик становится больше и мощнее, захватывая весь теплый воздух в окрестностях. В конце концов, буря доминирует в погоде данного района.

Грозы могут возникнуть в любом районе земного шара, в тоже время есть территории, особо расположенные к их зарождению. Например, средний запад США с его сверхбогатым влажностью Мексиканским заливом, северо-восток США, когда летом холодные фронты вклиниваются под теплые влажные воздушные массы. Грозы на таких территориях имеют тенденцию быть особенно бурными и сильными. Европа тоже подвержена энергичным нападкам гроз, но они менее сильные, чем в Северной Америке, потому что температурные экстремумы здесь сглаживаются в морском климате.

Над некоторыми территориями грозы частое явление, а в тропиках даже возникают каждый день. На Земле одновременно проходит 2000 гроз, а за сутки ~ 45 000. Но даже если они редкие гости в вашем районе, надо уметь вовремя увидеть опасность.

Во влажных районах грозы имеют тенденцию в течение дня поднимать вверх неисчислимые тонны воздуха. Часто такие бури связываются с условиями на высоте или вторжением влажного воздуха. В очень влажных регионах грозы могут возникать как днем, так и ночью, когда холодный фронт движется через эту территорию и поднимает вверх влажный воздух. Так как фронты имеют тенденцию замедляться в течение ночи, они могут вызывать грозы, задерживать их на часы после сумерек.

ПРИЧИНЫ БУРЬ

Грозы развиваются из нормальных термических условий, когда воздух в **достаточной степени нестабилен, насыщенный влагой** и существуют некоторые начальные условия. Первые два требования очень важны, в качестве начальных условий могут выступать холодные фронты или горы, но это не необходимо, и нормальная термичность может перерости в отдельно расположенную грозу при достаточном уровне

нестабильности и влажности. Нестабильность может возникать из-за охлаждения излучением вверх, низкого давления у поверхности или экстремального прогрева.

Влажность - необходимое требование для образования грозы, потому что только благодаря ей происходит накопление энергии скрытого тепла и выделение ее в облаке при конденсации. Эта энергия является движущей силой бурь, ураганов и сильных ветров. Водяные пары важны еще и потому, что влажный воздух в нижнем слое абсорбирует тепло, которое вносит дополнительную неустойчивость возле земли.

ЦИКЛ ЖИЗНИ ГРОЗЫ

Обычно жизнь грозы разделяют на три этапа: стадия развития грозового облака, стадия максимального развития и стадия разрушения. Давайте подробнее рассмотрим особенности каждого этапа.

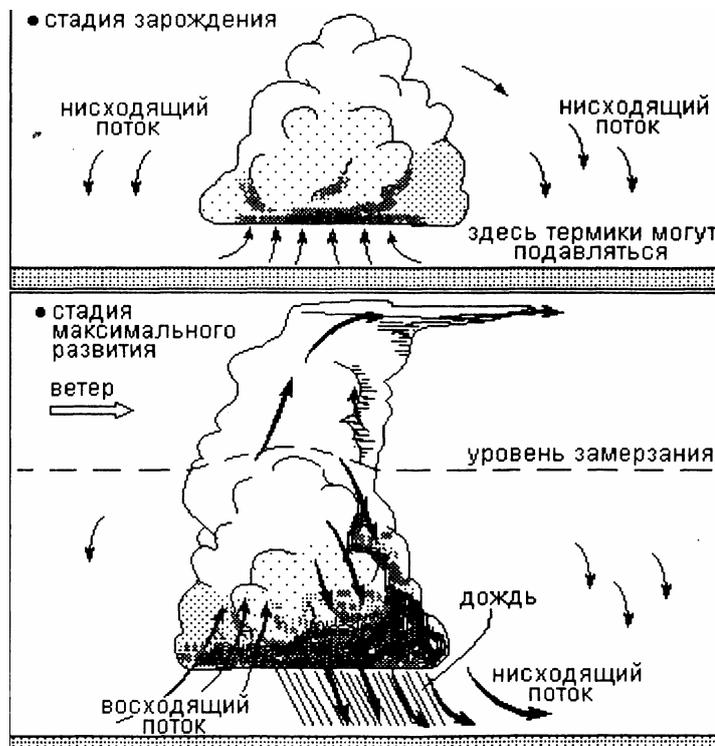


Рис.211 Стадии грозы

На этой стадии течение вверх будет от слабого до сильного в зависимости от размеров грозы, самое сильное будет там, где лучшие термики. На этой стадии гроза не влияет очень сильно на местные ветры, но она может угнетать восходящие потоки на некотором расстоянии вокруг нее, и вызывать на обширной территории нисходящие потоки.

СТАДИЯ МАКСИМАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Начинается она по достижению облаком наибольшей высоты после уровня замерзания, как показано на рисунке. Десять или пятнадцать минут после этого ледяные кристаллы растут до града. Когда размеры градин превышают те, которые может удержать направленное вверх течение, начинается его выпадение. Продолжающиеся вверх течения, примерно 10 м/сек, могут задуть градины назад вверх и это является причиной их дальнейшего роста. Чтобы удержать ледяные образования, достигающие размеров бейсбольного мяча должен сформироваться вертикальный поток не менее 112 км/час (-30 м/с).

На этой стадии гроза обычно достигает высоты -10 км. Некоторые монстры простираются к тропопаузе и достигают вершиной высот 15 - 18 км. Если вершина грозовой тучи доходит до струйного течения, то она будет двигаться с ним и принимать характерную форму, как показано на рисунке. Это приводит к резкому усилению охлаждения при увеличении скорости тока воздуха вверх. Один из признаков созревшей грозы является образовавшаяся сверху наковальня. Все опасности грозовой ситуации присутствуют именно на этой стадии.

В процессе продолжения грозы, облако становится еще темнее, большей влажности и перерастает в мощное кучево-дождевое (Сб). Град создает под уровнем замерзания мощный нисходящий поток. Падая капельки объединяются в более крупные. Потоки вниз становятся более мощными и скоростными, чем вверх, дождь и град выпадает на землю. Движения вверх и вниз в облаке переносят электрические заряды и сверкают молнии. Часты мощные нисходящие потоки и сильные порывы. Под тучей присутствуют потоки вверх и вниз, но первые теперь занимают пространство только на наветренной стороне.

СТАДИЯ РАЗВИТИЯ ГРОЗОВОГО ОБЛАКА

Зарождение грозы - это суперразвивающийся термический процесс, тип суперразвития, растущего невширь, а обязательно по вертикали. Действительно, если инверсионный слой или даже слой сухого воздуха расположен над грозой, то облако будет ограничено по высоте. Отличие нормального облака на сильном, мощном термическом потоке от грозовой тучи в том, что вторая имеет ярко выраженную башню, растущую вверх.

Грозовое облако растет в размерах, достигает большой высоты, и становится "тепловым насосом", что-то наподобии дымохода у камина. В нем начинается обледенение верхней части, и она уже состоит из переохлажденных капель, снежинок и ледяных кристаллов, в то время, как внизу продолжается нагрев. Результатом этого являются мощные потоки вверх. Этот "насос" в верхней части облака сосет теплый воздух, находящийся внизу и по сторонам. Такое облако само поддерживает свой продолжающийся рост до готовой, сформировавшейся грозовой тучи, если не ослабевает подпитка влажным воздухом.

Рисунок 211 показывает развитие грозового

СТАДИЯ РАЗРУШЕНИЯ

С продолжением мощных нисходящих потоков холодные массы переносятся с высоты вниз. Этот охлаждающий эффект, а также выпадение осадков прекращает прогрев поверхности, восходящие потоки ослабевают, и гроза затухает. Обычно, чрезмерная влажность в облаке приводит к очень мощным осадкам (рис. 212). Молнии и нисходящие потоки могут еще продолжаться на этой стадии.



Рис.212 Стадия разрушения грозы

конвергенции под циклоном при притоке в нее теплого, влажного воздуха. Такая гроза может быть днем и ночью и очень суровой во влажных районах. Грозы, которые развиваются над вершинами гор, зарождающиеся от

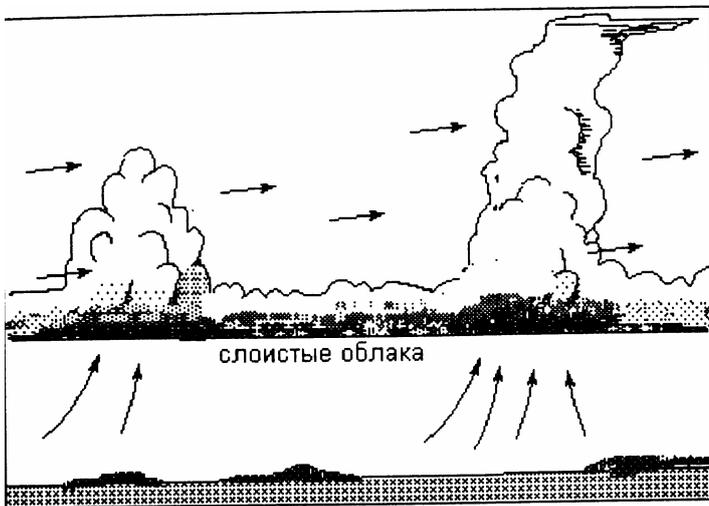


Рис.213 Вставные грозы

сплошном слое облаков. Часто предупреждением служит звук грома. Но бывают случаи, когда невозможно услышать его в воздухе. Надо определять наличие грозы визуально по более темному месту в облаках и по прогнозам погоды, которые предупреждают о ее возможности.

Шквальные линии - это устойчивая стена гроз, работающих вместе. Это линия гроз, которые вообще-то живут отдельно, но настолько близко, что создается впечатление единой линии. Шквальные линии возникают в условиях холодного фронта с сильными восходящими потоками. Грозы этого типа очень мощные.

Шквальная линия может предвостать холодный фронт на несколько километров и является причиной пульсаций фронта. Другие линии развиваются, когда разрушаются грозы и холодный воздух от этого образуется в мини холодный фронт. Шквальные линии могут располагаться в быстро движущемся фронте, простираясь в длину от 16 до 320 км.

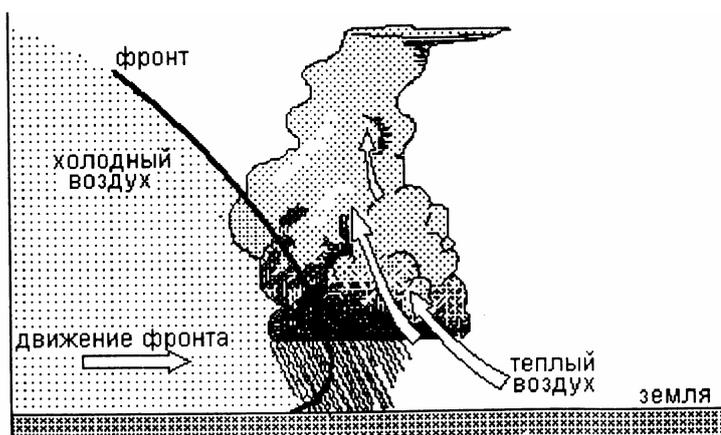


Рис.214 Гроза, образуемая холодным фронтом

Полный цикл, описанный здесь, занимает от 30 минут до часа или примерно 20 минут, проведенных в стадии максимального развития.1. Некоторые грозы живут намного дольше.

РАЗНОВИДНОСТИ ГРОЗ

Не все грозы образуются одинаково. Одни мощнее, другие развиваются более медленно. Рассмотрим различные варианты гроз.

Изолированные грозы - это грозы, которые развиваются в середине воздушной массы от конвективных процессов прогрева поверхности, конвекции под циклоном при притоке в нее теплого, влажного воздуха. Такая гроза может быть днем и ночью и очень суровой во влажных районах. Грозы, которые развиваются над вершинами гор, зарождающиеся от динамических восходящих потоков, тоже можно классифицировать как изолированные, но они могут объединяться в грозовые полосы над горными цепями. Такие грозы особенно часты после обеда или ранним вечером

Вставные грозы — это грозы, которые находятся внутри большой площади облаков обычно слоистых (St), как показано на рисунке 213. Во время формирования вставной грозы ее основание темнее основного слоя облаков. Такая гроза часто образуется при прохождении теплого фронта в восходящем потоке теплого воздуха. Вставные грозы имеют тенденцию быть менее суровыми, потому что восходящий поток в теплом фронте медленный и сплошной слой облаков уменьшает прогрев поверхности. Но они могут нести смертельную опасность пилотам, которые не готовы определить наличие такой грозы в

сплошном слое облаков. Часто предупреждением служит звук грома. Но бывают случаи, когда невозможно услышать его в воздухе. Надо определять наличие грозы визуально по более темному месту в облаках и по прогнозам погоды, которые предупреждают о ее возможности.

Грозы образуются холодным воздухом, вклинивающимся под теплый, причем подъем происходит очень быстро (рис.214). Такие грозы имеют тенденцию к большей продолжительности и мощности. Отметим, что нисходящие и восходящие потоки под тучами шквальной линии по местоположению являются обратными, чем под изолированными грозами (сравните рисунки 211 и 214).

Высотные грозы часто возникают над

более сухими территориями, где точка росы на высоте 5000 м или около этого. Грозы в этом случае формируются при низком давлении на высоте и наиболее активны после обеда, но вообще то они могут возникать и днем, и ночью. Характерной особенностью высотных гроз является то, что капли дождя редко достигают поверхности, потому что дождинки падают очень долго и за это время успевают высохнуть. Это испарение охлаждает воздух, сквозь который капли пролетают. Идущий таким образом дождь иногда называют *virga* (рис. 24).

Отметим здесь две другие особенности гроз. Первая - это наклон грозовой тучи из-за сильного ветра на высоте (рис. 215). Результатом этого наклона является то, что потоки вверх и вниз не сталкиваются, и гроза может созреть дольше или существовать дольше на фазах роста и распада. Такие наклонные грозовые тучи верный знак того, что на высоте господствует сильный ветер.

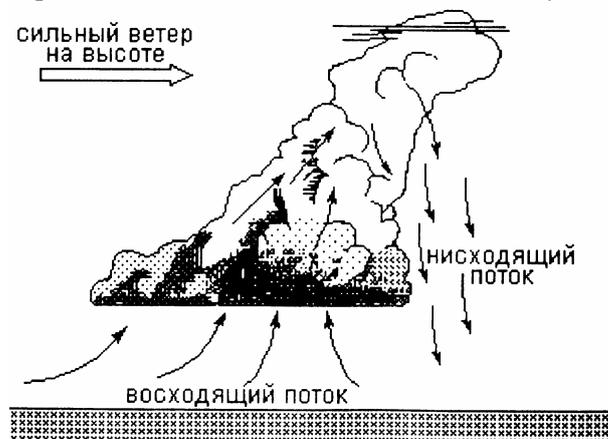


Рис.215 Наклон грозовой тучи

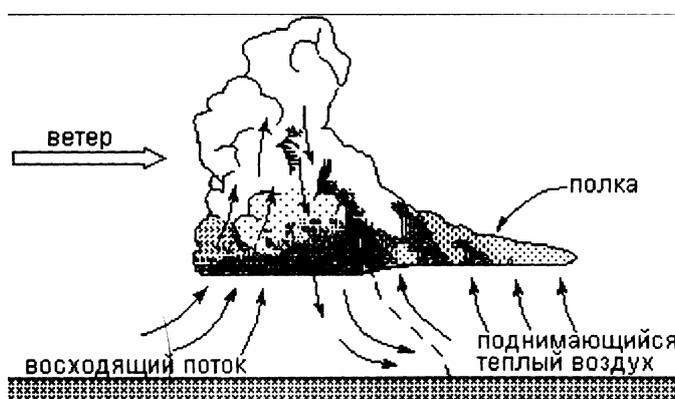


Рис.216 Возникновение грозовой полки

Вторая особенность, которую следует отметить, это форма грозовой тучи похожая на ступню, или наличие полки, выступающей из тучи. Такая ситуация показана на рисунке 216 и указывает на то, что гроза образуется в сильный ветер. Полка обычно предшествует туче и является участком сильных восходящих потоков и турбулентности, как фронт порывистости (смотри ниже): Автор этой книги однажды имел сомнительный эксперимент, пролетев по границе грозы под такой полкой 30 км по прямой линии с высокой скоростью без потери высоты.

ОПАСНОСТИ ГРОЗ

Грозы представляют реальную опасность для авиаторов. Здесь мы рассмотрим подробно все опасности и то как их избежать.

ЗАСАСЫВАНИЕ В ОБЛАКО

Потрясающий поток воздуха вверх, часто превышающий скорость 160 км/час (!) может засосать в облако любой летательный аппарат. Допустим, вы реально столкнулись с этой опасностью. В облаке вы можете потерять ориентацию. Без полного приборного оснащения (включая указатель крена и тангажа) пилот в условиях грозовой турбулентности будет не в состоянии управлять летательным аппаратом. Не будет уверенности в правильности курса (магнитный компас недостаточно эффективен в турбулентность, он начинает колебаться). Большие силы очень различные по направлению и непрогнозируемые могут разрушить ваш летательный аппарат.

В дополнение, когда поток в туче несет вверх все выше и выше, вы можете столкнуться с гипоксией, понижением уровня кислорода в крови до тех пор, пока вы не ослабнете, потеряете сознание или погибнете. Если гипоксия вас не возьмет, то велик шанс умереть от переохлаждения или гипотермии. Помните, температура окружающего воздуха понижается на 1° на каждые 100 м. На 6000 м уже мороз.

Обычные восходящие потоки, в которых работают пилоты-спортсмены не являются максимальными, но надо быть достаточно безрассудным, чтобы лететь в пасть такого монстра, как грозовая туча. В поток под ней легко войти, но трудно его покинуть.

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

Все токи вверх и вниз в грозовой туче создают мощную турбулентность по типу турбулентности среза. Она может (и даже делает это) разрушить летательный аппарат.

ГРАД, ДОЖДЬ И СНЕГ

Выпадение осадков часто начинается неожиданно потому, что процесс нарастания кристаллов льда над уровнем замерзания спонтанный и самоподдерживающийся. Также неожиданно может ослабнуть поток воздуха

вверх и начнется проливной дождь или сыпанет град. Дождь и снег создают некоторые проблемы видимости и оледенения. Град может привести к повреждениям летательного аппарата и ранениям пилота. Представьте себе, что вы встретили в полете падающий мяч для гольфа, только из льда.

МОЛНИЯ

Процессы в грозовых тучах являются причиной разделения зарядов, что индуцирует большие электрические потенциалы, различные по знаку в разных местах. Когда эта разность потенциалов достигает критической величины, то происходит электрический разряд, который называют молнией. Гигантская вспышка, как взрыв, и мы слышим гром. Гром распространяется вокруг дальше и дальше (молния мелькнула и ее не всегда увидишь) и является хорошим предупреждением о том, что где-то рядом грозовая туча.

Свет от молнии распространяется со скоростью света, а звук грома со скоростью звука. Учитывая, что звук и свет отправляются в путь одновременно, по времени между вспышкой и звуком можно определить расстояние до грозы. Существует такое правило: каждый километр расстояния до грозы дает примерно 3 секунды разности времени между вспышкой и громом. Если молния мелькнула в вашем направлении на вас или от вас, то гром будет как резкий, громкий хлопок. Если молния в перпендикулярном направлении, то вы слышите раскаты грома в течение некоторого времени из-за того, что разряд, проходя через влажный воздух, вызывает грохот от своего начала до конца. Эхо и отражение звука будет затруднять определение направления на грозу. Гром может быть не слышен на расстоянии более чем 40 км и реже на 16 км. Так что, если мы слышим гром, то много можем сказать о расстоянии до грозы и направлении на нее. Случаи ударов молнии в самолет редки потому, что для этого в момент разряда самолет должен оказаться на его пути. Заряд, содержащийся в самолете, недостаточен чтобы притягивать к себе молнию. Однако, корона разрядов (видимое свечение вытекающих ионов), называемое как огонь святого Элмоса, может появиться. Когда сверкает молния, происходит перенос электрической энергии в различные части грозы, это оказывает влияние на человека: от ощущения легкой боли вплоть до болевого шока.

Молнии в грозу возникают по определенным законам и в направлениях указанных на рисунке 217. Здесь они пронумерованы в порядке их частоты. В ид но* что молнии предпочитают возникать внутри облака (1 и 2). Это является признаком растущей грозовой тучи. Удары молнии в землю - признак разрушающейся грозы.

На земле и в полете под облаком самая большая опасность на наветренной стороне. Молнии также имеют тенденцию возникать под и над нулевой изотермой. Гроза не начинается до тех пор, пока облако не поднимется над этим уровнем.

Если вы находитесь на земле во время грозы, сторонитесь высоких и металлических объектов (включая самолеты). Попытайтесь укрыться в машине или здании. Если вы в открытом поле, встаньте на земле на колени, голову опустите к ногам и руки прижмите к голове. Не лежите ровно потому, что этим вы увеличиваете шанс получить удар молнией.

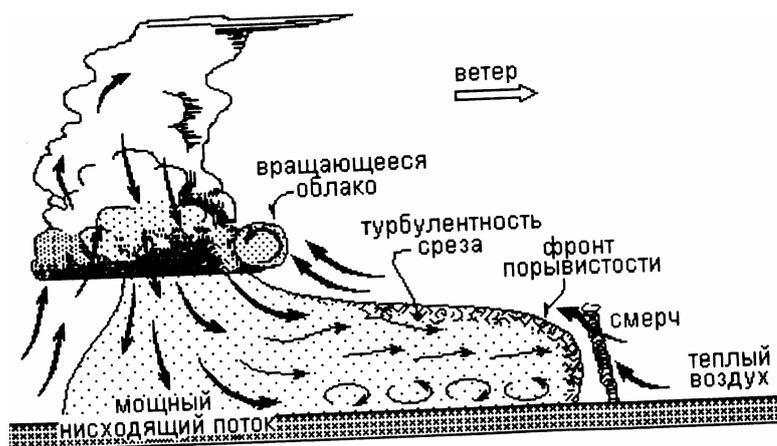
СИЛЬНЫЙ ВЕТЕР И НИСХОДЯЩИЕ ПОРЫВЫ

Сильный ветер является, может быть, самой распространенной опасностью в грозу для авиаторов. На слуху невероятные потоки вверх, которые существуют в грозу, но токи вниз могут быть на 50% сильнее. Этот важный факт обсуждается ниже.

Ранее описывая опасности грозы, мы говорили о том, что она может внезапно распространяться в любом направлении. Вы можете лететь в нескольких километрах от нее и в несколько минут оказаться внутри. Эта возможность - не редкость во влажных условиях, такое случалось со многими пилотами, и самый верный путь избежать этого - пропустить грозу, переждав на земле.

НИСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ И ФРОНТ ПОРЫВИСТОСТИ

Когда всерьез начинают выпадать осадки из грозовой тучи, то вместе с ними опускаются буквально тонны воздуха. Движущийся вниз воздух вместе с дождем или градом опускается даже быстрее, чем до этого поднимался. Когда этот объем холодного воздуха вместе с водой достигает земли, он распространяется в стороны, как кетчуп на тарелке (рис. 218). Если дует ветер, то холодный воздух более распространяется на подветренной стороне. Передняя кромка этого холодного плотного воздуха называется фронтом порывистости.



Передняя кромка этого холодного плотного воздуха называется фронтом порывистости.

Фронт порывистости очень похож на холодный фронт в миниатюре. Вклиниваясь под теплый воздух, поднимает его, создавая турбулентный восходящий поток, облака и турбулентность среза. Фронт порывистости может продвигаться вперед в пульсирующем режиме, следуя нисходящим потокам, которые и являются его движущей силой. Фронт порывистости обычно

Рис.218 Грозовой фронт порывистости

распространяется на 16 км или около этого от грозовой тучи, но может оставаться в ее пределах, если туча движется очень быстро. В этом случае поднимаемый теплый воздух подпитывает ее. Такие фронты порывистости двигаются очень стремительно полосой более, чем 80 км по фронту. Склон вниз способствует такому движению.

Фронт порывистости нежелателен авиаторам потому, что он приносит перемены ветра на угол до 180° (обычно 45°), увеличение скорости в общем до скорости ~ 48 км/час. Обычно это явление кратковременное, но с сильной турбулентностью. Иногда мы можем видеть фронты порывистости по поднимаемой пыли и другим частицам, а также по смерчам в его полосе. Над зеленым районом указатели обычно отсутствуют. Иногда над фронтом порывистости образовывается цилиндрическое вращающееся облако, так называемый шкваловый ворот (рис.218), которое является идеальным указателем фронта.

Нисходящие потоки, приводящие к появлению фронта порывистости, сами заслуживают особого внимания. В своих самых мощных проявлениях они называются шквалами. В худшем случае, они могут швырнуть летательный аппарат на землю.

Когда идет дождь, и не достигает земли, мы должны подозревать мощный нисходящий поток и фронт порывистости из-за процесса испарения и еще большего охлаждения воздуха. Нисходящие потоки достигают земли через 5-10 минут после пика восходящего потока и пика внутриоблачных грозовых процессов. Когда выпадают осадки, видимые под облаком, то вскоре следует ожидать нисходящие потоки фронта порывистости.

НЕКОТОРЫЕ ВЫВОДЫ

Если возможна гроза лучшее решение - переждать это время на земле. Но тогда многие хорошие летные дни будут пропускаться. Также, в некоторые дни гроза бывает неожиданно. Поэтому единственный способ свести до минимума опасности грозы - это научиться определять, узнавать ее заранее. Предлагая эту информацию, мы в любом случае не советуем летать возле грозы и в ней. Мы просто напоминаем к чему надо быть готовым.

Составление мнения о возможности грозы.

Факторы определяющие грозу:

Скорость роста облаков вверх.

Распространение облаков вертикального развития.

Высота базы над землей.

Размеры облаков (горизонтальные размеры).

Насколько облака темные, их форма, положение и движение.

Влажность окружающего воздуха.

Наличие молний и выпадение осадков.

РОСТ ОБЛАКОВ ВВЕРХ

Интенсивный рост грозовых облаков, они быстрее достигают стадии максимального развития. Мощные вертикальные течения - указатели энергии, вмещенной в "тепловом насосе" грозовой тучи. С быстрым ростом вверх ожидаются внезапные мощные нисходящие потоки.

ВЫСОТА ОБЛАКОВ И БАЗЫ ОБЛАКОВ

Вершина грозового облака встречает наверху ветер, улетучивается и охлаждается так, что возможны очень мощные нисходящие потоки. С большей высотой базы облаков дождь под облаком должен пройти большее расстояние, испаряется и охлаждает окружающий воздух, увеличивая потенциал потоков вниз.

РАЗМЕР ОБЛАКА

Грозное облако распространено над большей территорией, больше на нее влияет и создает опасные ветры. Чем обширнее гроза, тем меньше шансов на благополучный выход из нее.

ЦВЕТ, ФОРМА, ПОЛОЖЕНИЕ И ДВИЖЕНИЕ ОБЛАКОВ

Более темные облака - более насыщены влагой и более расположены к грозе и осадкам. Когда облако с наковальной, то гроза интенсивней. Когда туча с полкой (рис. 216), то это признак сильного ветра. Если грозное облако наклонено, это указывает на очень суровую грозу и бурю. Движение, дрейф грозы над новыми территориями приводит к подъему новых порций воздуха, иногда более влажного, чем в месте ее образования, что может привести к более быстрому ее росту, созреванию. Стационарная гроза часто самолимитируется, она разрушается, выбрав весь теплый воздух вокруг себя.

ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА

В условиях влажного воздуха грозы имеют тенденцию быть менее суровыми. Но они часто вставные и поэтому более опасны, потому что трудноузнаваемы. Большая влажность снижает базу облаков и есть вероятность выпадения осадков до достижения облаком больших размеров.

В сухих районах грозы формируются более медленно и достигают огромных размеров до того, как капли в облаке превращаются в осадки. Автор книги наблюдал на западе США, как башни кучевых облаков поднимались на высоту более 9 км и постепенно размывались сверху из-за недостатка влажности. Но это скорее исключение из правила, потому что в более сухих районах бывают грозы, которые формируются более длительное время, но оказываются более мощными, чем на большинстве влажных территорий.

МОЛНИИ И ВЫПАДЕНИЕ ОСАДКОВ

Присутствие молний в туче является признаком того, что приближается вторая стадия развития грозы, что в скором времени последуют осадки и фронт порывистости как отмечалось ранее.

Первые шесть разделов этой главы готовят нас к пониманию всей серьезности гроз. Первый и последний помогают определить, когда эта опасность наиболее серьезна.

ВЫХОД ИЗ ГРОЗОВОЙ ТУЧИ

Мы все люди, и можем заблуждаться, или хуже того, сознательно испытывать судьбу. Наивные, мы можем радоваться подъему в термическом потоке под облаком, которое быстро и иногда для нас незаметно перерастает в грозу. Во всяком случае, мы это можем вообразить и хотелось бы иметь представление, как выкрутиться из этого положения.

Чем раньше мы обнаружим грозовую ситуацию, тем проще принять необходимые меры. Если мы столкнулись с очень широким восходящим потоком 1 м/сек во влажных районах или 2,5 м/сек в сухих, можно заподозрить формирование грозы. В это время необходимо наблюдать за ростом кучевого облака и начать движение к его передней наветренной кромке. Это место - лучшая позиция для покидания облака.

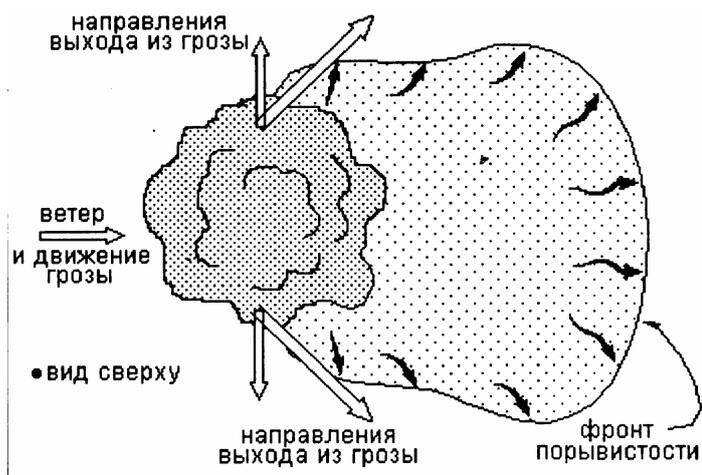
Когда настанет время покинуть грозу, лучше всего двигаться в направлении поперек ветру, как показано на рисунке 219. Это направление выхода из грозы лучше для того, чтобы избежать фронта порывистости, нисходящих потоков, очень мощных осадков и молний на наветренной стороне тучи. Самое неприятное в этом случае если гроза разрастается в стороны, как бывает во влажном воздухе. В этом случае лучшее направление для выхода из грозы в сторону, пересекая нисходящие потоки, как показано на рисунке.

В самом неприятном случае, когда вас засосало в грозовую тучу, лучшее, что вы можете сделать, это лететь на умеренной скорости прямо к ближайшей кромке тучи до тех пор, пока не увидите землю. Иногда это занимает несколько минут.

УРАГАНЫ

Спортивные полеты, руководствующиеся хоть небольшим количеством здравого смысла, никогда не будут проводиться, если существует хоть ничтожный шанс встретить торнадо. Здесь мы о них только упомянем потому, что они сродни грозам. Ураганы могут зарождаться мощной грозой, сильной конвекцией, но все-таки очень часто они ассоциируют с проходом холодного фронта.

Современные исследования показывают, что ураганы возникают когда в сильный ветер образуются



крупные грозы, так что туча наклоняется, и в этом случае нисходящие потоки не разрушают восходящие. Срез ветра является причиной вращения, в результате чего вращающийся цилиндр воздуха сжимается, вытягиваясь, как столб восходящего потока (механизм аналогичен смерчу). Характерные свойства торнадо - вращение и своеобразная форма.

Внутри торнадо скорость ветра достигает 320 км/час. Он имеет тенденцию двигаться над землей в северо-восточном направлении, большая скорость является причиной разрушений.

Торнадо очень часто проходят на среднем западе США, где воздух теплого Мексиканского залива встречает холодный полярный воздух из Канады. Но ни одно место в мире не застраховано от торнадо.

Рис.219 Выход из грозовой тучи

Итоги

Теперь мы понимаем, почему грозы не вызывают энтузиазма у пилотов всего мира. Они владеют невероятной энергией, и любой полет в грозе или даже рядом приятным назвать трудно, в идеале, пилотам надо избегать гроз. Однако, каждый год фиксируются случаи попадания в грозу с последствиями различной тяжести. Мы можем только надеяться, что эта книга кому-нибудь поможет, а лучше предостережет.

Грозы приходят различные по размерам и типам. Любому пилоту важно знать основные характеристики

условий, в которых он или она собираются лететь. Ровная поверхность или горы, сухой или влажный район, фронт в движении или нет - это те параметры, которые определяют тип гроз и с которыми вам надо определиться.

ГЛАВА 12

Наблюдение погоды

До XIX века человек не имел представления о том, что определенные, циклы, влияющие на погоду, короче, чем сезоны времен года. В то время фронты и силы, приводящие их в движение не рассматривались и не обсуждались. Постепенно наблюдение и изучение процессов привело к пониманию и даже достаточно достоверным прогнозам погоды на короткий период времени в местных масштабах. Для долгосрочных прогнозов не хватало связи на длинные расстояния, а также необходимых глобальных наблюдений погоды. Теперь с использованием космических спутников земли и метеорологических станций, оснащенных коротковолновыми радиостанциями, мы можем получить общую картину погоды на планете. Даже, если учесть, что предсказания погоды верны не на 100%, все равно это уже не тайна за семью замками.

В последние пару десятилетий информация о погоде стала доступна любому в наиболее развитых странах. Информацию о погоде можно получить, не выходя из дома по компьютерной сети или даже в последних телефонных системах. В этой главе мы сделаем обзор источников информации о погоде, а также рассмотрим основные принципы прогнозирования погоды, основываясь на личных наблюдениях, знаниях и по картам погоды.

Чем больше мы изучаем погоду, тем лучше и точнее мы можем предсказать ее. Для пилотов высочайшего класса это привычный процесс. Информация в этой главе поможет вам преодолеть последнюю ступень в вашем мастерстве как пилота.

Циклы погоды

Одна из очень важных вещей, которую должен сделать пилот для того, чтобы стать мудрым в смысле погоды, надо часто просматривать карты погоды и сравнивать, какие условия сейчас и что прогнозируют. После нескольких месяцев таких занятий вы станете способны самостоятельно работать в этом направлении. После нескольких сезонов вы сможете выбирать лучшие летные дни, не выходя из дома.

Наблюдение за погодой в течение длительного периода времени даст нам понятие о циклах. Нельзя надеяться, что погода строго регулярно повторяется, но в течении шести или семи дней цикличность существует, а некоторые более крупные процессы следуют друг за другом в течение месяца или двух. Например, холодный фронт будет проходить во вторник, за ним следует теплый в субботу, за ним другой холодный в следующий вторник и так далее. Узнавать такие циклы, если они есть, можно с помощью метеорологов.

На территориях, характеризующихся проходом фронтов, полезно понимать природу постфронтальных условий. Например, после теплого фронта, скорее всего в северном полушарии, мы встретим южные ветры и теплый, влажный воздух. После холодного фронта, северные или западные ветры и ясный, прозрачный воздух. Рисунок 220 показывает, как в холодном секторе за фронтом меняются условия. Наблюдая за изменением условий в предполагаемом районе полетов, мы уже на что-то можем надеяться.

Мы можем перенести эту логику на другие территории и другие погодные системы. Главное, что необходимо помнить: погода до некоторой степени циклична и широкомасштабные характеристики повторяются. Запомните, результаты прошлой погодной ситуации помогают нам понять условия сейчас. Мы должны также помнить, что ветры под барической



Рис.220 Условия после прохождения холодного фронта

системой высокого давления, в основном, слабые, а в циклонах более сильные.

ПОГОДА И БАРОМЕТР

Для серьезных пилотов, изучающих погоду, барометр является потенциальным помощником в прогнозах, когда он используется вместе с указателем ветра. Пилоты часто используют высотомер с функциями барометра для этого, поэтому они всегда оснащены для предсказания погоды. Таблица ниже дает вам достаточно информации практически по любой ситуации. Но всегда надо учитывать местные эффекты, такие как морские

бризы и долинные ветры.

Эта таблица разработана для северного полушария на уровне моря. Для южного полушария меняются направления ветров южный и северный, а вот западное и восточное направления не меняются. Для высоты отличной от 0 к показаниям вашего барометра добавляется 10 гПа на каждые 100 м высоты над уровнем моря.

Смысл этой таблицы в том, что барометр показывает приближение или проход барических систем и фронтов. Направление ветра указывает, где мы находимся относительно циклонов и антициклонов, которые определяют здесь погоду. Например, первая строка в нашей таблице с высоким и стабильным давлением и западным ветром говорит о том, что мы в ячейке с высоким давлением и в дальнейшем ветер повернет до юго-западного и принесет нормальную ясную погоду.

Если показания барометра изменяются быстрее или медленнее, чем указано в таблице, но в других отношениях уровень давления и ветер согласуются, то предсказания погоды раньше или позже исполняться в соответствии с указанными в таблице. Мы должны всегда учитывать такие предсказания с долей остроумия конечно, ведь для прогнозирования погоды используются вычислительные машины с огромным количеством данных и то небольшой нюанс может многое изменить. Ячейка давления может увеличиваться, фронт может остановиться или вулкан может закрыть солнце. Но в основном, эта таблица чаще права и помогает.

ПРИМЕТЫ ПОГОДЫ

Очень давно, когда еще не было науки метеорологии, люди прогнозировали погоду только опираясь на личные наблюдения и опыт поколений. Некоторые из них включены в главу 3, другие, такие как поведение насекомых, например, не приводятся здесь. Ниже перечислены приметы, только базирующиеся на основных метеорологических принципах.

Приметы погоды

Ожидайте неустойчивую погоду и дождь когда:

Давление понижается.

Ночная температура необычно высока.

Облака движутся на различных уровнях в различных направлениях.

Присутствует гало вокруг солнца или луны.

Присутствуют неупорядочные перистые (Ci) облака.

Гроза развивается в западный ветер.

Летом после обеда темные облака.

Кучевые (Cu) облака развиваются очень быстро.

Облака (кучевые или слоистые) становятся ниже.

Ожидайте затяжные осадки когда:

Погода неустановившаяся (см. выше) и ветер южный или юго-восточный (север, северо-восток в южном полушарии) с падением давления.

Ветер юго-восточный, северо-восточный с падением давления.

Грозы развиваются при южном - юго-восточном (север - северо-восток южнее экватора) ветре.

Ожидайте ясную погоду когда:

Давление поднимается или остается постоянным. Ветер меняется на западный или северо-западный (юго-западный в южном полушарии). Температура падает.

Облачность уменьшается после 15-00 или 16-00. Утренний туман пропадает в течение двух часов после восхода солнца.

Легкий бриз с запада или северо-запада (юго-запада южнее экватора): Красный закат.

Большинство из этих основных правил вы сами можете объяснить, руководствуясь материалами предшествующих глав.

Добавим здесь, что причиной гало вокруг солнца или луны является высокий, тонкий слой перисто-слоистых (Cs) облаков, преломляющий свет. Этот слой облаков сигнализирует о приближении теплого фронта. С его приближением облака опускаются и делают гало меньше. Чем ближе и больше закрывается гало, тем скорее пойдет дождь.

ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ О ПОГОДЕ

Используя технологии XXI века обеспечивается доступ к огромным объемам информации не только для ученых, инженеров, но и для всех желающих. Информация о погоде - яркий этому пример. В настоящее время метеосводку можно получить в любом объеме на любое время и на любую местность. Пилоты имеют дополнительные источники информации, подготовленной с учетом авиационной специфики.

Ниже следует список источников информации о погоде в порядке их важности для пилотов:

Авиационные службы погоды в аэропортах и государственные станции.

Обслуживание через сеть персональных компьютеров, доступное по подписке.

Информация по радио и телефону.

Метеокарты в газетах или службах погоды (в аэропортах или университетах).
Метеосводки по ширококвещательному радио.

Комментарии: каждый из этих источников имеет различную степень доступности в различных странах. Например, №1 требует лицензии пилота в некоторых странах, в то время как №3 не имеется во многих странах. Вы должны навести справки в авиационном объединении, что и как доступно в вашем регионе. Пилоту постоянно необходим доступ к информации о погоде.

В США, например, информацию о погоде пилоты могут получить по телефону от правительственной службы. Это называется IVRS и ей легко пользоваться. Набрав номер -код на вашем телефоне, вы можете получить информацию о погоде в любом районе страны. Для получения информации о пользовании IVRS позвоните \$ ваш местный аэропорт или Службу полетов в телефонной книге.

Компьютерные системы могут быть соединены с государственной службой погоды, как в США. Эта система называется DUAT. Полистайте авиационные или компьютерные журналы в вашей стране, чтобы узнать, как можно пользоваться подобной системой.

Пункты №3-5 в основном разрабатываются для всеобщего пользования. Информация, полученная по ним, не всегда достаточна для пилотов в деталях. Однако, имея знания и опыт, можно читать между строк. Важно знать значение слов, используемых в сводках. Например, в США термины легкий и переменный используют для индуцируемых термической деятельностью изменяемых ветров с очень слабым основным ветром. **Рассеянные облака** или частично-облачный обычно так

говорят о термических кучевых облаках и хорошем парении. **Свежий** - говорят о ветрах более 35км/час и порывистых. В некоторых странах вы можете получить список с различными стандартными терминами, используемыми в сводках погоды.

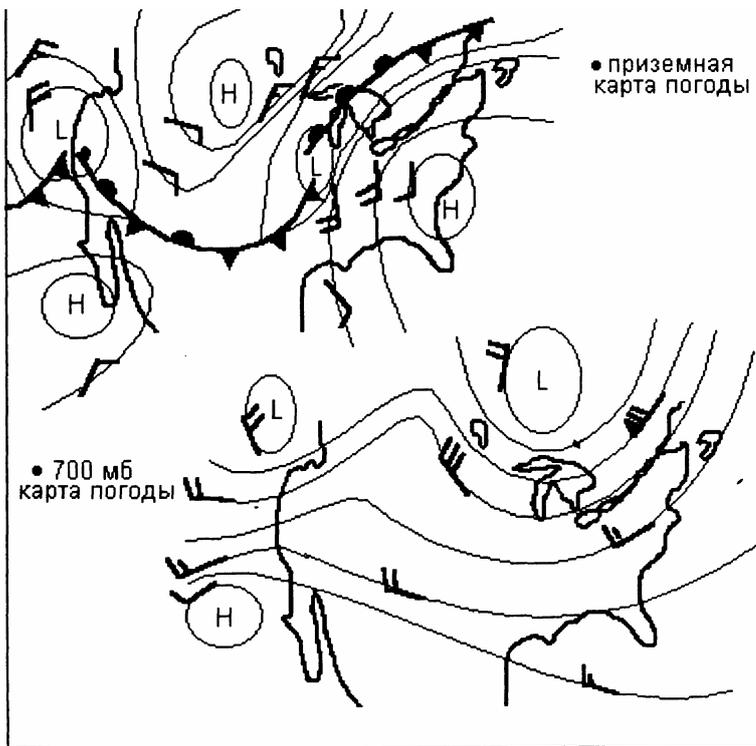


Рис.221 Карты погоды

выводы о направлении и скорости ветра по размещению изобар и расстоянию между ними (глава 5).



Рис.222 Символ ветра на картах погоды

выпадающих осадков. Также температура и точка росы, необходимые для расчета высоты базы облаков (глава 3). Стоит также отметить давление и его изменение, которые важны для того, чтобы оценить изменение погодных условий в ближайшее время.

Ветер очень важен для пилотов и обычно на картах погоды указывают его направление и скорость. Направление ветра изображается "стрелкой" с оперением (рис. 222).

Оперение указывает скорость ветра: длинная риска обозначает 10 узлов, короткая - 5, а сплошной треугольник 50 узлов (1 узел - 1,85 км/час).

На поверхностной карте каждая метеостанция отмечается стрелкой ветра и другими символами вокруг нее. Эта группа символов расшифровывается так, как показано на рисунке 223. Мы научились распознавать символ ветра, распространение облаков, их тип и тип

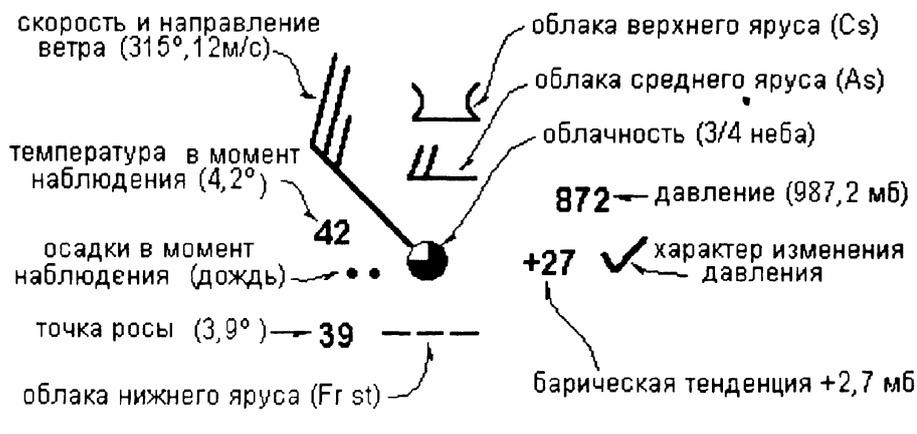


Рис.223 Символы карт погоды

инверсия). Ниже мы расскажем о каждом из них.

Индекс термичности является показателем нестабильности воздуха. Для его определения используются ожидаемая температура у земли и температура на высоте. Для этого может быть использована температура на любой высоте, но обычно берут при 850 гПа (примерно 1525 м) и 700 гПа (3050 м). Теперь мы берем ожидаемую температуру у земли и вычитаем из нее изменение температуры порции воздуха,

поднявшейся на заданную нами высоту. До тех пор, пока не образуются облака, это 1° на 100 м. Вычтя из подсчитанного числа измеренную температуру на высоте, получим индекс термичности. Для ясности приведем пример расчета.

Давайте представим, что предполагаемая наибольшая температура днем будет 30°C. Температура при 850 гПа (1525 м) - примерно 11° и при 700 гПа (3050 м) - +4°. Также давайте допустим, что мы находимся на высоте 305 м над уровнем моря. Сначала считаем разность высот 1525 - 305 = 1220 м. таким образом порция воздуха, поднимаясь на 1220 м охладится на 1°C x 12,2 = 12,2°C. Вычтя это значение из 30° получим 17,8°C - это расчетная температура на высоте 1525 м. Теперь вычитаем из измеренной 11° расчетную 17,8° и получаем -6,8°C. Это и есть термический индекс приведенный к высоте 1525 м.

Вычислим тоже только для высоты 3050 м. Разность высот - 2745 м. Расчетное охлаждение на 27,5°. Температура расчетная - 2,5°. В таком случае термический индекс приведенный к высоте 3050 м будет равен (4° - 2,5°) + 1,5°. Знак плюс говорит о том, что воздух стабилен, потому что на самом деле он на этой высоте теплее, чем может быть поднимающаяся порция воздуха. Термики не могут достигать высоты 3050 м.

Отрицательное значение индекса говорит о развитии термичности. Чем больше модуль этого числа, тем сильнее термичность. Индекс термичности зависит от выбранной вами высоты для расчета.

В этом смысле для расчета изо дня в день желательно брать одну высоту, чтобы можно было сравнивать уровень термичности по индексу.

Индекс восходящих потоков - это специальная форма индекса термичности. В то время, как последний рассчитывается для любой высоты, то индекс восходящих потоков всегда считается для 5500 м. В связи с тем, что он считается для одной высоты, мы можем по его значению оценить стабильность атмосфер.

Рэйтинг индекса восходящих потоков.

Индекс восходящих потоков	Стабильность атмосферы
10 и более	Очень стабильная
от 5 до 10	Стабильная
от 1 до 5	Ограниченно стабильная
0	Нейтральная
от -1 до -5	Ограниченно нестабильная
от -5 до -10	Стабильная
-10 и менее	Очень нестабильная

Индекс восходящих потоков обновляется каждые 12 часов в США и узнать его можно в авиационной службе погоды. Он особенно полезен в районах пустынь, где слой инверсии отсутствует. В районах с влажным климатом с низкой базой облаков, расчет индекса термичности дает больше информации о термической активности на малых высотах.

Киндекс используют как метод оценки вероятности грозы в дополнение к индексу термичности во влажных районах. Таблица ниже объясняет его.

Символы облаков, наносимые на карту, приведены в таблице типов облаков (глава 3). Ниже изображены символы различных форм осадков.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРЯЩИХ УСЛОВИЙ

Пилоты, которые готовятся к полету, еще до него, хотели бы знать что их ждет в воздухе. Для этого используются такие показатели, как индекс термичности, индекс восходящих потоков, Киндекс, и trigger time (время, когда исчезает приземная

Рэйтинг индекса К

Индекс К	Вероятность грозы
15-20	Менее 20%
21 – 25	20 - 40%
26 – 30	40 - 60%
31-35	60 - 80%
36-40	80-90%
более 40	100

Мы можем комбинировать индекс восходящих потоков и Киндекс чтобы получить наиболее полную картину погоды и парящих условий (таблица ниже).

Прогнозирование по индексам

Последний фактор в наших предсказаниях парящих условий - это trigger температура. Как рассказывалось в главе 9, инверсия у земли часто является причиной, задерживающей термическую активность до тех пор, пока мощность термиком не достигнет такой величины, что они будут способны пробить слой инверсии. Время, которое для этого понадобится, очень важно для определения, когда пойдут нормальные термические потоки. Ранее этот процесс начинается у вершин горных массивов. Как показано на рисунке 174, температура постепенно поднимается к trigger температуре. Если мы знаем ее, утренний градиент температуры и изменение температуры от прогрева поверхности, мы можем рассчитать trigger время. Это время можно также узнать из службы погоды. Расчет показан в приложении V.

ЧТЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ

Так же как Шерлок Холмс, спортивные пилоты обращают внимание на все детали. Они принимают в расчет и погоду, и особенности поверхности. Пилоты, летающие в знакомом месте, должны иметь хороший план полета в зависимости от ветра. Часто простая сводка о скорости и направлении ветра будет достаточна для определения погоды на хорошо известной территории и ее пригодности для полета.

Характеристики ветра могут привести к отсрочке полета. Знающие пилоты особенно следят за этим фактором. Отметим, что при полетах в горах склоны, которые направлены преимущественно на ветер, будут более предпочтительны для полетов, другие склоны менее предсказуемы.

Вместе с характеристиками ветра очень важна информация о стабильности воздуха. Ее можно получить из метеосводок, расчетов (см. выше) или наблюдений. Слоистые облака указывают на стабильные условия, в то время как кучевые - на нестабильные. Ясные солнечные дни обычно приносят нестабильность различной степени. Если воздух холодный и солнечная, ясная погода, то с большой долей вероятности можно ожидать нестабильные условия. Дым, стелющийся у земли, и дымка говорят о стабильном воздухе, в то время как дым, поднимающийся на большие высоты, указывает на обратное. Парящие птицы и быстрое изменение направления ветра - знаки нестабильности и термичности.

Мы можем с полным основанием ожидать турбулентность при нестабильных условиях и сильном ветре. Изменения ветра по ощущениям, показаниям анемометра, состоянию водной поверхности и листьям на деревьях могут предупредить о турбулентности. Турбулентность среза встречается при значительном отличии скорости и направления ветра по месту или высоте.

Градиент скорости ветра может быть очень значительным, сильное изменение ветра может отмечаться уже на 10 - 15 метрах над землей. Знание этого изменения особенно необходимо при заходе на посадку. Иногда изменение направления ветра с высотой может подсказать дрейф термических потоков.

Вышесказанное больше относится к безопасности полетов. Опытный пилот в этом также увидит пути обнаружения термических потоков. Склон, стоящий на пути ветра, создает динамический восходящий поток и может подсказать местоположение термических потоков. Так же хорошо на это могут указывать кучевые облака и места на поверхности, являющиеся потенциальными генераторами термических потоков. Возможность конвергенции часто распознается по особенностям поверхности и облакам. В заключение, это же хочется сказать и о волнах.

ПРИМЕРЫ

С целью проверить как усвоены знания, полученные после прочтения этой книги, давайте проэкзаменуем себя на некоторых гипотетических ситуациях. Рисунки 224 - 226 указывают на многие эффекты поверхности и различные условия. Первый - нестабильные условия и слабый ветер, второй - стабильные и слабый ветер, третий - стабильные условия с сильным ветром.

Посмотрим внимательно на рисунок 224. Мы видим дым в долине, который указывает на скорость и направление ветра (слабый вдоль долины). Дым указывает на легкую турбулентность и расширяется с подъемом. Возможен небольшой градиент скорости ветра. Присутствуют термические потоки, на это указывают отдельные кучевые облака (В).

Надеемся найти подъем везде, где термические потоки, но сильную турбулентность ожидаем только вблизи сухой прогретой поверхностью (С) и высокого кучевого облака (D). Термики над С маленькие и интенсивные, в то время, как гроза (D) создает сильные порывы, которые распространяются от земли до тучи. Продвигаясь по долине, гроза может принести усиление ветра и смерчи перед собой.

Можно надеяться на восходящие потоки в местах, обозначенных E, где поверхность контрастная и способствует образованию термик. Во время приближения грозы термики могут быть подавлены задолго до её прихода. Хорошие термические потоки можно также найти над возвышенностями (F). Отметим возможные несильные нисходящие потоки над лесистыми территориями (G) и водной поверхностью (H). Полет вблизи города не всегда безопасен, особенно перед грозой. В заключение обратим внимание на парящую птицу (I), которая указывает на местоположение термика.

На рисунке 225 - безоблачно и стабильно. Это приводит к большой разнице температур между берегом (A) и лесом (B) или водой (C). По этой причине возникают местные циркуляции в форме морского бриза D и потоков в районе границы берега и леса E. Восходящий поток над линией F - G может быть достаточно мощным потому, что это зона конвергенции. Однако прогрев долины инициирует ветер на склон на всем протяжении гор (H) так, что поток из леса на берег будет пропадать в течение дня. Мы должны отметить, что такие циркуляции могут быть и в нестабильных условиях тоже, однако, термичность может сделать циркуляцию неустойчивой. Ветра вниз по склону можно ожидать вечером.

Изучив рисунок 226, мы можем заметить различные ситуации. Сильный ветер в долине, отклоняющий дым (A), причем скорость и направление по высоте изменяется, как показано на B. Вообще то изменение направления ветра не способствует волнообразованию, но здесь ветер в долине имеет такое направление из-за ее узости и длины.

При отдалении от земли можно ожидать более спокойное состояние воздуха, но здесь мы видим сильную турбулентность в C. Особое внимание надо обратить на места за холмами (D) и за деревьями (E), где скорее всего можно встретить сильную турбулентность. Слоистые облака (F) могут блокировать солнце и этим увеличивать стабильность так же, как сопровождать срез потоков на высоте. Также четкая граница облаков может производить тепловой фронт в легкий ветер.

Динамический восходящий поток можно ожидать вдоль всего склона справа, но обратить особое внимание на ущелья (G). По lenticular облакам (H) угадывается наличие волн, и они, возможно, распространяют до точки I. Как подсказывает облако J за склоном K расположился ротор.

ИТОГИ.

В этой главе мы учились делать краткосрочные прогнозы по картам, метеосводкам и собственным наблюдениям. Большую роль в этом играет местный фактор. Летая, мы учимся наблюдать, думать, делать выводы. Все пилоты должны быть прилежными учениками природы - это залог безопасности и высоких спортивных результатов. Наблюдательность - ключ к этому.

ПРИЛОЖЕНИЕ I ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОТНОСТИ В АТМОСФЕРЕ

Характеристики летательного аппарата сильно зависят от плотности воздуха. Меньшая плотность приводит к большим скоростям полета, что особенно важно при взлете и посадке.

Плотность воздуха изменяется в соответствии с изменением температуры, влажности и давления также как с увеличением высоты. Изменение высоты - самый важный фактор влияющий на плотность воздуха, затем по значимости следуют температура и влажность и последним стоит давление. Например, жаркий и влажный день на высоте 3048 м может иметь плотность на 45% меньше, чем в холодный, сухой день на уровне моря. Это приведет к увеличению полетных скоростей на 22%.

В авиационном мире принята концепция определения высоты по давлению. Для этого введено понятие стандартной атмосферы (глава 2) с давлением на уровне моря 1013,25 гПа, температурой 15°C и градиентом температуры 6,5°C/км. В таблице приведены данные стандартной атмосферы в зависимости от высоты.

Используя эту таблицу, мы можем определить нашу высоту, если знаем местное давление (по барометру или высотомеру, показывающему на уровне моря 1013,3 гПа). Высота барометрическая - это стандартная высота, полученная измерением давления в данном месте. Изменения высоты поверхности и барические системы изменяют барометрическую высоту.

Следующий шаг учесть изменение высоты по плотности и температуре. Следующая таблица дает такую возможность.

Мы видим, что высота по плотности увеличивается на 135 - 220 м на каждые 5°C. проиллюстрируем на примере, как определить высоту по плотности.

Примем наше местное давление равным 812,1 гПа и температуру - 27°C. Смотрим в таблицу стандартных атмосфер и находим, что 812,1 гПа соответствует 1829 м. Теперь наша реальная высота может быть больше или

меньше в зависимости от того, какая барическая система на данной территории. Далее смотрим в таблицу высоты по плотности, находим 1829 м и под ней напротив 27°C находим нашу высоту 2625 м.

Большинство спортивной авиации не сталкивается с условиями слепого полета, потому мы здесь не будем подробно останавливаться на факте изменения давления во время полета из-за перемещения барической системы или при дальних полетах при пересечении изобар. Но мы должны понизить влияние изменения давления на высотомер. При повышении давления на данной территории, высотомер будет показывать уменьшение высоты. Как же определить истинную высоту? Это возможно только в случае, если мы знаем местную истинную высоту.

Международная система, называемая Q кодом, связывает соотношение давления и высоты. Код обозначает следующее: QFE - давление на уровне аэродрома. Мы знаем QFE, когда перед взлетом выставляем наш высотомер на ноль. В этом случае прибор показывает высоту над аэродромом до тех пор, пока не произойдет изменение давления на аэродроме. QNH - давление на аэродроме, приведенное к уровню моря по стандартной атмосфере. Ему соответствует барометрическая высота над уровнем моря. Если в высотомер ввести QNH, то он будет показывать высоту полета над уровнем моря. QNE - высотомер показывает высоту, если давление над уровнем моря 1013,25 мб. QNE - тоже, что и барометрическая высота. QNH эквивалентно QNE, когда давление на уровне моря 1013,25 мб.

На самом деле наши высотомеры никогда не показывают истинную высоту потому, что условия, соответствующие „ стандартной атмосфере практически не встречаются, а приборы оттарированы на изменение показаний высоты в соответствии со стандартным изменением давления. Это общая проблема, и все высотомеры страдают этим в одинаковой мере. Точность их показаний вполне достаточна для полетов.

ПРИЛОЖЕНИЕ II ЭФФЕКТ КОРИОЛИСА

В векторном анализе сила отклонения, действующая на материальную точку определяется:

$D = 2 \cdot \tau \cdot V \cdot \sin \varphi$, где τ - масса материальной точки,

V - скорость частицы

ω - угловая скорость земли = τ — радиан/час

φ - широта

Из этой формулы видно, что чем больше широта, тем больше эффект Корриолиса. Эта сила максимальна на полюсах и равна нулю на экваторе. Также замечаем, что сила пропорциональна скорости точки. Если $V=0$, то $D=0$.

В северном полушарии эта сила направлена вправо от движущейся точки. Если точка движется от центра высокого давления, то она будет заворачивать вправо и двигаться вокруг центра. Это движение инициирует центробежную силу, которая имеет тенденцию уменьшать градиент давления. Противоположная картина наблюдается в области пониженного давления. Здесь ветер вокруг центра низкого давления имеет тенденцию быть сильнее, чем в антициклоне. Торнадо, ураганы, смерчи возникают именно в циклонах.

ПРИЛОЖЕНИЕ III СУХИЕ ВЕТРЫ

Причину возникновения теплых сухих ветров (chinook, фен и др.), которые дуют на подветренных склонах, можно понять проанализировав изменение температуры воздуха, движущегося над возвышенностью. На рисунке через дробь указаны слева температура воздуха, а справа температура точки росы.

Воздух поднимается адиабатически (без обмена теплом, охлаждаясь примерно 1°C/100 м из-за расширения) пока не достигнет высоты точки росы (в данном случае 1220 м), где начнется конденсация. С превращением водяных паров в дождь выделяется дополнительное тепло и воздух уже меньше охлаждается (примерно 0,82°C/100 м). Это продолжается до вершины горы. На подветренном склоне воздух быстро нагревается сжимаясь и конденсация прекращается. В дополнение воздух нагревается примерно 1°C/100 м и температура на подветренном склоне выше чем на той же высоте наветренного склона. Кроме того воздух очень сухой из-за того, что отдал много влаги осадками.

ПРИЛОЖЕНИЕ IV ТЕРМИЧЕСКАЯ ВОУЯНСУ

Термическая воуянсу (выталкивающая сила, действующая на некоторый объем более теплого воздуха, а значит более легкого) сильно увеличивается после начала образования облаков при высвобождении скрытого

тепла когда имеет место процесс конденсации. До формирования облаков скорость вверх может уравновешивать ее с силами сопротивления. Воуансу базируется на принципе Архимеда:

Воуансу равна произведению массы на ускорение гравитации и на отношение превышения температуры воздуха в термше к температуре окружающего воздуха Выразив массу через объем и плотность, мы имеем:

Движение термического потока вверх без ускорения будет когда воуансу равна силе сопротивления, то есть $D = B$

Из этого равенства видно, что скорость потока вверх зависит от двух факторов: разности температур и диаметра потока. Разность температур зависит от того, насколько сильно нагрелся воздух при формировании потока и от градиента. Чем больше диаметр термика, тем больше его скорость. Таким образом можно сделать вывод, что чем больше поток, тем быстрее он поднимается при том же градиенте.

Термический поток ускоряется до той высоты, где уравновешиваются сила сопротивления и воуансу. Позднее он замедляется с уменьшением градиента и при перемешивании с окружающим воздухом. Мы можем сделать вывод, что замедляясь с высотой, термик движется в более стабильных условиях, ускорение потока говорит о нестабильности, как показано ранее на рисунке 180.

ПРИЛОЖЕНИЕ V

НАЧАЛЬНАЯ ТЕМПЕРАТУРА ОБРАЗОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ

Очень важной информацией для парящих пилотов есть начальная температура образования термических потоков и время начала их образования (trigger time, trigger temperature), которые определяют начало термичной погоды. На рисунке мы видим градиент температуры с ночной инверсией у земли (толстая линия). Для того, чтобы термический поток поднялся выше инверсии, он должен нагреться у поверхности до температуры не менее 15° (точка А), в противном случае он будет тормозиться в слое инверсии.

Заштрихованная площадь треугольника пропорциональна количеству тепла требуемому для изменения градиента температуры. Мы можем посчитать эту площадь следующим образом: умножить высоту треугольника (в данном случае 610 м) на половину разности температур (здесь $15^{\circ} - 1^{\circ} = 14^{\circ}$). Получим в этом примере $610 \text{ м} - 7,0^{\circ} = 4270$ градусо-метров.

Следующий шаг: надо определить сколько тепла понадобится для этого изменения. Диаграмма показывает ожидаемый прогрев в ясное утро на широте 45° . Если ваша широта больше или меньше, сдвигайте кривые вниз или вверх на 1/2 часа на каждые 5° изменения широты. Сплошные линии обозначают температуру умноженную на 300 м. Например, линия $6100^{\circ} \text{С} \times \text{м}$ говорит о количестве тепла, достаточном для нагрева слоя воздуха толщиной 305 м на 20° , слоя 610 м на 10° и т.д.

В нашем примере нам нужно получить 4270 градусо-метров тепла. Из таблицы мы видим, что это соответствует середине июня после 11:00. С этого времени быстро увеличиваются высота и мощность термиков. 11:00 - время, когда энергии термических потоков достаточно, чтобы пробить слой приземной инверсии.

Мы можем таким образом рассчитать высоту термических потоков в любое время дня, если знаем действительный градиент температуры. Просто определяем из таблицы сколько тепла нужно в это время, затем располагаем это тепло между реальным градиентом и сухоадиабатическим.

Отметим, что облака, дымка, туман и загрязнение атмосферы задерживают солнечное тепло. Необходимо учитывать это в расчетах. Проводя такие расчеты постоянно, вы можете достигнуть очень хороших результатов.