

023.74  
М-541.

М. БАБИКОВ, Н. КОЛОБКОВ, А. КУЛАКОВ и В. ШТАЛЬ

# МЕТЕОРОЛОГИЯ ДЛЯ ЛЕТЧИКОВ

ВОЕНИЗДАТ НКВ СССР  
1941

С 319185 *g*

~~88~~

~~3.~~

~~185~~

149

М. БАБИКОВ, Н. КОЛОБКОВ, А. КУЛАКОВ и В. ШТАЛЬ

623.74  
М 541

# МЕТЕОРОЛОГИЯ

ДЛЯ  
ЛЕТЧИКОВ

С 3191855

ЭК



ЛЕНИН



Военное Издательство  
Народного Комиссариата Обороны Союза ССР  
Москва — 1941

КНИГОТРАФАРИ  
МОСКВА  
ЛЕНИН

623.74.881-3  
*М. Бабинов, Н. Колобнов, А. Куланов и В. Шталь*  
**МЕТЕОРОЛОГИЯ ДЛЯ ЛЕТЧИКОВ**

В книге элементарно изложены сведения об атмосфере, об опасных для полета явлениях погоды, классификация воздушных масс и освещены вопросы использования метеорологических условий в летно-боевой работе.

Книга предназначена для летчиков строевых частей и школ ВВС РККА.

## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Введение . . . . .	5
--------------------	---

### Глава I. АТМОСФЕРА

Общее положение . . . . .	7
Строение атмосферы . . . . .	—
Давление атмосферы и ее плотность . . . . .	8
Влияние атмосферы на работу экипажа самолета . . . . .	11
Температура воздуха . . . . .	—
Влажность воздуха . . . . .	15
Ветер . . . . .	17
Местные ветры . . . . .	19
Вертикальные перемещения воздуха . . . . .	21
Влияние турбулентности атмосферы на полет самолета . . . . .	22
Видимость и ее значение для работы авиации . . . . .	23
Облака . . . . .	27
Влияние облачности на полет самолета . . . . .	38
Осадки . . . . .	41
Влияние осадков на работу авиации . . . . .	43

### Глава II. КАРТА ПОГОДЫ

Служба погоды . . . . .	45
Классификация воздушных масс . . . . .	46
Устойчивая воздушная масса (УМ) . . . . .	48
Неустойчивая воздушная масса (НМ) . . . . .	—
Географическая классификация воздушных масс . . . . .	50
Барические системы . . . . .	55
Фронты . . . . .	60
Анализ карты и оценка метеорологической обстановки по маршруту перелета . . . . .	74

### Глава III. ОПАСНЫЕ ДЛЯ ПОЛЕТА ЯВЛЕНИЯ ПОГОДЫ

Общее положение . . . . .	79
Гроза . . . . .	80
Шквал . . . . .	85
Смерч и торнадо . . . . .	90
Туман . . . . .	—
Обледенение . . . . .	96
Местные признаки погоды . . . . .	98

Глава IV. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ  
УСЛОВИЙ В ЛЕТНО-БОЕВОЙ РАБОТЕ

Общее положение . . . . .	106
Метеорологическая подготовка к вылету . . . . .	—
Оценка летчиком погоды в полете . . . . .	108
Тактическое использование метеослужбы . . . . .	111

*Приложения:*

1. Таблица для чтения условных знаков на синоптической карте
2. Синоптическая карта за 12 сентября 1932 г.
3. Синоптическая карта за 23 февраля 1934 г.
4. Синоптическая карта за 24 февраля 1934 г.



*Фашистские летчики боятся наших  
истребителей. Сталинские соколы!  
Бейте с неба фашистских гадов!  
Громите змеиные гнезда врага!*

## ВВЕДЕНИЕ

Погода является одним из элементов боевой обстановки. Несмотря на совершенство военной техники, боевая деятельность различных родов войск, и в частности авиации, все же зависит от метеорологических условий. Некоторые явления погоды (туман, дождь, град, ливень, снег и т. п.) затрудняют пилотирование самолета и влияют на успешность выполнения боевых задач.

Вследствие плохой погоды могут измениться время вылета, маршрут, высота полета, строй и боевой порядок. Это подтверждается практикой повседневной работы авиации, а также опытом боевой работы ВВС на фронтах второй мировой империалистической войны.

Перед вылетом летчик должен обязательно оценить метеорологические условия по пути предстоящего полета и прогноз погоды по маршруту как в отношении возможности встречи с опасными явлениями погоды, так и влияния погоды на выполнение боевой задачи. В практике может быть такое положение, когда погода, не представляя никакой опасности и затруднений для техники пилотирования, может оказаться весьма неблагоприятной для выполнения боевой задачи, и, наоборот, погода, усложняющая управление самолетом, может оказаться наиболее подходящей для выполнения этой задачи.

Принятие правильного решения и выполнение задачи значительно облегчаются, если летчик перед вылетом будет знать прогноз погоды и метеорологическую обстановку, в которой ему придется действовать, хотя бы метеобстановка была неблагоприятной, так как не всегда боевая обстановка позволит выжидать благоприятной погоды.

Опыт показывает, что летчик, умеющий грамотно и самостоятельно «читать» карту погоды, почти никогда не имеет происшествий при полете в неблагоприятных метеоусловиях.

В целях обеспечения безопасности полетов, а также использования метеоусловий для внезапности и скрытности подхода к цели каждый летчик и каждый авиационный командир должны знать законы метеорологии, организацию метеослужбы и ее возможности, должны уметь «читать» карты погоды и делать самостоятельно выводы из них, уметь разбираться в явлениях погоды и анализировать метеорологическую обстановку при принятии решения перед вылетом и во время выполнения задания.

---



## Глава первая

# АТМОСФЕРА

### Общее положение

Атмосфера—воздушная оболочка, окружающая земной шар. Воздух представляет собой смесь газов, в состав которой (по объему) входят 78% азота, 21% кислорода и в небольших количествах углекислота и редкие газы.

Кроме этих газов, в воздухе имеется водяной пар, количество которого изменяется в зависимости от температуры воздуха.

Водяной пар попадает в атмосферу вследствие испарения влаги с поверхности воды, льда, снега, с растений и почвы. При высоких температурах в воздухе содержится водяного пара до 4%, при очень низких—не более 0,1%.

При определенной температуре количество водяного пара в воздухе не превышает известного предела, допускаемого этой температурой. Когда этот предел превышает, то избыток водяного пара сгущается (конденсируется), образуя туман, росу, облака.

В воздухе также имеются мельчайшие твердые частицы (так называемая атмосферная пыль).

Указанный выше состав воздуха сохраняется до высоты 20 км; данных о составе воздуха в более высоких слоях атмосферы пока не имеется.

### Строение атмосферы

Атмосфера по вертикали разделяется на два основных слоя: тропосферу и стратосферу, между которыми находится переходный слой—тропопауза.

В тропосфере происходят изменения температуры воздуха, давления, влажности, возникают движения воздушных масс, образуются облака, туманы, возникают грозы и т. д. Эти физические процессы в тропосфере и обуславливают состояние погоды.

Тропосфера—воздушный слой, опоясывающий земной шар, мощностью в среднем около 10 км. Эта высота слоя в зави-

симости от географической широты, времени года и состояния погоды может изменяться в больших пределах. В тропосфере температура воздуха понижается примерно на  $6^\circ$  на каждый километр высоты. Эта величина изменяется в зависимости от широты места, времени года и состояния погоды.

На высоте примерно 10 км начинается второй слой атмосферы, называемый стратосферой. Температура в стратосфере почти не изменяется, а с высоты 18 км наблюдается повышение температуры (температурная инверсия). В стратосфере отсутствуют восходящие и нисходящие потоки воздуха, не наблюдается также облаков обычного типа.

Слой, лежащий между тропосферой и стратосферой, мощностью около 1—2 км, называется тропопаузой или субстратосферой. В тропопаузе происходят сильные изменения давления воздуха, которые связаны с изменением погоды у поверхности земли.

Современная авиация ведет боевую работу не только в слоях тропосферы, но и в стратосфере. В тропосфере часто создаются препятствия для работы авиации—облачность, обледенение, грозы и т. д. В стратосфере же более благоприятные условия для полета. В стратосфере самолет испытывает меньшее сопротивление, чем при полете в тропосфере. Схема строения атмосферы и предельные высоты, достигнутые самолетом и стратостатом, изображены на рис. 1.

## Давление атмосферы и ее плотность

Воздух имеет вес и вследствие этого давит на поверхность всякого тела. Это давление атмосферы, или, как говорят, давление воздуха, равно приблизительно 10 000 кг на  $1 \text{ м}^2$ , или 1 кг на  $1 \text{ см}^2$ . Атмосфера оказывает на поверхность земли такое же давление, какое оказывал бы столб ртути высотой 760 мм. На этом основании давление воздуха выражают в миллиметрах ртутного столба. Обычно давление воздуха выражают в особых единицах, так называемых миллибарах. 1 миллиметр ртутного столба составляет 1,333 миллибара.

С удалением от поверхности земли давление воздуха уменьшается. Поэтому наблюдаемое давление всегда зависит от высоты.

Высота в км . . . . .	0	10	20	50
Давление в мм рт. ст. . . . .	760	217	41,7	0,38

В прилегающих к земле слоях атмосферы давление уменьшается приблизительно на 1 мм рт. ст. на 10 м подъема. На

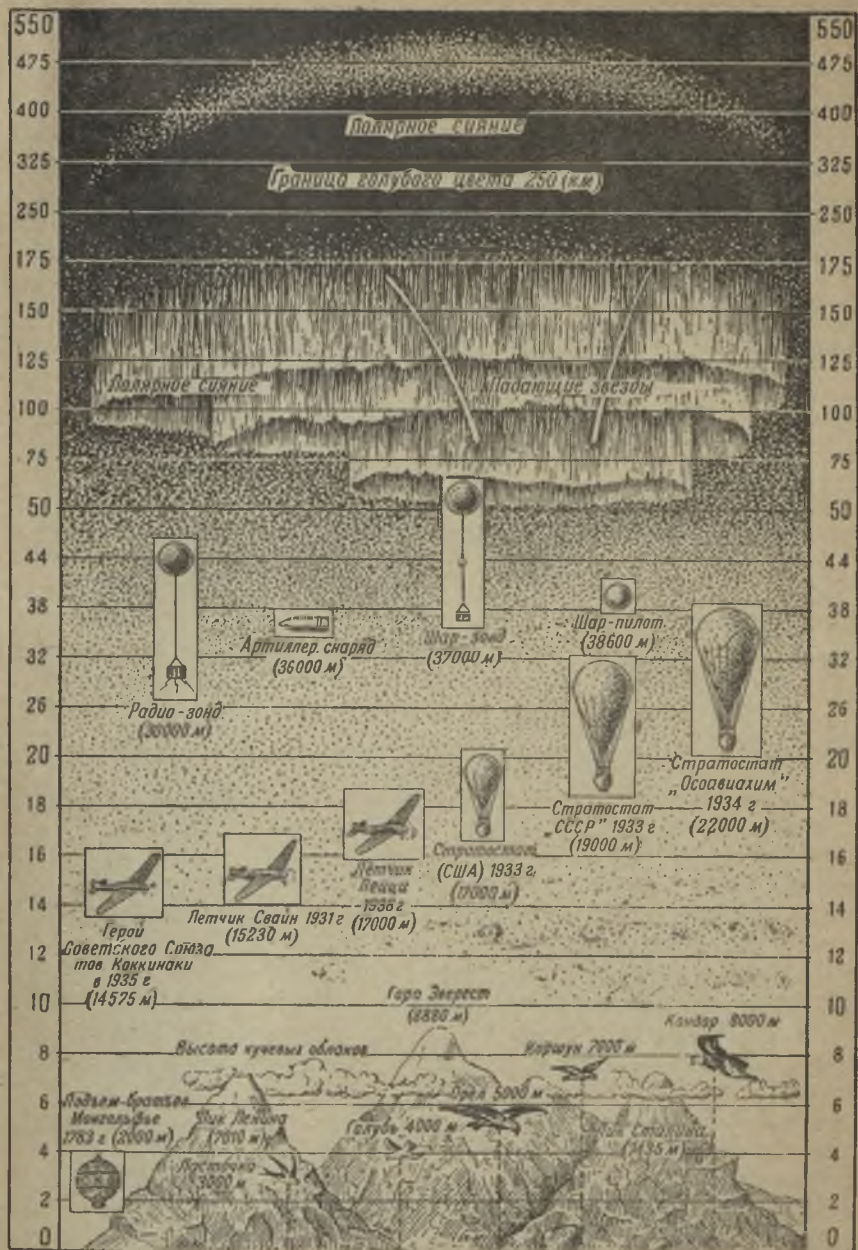


Рис. 1. Строение атмосферы



высоте давление убывает медленнее, чем внизу, так как воздух становится более разреженным. По этой же причине давление с высотой убывает медленнее при высокой температуре, чем при низкой.

Для сравнения величин давления, наблюдаемых в разных пунктах, лежащих на разных уровнях, принято величины давления приводить к одному уровню—к уровню моря. Этими величинами давления пользуются при составлении синоптических карт.

В бортовом журнале записывается давление, не приведенное к уровню моря.

Плотность воздуха с изменением высоты изменяется так же, как и давление (табл. 1)

Таблица 1

Высота в км	Плотность воздуха	
	летом	зимой
0	1,224	1,288
2	0,995	1,025
4	0,808	0,827
8	0,527	0,530
12	0,319	0,303
16	0,172	0,162

На высоте 8500 м плотность воздуха в различных областях земной поверхности и в различное время года остается постоянной и равна 0,498.

Плотность воздуха влияет на мощность мотора и на скорость горизонтального полета. С уменьшением плотности воздуха скорость горизонтального полета увеличивается. Поэтому на больших высотах, при условии сохранения мощности мотора, скорость самолета увеличивается. Вместе с тем с уменьшением плотности воздуха падает мощность мотора. Уменьшение плотности воздуха на высоте ухудшает также и теплоотдачу мотора.

Особенно большое влияние плотность воздуха оказывает на показания указателя скорости. Шкалы всех приборов принято рассчитывать по плотности воздуха, наблюдаемой в условиях так называемой стандартной атмосферы. Обычно же при полете плотность воздуха значительно отличается от плотности воздуха стандартной атмосферы. Поэтому в показания указателя скорости вводят соответствующие поправки.

## Влияние атмосферы на работу экипажа самолета

Организм человека приспособлен к условиям атмосферы у земной поверхности (на уровне моря). Колебания метеорологических элементов, наблюдаемые при полете, естественно, отражаются на психо-физическом состоянии экипажа.

По особенностям влияния атмосферных условий на организм человека атмосферу можно подразделить на три зоны.

Первая зона—область в атмосфере, где пребывание человека возможно без кислородного питания. Верхняя граница этой зоны называется физиологическим потолком. В зависимости от состояния организма человека физиологический потолок находится на высоте между 3 000 и 7 000 м. Высота этого потолка зависит от индивидуальных особенностей летного состава и натренированности его в полетах на больших высотах.

Вторая зона—область в атмосфере, где пребывание человека возможно при условии кислородного питания. Нижней границей этой зоны является физиологический потолок, а верхней—высота 12 000—15 000 м.

Третья зона—область в атмосфере, где человек может находиться только в герметически изолированной от окружающей атмосферы кабине или в специальных костюмах—скафандрах.

Уменьшение давления воздуха с высотой связано с изменением парциального давления кислорода, т. е. давления, создаваемого этим газом, независимо от присутствия других газов, входящих в состав воздуха. Этим обуславливается уменьшение количества кислорода, поступающего в кровь, в результате чего в организме человека происходят следующие изменения:

— состав артериальной крови приближается к составу венозной;

— учащается ритм сердца и дыхания;

— снижается нервно-мышечная деятельность.

Поэтому при полете на большой высоте экипаж испытывает головную боль, усталость, недомогание, тошноту, появляются удушье и кровотечение. Наиболее резко эти явления сказываются при быстрых изменениях высоты полета.

## Температура воздуха

Солнечные лучи, падающие на поверхность земли, нагревают ее. Нагревание же воздуха происходит снизу вверх, т. е. от земной поверхности.

Передача тепла от нижних слоев воздуха в верхние происходит главным образом благодаря подъему теплого, нагретого

воздуха вверх и опусканию холодного вниз. Этот процесс нагрева воздуха называется конвекцией.

В других случаях передача тепла вверх происходит благодаря динамической турбулентности. Так называются беспорядочные вихри, возникающие в воздухе вследствие трения его о земную поверхность при горизонтальном перемещении или при трении разных слоев воздуха между собой.

Конвекцию иногда называют термической турбулентностью. Конвекцию и турбулентность объединяют иногда общим названием—обмен.

Охлаждение нижних слоев атмосферы происходит иначе, чем нагревание. Земная поверхность непрерывно теряет тепло в окружающую ее атмосферу путем излучения не видимых для глаза тепловых лучей. Особенно сильно охлаждение становится после захода солнца (в ночные часы). Благодаря теплопроводности прилегающие к земле воздушные массы также постепенно охлаждаются, передавая затем это охлаждение вышележащим слоям воздуха; при этом наиболее интенсивно охлаждаются самые низкие слои.

В зависимости от солнечного нагрева температура нижних слоев воздуха изменяется в течение года и суток, достигая максимума около 13—14 часов. Суточный ход температуры воздуха в разные дни для одного и того же места непостоянен; его величина зависит главным образом от состояния погоды. Таким образом, изменения температуры нижних слоев воздуха связаны с изменениями температуры земной (подстилающей) поверхности.

Изменения температуры воздуха происходят также и от вертикальных перемещений его.

Известно, что воздух при расширении охлаждается, при сжатии—нагревается. В атмосфере при восходящем движении воздух, попадая в области более низкого давления, расширяется и охлаждается, и, наоборот, при нисходящем движении воздух, сжимаясь, нагревается. Изменения температуры воздуха при его вертикальных движениях в значительной степени обуславливают образование и разрушение облаков.

Температура воздуха с высотой обычно понижается. Изменение средней температуры с высотой над Европой летом и зимой приведено в табл. 2.

Уменьшение температуры с высотой характеризуется вертикальным температурным градиентом. Так называется изменение температуры на каждые 100 м высоты. Для технических и аэронавигационных расчетов вертикальный температурный градиент принимают равным  $0^{\circ},6$ . Нужно иметь в виду,



## Средние температуры воздуха над Европой

Высота в км	Температура в °С	
	летом	зимой
0	+ 14,7	+ 1,7
1	+ 11,8	+ 0,6
2	+ 6,2	— 4,1
3	+ 1,0	— 9,1
4	— 4,2	— 15,2
5	— 9,9	— 22,2
6	— 16,2	— 29,3
7	— 24,2	— 36,6
8	— 30,7	— 43,6
9	— 38,2	— 49,6
10	— 44,8	— 54,3
11	— 50,0	— 56,8
12	— 52,8	— 57,2
13	— 52,7	— 56,3
14	— 52,3	— 56,5
15	— 51,9	— 57,1
16	— 51,5	— 57,3
17	— 51,0	— 57,6
18	— 50,1	— 57,6
19	— 49,5	— 57,6
20	— 49,8	— 57,9

что это величина непостоянная. Может случиться, что в каком-либо слое воздуха температура с высотой не будет изменяться. Такие слои называются слоями изотермии.

Весьма часто в атмосфере наблюдается явление, когда в некотором слое температура с высотой даже возрастает. Такие слои атмосферы называются слоями инверсии. Инверсии возникают от различных причин. Одной из них является охлаждение подстилающей поверхности путем излучения в ночное или зимнее время при ясном небе. Иногда, в случае штиля или слабого ветра, приземные слои воздуха также охлаждаются и становятся холоднее вышележащих слоев. В результате на высоте воздух оказывается более теплым, чем внизу. Такие инверсии называются радиационными. Сильные радиационные инверсии наблюдаются обычно над снежным покровом и особенно в горных котловинах, а также при штиле. Слои инверсии простираются до высоты нескольких десятков или сотен метров.

Инверсии возникают также вследствие перемещения (адвекции) теплого воздуха на холодную подстилающую поверхность. Это так называемые адвективные инверсии. Высота этих инверсий—несколько сот метров.

Кроме этих инверсий, наблюдаются инверсии фронтальные и инверсии сжатия. Фронтальные инверсии возникают при натекании теплых воздушных масс на более холодные. Инверсии сжатия возникают при опускании воздуха из верхних слоев атмосферы. При этом опускающийся воздух нагревается иногда настолько сильно, что нижележащие слои его оказываются более холодными.

Инверсии температуры наблюдаются на различных высотах тропосферы, наиболее часто—на высотах около 1 км. Толщина инверсионного слоя может колебаться от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Разность температур при инверсии может достигать  $15-20^{\circ}$ .

Слои инверсий играют большую роль в погоде. Вследствие того что воздух в слое инверсии теплее нижележащего слоя, воздух нижних слоев не может подняться. Следовательно, слои инверсий задерживают вертикальные движения в нижележащем слое воздуха. При полете под слоем инверсии обычно наблюдается рему («болтанка»). Выше же слоя инверсии полет самолета обычно происходит нормально. Под слоями инверсий развиваются так называемые волнистые облака.

Температура воздуха оказывает влияние на технику пилотирования и эксплуатацию материальной части. При температурах у земли ниже  $-20^{\circ}$  застывает масло, поэтому заливать его приходится в подогретом состоянии. В полете при низких температурах интенсивно охлаждается вода в охлаждающей системе мотора. При повышенных же температурах (выше  $+30^{\circ}$ ) может получиться перегрев мотора. Температура воздуха влияет также и на работоспособность экипажа самолета. При низкой температуре, доходящей в стратосфере до  $-56^{\circ},5$ , требуется специальное обмундирование для экипажа.

Температура воздуха имеет весьма большое значение для прогноза погоды.

Измерение температуры воздуха во время полета на самолете производится при помощи электрических термометров или спиртовых термометров, прикрепляемых на самолете. При измерении температуры воздуха необходимо иметь в виду, что вследствие больших скоростей современных самолетов термометры дают ошибки. Большие скорости самолетов вызывают повышение температуры самого термометра, обусловленное трением его резервуара о воздух и влиянием нагрева вследствие сжатия

воздуха. Нагревание от трения с повышением скорости полета самолета возрастает и выражается следующими величинами:

Скорость в км/час .	100	200	300	400	500	600
Нагревание от трения . . . . .	0°,34	1°,37	3°,1	5°,5	8°,6	12°,6

Нагревание же от сжатия выражается следующими величинами:

Скорость в км/час .	100	200	300	400	500	600
Нагревание от сжатия . . . . .	0°,39	1°,55	3°,5	5°,2	9°,7	14°,0

Искажения показаний термометра, установленного на самолете, при полете в облаках на 30% меньше приведенных выше величин, вследствие того что часть тепла, возникающего при трении и сжатии, расходуется на испарение воды, сконденсированной в воздухе в виде капель.

### Влажность воздуха

Влажность воздуха различают абсолютную и относительную. Абсолютной влажностью называется количество водяного пара, содержащегося в 1 м<sup>3</sup> воздуха. Абсолютная влажность измеряется весом пара в граммах или его упругостью. Чем больше насыщен воздух водяным паром, тем больше его вес и упругость, а следовательно, тем больше абсолютная влажность.

В 1 м<sup>3</sup> воздуха может содержаться разное количество водяного пара. Максимальное количество водяного пара в воздухе называется насыщающим паром.

Зависимость количества водяного пара, потребного для насыщения 1 м<sup>3</sup> воздуха, от температуры видна из следующих цифр.

Температура в °С	—30°	—20°	—10°	0°	10°	20°	30°
Количество водяного пара, потребное для насыщения 1 м <sup>3</sup> воздуха, в г. .	0,5	1,1	2,4	4,8	9,4	17,3	30,4

Если в насыщенный воздух еще вводить водяной пар или понижать температуру насыщенного воздуха, то в обоих случаях будут получаться излишки водяного пара сверх количества, потребного для насыщения. Эти излишки будут конденсироваться и переходить в жидкое, а при низких температурах—в твердое состояние. Так образуются туманы и облака.

Степень насыщения воздуха водяным паром определяется процентным отношением количества водяного пара, которое содер-

жится в данный момент в  $1 \text{ м}^3$  воздуха, к количеству, которое требуется для насыщения при данной температуре, и называется относительной влажностью.

Из предыдущего следует, что при одном и том же количестве водяного пара относительная влажность будет изменяться при изменении температуры, т. е. при понижении температуры относительная влажность повышается, при повышении—понижается.

Облака и туманы образуются там, где относительная влажность увеличивается и воздух становится насыщенным водяными парами. Следовательно, можно сказать, что во всяком объеме воздуха, в котором происходит понижение температуры, а значит, и повышение относительной влажности, надо ожидать в дальнейшем образования облаков или тумана. Наоборот, там, где температура воздуха повышается, а следовательно, относительная влажность понижается, надо ожидать рассеивания облачности и туманов.

Известно, что воздух охлаждается при восходящем движении и нагревается при нисходящем. Следовательно, при восходящем движении воздуха образуются облака и туманы. Наоборот, при нисходящем движении в воздухе не только не развивается облачность, но даже и образовавшиеся ранее облака начинают рассеиваться. При охлаждении воздуха у поверхности земли возникает туман или роса.

Как показало изучение явления конденсации водяного пара, для того чтобы мог начаться переход пара в жидкое или твердое состояние, необходимо присутствие в воздухе разнообразных частиц (солей, пылинок, продуктов сгорания и гигроскопических частиц)—так называемых ядер конденсации. Без этого конденсация водяного пара может не наступить даже при относительной влажности воздуха выше 100%.

В нижних слоях воздуха всегда имеются ядра конденсации в достаточном количестве. На высотах 7 км и выше встречаются слои, в которых воздух близок к насыщению, но ядра конденсации отсутствуют. Самолет, попадающий в такой слой, вносит в него большое количество ядер конденсации, в виде продуктов сгорания топлива из выхлопа, и на этих ядрах начинается конденсация (сублимация). Часто хорошо наблюдаемый облачный след за самолетом, летящим на высоте, является демаскирующим признаком для обнаружения самолета. Избежать его можно только выходом из этого слоя воздуха, маневрируя по высоте.

Влияние влажности воздуха на работу авиации отражается главным образом на состоянии материальной части, а именно:



на изоляции обмоток электропроводов в приборах, устанавливаемых на самолете, и на металлических частях самолета, вызывая в них явления коррозии.

Кроме того, влажность воздуха, близкая к 100%, нарушает исправность агрегатов зажигания мотора.

Особое значение имеет влажность воздуха для хранения в складских помещениях авиационного имущества. Многие виды вооружения и снаряжения требуют определенных условий влажности, изменение которых вызывает порчу имущества.

## Ветер

В результате неравномерного нагревания земной поверхности и распределения давления возникает движение воздуха, т. е. ветер. Ветер определяется скоростью и направлением. Скорость ветра выражается расстоянием в метрах (километрах), на которое перемещается масса воздуха в 1 секунду (час). Направление ветра определяется по румбам—откуда дует ветер (метеорологический ветер).

Румбов всего 16 (рис. 2). Обозначаются они так:

северный . . . . .	С
северо-северо-восточный . .	ССВ
северо-восточный . . . . .	СВ
восточно-северо-восточный .	ВСВ
восточный . . . . .	В
восточно-юго-восточный . .	ВЮВ
юго-восточный . . . . .	ЮВ
юго-юго-восточный . . . . .	ЮЮВ
южный . . . . .	Ю
юго-юго-западный . . . . .	ЮЮЗ
юго-западный . . . . .	ЮЗ
западно-юго-западный . . .	ЗЮЗ
западный . . . . .	З
западно-северо-западный . .	ЗСЗ
северо-западный . . . . .	СЗ
северо-северо-западный . . .	ССЗ



Рис. 2. Роза румбов

Характер движения воздуха зависит от его плотности и скорости. При медленных движениях пути частиц воздуха параллельны между собой (ламинарное движение). Если же скорость движения частиц воздуха превышает некоторую критическую величину, характер движения резко изменяется, в воздухе появляются беспорядочные вихри, движущиеся в самых разнообразных направлениях. Такое движение воздуха называется турбулентным.

Различное распределение по высоте температуры воздуха и различное содержание влажности может создать неустойчивое состояние атмосферы, приводящее к турбулентности. Внешним проявлением турбулентности является порывистость ветра. Порывистость ветра характеризуется внезапными и быстрыми изменениями скорости и направления ветра. Изменения могут достигать в течение некоторой доли секунды нескольких метров в скорости и нескольких румбов по направлению.

Скорость ветра с увеличением высоты, вследствие ослабления трения о земную поверхность, увеличивается. Усиление ветра в слоях атмосферы, лежащих ближе к земле, происходит очень быстро, а в более высоких слоях значительно замедляется. Над морем, вследствие отсутствия неровностей и сравнительно малого трения, скорость ветра в нижних слоях значительно больше, и поэтому увеличение скорости ветра с подъемом вверх происходит медленнее.

Средняя скорость ветра в атмосфере, возрастая в тропосфере, достигает некоторого максимума в стратосфере, а затем уменьшается (табл. 3).

Таблица 3

Средняя скорость ветра над Европой

Высота в км	Средняя скорость ветра в м/сек		
	летом	зимой	годовая
1	5,6	5,8	5,7
2	6,3	7,3	6,8
4	8,6	10,3	9,4
6	11,2	14,0	12,6
8	14,0	17,6	15,8
9	15,7	18,6	16,8
10	16,8	19,0	17,9
11	17,5	18,5	18,0
12	16,1	17,4	16,8
13	14,2	15,8	15,0
14	12,6	15,5	14,0
15	10,9	15,4	13,1
16	10,0	14,6	12,3
17	10,1	13,9	12,0
18	8,7	12,9	10,8
19	8,7	12,5	10,6
20	8,3	14,1	11,2

Изменение скорости ветра с высотой сопровождается изменением направления ветра. На высотах от земли до 1 000 м ветер



Отклоняется вправо на угол до  $30^\circ$ . Выше направление ветра изменяется по-разному: вправо, влево или на обратное.

Среднее направление ветра в верхних слоях тропосферы и в нижнем слое стратосферы над Европой как летом, так и зимой западно-северо-западное (ЗСЗ), причем летом среднее направление близко к северо-западному (СЗ), а зимой— к западному (З).

Скорость ветра в течение суток увеличивается обычно к полуденным часам и уменьшается вечером. Ночью при установившейся погоде наблюдается штиль (безветрие).

Скорость и направление ветра подвержены резким изменениям как в течение одних суток, так и в течение всего года.

В полете самолет движется относительно воздуха со скоростью, обусловленной силой тяги винтомоторной группы и аэродинамическим качеством самолета. Под действием ветра самолет смещается в сторону (так называемый снос), что влияет на его путевую скорость.

Попутный ветер увеличивает скорость самолета относительно земли (путевую скорость), встречный ветер, наоборот, уменьшает скорость. Боковой ветер смещает самолет с намеченного курса и уменьшает путевую скорость. Зная направление и скорость ветра по высотам, можно выбрать такие высоты для полета, на которых влияние ветра будет наиболее благоприятным.

Ветер влияет также на взлет и посадку самолета. Для сокращения длины разбега при взлете и пробега при посадке самолета взлет и посадка обычно производятся строго против ветра. При порывистом ветре во время разбега самолета при взлете следует набрать скорость больше взлетной на величину скорости ветра и затем переходить на подъем. Это необходимо для того, чтобы в момент отрыва самолета от земли в случае ослабления ветра самолет имел достаточную скорость. Для того чтобы избежать действия сильных порывов ветра, изменяющих подъемную силу, взлет обычно производят с малыми углами атаки.

## Местные ветры

Фён—ветер, наблюдаемый часто в горных областях (Кавказ, Урал и т. д.). Этот ветер, дующий всегда с гор, характеризуется большой сухостью и высокой температурой. При опускании воздуха с гор происходит его нагревание (вследствие сжатия), благодаря чему относительная влажность его становится очень малой.

**Бора**—сильный холодный ветер, наблюдающийся в Новороссийске на Черном море и возникающий вследствие опускания холодного воздуха с отрогов Кавказского хребта. При боре набережная и суда в Новороссийске сильно обледеневают, иногда слой льда достигает двух метров. Бора наблюдается также на Новой Земле и в некоторых других местах. На озере Байкал подобный ветер называют «сарма».

**Бризы**—ветры, дующие в прибрежных районах при установившейся погоде: днем—с моря на берег, ночью—обратно, с суши на море. Явление бризов объясняется различием теплоемкости воды и суши: вследствие большой теплоемкости водных пространств воздух над ними нагревается мало, тогда как над материком, наоборот, он сильно нагревается. Теплый воздух над сушей, будучи менее плотным, поднимается в верхние слои, и на его место притекают новые холодные воздушные массы с моря. Вечером вследствие более медленного охлаждения воздуха над морем происходит обратное явление: воздушные массы поднимаются непосредственно над морем, а на их место притекает воздух с суши (ночной бриз).

Морские бризы проникают в глубь континента на расстояние до 40 км от берега; высота их достигает 400—1 000 м. На этой высоте наблюдается ветер обратного направления.

**Береговой ветер**—ветер, подобный бризу; наблюдается также у берегов рек, озер и других крупных водоемов; характерен правильной сменой направлений, обусловливаемой теми же причинами: днем—дует с моря на сушу, вечером—с суши на воду.

**Лесной ветер**. Лес, будучи защищен листвой, слабо нагревается днем и незначительно охлаждается ночью, поэтому днем возникает ветер от леса к открытым местам, а вечером и ночью—по направлению к лесу.

**Горные и долинны ветры**. Неравномерное нагревание гор и долин днем и охлаждение их ночью создают при установившейся погоде в горных районах периодическую смену ветров противоположных направлений.

Ночью вследствие охлаждения вершин и склонов гор охлаждаются соприкасающиеся с ними приземные слои воздуха. Плотный воздух этих охлажденных слоев стекает вниз в долины (горный ветер). Днем дуют ветры, поднимающиеся из долин по склонам гор (долинны).

**Ветер лощин**. Воздушный поток, встречая на своем пути лоцины, овраги, низины и т. д., стремится заполнить их. Притекающий сюда воздух перемещается вдоль лощин и низин, обычно теряя скорость. Затекание воздуха в лоцины наблю-

дается главным образом при установившейся погоде, в вечерние и ночные часы. Днем, при сильном нагревании земной поверхности солнечными лучами, воздушные массы на склонах лоции быстро выносятся кверху вследствие турбулентности атмосферы.

Афганец—юго-западный ветер, дующий по среднему течению р. Аму-Дарьи. Афганец несет с собой песок в виде сплошной завесы высотой до 4 000 м. Видимость при афганце крайне ослабевает. Летящая пыль слепит глаза, забивается в моторы.

## Вертикальные перемещения воздуха

Кроме движения воздуха в горизонтальном направлении, в атмосфере происходят и вертикальные перемещения. Эти движения возникают вследствие нагрева или горизонтальных перемещений воздуха различных плотностей.

Наибольшее значение имеют движения, возникающие вследствие натекания теплого воздуха на холодный по очень пологой поверхности раздела между этими воздушными массами.

Вертикальные движения возникают также и вследствие влияния рельефа местности. Встречающиеся на пути движения горизонтального воздушного потока неровности земной поверхности (горы, холмы) вызывают восходящие и нисходящие потоки.

Влияние неровностей земной поверхности (особенно горных хребтов) на перемещение воздуха обнаруживается на значительном расстоянии перед препятствием (горами), а также за препятствием и до некоторого расстояния от вершины препятствия.

Влияние горных хребтов в горизонтальном направлении распространяется на расстоянии, равном десяти-пятнадцатикратной высоте хребта, а по вертикали—на одну треть высоты горного хребта над вершиной. В полете это влияние выражается тем, что при подходе к горам с наветренной стороны самолет подбрасывает воздушным потоком вверх, а с подветренной стороны—самолет «проваливается» вниз.

Наибольшее количество вертикальных воздушных потоков наблюдается в слое до 1 500 м от земли. Обычно скорость термических вертикальных потоков небольшая (не более 1,5 м/сек). Наибольшего развития вертикальные потоки достигают в середине дня (от 12 до 15 часов). В эти часы скорость вертикального потока достигает 4 м/сек. При некоторых условиях вертикальные потоки могут иметь большие скорости—до 8 м/сек у земли, а на высоте 4 000—8 000 м динамические потоки достигают 20—30 м/сек.



Восходящие потоки термического происхождения могут возникать и в ночное время. Ночные восходящие потоки возникают вследствие различного излучения тепла отдельными участками земли при установившейся ясной погоде. Например, температура воздуха ночью над водными бассейнами и большими городами может оказаться выше температуры воздуха соседних участков.

## **Влияние турбулентности атмосферы на полет самолета**

Влияние турбулентности атмосферы на полет самолета проявляется в резких и внезапных изменениях режима горизонтального полета. В случае внезапного резкого снижения скорости встречного потока уменьшается скорость обтекания самолета, а следовательно, уменьшается и подъемная сила; в результате самолет как бы «проваливается». Если бы по истечении короткого промежутка времени скорость ветра перестала изменяться и была постоянной, то самолет под действием винтомоторной группы восстановил бы необходимую для полета скорость относительно земли и «проваливание» самолета прекратилось бы.

При внезапном возрастании скорости встречного ветра скорость обтекания самолета увеличивается, вследствие чего самолет бросает вверх. Когда порывы ветра следуют непрерывно один за другим, самолет то «проваливается» вниз, то подбрасывается вверх; глубина «провала» и высота подъема самолета тем больше, чем сильнее порывистость ветра, т. е. чем больше турбулентность. «Провал» самолета иногда достигает 100—200 м (бывает до 1 000 м).

Это явление, помимо того что создает неприятные ощущения у экипажа, затрудняет также управление самолетом и работу штурмана в самолете.

Кроме этого, турбулентность уменьшает путевую скорость самолета. Профиль полета становится волнообразным. Время полета самолета увеличивается, а путевая скорость уменьшается. Вместе с тем турбулентность атмосферы создает громадное сопротивление движению, вследствие чего уменьшается воздушная скорость самолета. Поэтому при развитии турбулентности для полета с постоянной воздушной скоростью требуется повышенная мощность мотора.

Резкие и внезапные изменения режима полета вследствие влияния турбулентности обычно называют «болтанкой» или рему.

Рему зависит от физического состояния атмосферы, времени года, времени суток, высоты местности, орографических особенностей ее и метеорологических условий.

Если рему, являющееся результатом термической турбулентности, «болтает» самолет, то порывистость ветра (динамическая турбулентность) «треплет» самолет, вследствие чего уже при скорости ветра 15 м/сек полет становится неприятным и утомительным.

Установлено, что рему с увеличением высоты уменьшается. Особенно значительно явление рему в нижних слоях атмосферы (до 500—600 м) и под кромкой облаков. Полет в кучевых облаках, особенно в кучево-дождевых, всегда сопровождается рему. При наличии слоистых облаков рему наблюдается в полете под облаками. Другие виды облаков обычно не создают рему, а если и создают, то в слабой степени.

Современные самолеты способны выдерживать в воздухе очень сильные ветры, порядка 20—25 м/сек и более. Однако все же есть предел безопасности ветров для самолетов в воздухе. Известны случаи (правда, единичные), когда штормовые ветры переворачивали в воздухе даже большие, многомоторные самолеты.

Особенно опасны сильные порывистые или шквалистые ветры на бреющем полете, а также при взлете и посадке самолета. В этих случаях при внезапных изменениях скорости ветра самолет может удариться о землю.

Таким образом, турбулентность атмосферы влияет на технику пилотирования и на штурманскую работу, а при некоторых условиях даже приводит к авариям и катастрофам.

## Видимость и ее значение для работы авиации

Находящиеся в воздухе частицы пыли, продукты сгорания и водяного пара, а также и молекулы воздуха поглощают и рассеивают часть солнечных лучей. Вследствие этого прозрачность атмосферы ухудшается и дальность видимости уменьшается.

Видимость для авиации имеет большое значение. Часто видимость определяет возможность выполнения полета, ориентировки, а также влияет на технику пилотирования.

При плохой видимости (4—2 км и менее) пилотирование затрудняется, так как летчик при полете на малых высотах, а также при взлете и посадке должен пристально вглядываться, чтобы не столкнуться с каким-нибудь наземным предметом.

При скорости самолета 100 м/сек надо по крайней мере за 300 м до препятствия принимать меры к изменению режима полета. Однако это не означает, что можно летать на малых

высотах при видимости 300 м. Летчик может увидеть препятствие не в тот момент, когда оно станет вырисовываться на окружающем фоне, а значительно позже. Например, если по условиям местности и по состоянию атмосферы предметы становятся видимыми на расстоянии 1 км, летчик по ряду причин может заметить их значительно позже. Это вполне понятно, так как летчик смотрит не только вперед, но и вниз, в стороны и на приборную доску.

Кроме того, необходимо учитывать, что видимость зависит не только от прозрачности атмосферы, но также от характера и цвета фона, величины и конфигурации наблюдаемого объекта и степени освещенности рассматриваемого предмета или препятствия. Так, например, белое полотнище размером 1 м<sup>2</sup> на фоне травы отлично видно с высоты 2 000 м; иногда же такие большие объекты, как самолеты, находящиеся на земле, могут остаться незамеченными в непосредственной близости.

С развитием скоростной авиации видимость приобрела еще большее значение. Если при скоростях 200—250 км/час минимальная видимость, при которой допускался полет, принималась равной 1—2 км, то при современных скоростях (500—600 км/час и выше) эти нормы уже недостаточны. В настоящее время видимость, обеспечивающая безопасность полета вблизи земли, должна быть не менее 4—5 км.

В полете видимость имеет также значение и для визуальной ориентировки, основанной на сличении местности с картой. Визуальная ориентировка применяется обычно в комплексе с другими видами ориентировки (инструментальной, астрономической и радиоориентировкой).

Дальность видимости с высотой полета увеличивается вследствие шарообразности земли. Это видно из табл. 4.

Таблица 4

Дальность видимости

Высота в км	Геометрическая дальность видимости в км	
	без учета рефракции	с учетом рефракции
1	113	120
2	160	168
3	196	207
4	226	238
5	252	265



Однако, как бы ни была прозрачна атмосфера, горизонтальная видимость в воздухе даже в ясный день редко превосходит 100—120 км, а при облачности или дымке дальность видимости составляет около 10—30 км. Только отдельные, наиболее контрастные объекты (реки, озера) просматриваются на гораздо больших расстояниях.

Для современной авиации, работающей часто на больших высотах, имеет значение не только горизонтальная видимость, но и вертикальная.

Объекты земной поверхности (железные дороги, проселочные дороги, отдельные здания, мосты, небольшие речки и т. п.), являющиеся при полете на средних и малых высотах хорошими ориентирами, становятся плохо различимыми и вовсе невидимыми с больших высот. Даже при наблюдении вертикально вниз эти ориентиры редко можно хорошо рассмотреть, так как острота зрения с увеличением высоты резко падает. На рис. 3 приведена схема видимости различных объектов.

В ясную погоду при хорошей видимости различить проселочные дороги, пролегающие в лесу, с высоты 8 000—9 000 м невозможно. Железнодорожная насыпь различается с трудом. Отличить железную дорогу от асфальтированного шоссе и неасфальтированное шоссе от проезжей дороги также трудно. Небольшие железнодорожные станции видны плохо: можно рассмотреть лишь общий их контур. Населенные пункты (большие села, местечки) трудно различимы, а отдельные строения населенных пунктов совсем не видны, так как они сливаются с общим фоном.

Для безошибочного сличения контура малых рек с картой требуется особое внимание наблюдателя. Мосты через небольшие реки видны плохо и выделяются лишь в виде тонкой нити на общем темном фоне воды. Лес виден, как трудно различимые темные пятна. При наблюдении мелких ориентиров экипажу приходится сильно напрягать зрение.

При незначительном ухудшении видимости (дымка) перечисленные выше ориентиры совсем не видны. Таким образом, на высотах 8 000—9 000 м детальная ориентировка, выполняемая только методом визуального наблюдения, практически неосуществима.

Наряду со значительным ухудшением видимости мелких ориентиров с увеличением высоты полета резко возрастает дальность видимости крупных ориентиров (берег моря, реки, озера, города и т. п.). При наличии подобных ориентиров на линии пути или в стороне от нее (в пределах видимости) общую ориентировку сохранять легко.



до 1 000 м—видна в виде блестящей светлой полоски за 50 км и является надежным ориентиром. Эта же река зимой с той же высоты при облачной погоде и небольшом снегопаде может быть едва различимой на расстоянии 2—3 км.

Видимость имеет решающее значение для ориентировки, особенно над местностью, где нет ориентиров или их очень мало. При хорошей видимости (до 20 км) замеченный вдали белый пар паровоза указывает, где проходит железная дорога. При видимости на расстоянии 2—3 км даже небольшое уклонение от маршрута лишает летчика возможности видеть контрольные ориентиры и может привести к потере ориентировки.

## Облака

Продукты конденсации водяного пара в атмосфере (облака, туманы и осадки) являются одним из важнейших метеорологических элементов, определяющих метеообстановку.

В зависимости от характера и состояния облачности выбираются высота полета, строи и порядки, способ бомбометания. В некоторых случаях облачность может сделать вылет невозможным.

Облака являются видимым отображением физических процессов, происходящих в более высоких слоях тропосферы. Количество облаков свидетельствует о запасе влаги в воздухе, форма облаков—о причинах их образования, движение облаков показывает перемещение воздушных масс в верхних слоях.

В некоторых случаях изменения характера облачности являются хорошим признаком изменений погоды в ближайшие часы (до 12—24 часов вперед). Нужно знать основные формы облаков, их внутреннюю структуру и причины их возникновения.

Формы облаков бывают очень разнообразны и зависят от условий их возникновения и от характера продуктов конденсации (облачных элементов), составляющих облако.

По внешнему виду облака можно разделить на три основные группы (формы):

1) кучевообразные—облака, состоящие из отдельных облачных масс, развивающихся вверх и мало распространяющихся в горизонтальном направлении;

2) волнистые—облака, распространяющиеся по горизонтали, но разделенные на нити, волны, валы, маленькие кучки или плиточки, шары и т. д.;

3) слоистообразные—облачные слои в виде равномерной сплошной пелены.

Облака этих трех основных форм могут возникнуть на различных высотах.

В зависимости от высоты облака подразделяются на:

— нижние — на высотах до 2 км;

— средние — на высотах от 2 до 6 км;

— верхние — имеющие нижний предел высоты около 6 км;

— облака вертикального развития — имеющие основание на высоте около 500 м и вершину на высоте более 6 км.

Указанные границы ярусов облаков условные.

Облако получает наименование в зависимости от вида и высоты.

В табл. 5 дана классификация облаков.

Таблица 5

Классификация облаков

Семейство Форма	А	В	С	Вертикаль- ного развития
	Нижний ярус 0—2 км	Средний ярус 2—6 км	Верхний ярус 6 км	
Кучевообразные	1. Кучевые низкие 2. Разорванно-кучевые	Высококучевые, кучевообразные: 1) башенкообразные, 2) хлопьевидные	Перисто-кучевые, кучевообразные	1. Кучевые мощные 2. Кучево-дождевые
Волнистые	1. Слоисто-кучевые 2. Слоистые	Высококучевые	Перисто-кучевые	
Слоистообразные	Слоисто-дождевые	Высокослоистые	1. Перисто-слоистые 2. Перистые	

В начальной стадии развития все облака состоят из мельчайших частиц — водяных капелек или ледяных кристаллов (диаметром меньше 0,05 мм), которые очень легки и поддерживаются в воздухе даже незначительными восходящими движениями его.

В дальнейшем образуются более крупные капли (диаметром 0,05—0,5 мм), которые начинают опускаться вниз с незначительной скоростью падения (морось). Слиянию капель в значительной степени способствуют турбулентные движения воздуха в образовавшемся облаке. Особенно быстрое увеличение элементов облака происходит в период, когда по соседству



имеются переохлажденные капли, которые могут оставаться в жидком состоянии при температурах до  $-20^{\circ}$  и ниже, и ледяные кристаллы. При этом происходит очень быстрый рост ледяных кристаллов и превращение их в снежинки вследствие намерзания на них переохлажденных капель и переноса пара от жидких капель на кристаллы.

Облака, в которых процесс слияния и увеличения капель происходит интенсивно, и особенно облака, состоящие из водяных капель со снежинками, часто дают осадки.

### Кучевообразные облака

Кучевообразные облака возникают в результате вертикальных воздушных потоков в атмосфере (конвекция, динамическая турбулентность).

Когда вертикальные потоки не развиваются сильно или ограничиваются инверсионными слоями, тогда в нижнем ярусе облака не получают достаточного вертикального развития и имеют вид отдельных небольших куч белого цвета, имеющих плоское основание и округленную вершину. В случае наличия инверсионного слоя вершина облака как бы расплывается. Эти облака, называемые кучевыми, обычно появляются над сушей днем при спокойной ясной погоде, к вечеру растекаются и исчезают (рис. 4 и 5).

Кучевые облака состоят из водяных капель и могут давать только мелкие капли мороси, которая наблюдается только под самым основанием облака и не доходит до поверхности земли.

При сильных вертикальных потоках и большой влажности воздуха кучевые облака, развиваясь, переходят в мощные кучевые и кучево-дождевые.

Пока кучевое облако, развиваясь по вертикали, не достигло высоты уровня ледяных кристаллов, оно состоит из одних мелких водяных капелек и осадков не дает. В этом случае оно называется мощным кучевым.

Когда же вершина развивающегося мощного кучевого облака достигает уровня ледяных кристаллов (обычно на высоте около 5 км), здесь происходит быстрый рост последних вследствие слияния с переохлажденными водяными каплями. Ледяные кристаллы начинают падать вниз, увеличиваясь еще более при прохождении сквозь толщу облака. С этого момента облако называется кучево-дождевым, ливневым или грозовым (рис. 6).

Отличительным признаком кучевого облака являются резкие очертания его вершины (похожа на цветную капусту). Иногда



вершина кучево-дождевого облака вытягивается в стороны («наковальня»).

Внутри кучево-дождевого облака имеются беспорядочные сильные вертикальные токи воздуха.

Осадки, выпадающие из кучево-дождевых облаков, называются ливневыми.

Кучево-дождевое облако, сильно развитое по вертикали на несколько километров, состоит из разнородных элементов.



Р и с. 5. Кучевое облако (вид сверху)

В самой верхней его части содержатся только мелкие ледяные кристаллы, в средней части—смесь снежинок с переохлажденными капельками воды; нижняя часть кучево-дождевого облака, где температура воздуха выше  $0^{\circ}$ , состоит из водяных капелек.

Поэтому из средней части облака через нижнюю его часть падают более крупные элементы облака в виде градин или крупных капель. Следовательно, если пробивать кучево-дождевое облако снизу вверх, можно наблюдать следующее: непосредственно под облаком и в самой нижней его части—ливень (иногда град), в средней части—снегопад из крупных хлопьев,

которые постепенно становятся все мельче по мере увеличения высоты, и, наконец, в самой верхней части облака—только мелкие ледяные иглы.

В холодное время года ливневые осадки из кучево-дождевого облака выпадают на землю в виде крупного снега или крупы. В летнее время года у основания кучево-дождевого облака температура  $20-25^{\circ}$ , в средней части—минус  $10-15^{\circ}$ , а у вершины облака—до минус  $40-50^{\circ}$ .

Восходящие потоки в кучево-дождевых облаках могут достигать скорости 35 м/сек. Поэтому полет в кучево-дождевых и мощных кучевых облаках опасен и запрещается.

Развитие кучево-дождевого облака сопровождается грозowymi разрядами.



Рис. 6. Кучево-дождевое грозовое облако с «наковальней»

В случае, когда неустойчивое состояние воздуха и вертикальные потоки наблюдаются только в более высоких слоях, например в среднем ярусе, возникающие кучевообразные облака не бывают мощными вследствие меньшего запаса влаги на этих высотах. Они называются высококучевыми и делятся на башенкообразные (рис. 7) и хлопьевидные. Чаше



всего они наблюдаются летом в утренние часы при спокойной погоде и неполной облачности.

Башенкообразные и хлопьевидные облака являются верным признаком скорого начала грозы.

Если вертикальные потоки возникают на высотах выше 6 км, то образуются кучевообразные облака, состоящие только из ледяных кристаллов. Они называются перисто-кучевыми



Р и с. 7. Башенкообразные облака

и представляют собой маленькие белые комочки, от которых тянутся белые полосы выпадающих осадков. Высококучевые и перисто-кучевые облака осадков, доходящих до земли, не дают.

Кучевообразные облака, за исключением кучево-дождевых, никогда не образуют сплошного облачного покрова,—между ними есть просветы («окна»).

### Волнистые облака

Возникновение волнистых облаков связано с наличием на некоторой высоте инверсии или изотермии. Эти слои задерживают вертикальные движения, возникающие в нижележащем слое воз-

духа. Поднимающийся при этом воздух нижних слоев охлаждается; температура воздуха под слоем инверсии понижается. Одновременно с этим восходящими потоками в вышележащие слои заносится влага, пыль, дым, которые накапливаются под слоем инверсии в виде тонкой пелены, излучающей тепло (при отсутствии солнечного освещения). Излучение ведет к дальнейшему охлаждению воздушного слоя, лежащего под инверсией, и к увеличению в нем относительной влажности. В результате этих процессов под слоем инверсии возникает облако, распространяющееся на большой площади, но мощностью всего лишь в несколько сотен, иногда несколько десятков метров.

Верхняя граница такой облачности при полете над ней имеет вид поверхности моря с застывшими волнами (рис. 8). Снизу она выглядит в виде слоя, состоящего из отдельных пластин, комочков, иногда в виде параллельных валов.

Когда инверсия лежит в нижнем ярусе, то образующиеся под ней волнистые облака называются слоисто-кучевыми (рис. 9).

В случае, когда нижняя граница слоисто-кучевого облака опускается ниже 100 м и наблюдатель с земли не может (вследствие перспективы) различить отдельные валы или кучи в облаке, его называют слоистым.

Из слоистых и слоисто-кучевых облаков могут выпадать осадки в виде мелких капель мороси (диаметром менее 0,5 мм), образующихся вследствие слияния мельчайших капелек. Зимой из этих облаков выпадают мелкие снежинки или ледяные иглы. Сверху слоистые облака выглядят так же, как и слоисто-кучевые.

Если слой инверсии лежит в среднем ярусе, то возникающие под ним волнистые облака носят название высококучевых. Эти облака всегда состоят из переохлажденных водяных капель, не бывают мощными и не дают осадков (рис. 10).

Волнистые облака, расположенные в верхнем ярусе, носят название перисто-кучевых. Они состоят из ледяных кристаллов.

Волнистые облака иногда имеют значительную мощность. Они часто состоят из нескольких слоев, расположенных один над другим.

Полет внутри волнистых облаков сопровождается «болтанкой», но обычно не представляет опасности, за исключением уровней, где наблюдаются температуры около 0°. Здесь есть опасность обледенения самолета. Обледенение может принять опасные размеры при продолжительном полете также и в слоисто-кучевом или слоистом облаке.



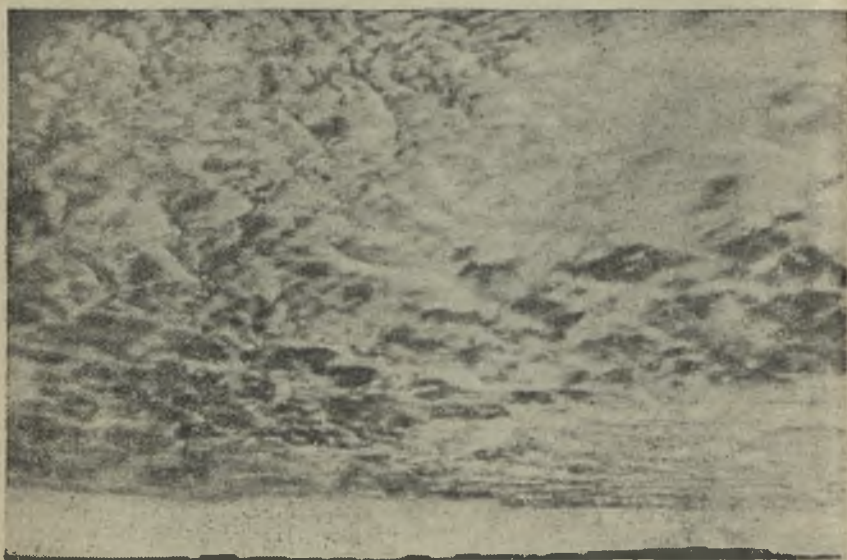
Р и с. 8. Слоисто-кучевое облако (вид сверху)



Р и с. 9. Слоисто-кучевое облако (вид снизу)



При пробивании на самолете слоистых и слоисто-кучевых облаков сверху нужно быть очень осторожным, особенно при небольшой высоте верхней границы облачности (200—400 м), так как эта облачность может достигать земной поверхности.



Р и с. 10. Высококучевые облака (волнистые)

### Слоистообразные облака

Слоистообразные облака возникают при восходящем скольжении более теплого воздуха над очень пологим клином более холодного воздуха; они развиваются в теплом воздухе над холодным. Слоистообразная облачность покрывает сплошным слоем пространство на сотни тысяч квадратных километров (рис. 11).



Р и с. 11. Схема строения слоистообразной облачности



Верхняя граница этих облаков достигает уровня ледяных кристаллов и представляется в виде однообразной белесоватой пелены перисто-слоистых облаков. Они состоят только из ледяных кристаллов и дают световое явление—гало. Так называется радужный круг около солнца или луны, получающийся вследствие преломления световых лучей в ледяных кристаллах.

Облака, лежащие ниже 6 км, но выше 2 км, называются высокослоистыми (рис. 12). Если эти облака опускаются ниже 2 км, то они называются слоисто-дождевыми. Это



Р и с. 12. Высокослоистые облака

очень мощная облачность, начинающаяся в нижнем ярусе и кончающаяся на высоте более 6 км; состоит в нижней части из водяных капелек, в средней части—из смеси капелек со снежинками, в верхней части—из ледяных кристаллов. Такое строение облачности обуславливает выпадение из нее осадков, которые захватывают обычно большие площади, довольно продолжительны и выпадают в виде ровного дождя с каплями диаметром более 0,5 мм или в виде снега. Эти осадки называются обложными.

При полете в слоисто-дождевых и высокослоистых облаках на высотах, где температура ниже 0°, для самолета есть опас-

пость обледенения, принимающего зачастую самые тяжелые и опасные формы.

Иногда обложные осадки выпадают в виде переохлажденного дождя. Это бывает тогда, когда клин холодного воздуха имеет отрицательные температуры, а поднимающийся над ним теплый воздух—положительные. Дождевые капли, падая в холодном воздухе, переохлаждаются. Полет через зону обложного дождя в этом случае опасен вследствие возможности возникновения самого опасного вида обледенения—гололеда.

При температурах выше 0° в холодном клине полет через зону обложных осадков может быть осложнен наличием низких, так называемых разорванно-дождевых облаков, возникающих вследствие насыщения холодного клина воздуха осадками.

В системе слоистообразных облаков трудно провести границу между перисто-слоистыми и высокослоистыми, а также между высокослоистыми и слоисто-дождевыми облаками. Обычно имеется постепенный переход из одной формы в другую. Слоисто-дождевая облачность на картах погоды обозначается тем же значком, что и высокослоистая. Если на высотах выше 7 км возникает перенасыщение ледяными кристаллами, то нередко образуются перистые облака (нежные облака белого цвета в виде волокон, перьев или отдельных нитей и полос).

## Влияние облачности на полет самолета

Облачность влияет на технику пилотирования, иногда вынуждая лететь внутри облака, а также на тактику авиации. В зависимости от облачности может видоизменяться постановка летно-боевого задания или метод его выполнения.

Форма облаков, их разновидность, высота, а также последовательность в смене одних форм другими служат хорошими местными признаками предстоящей погоды. Поэтому для работников аэрометеорологических станций, а также и для летного состава отдельные разновидности облачных форм могут дать ценные указания об ожидаемых изменениях погоды.

Влияние облачности на пилотирование самолета сказывается различно в случае полета под облаками, над облаками или в облаках. Режим полета и условия ориентировки в указанных трех случаях тоже различны.

Полет под облаками. Как по технике пилотирования, так и в отношении ориентировки наиболее прост полет под облаками высоких форм. Низкие облака, находящиеся на высоте

200—300 м, сильно ограничивают обзор; поэтому ориентировка в полете под такими облаками значительно труднее, чем при полете под облаками средних высот.

При наличии возвышенностей по пути полета облака на высоте 200—300 и даже 500—600 м могут не только затруднить, но и сделать невыполнимым полет под облаками. Например, при высоте облаков 500 м лететь придется на высоте 400—450 м, облака же могут снизиться до 300 м и на пути могут встретиться возвышенности или препятствия, с которыми самолет может столкнуться.

Полет над облаками по технике ничем не отличается от полета под облаками, ориентировка же значительно труднее. Визуальная ориентировка над облаками возможна только при облачности не более 5—6 баллов. При облачности 7—8 баллов визуальная ориентировка затруднена, но все же измерение углов сноса в «окна» облаков возможно, что обеспечивает контроль пути. При полной или почти полной облачности (9—10 баллов) полет выполняется только по приборам. При длительном полете над сплошной облачностью ориентировка возможна только при помощи астрономических наблюдений или радио.

Полет в облаках наиболее труден, так как при этом необходимо применять особые приемы пилотирования.

До тех пор пока летчик видит землю, облака, небесные светила, он ориентируется в своем положении относительно земли. Однако чувство осязания иногда создает ложные представления относительно положения самолета. Так, например, на глубоких виражах летчик видит, что самолет наклонен к горизонту. Наряду с этим он чувствует, что его прижимает к сиденью, т. е. «вниз». Это чувство иногда оказывается сильнее зрительного впечатления, и летчику кажется, что самолет имеет нормальное положение, а горизонт наклонен.

Если летчик не видит ничего вне самолета, он не может судить об относительном положении самолета. Другие восприятия (давление на ту или иную часть тела, задувания, свист растяжек) создают часто неверные представления о положении самолета.

Поэтому при отсутствии видимости каких-либо объектов приходится вести самолет по приборам. К приборам, служащим для ориентировки и сохранения необходимого положения самолета в пространстве, относятся: высотомер, указатель скорости, авиагоризонт, указатель поворота, поперечный и продольный уклонометры, вариометр, гиropолукомпас и др.

Пользуясь показаниями этих приборов, можно лететь в облаках, тумане, темной ночью. Такой полет называется слепым



полетом. Следить за показаниями многих приборов и быстро реагировать на них возможно только при условии хорошей предварительной тренировки.

Ориентировка в слепом полете труднее, чем в полете над сплошными облаками, так как в первом случае можно пользоваться только счислением пути по времени и радиоориентировкой, тогда как в полете над облаками можно, кроме того, применять астрономическую ориентировку. В отдельных случаях характер верхней границы облачного слоя может указывать на характер местности под облаками; изменение характера облаков может указать на изменившийся характер местности.

Полет в облаках разных форм протекает различно. Наиболее труден и опасен полет в облаках вертикального строения, особенно в кучево-дождевых, вследствие сильной турбулентности и больших скоростей вертикальных потоков воздуха в них. Пролетая вблизи такого облака, самолет может быть втянут в область вихревого движения или быстро потерять высоту. Кроме того, кучево-дождевые облака представляют часто значительную опасность для полета в них вследствие гроз и возможности обледенения.

Другие формы облаков, со слабой турбулентностью, опасны для полета только потому, что возможно обледенение самолета.

Степень покрытия облачностью небосклона (полная облачность—пасмурно, облачно, отсутствие облаков—ясно), а также состояние погоды являются элементами, обуславливающими возможность выполнения летно-боевого задания. Погода, допускающая выполнение летно-боевых заданий, называется летной погодой. Очевидно, что для разных видов авиации летная погода будет различной.

Рассмотрим различные типы облачности.

1. Облака нижнего яруса (слоистые, слоисто-кучевые, разорванно-слоистые, кучевые) и среднего яруса (высокослоистые, высококучевые) в 5—8 баллов. Эти формы облачности наиболее благоприятствуют бомбардировочным полетам. При полете над этими облаками достигается достаточная маскировка самолетов от наземного наблюдения. Вместе с тем облака могут быть использованы как укрытие при воздушном бое; боевые порядки при этом потребуют соответствующего рассредоточения. Высота полета может быть снижена до уровня верхней границы облаков, что может повысить точность бомбометания. Полет бомбардировщиков над такой облачностью затрудняет вести по ним огонь зенитной артиллерии.



2. Облака среднего яруса с разрывами (высококучевые) также облегчают бомбардировщикам выполнение задания, так как в этом случае истребители не могут маскироваться от идущих выше них бомбардировщиков. Для работы разведывательной авиации рассматриваемые формы облачности могут быть благоприятны при облачности не более 5—6 баллов.

3. Сплошные или почти сплошные низкие (слоистые, слоисто-кучевые) или средние (высокослоистые, высококучевые) облака. Если сплошной слой облаков пробиваем, т. е. верхняя граница облаков ниже потолка самолета и условия температуры и влажности не создают угрозы обледенения, возможен полет одиночных самолетов или небольших групп на разомкнутых интервалах и дистанциях. Если сплошной слой облаков непробиваем, то полет вообще невозможен (при невозможности, по условиям обстановки и задания, лететь под облаками). Для штурмовой авиации слоистые и слоисто-кучевые облака на высоте 300—500 м могут служить хорошим укрытием от истребителей противника.

4. Облачность менее 5 баллов любых форм, т. е. по существу ясная погода, представляющая наиболее простые условия для аэронавигации, мало благоприятна для выполнения боевых заданий с точки зрения тактики.

Облака рассмотренных форм обычно занимают ограниченные пространства. Поэтому трудно предполагать, чтобы на протяжении всего маршрута полета облака имели один и тот же характер. Обычно на маршруте встречаются сплошные и разорванные облака или безоблачное небо. При длительном полете даже в однородной воздушной массе тип облаков может резко изменяться вследствие суточного хода.

Условия полета в облаках различных форм представлены в табл. 6.

## Осадки

Наличие и вид осадков дают возможность определить форму и мощность облачности, находящейся над местом наблюдений.

Ливневые осадки, характеризующиеся или крупными каплями, падающими с большой скоростью, или крупным снегом, обычно захватывают небольшие площади и продолжаются недолго—10—15 минут, иногда до 1 часа; летом при термической конвекции ливень может продолжаться и больше часа. Часто сопровождается грозowymi разрядами. Выпадение крупнокапельного дождя (или крупного снега) указывает, что над данным районом находится кучево-дождевое облако.

Обложные осадки (ровный дождь или снег, капли средней величины) указывают на наличие облаков восходящего сколь-

## Условия полета в облаках

Форма облаков	Высота	Горизонтальное протяжение	Турбулентность	Осадки	Видимость в облаках	Примечание
Кучевые	600—1 200 м	Занимают большие районы; площадь отдельных кучевых облаков не более 2 000 м <sup>2</sup>	Значительная	Нет	20—40 м	
Кучеводождевые	8 км и выше до высот стратосферы	Несколько километров	Значительная Скорость восходящих потоков, у основания облака — облака — дождь и около 4 м/сек, у снежной «наковальни» — 8 м/сек и выше, внутри «наковальни» — 4 м/сек	Внутри «наковальни» — крупная, в нижней части — дождь и снег	10—20 м. Внутри «наковальни» видимости нет	Не исключены возможности обледенения
Слоистые	До 1—2 км	Несколько сот километров	Незначительная	Нет	10—50 км	Большая вероятность обледенения при температурах от —1° до —10°
Слоистодождевые	До 7 км	До 1 000 км	Незначительная	Дождь или снег	10—80 м	Возможно обледенение
Высоко-слоистые	До 7 км	До 1 000 км	Незначительная	Дождь или снег, до земли не доходит		

жения, верхняя граница которых может лежать очень высоко (выше 6 км).

Обложные осадки захватывают большие площади и бывают продолжительными (до нескольких суток). Они настолько увлажняют почву и нижний слой воздуха, что в последнем возникают низкие, бесформенные, разорванные облака (типа разорванно-кучевых), которые называются разорванно-дождевыми. Эти облака иногда могут сливаться в почти сплошной низкий (около 50 м) слой, сильно осложняющий полет.

Морозящие осадки (или, как говорят, морось), состоящие из мельчайших капелек (или мелких снежных зерен), оседающих без шума, медленно выпадают (как бы оседают) из очень низких слоистых облаков или из тумана. Толщина облачности при этом—обычно только несколько сот метров. О мощности облака можно судить также по интенсивности осадков.

### **Влияние осадков на работу авиации**

В подавляющем большинстве случаев осадки не имеют решающего значения для выполнения боевого полета. При наличии осадков погода может быть нелетной не столько из-за самих осадков, сколько вследствие других сопутствующих явлений (низкая облачность, плохая видимость, возможность обледенения). Осадки непосредственно влияют на видимость, уменьшая ее до 1 км и ниже, увеличивают возможность обледенения самолета, ухудшают состояние аэродромов и отражаются на самочувствии экипажа.

Осадки разных типов оказывают различное влияние на работу авиации.

Обложной дождь наблюдается обычно в зоне шириной около 300 км. При обложном дожде видимость ухудшается, доходя иногда до 1 км; низкая сплошная облачность имеет значительную толщину (слоистая и слоисто-дождевая). Чтобы избежать слепого полета, лететь приходится на высоте 200—300 м. Пройти зону обложного дождя все же возможно.

Обложные снегопады еще более затрудняют полет.

Препятствием к пробиванию зоны обложных осадков является обледенение. Оно происходит обычно, когда самолет попадает в зону переохлажденного дождя. Наличие мокрого снега в переохлажденном дожде еще больше увеличивает опасность обледенения.

Морось также ухудшает видимость, часто еще больше, чем обложной дождь. Иногда морозящий дождь сопровождается туманом, тогда полет может стать невозможным. Зона морозящего

дождя нередко бывает значительно обширнее зоны обложного дождя. При слабом морозящем дожде полет возможен, но и в этом случае бывают низкие сплошные слоистые облака высотой 300—600 м (мелкий дождь, выпадающий из высокослсистых облаков и иногда ошибочно принимаемый за морозящий, имеет другие свойства). Морозящий дождь создает опасность обледенения при инверсии с переходом температуры через  $0^{\circ}$  и при наличии облачного слоя выше слоя инверсии.

Таким образом, зона с низкой облачностью, переходящей в туман, и морозящим дождем делает условия полета более тяжелыми, чем зона обложного дождя.

Ливни не препятствуют полету, так как самолет быстро пересекает ливневые зоны, не имеющие большого протяжения, хотя видимость при этом значительно падает.

Осадки из конвективных облаков могут представлять опасность обледенения лишь в случае, если самолет летит в непосредственной близости к облачному слою.

Осадки затрудняют управление самолетом, особенно открытым, и работу штурмана. Капли дождя и хлопья снега забивают козырек кабины летчика, а также очки экипажа открытого самолета. Кроме того, попадая на лицо, капли дождя причиняют колющую боль; град может причинить ранения.

---



## КАРТА ПОГОДЫ

### Служба погоды

Метеорологические станции организованы на территории различных стран для наблюдения за ветром, облачностью, температурой воздуха, влажностью и атмосферным давлением. Наблюдения ведутся регулярно, изо дня в день, в определенные часы (обычно четыре раза в сутки). Некоторые станции производят наблюдения через каждые 1—2 часа. Результаты наблюдений метеорологических станций по телеграфу или радио передаются в центры службы погоды. Из этих центров данные о погоде в виде сводок передаются по радио также в определенные сроки.

Метеорологические наблюдения, произведенные в один определенный час, могут быть нанесены на бланк географической карты особыми условными значками. Такие карты называются картами погоды или синоптическими картами.

Синоптическая карта является основой для определения состояния погоды и ее ближайших изменений.

Для того чтобы на синоптической карте можно было легко выяснить погоду в любом пункте, все сведения, сообщаемые в телеграмме или в сводке, наносятся условными значками или цифрами около этого пункта в строго определенном порядке.

Каждая метеостанция, наблюдения которой наносятся на карту, обозначается на ней кружком. Вокруг кружка располагаются условные значки. В таблице (см. приложение 1) дана схема расположения метеоэлементов около пункта. В этой схеме каждый метеоэлемент обозначается одной или несколькими одинаковыми буквами. Значки располагаются тремя вертикальными столбцами. Стрелки указывают на те части таблицы (обведенные рамкой), где надо искать объяснения значений букв соответствующего столбца и тех значков или цифр, которые стоят на месте этих букв на синоптической карте.

Как видно из схемы, столбец налево содержит сведения о температуре воздуха, характере погоды в момент наблюдения, види-

мости и относительной влажности; здесь же помещена стрелка, указывающая направление (откуда дует) и силу ветра.

В среднем столбце, проходящем через кружок, обозначающий станцию, сосредоточены сведения об облаках.

В столбце направо помещаются сведения об атмосферном давлении, барометрической тенденции и о характере погоды между сроками наблюдений.

Три цифры давления указывают десятки, единицы и десятые доли миллибара. Для прочтения давления полностью надо к этой цифре приписать слева цифру 10 или 9 и последнюю цифру справа отделить запятой. Можно пользоваться следующим правилом: если число, стоящее на месте *BBB*, более 500, то слева приписывается цифра 9, если же меньше 500, то приписывается цифра 10. Исключения из этого правила очень редки.

Данные наблюдения, нанесенные на карту, следующие. В момент наблюдения дул юго-западный ветер в 5 баллов, порывистый (на что указывается обычно галочкой, стоящей сзади конца стрелки); температура  $-1^{\circ}$ ; видимость от 4 до 10 км; влажность 80—89%; общая облачность—небольшие просветы; нижние облака—5 баллов, слоисто-кучевые, высотой 600—1 000 м; облака среднего яруса—высококучевые и верхнего—перисто-кучевые; давление 1016,5 мб; барометрическая тенденция показывает, что за 3 часа давление уменьшилось на 0,4 мб, причем давление падало, а в момент наблюдения стало устойчивым; в промежутке между наблюдениями был снег, причем снег шел в течение последнего часа (значок характеристики погоды в момент наблюдения).

## Классификация воздушных масс

На синоптических картах часто наблюдаются обширные районы, во всех пунктах которых погода имеет почти одинаковый характер, т. е. при горизонтальном перемещении воздушных масс в таком районе можно наблюдать небольшие изменения метеорологических элементов. При переходе же из одного района в другой (соседний) все элементы погоды резко изменяются, а в пределах последнего они опять будут мало изменяться в горизонтальном направлении.

Например, на карте за 12/IX (см. приложение 2) видно, что в широкой полосе, тянущейся от Черного моря и Кавказа через центральные районы до Архангельска, наблюдались температуры 24—28°, небольшая облачность среднего и верхнего ярусов, местами небольшая кучевообразная облачность, относительная влажность 20—40%, преимущественно южные ветры.

К западу от этого района (левее зубчатой линии) на обширной площади погода также почти однообразна, но отлична от погоды в первом районе. Здесь наблюдались температуры только 12—17°, ветры юго-западные, облачность более значительная и более низкая, относительная влажность 70—90%.

Объясняется это тем, что над двумя смежными районами располагаются различные воздушные массы, отличающиеся одна от другой физическими свойствами.

Воздушные массы—это огромные объемы воздуха, характеризующиеся однородностью физических свойств (температура, влажность). Они могут простираться вверх до стратосферы и распространяться в горизонтальном направлении на расстояние тысяч километров. Воздушные массы отделяются одна от другой сравнительно очень узкими переходными зонами, так называемыми фронтами.

Температура и влажность нижних слоев воздушной массы зависят от температуры и влажности земной поверхности под ней (подстилающей поверхности). Это воздействие тем значительнее и тем на большую толщу воздушной массы простирается, чем дольше остается воздушная масса над одной и той же подстилающей земной поверхностью. Очевидно, что воздушная масса, пришедшая из Арктики, значительно отличается от воздушной массы, находившейся долгое время в районе субтропиков. В умеренном поясе, в котором почти целиком лежат Европа и Советский Союз, часто наблюдаются значительные перемещения воздушных масс, весьма отличающихся одна от другой своими физическими свойствами. Эти передвижения воздушных масс сильно влияют на изменения погоды. Этим объясняется, например, часто наблюдаемое среди зимы значительное потепление при пасмурном небе или значительное похолодание среди лета в солнечный день.

Зная географический район, откуда воздушная масса движется, можно до некоторой степени судить о ее физических свойствах и их распределении с высотой. Отсюда вытекает необходимость классифицировать воздушные массы по их географическому происхождению.

Кроме непосредственного воздействия подстилающей поверхности, изменение температуры воздуха (а вместе с ней и относительной влажности) зависит от вертикальных движений внутри воздушных масс. Поэтому воздушные массы классифицируют по признаку отсутствия или наличия в них вертикальных движений, а именно, воздушные массы делятся на устойчивые и неустойчивые.



## Устойчивая воздушная масса (УМ)

Воздушная масса, в которой условия для возникновения вертикальных движений воздуха неблагоприятны, называется устойчивой.

Устойчивой воздушная масса становится тогда, когда она находится или движется над более холодной подстилающей поверхностью. В этом случае приземный слой воздуха охлаждается, становится тяжелым и может подниматься вверх очень медленно.

Над континентом наиболее благоприятное время года для образования устойчивой массы—зима, время суток—ночь.

Примером образования устойчивой массы может служить воздушная масса, перемещающаяся зимой с теплого моря на холодный континент или в обратном направлении—летом.

При образовании устойчивой массы охлаждается ее приземный слой, вследствие чего в последнем наблюдается конденсация водяного пара.

Охлаждение приземного слоя может вызвать развитие слоев инверсии на некоторой высоте. Следовательно, внутри устойчивой массы должны наблюдаться туманы, волнистые облака (слоистые и слоисто-кучевые) и морозящие осадки. Они могут занимать довольно большие площади, например всю Украину, держаться при больших скоростях ветра и поэтому значительно затрудняют работу авиации.

Если воздушная масса обладает небольшим запасом влаги или понижение температуры недостаточно для доведения относительной влажности до степени насыщения, то конденсации может и не быть. Тогда будет ясная погода. Но и в этом случае видимость в приземном слое обычно бывает плохая. Эта приземная дымка в устойчивой массе сильно ухудшает видимость земли с воздуха, в то время как самолет с земли бывает виден хорошо.

На синоптической карте районы, занятые устойчивой воздушной массой, отыскиваются по условным обозначениям туманов, мороси и слоистых облаков.

## Неустойчивая воздушная масса (НМ)

Воздушная масса, в которой условия для возникновения вертикальных движений воздуха благоприятны, называется неустойчивой.

Неустойчивой воздушная масса становится тогда, когда она находится или движется над более теплой подстилающей поверхностью. В этом случае приземный слой воздуха нагревается и теплый воздух поднимается вверх; при этом воздух верхних холодных слоев опускается вниз.



Для образования неустойчивой массы над континентом благоприятное время года—лето, время суток—день.

Примером неустойчивой массы является воздушная масса, перемещающаяся зимой с холодного континента на море или в обратном направлении—летом. Так как воздух нижних слоев неустойчивой массы нагревается, то конденсации в нем не будет, поэтому туманов и мороси здесь не возникает.

Конденсация в НМ будет происходить вверху, там, где охлаждается поднимающийся воздух. Образующиеся таким образом облака приобретают форму кучевообразных. Между кучевыми облаками всегда имеются просветы, так как наряду с восходящими имеются и нисходящие потоки воздуха.

Интенсивность развития кучевых облаков зависит от силы восходящих потоков и от количества влаги, содержащейся в поднимающемся воздухе.

Если подстилающая поверхность немного теплее воздушной массы и воздух содержит мало водяного пара, то восходящие потоки развиваются слабо. Это характерные признаки обычно хорошего летнего дня. После ясного утра, часов около 10, начинают образовываться небольшие кучевые облака, к полудню они немного увеличиваются и к вечеру исчезают, так как ослабевают и прекращается солнечный нагрев. Когда воздух очень сухой, то облака не образуются даже при сильных вертикальных движениях воздуха. Так бывает, например, летом в Средней Азии.

Если воздушная масса обладает большим запасом влаги и подстилающая поверхность значительно теплее ее, то создаются условия, благоприятные для развития мощных восходящих потоков. В этом случае кучевые облака развиваются в мощные кучевые и иногда превращаются в кучево-дождевые (грозовые, ливневые). Из них выпадают ливневые осадки, часто сопровождаемые грозовыми разрядами.

Видимость в нижних и средних слоях НМ обычно хороша, так как вертикальными потоками пыль и дым переносятся в более высокие слои и рассеиваются. В связи с этим в верхних слоях видимость несколько ухудшается. Наличие вертикальных движений воздуха вызывает «болтанку» самолета при полете в НМ. В остальном же условия погоды НМ не представляют больших затруднений для перелетов, так как отдельные кучево-дождевые облака и грозы не занимают больших пространств и их можно легко обойти.

На синоптической карте районы, занятые НМ, отыскиваются по условным обозначениям кучевых и кучево-дождевых облаков, ливневых осадков и гроз.

Необходимо знать, что устойчивость или неустойчивость воздушной массы не является ее постоянным свойством.

Например, одна и та же воздушная масса ночью будет устойчивой, а днем, с началом солнечного нагрева, станет неустойчивой. Это обстоятельство необходимо учитывать при полете летом в утренние часы, когда прогноз предусматривает ясную погоду с отдельными поземными туманами; в течение же дня состояние погоды может значительно измениться вследствие развития кучевой и кучево-дождевой облачности.

## Географическая классификация воздушных масс

Соответственно географическому происхождению воздушных масс различают тропический, арктический и полярный (переходный, умеренных широт) воздух. Кроме того, все воздушные массы делятся на морские и континентальные в зависимости от того, море или континент являлись подстилающей поверхностью воздушной массы за последние дни. Так, различается тропический морской и тропический континентальный, арктический морской и арктический континентальный, морской полярный и континентальный полярный воздух.

Морской тропический воздух (мТВ) на европейскую территорию СССР чаще всего приходит со Средиземного моря через Южную Европу, Балканы, иногда через Черное море. Этот воздух обладает большими запасами влаги (большая абсолютная влажность) и хорошо прогреет.

Попадая к нам в зимнее время года на холодный континент (снеговой покров), этот воздух, являясь устойчивой воздушной массой, создает оттепель—сырую погоду с туманами, морозящими осадками, низкими слоистыми облаками и сильными ветрами, преимущественно южных и юго-западных направлений. При вторжениях мТВ зимой температура воздуха над Украиной повышается до  $+5^{\circ}$ , иногда до  $+9^{\circ}$ .

В летнее время мТВ становится неустойчивой массой, в нем развиваются кучево-дождевые облака с ливневыми осадками и грозами.

Континентальный тропический воздух (кТВ) формируется над пустынями Северной Африки, Аравии и Малой Азии. В летнее время года кТВ образуется также в южных районах Европы и СССР (Украина, Северный Кавказ, низовья Волги, Казахстан, Средняя Азия).

Континентальный тропический воздух сильно прогреет, причем наибольшему нагреванию подвергаются его нижние слои, что ведет к увеличению неустойчивости. Абсолютная влажность кТВ

высокая (иногда более 10 г), но при высоких температурах (35—40°) его относительная влажность оказывается очень небольшой. Континентальный тропический воздух запылен до большой высоты (4—5 км).

Неустойчивость кТВ при наличии большой абсолютной влажности ведет к развитию в дневные и вечерние часы кучевых облаков, а иногда и гроз.

Осенью и весной кТВ, двигаясь к северу и попадая на более холодную подстилающую поверхность, становится устойчивой воздушной массой, и в нем могут наблюдаться туманы и осадки. Значительное помутнение кТВ является также его отличительным признаком. В районах формирования кТВ бывают песчаные бури, которые загрязняют воздух большим количеством пыли. Видимость при этом ухудшается, небо становится белесоватым.

Континентальный арктический воздух (кАВ) формируется над ледяными полями Арктики. Поэтому в районах своего формирования кАВ обладает следующими свойствами: температуры приземных слоев низкие, но до высоты 1—2 км обычно наблюдается инверсия, и воздух очень устойчив. При низких температурах в кАВ может содержаться очень мало водяного пара, следовательно, абсолютная влажность его мала (в среднем от 1 до 5 г), относительная влажность—высока. В Арктике нет источников запыления, поэтому кАВ очень чист и прозрачен.

При своем продвижении к югу, в умеренные широты, в теплое время года кАВ, попадая на более теплую подстилающую поверхность, становится неустойчивой воздушной массой (в дневные часы). Но так как запас влаги в нем очень мал, то при восходящих потоках обычно образуется только небольшая кучевая облачность или бывает ясная погода. Мощные кучевые облака и ливневые осадки бывают очень редко.

В зимнее время года, опускаясь в умеренные широты, кАВ проходит над континентом, покрытым снегом. В прозрачном арктическом воздухе поверхность земли начинает сильно излучать тепло и охлаждается. Таким образом, кАВ как бы вступает на более холодную подстилающую поверхность и становится устойчивой воздушной массой, обуславливая ясную, сильно морозную погоду. Как в устойчивой воздушной массе, конденсация пара происходит вблизи земной поверхности; при этом образуются ледяные иглы и морозная дымка (туман не образуется вследствие малого содержания влаги).

Морской арктический воздух (мАВ)—воздушные массы, долгое время находившиеся над ледяными полями Гренландии и Шпицбергена. В этих районах он обладает такими же свойствами, как и кАВ (низкие температуры, устойчивость, про-



зрачность). При движении к югу, в умеренные широты, этот воздух пересекает северную часть Атлантического океана (Норвежское море), где проходит над теплым течением Гольфстрим, благодаря которому в районах к северо-западу и северу от Скандинавии море не замерзает круглый год. Проходя над сравнительно теплыми водными пространствами, арктический воздух нагревается в нижних слоях, абсолютная влажность воздуха увеличивается, и он приобретает свойства морского воздуха. Когда нижние слои мАВ нагреются, он становится очень неустойчивым. Характерной особенностью погоды в мАВ является резко меняющаяся по количеству облачность, причем в течение дня периоды прояснений часто сменяются сильными кратковременными снегопадами.

На европейскую территорию СССР мАВ приходит обычно с северо-запада через Скандинавию или Белое море, иногда через Западную Европу.

В холодное время года мАВ при движении к юго-востоку сохраняет свою неустойчивость только над Скандинавией и Западной Европой. Перемещаясь над территорией СССР, покрытой снежным покровом, он постепенно охлаждается и становится устойчивым. При ясном небе нижние слои этой устойчивой воздушной массы охлаждаются вследствие излучения подстилающей поверхности до минус 20—25°, и так как запас влаги в мАВ больше, чем в кАВ, то нередко образуются туманы и сплошные слоистые облака.

Весной и осенью мАВ, приходя на территорию СССР, на более теплую подстилающую поверхность, становится еще более неустойчивым. При вторжении мАВ всегда образуются мощные кучевые и кучево-дождевые облака, а также идут кратковременные ливни, сопровождаемые иногда шквалами и грозами. Принимая решение на полет в районе, занятом мАВ, необходимо учитывать его свойства и не принимать во внимание кратковременных прояснений. Такая переменчивая погода наблюдается обычно днем, ночью же в прозрачном мАВ земная поверхность сильно охлаждается, воздух становится устойчивым и обычно наблюдается ясная морозная погода.

Дойдя до южных широт, морской арктический воздух постепенно прогревается, теряет свои отличительные свойства, переходит в полярный воздух (умеренных широт), а иногда в тропический (при вторжении в более южные области).

Низкие температуры воздуха в центральных и южных районах СССР в мае и начале июня связаны обычно с вторжением арктического воздуха, причем в ясные ночи температура может понижаться до минус 5—7°. Это необходимо учитывать и не



оставлять воду в радиаторах, особенно в самолетах, стоящих ночью под открытым небом.

Полярный воздух (ПВ)—воздушные массы, длительное время находившиеся в обширной зоне, лежащей примерно между 45 и 70° северной широты (умеренный пояс); поэтому ПВ часто называют воздухом умеренных широт или переходным. Полярный воздух—это обычно массы арктического (а в верхних слоях—и тропического) воздуха, проникшие в умеренные широты и в новых условиях подстилающей поверхности изменившие свои первоначальные свойства. Так как пространство, занимаемое умеренным поясом, очень обширно и более северные районы его находятся в других условиях солнечного освещения, чем южные районы (Украина и Ленинградская область), то и полярный воздух является неоднородной воздушной массой в горизонтальном направлении. Кроме того, различается ПВ, сравнительно недавно (несколько дней) образовавшийся из арктического, и ПВ, уже долгое время находившийся в умеренных широтах, особенно тот, который некоторое время был в южных районах умеренного пояса. Такой ПВ,двигающийся затем обратно к северу, называют возвращающимся.

Морской полярный воздух (мПВ)—воздушная масса, длительное время находившаяся над Атлантическим океаном в умеренных широтах.

В летнее время года мПВ, попадая на нагретый континент, становится неустойчивой воздушной массой; он приносит с собой ливневые осадки, грозы, похолодание.

Свежий морской полярный воздух—воздушная масса, приходящая в Европу с запада или северо-запада. При движении над теплыми течениями Атлантического океана этот воздух нагревается и насыщается влагой в нижних слоях; верхние же слои нагреваться не успевают, вследствие чего этот воздух очень неустойчив. Вторжения свежего мПВ на Европейский континент сопровождаются образованием кучево-дождевых облаков, ливневых осадков и гроз. При этом первоначальная неустойчивость свежего мПВ бывает настолько велика, что она сохраняется первые дни над Западной Европой даже в зимнее время, когда воздух попадает на более холодный континент, и доходит даже до территории СССР. Эта неустойчивость свежего мПВ зимой выражается образованием облаков типа плоских кучевых и разорванно-слоистых. Количество облаков при этом быстро изменяется от почти полных прояснений до облачности в 10 баллов, а временами проходят кратковременные снегопады (часто со шквалами).

Возвращающийся морской полярный воздух—воздушная масса, которая приходит в Европу с юго-запада.

Долгое пребывание этих воздушных масс над более южными районами Атлантики ведет к значительному прогреванию толщи мПВ. Таким образом, возвращающийся мПВ приходит в Западную Европу уже как устойчивая воздушная масса. Летом в нем наблюдаются преимущественно волнистые облака. Зимой при значительном охлаждении континента вторжения возвращающегося мПВ сопровождаются образованием туманов, мороси, низких слоистых облаков.

На территорию СССР мПВ приходит после того, как он пройдет над материком Западной Европы, так что свойства его, характерные для морского воздуха, уже менее резко выражены. Далее мПВ окончательно теряет свойства морского воздуха и переходит в континентальный полярный воздух. Летом это выражается в повышении температуры, уменьшении относительной влажности, уменьшении облачности, зимой—в понижении температуры, увеличении туманов.

Континентальный полярный воздух (кПВ)—формируется над СССР и Западной Европой из масс арктического или морского полярного воздуха, пришедших сюда и подвергшихся влиянию подстилающей поверхности.

В умеренном поясе степень нагревания земли солнечными лучами значительно колеблется в зависимости от времени года; с этим связаны значительные изменения температуры подстилающей поверхности.

Летом кПВ является неустойчивой воздушной массой. В дневные часы в нем развиваются восходящие потоки, и если кПВ образовался из пришедшего мПВ, т. е. обладает запасом влаги, то развиваются кучевые и кучево-дождевые облака с ливневыми осадками и так называемыми тепловыми грозами. Если же кПВ образовался из арктического воздуха, то в районе, где он находится, преобладает безоблачная погода или имеются только небольшие плоские кучевые облака. Абсолютная влажность в такой воздушной массе незначительна, а относительная при нагревании резко падает. Поэтому длительное пребывание такого воздуха над одним и тем же районом создает губительные засухи. При сильном перегреве в более южных районах кПВ по своим свойствам начинает приближаться к кТВ.

Зимой кПВ является устойчивой воздушной массой. Если кПВ арктического происхождения, то в районе его нахождения наблюдается ясная, сильно морозная погода. Такая погода часто наблюдается зимой в Сибири.

При выхолаживании же кПВ, образовавшегося из мПВ или мАВ, вследствие значительного количества влаги, приносимой этими воздушными массами, легко возникают радиационные ту-

маны и низкие слоистые облака (инверсионные). Это чаще наблюдается над европейской территорией СССР.

Следовательно, можно сделать вывод, что воздушные массы не остаются постоянными. При охлаждении подстилающей поверхности неустойчивая воздушная масса переходит в устойчивую; морской воздух может переходить в континентальный, и наоборот; полярный или арктический воздух, попадая в южные широты, приобретает свойства тропического, и т. д.

Ясно, что арктический воздух в Ленинградской области будет иметь одни свойства, а распространившись до Кавказа, часть его свойств изменится. Точно так же можно сказать, что континентальный полярный воздух, находясь над европейской частью СССР, имеет несколько иные свойства, чем над Сибирью и Дальним Востоком.

При рассмотрении синоптических карт и анализе физических свойств воздушных масс надо помнить об этих перерождениях и обязательно учитывать географическое положение района, в котором предполагается полет и для которого дается прогноз погоды.

## Барические системы

Для наглядного представления о распределении атмосферного давления прибегают к следующему методу: места с одинаковыми значениями давления воздуха соединяют линиями, так называемыми **изобарами**.

Изобары проводятся (подобно горизонталям) по ступеням, обычно через каждые 5 мб для значений давления, кратных 5, например 990, 995, 1 000, 1 005 и т. д. На концах изобар надписывается давление, при котором проводится данная изобара (см. карты в приложениях).

Между направлением изобар и направлением ветра имеется связь.



Рис. 13. Связь между изобарами и направлением ветра



Пусть в какой-то момент времени на некотором участке земной поверхности давление распределилось так, как показано двумя изобарами на рис. 13. При рассмотрении различных направлений от какой-либо точки *O* в сторону падения давления легко обнаружить, что наиболее быстро давление падает по линии, перпендикулярной к направлению двух соседних изобар. Это направление называется направлением барического градиента.

В северном полушарии ветер у земли дует под углом к изобаре в сторону убывания давления, отклоняясь вправо от направления градиента на некоторый угол, величина которого колеблется в среднем от 30 до 60°, в зависимости от величины трения воздуха о земную поверхность. На высоте же около 500—1000 м, где трение практически исчезает, ветер дует параллельно изобарам, причем область более низкого давления остается справа.

Таким образом, изобары на карте являются не только линиями, соединяющими точки с одинаковым давлением и показывающими его распределение, но также и линиями, показывающими направление ветра на высоте 500—1000 м<sup>1</sup>.

После проведения изобар на карте обнаруживаются два основных типа распределения атмосферного давления—барические системы (рис. 14):

1. Области, в центре которых давление наименьшее (для этой области), а к периферии повышается; такие области называются депрессиями или циклонами. В центре их ставится буква *H*.

2. Области, в центре которых давление наибольшее (для этой области), а к периферии понижается; такие области называются максимумами или антициклонами. В центре их ставится буква *B*.

В области циклона барический градиент направлен от периферии к центру, и приземные ветры (указываются на картах стрелками по направлению ветра), отклоняясь вправо от градиента, образуют вихрь, вращающийся вокруг центра против часовой стрелки.

В циклоне (в нижних слоях) воздушные массы стекаются от периферии к центру. С разных сторон к центру циклона притекают воздушные массы различных физических свойств. Более теплые массы воздуха поднимаются над холодными. Между тем там, где воздушные массы поднимаются, образуется

<sup>1</sup> На высотах более 1000 м ветер также дует вдоль изобар, но только изобары должны быть проведены для соответствующего уровня. Эти высотные изобары обычно не совпадают с изобарами на уровне моря, которые нанесены на синоптическую карту.



облачность; поэтому погода в циклоне обычно бывает пасмурная, с осадками. Зимой при прохождении циклона наблюдается потепление, летом—похолодание, ветры сильные.

Развитие циклонов тесно связано с процессами, возникающими на разделах воздушных масс, так называемых фронтах. Поэтому погоду циклона можно рассматривать как погоду фронтов.

В области антициклона барический градиент направлен от центра к периферии, и таким образом приземные ветры образуют вихрь, вращающийся вокруг центра антициклона по часовой стрелке.

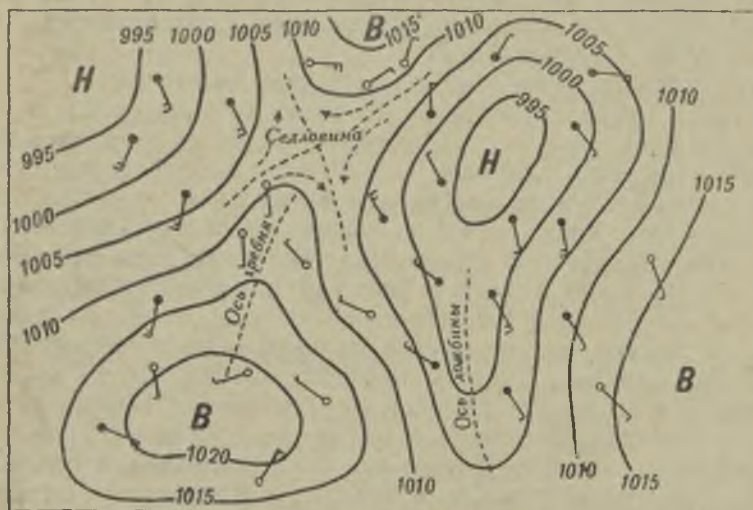


Рис. 14. Барические системы

В антициклоне (в нижнем слое) воздушные массы растекаются от центра к периферии. На их место опускаются воздушные массы из более высоких слоев. Опускание же воздушных масс ведет к их нагреванию и, следовательно, к рассеиванию всякой облачности. Поэтому и погода в антициклоне обычно бывает с небольшим количеством облаков. Зимой на континенте наблюдаются морозы, летом—жара. Ветры в центральной части системы бывают слабые, к периферии же они возрастают иногда до сильных, особенно зимой, создавая поземки и низовые метели (при ясном небе).

В летнее время метеорологические элементы имеют ярко выраженный суточный ход: температура ночью сильно понижается, днем значительно повышается; относительная влажность имеет

обратный ход; облачность (обычно кучевая) увеличивается днем и исчезает к ночи; ветер достигает максимума днем и падает до штиля к ночи.

Понижение температуры нижних слоев воздуха ночью (вследствие выхолаживания земной поверхности при ясном небе) может привести иногда к образованию тумана. Такие радиационные туманы часто наблюдаются в антициклонах в холодное время года.

Опускание верхних слоев воздуха в антициклоне ведет к их нагреванию, что вызывает образование обширных и мощных слоев инверсий, так называемых инверсий сжатия. Особенно резко эти инверсии выражаются в антициклонах над континентом в зимнее время.

Циклоны и антициклоны представляют собой вихри. В диаметре эти вихри достигают 4—5 тысяч километров.

Кроме циклонов и антициклонов, наблюдаются вторичные формы распределения давления, возникающие на периферии основных изобар: ложбины, гребни, седловины.

Ложбина представляет собой узкую полосу пониженного давления, заключенную между областями более высокого давления. По аналогии с топографической картой, ложбину можно сравнить с ложиной или оврагом. Ложбина чаще выражается изгибом изобар на периферии циклона. Линия наименьшего давления, проходящая вдоль ложбины, называется осью ложбины. Как видно из рисунка 14, ось ложбины является линией сходимости воздушных масс; при этом, конечно, более теплая из них будет подниматься над более холодной, а это ведет к образованию облачности и осадков, сопровождающихся усилением ветра, иногда шквалами. Летом при прохождении оси ложбины наблюдаются грозы, ливни. Ложбина представляет наибольшую опасность для полетов.

Ложбины бывают различных форм и размеров; на карте вид их изменяется от едва заметных извилин на изобарах до очень больших выпячиваний, захватывающих обширные области.

Гребень представляет собой узкую полосу повышенного давления, заключенную между областями более низкого давления. Его можно сравнить с элементом рельефа того же наименования на топографической карте. Выражается гребень изгибом изобар на периферии антициклона. Линия наибольшего давления, проходящая вдоль гребня, называется осью гребня. Ось гребня является линией расходимости воздушных масс. На место оттекающих от оси гребня воздушных масс опускается воздух из более высоких слоев, что ведет к рассеиванию облачности. Таким образом, в гребне наблюдаются: преимущественно

ясная погода, слабые ветры (до штиля), иногда по оси гребня—туманы. Иногда в гребнях наблюдаются самостоятельные замкнутые небольшие ядра повышенного давления. Погода в них такая же, как и в антициклоне.

Седловина—промежуточная барическая область, заключенная между двумя циклонами и двумя антициклонами, расположенными крест-накрест. На топографической карте подобные районы имеют такое же наименование. При рассмотрении воздушных потоков в седловине можно наметить две линии. Вдоль одной из них воздушные массы как бы притекают с двух сторон к центру седловины; эта линия называется осью сжатия. Вдоль другой линии воздушные массы как бы оттекают от центра седловины; эта линия называется осью растяжения. Ось сжатия является линией расходимости воздушных масс, а ось растяжения—линией сходимости. От этого зависят соответствующие процессы образования или рассеивания облачности. Центральная часть седловины представляет собой район со слабыми переменными ветрами. Погода в центральной части седловины имеет неопределенный характер; здесь быстро возникают туманы, летом часто бывают так называемые термические грозы, возникающие вследствие перегрева нижних слоев воздуха.

Сравнивая синоптические карты за ряд последовательных сроков, можно видеть, что намечающиеся на них барические системы не остаются на одном месте, а перемещаются и изменяются по размерам, форме и величине давления.

Циклон всегда перемещается таким образом, что теплый воздух находится вправо от его пути, а холодный—влево (в северном полушарии). С изменением расположения теплых и холодных масс воздуха изменяется и направление движения циклона.

Циклоны и антициклоны могут быть стационарными (скорость равна нулю) и иметь различные скорости; для циклона средняя скорость в СССР—34 км/час, наибольшая—около 130 км/час. Антициклоны чаще бывают стационарными, чем циклоны.

Ложбина перемещается вместе со своим циклоном и, кроме того, огибает его в направлении против часовой стрелки.

Гребень перемещается вместе со своим антициклоном и, кроме того, огибает его в направлении вращения часовой стрелки.

Седловина—довольно неустойчивая, быстро изменяющаяся барическая система; проследить ее перемещение удастся только на небольшом участке; как правило, она перемещается с теми циклонами и антициклонами, между которыми образуется.

На синоптической карте за 7 часов 23 февраля (см. приложение 3) обширный циклон расположен центром над Финляндией,



другой циклон—над Поволжьем с центром южнее Казани, небольшой циклон намечается в Закавказье, а также к западу от Исландии. Большая ложбина тянется от центра финляндского циклона на юг, к Белграду. У циклона над Волгой ложбина ориентирована на Северный Кавказ. По условным обозначениям погоды видно, что в каждом циклоне (в центре) и ложбине наблюдается пасмурная погода с осадками и довольно сильные ветры.

Обширный антициклон занимает южную территорию Западной Европы и Средиземное море. Один его гребень ориентируется с Италии на Англию и далее к северу на Норвежское море, второй гребень—от Крыма на Москву. Как бы навстречу ему с северо-востока вытянут гребень антициклона, находящегося в Сибири. По условным обозначениям погоды видно, что в антициклоне и в гребнях наблюдаются значительные прояснения и слабые ветры, местами туманы.

Седловина намечается к северо-востоку от Горького. По карте видно, что в ней стоит пасмурная погода, местами туман.

На карте за 7 часов 24 февраля (приложение 4) видно, что циклон от Финляндии переместился на юго-восток к Горькому, а циклоны на Волге и в Закавказье исчезли. Циклон от Исландии сместился на Норвежское море. Антициклон мало изменил свое положение; его гребень от Англии сместился на Балтийское море.

С перемещением барических систем изменилось и направление движения воздушных масс.

## Фронты

При соприкосновении двух воздушных масс всегда более холодная располагается узким клином под более теплой. Между этими воздушными массами обычно располагается узкая переходная зона, толщиной в несколько сот метров, лежащая наклонно к земной поверхности и всегда в сторону более холодной массы (рис. 15). Угол наклона, под которым переходная зона пересекается с поверхностью земли, очень мал, он измеряется долями градуса. При таком угле наклона переходная зона шириной в несколько сот метров при пересечении с земной поверхностью образует переходную полосу шириной уже в несколько десятков километров. Так как эти величины незначительны по сравнению с поперечными размерами воздушных масс (до нескольких тысяч километров), то для простоты переходные зоны называют фронтальными поверхностями; линия пересечения фронтальной поверхности с поверхностью земли на-



зывается линией фронта. Весь раздел между воздушными массами называется фронтом. На схемах фронтальные поверхности в разрезе и линии фронта изображаются обычно линиями.

Фронты различаются направлением перемещения и, как следствие этого, характером погоды.

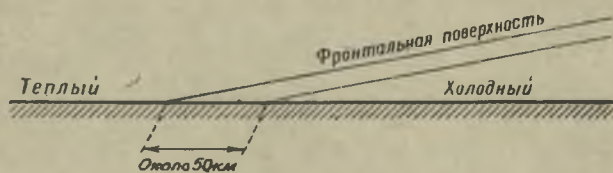


Рис. 15. Раздел между теплой и холодной воздушными массами

Фронт, который перемещается в сторону более холодного воздуха и за которым наступает более теплый воздух, называется теплым фронтом (ТФ).

Фронт, который перемещается в сторону более теплого воздуха и за которым наступает более холодный воздух, называется холодным фронтом (ХФ)<sup>1</sup>.

Направление перемещения фронта на карте определяется по направлению изобар, так как изобары показывают направление перемещения воздушных масс. Фронт как раздел между воздушными массами смещается вместе с ними. Фронт, параллельный изобарам, остается почти на месте. Фронт, перпендикулярный к изобарам, смещается с большой скоростью.

На рис. 16 нижняя часть (ниже линии *AB*) представляет собой небольшой участок синоптической карты с теплым фронтом. Теплый фронт на карте обычно обозначается сплошной красной линией или орнаментом, как это сделано на рисунке. Орнамент, изображающий все виды фронтов, всегда делается в сторону направления движения фронта.

Верхняя часть рис. 16 представляет собой разрез нижней части атмосферы (тропосферы) по линии *AB*<sup>2</sup>.

Теплый воздух, наступая на холодный, медленно поднимается над ним, скользя по наклонной поверхности раздела. При подъеме теплый воздух охлаждается, его относительная влажность

<sup>1</sup> Весьма часто встречается ошибка, когда холодный фронт отождествляют с холодной воздушной массой и теплый фронт — с теплой воздушной массой. Надо иметь в виду, что фронт есть только раздел между воздушными массами.

<sup>2</sup> На рисунке для наглядности вертикальный масштаб значительно увеличен по сравнению с горизонтальным. Это же будет в дальнейшем встречаться на всех схемах, изображающих в разрезе положение фронтальной поверхности.

увеличивается, и вдоль всей поверхности раздела образуется сплошной облачный покров. Так как вследствие малого угла наклона фронтальной поверхности скорость подъема теплого воздуха мала (порядка 10 см/сек) и подъем происходит на большой площади, то облачная система, образуемая при этом, имеет слоистообразный вид. Чем дальше от линии фронта, тем выше от земли находится фронтальная поверхность, и при наклоне в 1:100, на расстоянии 600–700 км впереди линии фронта, фронтальная поверхность должна лежать на высоте 6–7 км. На этих высотах температуры низкие, следовательно, в воздухе может содержаться лишь небольшое количество влаги: облачная система на таком расстоянии от линии фронта имеет

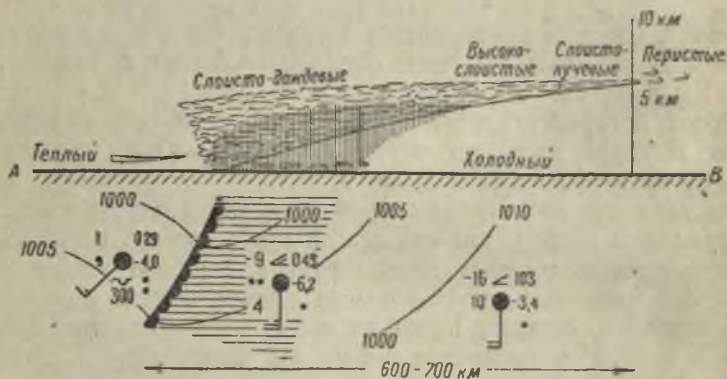


Рис. 16. Теплый фронт на карте и в разрезе

вид тонкой, прозрачной пелены перисто-слоистых облаков. При такой облачности вокруг солнца и луны бывает круг (гало).

По мере приближения к линии фронта облачная система теплого фронта (ТФ) становится плотнее и ее нижняя граница опускается; облака принимают форму высокостроистых (см. рис. 12), сначала тонких, сквозь которые солнце и луна просвечивают размытыми дисками, затем (ближе к фронту) плотных, сквозь которые светила уже не видны.

Еще ближе к линии фронта (приблизительно за 300–400 км до нее) облачность еще больше уплотняется и понижается, переходя непосредственно из высокостроистой в слоисто-дождевую. Из этих облаков начинают выпадать осадки, которые, в отличие от мороси устойчивых воздушных масс и ливней неустойчивых воздушных масс, называются обложными. Они идут впереди ТФ, вдоль него, сплошной полосой шириной до 300–400 км. Осадки

начинают выпадать уже из высокослоистых облаков, но они доходят до земли только при низких температурах в виде снега, при дожде же они испаряются, не доходя до земли. На синоптических картах зона обложных осадков обычно сплошь закрашивается зеленым цветом или заштриховывается, как показано на рис. 16.

Холодный воздух, лежащий под фронтальной поверхностью, насыщается влагой выпадающих через него осадков и становится близким к насыщению. В нижнем слое этого воздуха образуются разорванные, бесформенные облака—разорванно-дождевые, которые часто можно видеть в ненастную погоду при обложных осадках. В просветах между этими облаками виден ровный (без теней) слой более высоких слоисто-дождевых облаков, из которых и выпадают осадки. Разорванно-дождевые облака иногда могут сильно ухудшить условия полета через область осадков теплого фронта.

Часто в насыщенном холодном воздухе в области обложных осадков при слабых ветрах возникают туманы, зона которых может достигать 150—200 км в ширину. В пункте, к которому приближается фронт, туман продолжается несколько часов и после прохождения фронта обычно исчезает (рассеивается).

Впереди теплого фронта, на расстоянии 700—900 км, наблюдаются облака верхнего яруса—перистые, часто с характерными крючковидными закруглениями на концах (рис. 17).

Высота нижней границы слоисто-дождевых облаков уменьшается с приближением фронта и наименьшей бывает вблизи линии фронта. Она зависит от свойств той теплой воздушной массы, которая движется вслед за теплым фронтом, т. е. от температуры и влажности. В случае, когда теплая воздушная масса является морским воздухом, близким к насыщению, конденсация наступает очень быстро и нижняя граница слоисто-дождевой облачности находится на весьма малой высоте, сливаясь с разорванно-дождевыми облаками. Осадки впереди такого ТФ наиболее интенсивны.

В случае, когда теплая воздушная масса обладает небольшой относительной влажностью (например, сильно прогретый континентальный полярный воздух), она должна подняться очень высоко, чтобы охладиться до температуры, при которой имеющегося в ней водяного пара будет достаточно для насыщения. В результате прохождения такого теплого фронта, за которым наступает очень сухой воздух, иногда образуется только полоса высокослоистых (или даже только перисто-слоистых) облаков без выпадения осадков.



Слоисто-дождевая облачность перед ТФ бывает очень мощной—обычно до высоты более 5—6 км.

При пересечении облачности ТФ на высотах, где температура близка к 0°, возникает обледенение самолета, иногда в очень тяжелой и опасной форме.

В пунктах, к которым приближается теплый фронт, давление воздуха все время падает, так как сверху на место плотного холодного воздуха натекает теплый, менее плотный воздух.



Рис. 17. Перистые облака (крючковидные — признак приближения теплого фронта)

В пунктах, где проходит линия фронта, падение давления замедляется или оно даже начинает возрастать, прекращаются обложные осадки и дальнейшая погода зависит от свойств той теплой воздушной массы, которая идет вслед за фронтом (внутримассовая погода). В большинстве случаев это устойчивая воздушная масса, так как она поступает на подстилающую поверхность, занятую до этого холодным воздухом. При достаточном количестве влаги и сильном охлаждении этой воздушной массы подстилающей поверхностью (обычно в холодное время года) в ней могут возникать туманы, осадки (морозящие) и низкие слоистые облака.

Иногда летом, когда за ТФ наступает континентальный тро-



пический воздух с большой абсолютной влажностью, перед теплым фронтом наблюдаются грозы. Это происходит вследствие большой неустойчивости кТВ.

На рис. 18 нижняя часть (ниже линии АВ) представляет собой небольшой участок синоптической карты с холодным фронтом. Холодный фронт на картах обычно обозначается сплошной синей линией или орнаментом. Верхняя часть рис. 18 представляет собой разрез тропосферы по линии АВ.



Рис. 18. Участок холодного фронта первого рода на карте и в разрезе

Холодный воздух, как более тяжелый, будет подтекать под теплый воздух и вытеснять его вверх. При движении холодного воздуха приземный слой его задерживается вследствие трения о земную поверхность; более же высокие слои холодного воздуха выдаются далеко вперед от линии фронта, так что при приближении холодного фронта часто наблюдается похолодание сначала в верхних слоях, а затем у земли (движение холодного воздуха в нижних слоях можно сравнить с движением вала или гусеницы танка).

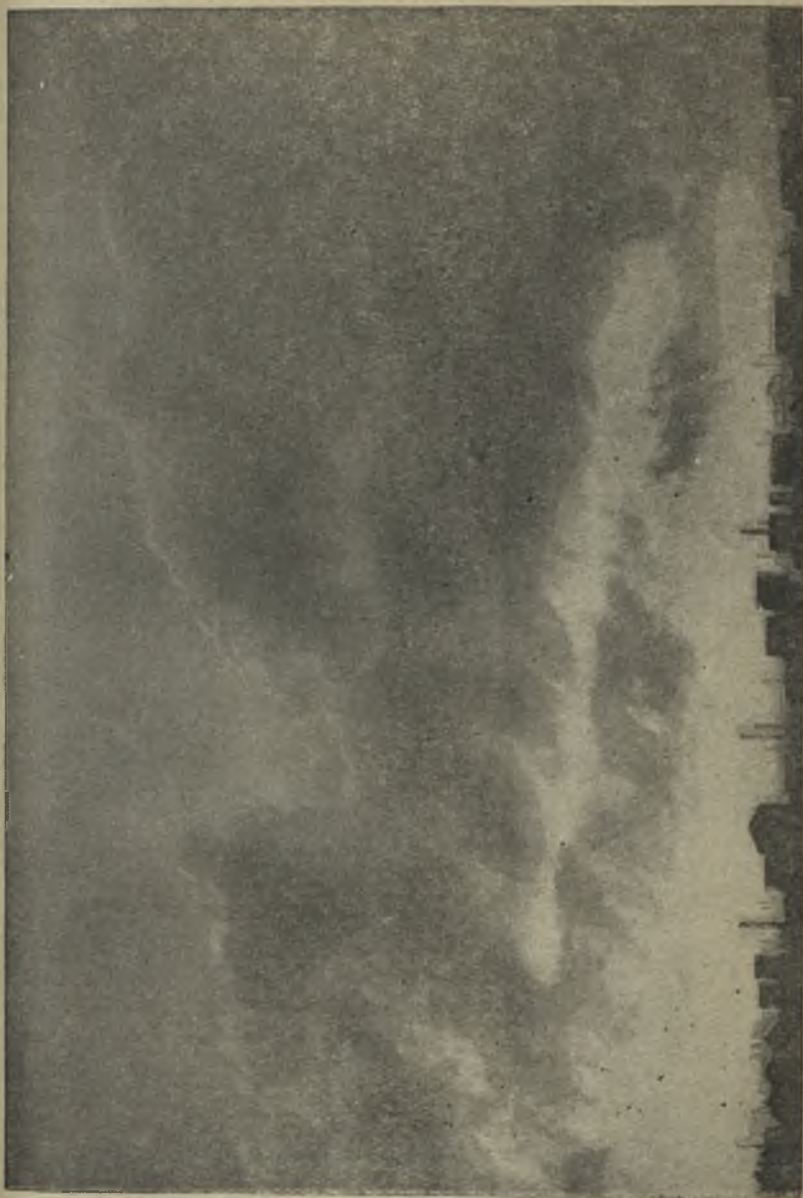
В наиболее высоких слоях холодного фронта (выше 1–3 км) наклон фронтальной поверхности становится более пологим и приближается к наклону поверхности теплого фронта.

Холодные фронты бывают двух родов.

Холодным фронтом первого рода называется такой ХФ, у которого теплый воздух медленно отступает перед холодным. ХФ первого рода движется медленно, а иногда даже бывает как бы стационарным.

Вытесняемый теплый воздух перед самой линией фронта имеет крутой подъем вверх, образуя у головы фронта кучево-дождевую





Р и с. 20. Шкваловое облако холодного фронта



Вследствие нисходящего скольжения теплого воздуха над фронтальной поверхностью ХФ второго рода облачность позади линии фронта размывается и на расстоянии 10—100 км за фронтом наступает прояснение. Ширина зоны ливневых осадков вдоль линии ХФ второго рода бывает различной, но чаще всего эта зона настолько узка, что незаметна на синоптической карте, и о прохождении фронта приходится судить только по условным обозначением прошедшей погоды (W—8 и 9).

Бурно восходящий перед холодным валом теплый воздух на высоте 3—4 км встречается со скользящим вниз сильным по-



Р и с. 21. Чечевицеобразные облака

током теплого воздуха. Вследствие этого кучевообразный вал облаков, образующийся перед фронтом, вытягивается вперед, увлекаемый теплым воздухом, и размывается на отдельные чечевицеобразные облака (рис. 21). Эти облака появляются за 20—200 км перед фронтом.

Вертикальные потоки наиболее быстро возникают и бывают особенно интенсивны в неустойчивых воздушных массах. На территории СССР и Западной Европы такие условия наблюдаются летом в послеполуденные часы. Поэтому и пролетать холодный фронт наиболее опасно в летние месяцы после полудня.



Особенно сильные шквалы (ураганы) наблюдаются в случае, когда теплым воздухом перед ХФ является континентальный тропический воздух с температурой у земли до 30—35°. Поэтому наиболее сильные шквалы наблюдаются обычно в южной части СССР.

Сила шквала в разных участках холодного фронта бывает весьма различной. На одном участке шквал причиняет большие разрушения, на соседнем—наблюдается только небольшое усиление ветра. Над пересеченной местностью вертикальные токи развиваются сильнее, чем над равнинными.

В холодное время года воздушные массы над континентом бывают устойчивы, так как условия для развития вертикальных потоков неблагоприятны. Поэтому при прохождении холодного фронта обычно не встречается ни гроз, ни сильных шквалов. Это наблюдается в северных и центральных районах СССР зимой при прохождении холодного фронта, за которым движется арктический воздух, а теплой массой является устойчивый (относительно довольно холодный) континентальный полярный воздух. В этих случаях ХФ проходит очень спокойно. Но когда такой холодный фронт дойдет до более южных районов (Черное море, Кавказ), где арктический воздух вступает в соприкосновение с более теплыми и влажными, а следовательно, и менее устойчивыми воздушными массами, возникают шквалы и выпадают обильные осадки.

Так же как и в случае теплого фронта, осадки при холодном фронте зависят от степени насыщения влажностью теплого воздуха. При отсутствии достаточного количества влаги в теплом воздухе ХФ проходит без осадков.

Фронты часто образуются внутри неоднородного арктического (или полярного) воздуха между не одинаково нагретыми его частями. Такие фронты называются вторичными. Явления погоды во вторичных фронтах проходят в более ослабленном виде. На синоптических картах вторичные фронты обозначаются более тонкими линиями (красной или синей) или же более разреженным орнаментом.

Стационарный фронт располагается параллельно изобарам, и разделяемые им воздушные массы в свободной атмосфере (выше 1 000 м) перемещаются параллельно фронту (рис. 22). Только вблизи земли (ниже 1 км) воздушные массы движутся к фронту, что вызывает натекание теплого воздуха на холодный и ведет к образованию облачности и иногда к выпадению осадков вблизи фронта, но облачность эта обычно не бывает мощной. Абсолютно стационарных фронтов почти не бывает, так как отдельные его части все-таки немного смещаются,

принимая характер теплового или холодного фронта. На карте стационарный фронт изображается двойной красно-синей или жирной черной линией.

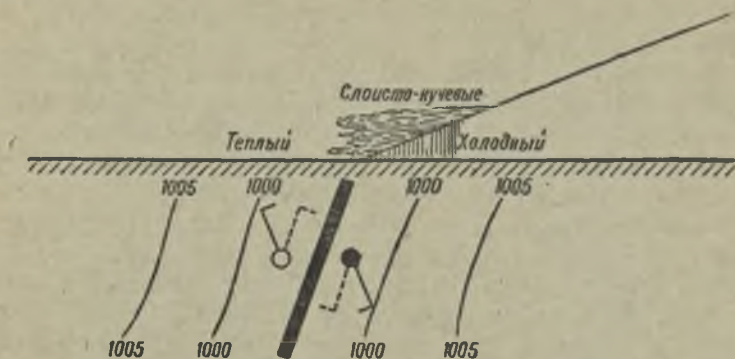


Рис. 22. Стационарный фронт на карте и в разрезе

В процессе перемещения фронта часто бывает, что холодный фронт догоняет теплый и происходит их смыкание. Этот процесс называется окклюзией. В результате смыкания фронтов получается более сложный фронт, называемый фронтом окклюзии.

На рис. 23 показан разрез атмосферы над районом, где холодный и теплый фронты еще не сомкнулись. При перелете из



Рис. 23. Сближение холодного и теплового фронтов

пункта В в пункт А сначала наблюдаются все признаки приближения теплового фронта, т. е. перистые, слоистые облака, переходящие постепенно в высокосоистые и слоисто-дождевые с обложными осадками. После пролета теплового фронта маршрут

будет пролегать в массах теплого воздуха, где погода зависит от свойств этого воздуха. Затем появятся признаки приближения холодного фронта: плотные перистые и перисто-кучевые облака, переходящие в наковальню кучево-дождевого облака. После ливня со шквалом в холодном фронте маршрут проходит в массе холодного воздуха, обычно неустойчивого, с кучевообразной облачностью.

В момент смыкания холодного и теплого фронтов (рис. 24) кучево-дождевая облачность и ливневые осадки холодного фронта вплотную примыкают к слоисто-дождевой облачности и обложным осадкам теплого фронта; холодный воздух, идущий за

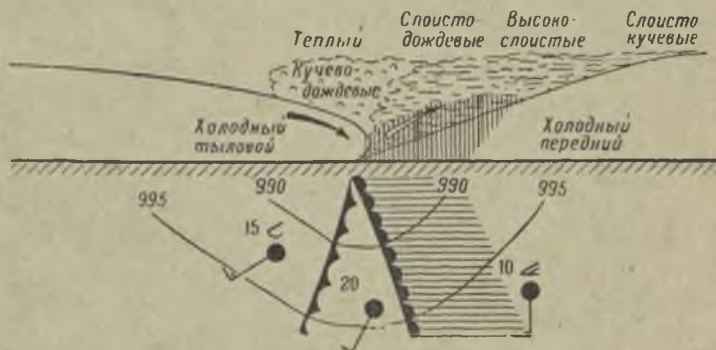


Рис. 24. Смыкание холодного и теплого фронтов

холодным фронтом, смыкается с холодным воздухом, находящимся перед теплым фронтом, а теплый воздух, находящийся между фронтами, вытесняется вверх. В процессе дальнейшего смыкания холодных воздушных масс теплый воздух вытесняется вверх все выше и выше. Вместе с этим поднимается и постепенно начинает разрушаться облачность прежних холодного и теплого фронтов, переходя в высококучевую и перисто-кучевую (рис. 25).

Передняя и тыловая холодные воздушные массы обычно не имеют одинаковых свойств. Когда тыловой холодный воздух несколько теплее догоняемого им переднего, он начинает натекать на него и между ними возникает фронт, имеющий характер ТФ (рис. 26). Он называется теплой окклюзией и обозначается, как показано на рисунке, или тонкой красной линией. Вследствие натекания тылового воздуха на передний вдоль поверхности раздела развивается облачность, которая, имея обычно форму слоисто-кучевой, может настолько уплотниться, что начнут выпадать обложные осадки (рис. 27).



Когда тыловой холодный воздух несколько холоднее догоняемого им переднего, между ними возникает холодный фронт (рис. 28). Он называется холодной окклюзией и обозначается, как показано на рисунке, или тонкой синей линией.

Под фронтальной поверхностью прежнего теплого фронта начинает развиваться кучево-дождевая облачность. По мере вытеснения прежнего теплого воздуха вверх холодная окклюзия развивается в обычный холодный фронт с ливневыми осадками и шквалами (рис. 29).



Рис. 25. Переход высокослоистых облаков в высококучевые

Большинство фронтов, проходящих через европейскую часть СССР с запада на восток, являются фронтами окклюзии. При этом передним воздухом бывает континентальный полярный воздух (кПВ), а тыловым—морской полярный воздух (мПВ); вытесняется вверх тропический воздух.

В холодное время года мПВ теплее, чем кПВ, поэтому фронты окклюзии, движущиеся с запада, имеют характер теплых фронтов. В теплое время года мПВ холоднее, чем кПВ, поэтому фронты окклюзии, движущиеся с запада, имеют характер холодных фронтов.





Рис. 26. Фронт теплой окклюзии (в разрезе)

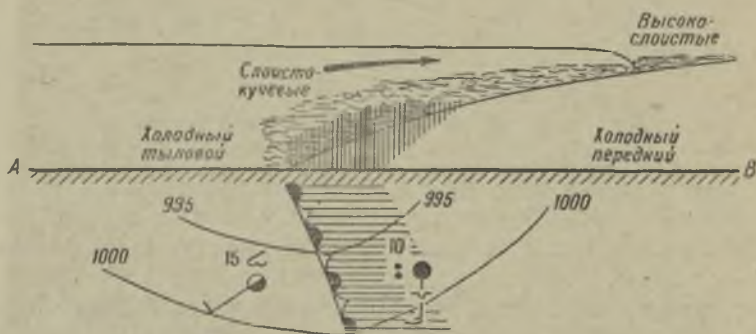


Рис. 27. Развитие теплой окклюзии



Рис. 28. Фронт холодной окклюзии (в разрезе)

Признаком приближения фронта окклюзии является образование перистых и перисто-слоистых облаков, как это наблюдается перед теплым фронтом. Облачность фронта окклюзии часто располагается слоями, лежащими в различных ярусах.

При перелете через фронт окклюзии всегда надо считаться с возможностью встречи с очень низкой слоистой или слоисто-кучевой облачностью и осадками.



Рис. 29. Развитие холодной окклюзии

В зимнее время года при этом может возникнуть обледенение самолета, представляющее опасность в том случае, когда тыловой воздух имеет положительные температуры, а передний—отрицательные.

Определить характер фронта окклюзии часто бывает трудно. Фронт окклюзии на синоптической карте обозначается фиолетовой линией.

## Анализ карты и оценка метеорологической обстановки по маршруту перелета

Для удобства чтения синоптическую карту обычно «поднимают», т. е. более крупными знаками выделяют на ней характерные районы. При работе на одной карте (рабочая карта) разметка данных наблюдения делается цветными карандашами, при размножении же карты литографским способом (бюллетень) знаки делаются одного цвета (черного). На рис. 30 приведены условные знаки, употребляемые для подъема карты.

Рассмотрим на карте за 23 февраля 1934 г. (см. приложение 3) расположение воздушных масс и фронтов. На карте видно, что Украина и центральные районы европейской части СССР заняты массами сравнительно холодного континентального

	На одноцветных бюллетенях	На рабочих картах
Район кучевых и мощных кучевых облаков		 Зеленым цветом
Район грозовых облаков		 Зеленым цветом
Район ливневых осадков внутри неустойчивых масс		 Зеленым цветом
Район морозящих осадков		 Зеленым цветом
Район обложных осадков		Затушевывается сплошь зеленым цветом
Район гроз		 Красным цветом
Район туманов		Штрихуется или зату- шевывается желтым цветом
Фронты { Теплый Холодный Окклюзии по типу Тф Окклюзии по типу Хф Окклюзия неопреде- ленная Вторичные		Красная линия Синяя линия } Лиловым Тонкими красной и синей линиями

Рис. 30. Условные знаки для нанесения данных о погоде на синоптической карте

полярного воздуха с температурой от  $-5$  до  $-15^{\circ}$  (местами ниже) и что эти воздушные массы под влиянием распределения давления перемещаются в общем с юга на север. Над Балтийским морем и Прибалтикой наблюдается поток масс морского полярного воздуха с температурами в среднем от  $+3^{\circ}$  до  $+5^{\circ}$  в западном направлении. Фронт, разделяющий эти две воздушные массы, имеет характер теплого, так как наступающим воздухом является более теплый мПВ.

На карте хорошо выражена зона обложных осадков впереди линии фронта (заштриховано).

Над Скандинавией, по западной части периферии циклона, с севера поступают массы более холодного мАВ, поэтому фронт, отделяющий их от масс мПВ, имеет характер холодного фронта.

Предположим, что утром 23 февраля намечен перелет из Ростова на Дону в Горький. Карта показывает, что в 7 часов на маршруте наблюдались северо-западные ветры до 3—4 баллов, причем направление изобар на высоте около 1 000 м отклоняется более к северу. В первой половине маршрута безоблачно, во второй—появляется сплошная слоистая и слоисто-кучевая облачность, высотой от 300 до 1 000 м. Видимость на всем маршруте хорошая. Маршрут пролегает недалеко от оси гребня, простирающегося от Крыма на Горький.

Если бы синоптическое положение оставалось без изменения, то было бы, пожалуй, выгоднее лететь сначала на Харьков, а оттуда вдоль оси гребня на Горький; это дало бы возможность избежать района встречных ветров на маршруте, а также позволило бы обойти район низкой слоисто-кучевой облачности, начинающейся приблизительно с полпути на прямом маршруте.

Рассмотрим теперь состояние погоды по маршруту Горький—Минск. В Горьком наблюдается слоистая облачность высотой 600 м (это, повидимому, инверсионная и не мощная облачность), ветер северный—до 3 баллов. По пути от Горького до Москвы нет данных метеостанций, но так как этот маршрут пересекает ось гребня, можно предположить, что между Горьким и Москвой облачность значительно уменьшится. Подтверждением этого являются данные метеостанций, лежащих южнее маршрута. К Москве ветер переходит на юго-западное направление; появляется тонкая высокослоистая облачность. Барометрическая тенденция показывает значительное падение давления. Все это является признаком приближения теплого фронта.

На участке между Москвой и Минском встретится постепенно понижающаяся облачность, и надо будет пересечь зону обложных осадков в виде снега, переходящего ближе к линии фронта в дождь (мПВ имеет положительные температуры). В данном



случае возможно образование обледенения в тяжелой форме. В Минске температура уже  $+1^{\circ}$ , слоистые облака на высоте 300 м, слабые морозящие осадки, видимость понизилась до 2 км. Погода на участке Москва—Минск явно неблагоприятна для полета.

Предположим теперь, что необходимо лететь из Минска в северную часть Скандинавского полуострова. Маршрут от Минска до линии холодного фронта пролегает в массах мПВ, в котором на участке Минск—Рига наблюдаются низкие слоистые облака, а дальше, над районом моря—прояснения. При пересечении холодного фронта придется встретиться с ливневыми осадками и более мощной облачностью кучево-дождевой формы. За холодным фронтом полет будет происходить в массах мАВ, погода в которых характеризуется отдельными кратковременными снежными шквалами, чередующимися с периодами значительных пояснений. Это видно из знаков метеостанций в Скандинавии. Большинство знаков отмечает небольшую облачность, но в прошедшей погоде на карте показаны ливневые осадки.

Такая погода наблюдалась бы, если бы воздушные массы, фронты и барические системы не перемещались. В действительности же при решении вопроса о погоде перед вылетом, конечно, придется учитывать все перемещения воздушных масс, которые произойдут за время полета. Перемещения фронтов и воздушных масс могут происходить иногда довольно быстро. Так, например, на карте за следующий день (24 февраля) видно, что теплый фронт продвинулся до линии Сталинград—Азовское море; холодный фронт от Финляндии переместился на линию Саратов—Киев. Морской полярный воздух переместился на Украину и Донбасс, вызвав здесь потепление до  $1-2^{\circ}$  и низкую слоистую облачность с моросью, тогда как накануне здесь наблюдались температуры до минус  $12-17^{\circ}$  и более высокая облачность.

Морской арктический воздух в тылу циклона, сместившегося от Финляндии к Горькому, распространился на центральные районы европейской части СССР, обуславливая здесь крайне неустойчивую погоду с резко меняющейся по количеству облачностью, с короткими снежными шквалами, чередующимися со значительными прояснениями.

На синоптической карте за 24 февраля холодный фронт между мАВ и мПВ не вызывает гроз, так как в зимнее время мПВ на холодной подстилающей поверхности является устойчивым. Поэтому прохождение фронта сопровождается только усилением осадков, понижением и уплотнением облачности.

На этой же карте можно видеть фронт окклюзии. Он начинается от точки, где смыкаются холодный и теплый фронты (около Саратова), и тянется к центру циклона у Горького. Вдоль этой линии холодный фронт уже сомкнулся с теплым, морской арктический воздух вошел в соприкосновение с континентальным полярным воздухом, расположенным перед теплым фронтом, а более теплый морской полярный воздух вытеснен вверх. Этот участок окклюзии имеет характер теплого фронта, так как МАВ с температурами минус 4—7° теплее КПВ, в котором наблюдаются температуры минус 12—15°. Перед фронтом теплой окклюзии тянется зона обложных осадков (заштриховано). Загнутый конец фронта окклюзии, расположенный несколько западнее центра циклона, имеет характер холодного фронта, так как сзади него температуры ниже, чем перед ним (соответственно — 7° и — 4°).

По карте за 13 часов 12 сентября (см. приложение 2) видно, что маршрут Ростов на Дону—Горький лежит целиком в массах континентального тропического воздуха, с высокими температурами, небольшой относительной влажностью и несплошной облачностью кучевых форм. Ветры южные и юго-западные. Обстановка для полета вполне благоприятна.

Маршрут же Горький—Рига пересекает различные воздушные массы. От Горького до Москвы погода вполне благоприятна, но за Москвой с севера на юг тянется холодный фронт, который перемещается на восток. Этот холодный фронт сопровождается грозами и ливнями, повидимому довольно сильными, так как КТВ имеет высокие температуры и довольно неустойчив.

На этом участке холодный фронт—второго рода, так как за ним нет зоны обложных осадков. После холодного фронта до Риги маршрут пролегает в массах мПВ, который в это время года на континенте нагревается и становится неустойчивым. Поэтому облачность на этом участке пути будет кучевообразная, но основание ее будет значительно ниже, так как воздух холоднее и относительная влажность его значительно выше.

Имея синоптические карты за несколько сроков, можно считать скорость и направление перемещения барических систем, воздушных масс и фронтов, учесть происходящие в них изменения физических свойств и явлений и перед вылетом определить, на каком участке маршрута встретится тот или иной фронт, та или иная воздушная масса, и таким образом заранее знать условия погоды, в которой будет происходить полет.

---

## ОПАСНЫЕ ДЛЯ ПОЛЕТА ЯВЛЕНИЯ ПОГОДЫ

### Общее положение

Все метеорологические элементы в той или иной степени влияют на деятельность авиации. Однако некоторые из них (например температура, ветер до определенных скоростей, многие формы облаков и осадков) не являются опасными для полетов, и влияние их следует только учитывать при подготовке к полету и при его выполнении.

Некоторые же метеорологические элементы представляют опасность для полета, иногда очень большую, угрожающую срывом выполнения задания, целостности самолета и жизни экипажа в полете и на аэродроме, пригодности аэродрома, а вместе с тем иногда на некоторый период исключают возможность работы авиации с данного аэродрома.

Метеорологические элементы и явления погоды этой группы получили название опасных явлений погоды. К ним относятся: грозы, шквалы—порывистый ветер от 10 до 30 м/сек и более (а также бури, штормы и ураганы), град, туман всех видов, крупа, гололедица.

Опасные явления погоды могут иногда причинить огромные разрушения и повлиять на выполнение боевых задач авиации. Поэтому метеослужба в Красной Армии уделяет им большое внимание. Борьба с опасными явлениями погоды ведется в нескольких направлениях.

1. Заблаговременное предупреждение о возможности возникновения того или иного опасного явления (прогноз).

2. Предупреждение о приближении опасного явления к данному пункту (служба предупреждения).

3. Принятие мер для сохранения самолетов на земле и в воздухе (помещение самолетов в ангары, привязывание к штопорам, изменение маршрута в полете, посадка самолетов на другой аэродром, задержание или отмена вылета и пр.).

4. Изучение природы опасных явлений в целях своевременного принятия мер на земле и в воздухе.



## Гроза

Гроза и шквал—явления погоды, наиболее затрудняющие полет, а иногда являющиеся непреодолимым препятствием для самолета.

Шкавалы весьма опасны как на земле, так и в воздухе. Сильный шквал может причинить большие разрушения на земле, порчу материальной части самолетов и пр., а при полете завихренное состояние воздуха может вызвать поломку самолета, не говоря уж о возможной потере управления и ориентировки.

Современное состояние метеорологической службы позволяет предусмотреть или обнаружить очаги образования этих опасных явлений и своевременно предупредить аэродромы и летный состав об их приближении или об их наличии на маршруте полета. Тем не менее возможны случаи, когда вследствие недостаточной густоты сети метеостанций, а также в случае местных гроз возникновение гроз происходит неожиданно. Кроме того, бывают случаи, когда гроза, вначале небольшая, развиваясь, переходит в мощный ураган.

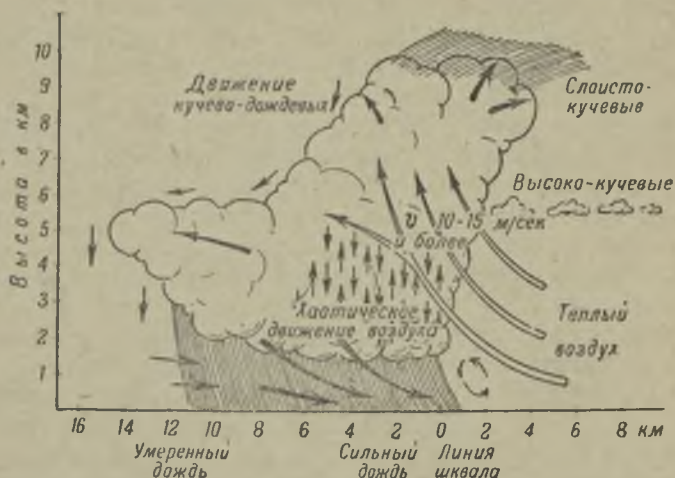
Эти обстоятельства обязывают летный состав тщательно следить за местными признаками погоды в полете, а для этого надо совершенно ясно представлять себе схему вихревых процессов грозового облака, чтобы при встрече с ним избежать опасных зон мощной турбулентности и выйти без повреждений самолета из опасных участков.

Летние грозы в умеренных широтах возникают в мощных кучево-дождевых облаках. Они возникают вследствие мощных вертикальных потоков, вызванных сильным перегревом нижних слоев воздуха или механическим вытеснением теплого влажного воздуха более холодным. Конвекция иногда принимает размеры вертикального урагана, и нередко вершина кучево-дождевого облака достигает высоты более 10 км, пробивая уровень перистых облаков. Довольно часто простым глазом можно заметить, как вершина кучево-дождевого облака, нарастая, поднимается вверх и как бы «закипает». Основание такого облака обычно находится на высоте 1000—1500 м, следовательно, толщина его может достигать 8—9 км и более. Внизу облака выпадает дождь и град, в средней части—крупа, снег, град, еще выше—сплошная снежная метель, наблюдаемая снизу в виде отвесных полос на внешней стороне облака (полосы падения).

На рис. 31 изображена схема строения грозового облака, наиболее часто встречающегося при холодном фронте. Движе-



ние кучево-дождевого облака показано стрелкой. Если мысленно пересечь чертеж справа налево, то можно получить картину смены явлений погоды при прохождении грозового облака (фронта). Перед появлением кучево-дождевого облака, еще на расстоянии 100—150 км до него, проходит редкий слой облаков—башенкообразные облака, далее «шатер» плотных перистых облаков или так называемая «наковальня» грозового облака, на фоне которого на горизонте вырисовывается массивное кучево-



Р и с. 31. Схема строения кучево-дождевого облака

дождевое облако с темным основанием. Ветер у земли становится слабым. На горизонте ясно видны полосы падающего дождя, впереди которых быстро движется вал низких серых облаков с вихревыми движениями (вихревой вал). По прохождении их через зенит ветер у земли резко изменяется по направлению (иногда на  $180^\circ$ ), усиливается до бури, начинается ливень и гроза. Температура резко падает. Это продолжается 10—15 минут, после чего порывы ветра ослабевают, дождь переходит в умеренный и вскоре прекращается, облака поднимаются, принимают форму высококучевых, появляются просветы.

Картина вертикальных потоков следующая. Впереди—почти у самого фронта—восходящий поток с небольшой скоростью—1—1,5 м/сек, вполне достаточной для того, чтобы поддержать планер и даже придать ему некоторое вертикальное ускорение.

У основания тучи и у всей передней толщи ее восходящий поток приобретает скорость 10—15 м/сек и более; отдельные струи потоков идут строго вверх, движение становится беспорядочным.

Вихревой вал у гребня тучи расположен очень низко (иногда на высоте 50—100 м) и представляет собой настоящий вихрь с горизонтальной осью. Наблюдается резкая смена восходящего потока на нисходящий со скоростью 5—10 м/сек. Это очень опасная зона для полета планера и самолета. Крутящийся вал в развитых кучево-дождевых облаках очень хорошо виден с земли по хаотическим движениям рваной облачности, которая быстро идет вверх, загибается и исчезает в нисходящем потоке; особенно сильно эти движения проявляются в центральной части облака. Эта часть облака чрезвычайно опасна для полета даже тяжелого самолета. Под облаком потоки выпадающего дождя или града создают сильный нисходящий поток, который может прижать самолет к земле. Видимость в этот период падает до нескольких десятков метров и даже менее. В тыловой части облака вертикальные движения воздуха становятся равномернее и ослабевают.

Планеристы, хорошо представляя всю схему описанных выше явлений, при полете на дальность подходят к гребням грозовой тучи на высоте 1 500—2 000 м и, пользуясь восходящим потоком, продолжают полет впереди фронта, всякий раз приближаясь к нему для набора высоты. Держатся они при этом на значительном расстоянии от центра тучи, так как эта часть представляет наибольшую опасность для планера.

На схеме разобран случай развитого кучево-дождевого облака. В менее развитых облаках вихревые движения слабее; иногда крутящийся вал гребня тучи отсутствует; обычно его не бывает при тепловых местных грозах, когда конвекция внутри облака значительно сильнее конвекции фронтальных гроз.

Максимальная зарегистрированная скорость восходящего потока равна 16 м/сек, но следует предполагать гораздо большие скорости—в центральной части мощного кучево-дождевого облака максимальная скорость восходящего потока достигает 30—35 м/сек.

Летчики хорошо знают явление быстрого и внезапного подъема самолета перед фронтом грозowych туч, иногда на высоту 2 000—3 000 м; это вызвано действием сильного восходящего потока.

Для самолета с деревянными винтами также опасны ливень и град, которые могут повредить винт.

Наконец, значительную опасность для полета представляют электрические разряды грозы (молнии).

Молния—это гигантская электрическая искра в несколько километров длиной. Несмотря на то что количество электричества, аккумулирующееся в грозовом облаке, сравнительно невелико, грозовой заряд получает огромную силу, оттого что энергия аккумулируется при напряжениях от 1 до 150 млн. вольт, а продолжительность разряда составляет всего лишь тысячные доли секунды. Это напряжение в 100 раз больше напряжений, развиваемых в самых больших электрических установках. Энергия грозовой тучи может быть оценена в 3 млн. киловатт, т. е. втрое больше, чем энергия, получаемая от использования Ниагарского водопада.

Вероятность непосредственного поражения экипажа молнией во время полета незначительна. Более опасны для экипажа индуцированные токи от электрического разряда вблизи самолета. Кроме того, яркий свет молнии может ослепить летчика—временно или навсегда. Даже легкие поражения летчика молнией опасны для его жизни, потому что он теряет управление самолетом.

Удар молнии может вызвать пожар на самолете или расплавить отдельные металлические части его. Самолеты деревянной конструкции подвергаются более тяжелым повреждениям, чем металлические. Чаще всего поражается радиостанция на самолете. При разрядах нарушается работа компасов и приборов электрооборудования самолета.

Электрические разряды на высоте слабее молний, падающих на землю, поэтому повреждения, причиняемые самолетам, возрастают с уменьшением высоты полета. Объясняется это тем, что температура молнии увеличивается вместе с возрастанием встречаемого ею на пути сопротивления. В высоких слоях атмосферы, где воздух весьма разрежен и, следовательно, представляет электрическому разряду малое сопротивление, молния почти всегда имеет вид расплывчатой вспышки; для того же, чтобы пробить нижние слои воздуха, требуется огромное напряжение, и здесь возникают огромные искры—линейные молнии, которые иногда называют зажигательными молниями.

Предотвратить летное происшествие вследствие удара молнии можно, либо избегая встречи с грозой, либо принятием мер предосторожности—убирание антенны, постановка коробок с искровыми разрядчиками и пр.

Грозы бывают фронтальные и внутримассовые.

Фронтальные грозы подразделяют на грозы теплого и холодного фронтов и фронта окклюзии типа ТФ или ХФ.



Фронтальные грозы движутся со значительной скоростью и, будучи связаны с фронтом, занимают большие пространства (до 500—600 км по длине) и сопровождаются шквалами. Поэтому они представляют большую опасность для полета, и их трудно обойти.

Внутримассовые грозы возникают в неустойчивой воздушной массе, которой при известных условиях может стать любая из основных воздушных масс, а потому различаются грозы тропического воздуха, полярного и арктического. Если воздушная масса быстро переносится на более теплую подстилающую поверхность, то от усиленной конвекции возникают адвективные грозы; они наблюдаются главным образом в тылу циклонов. Если воздушная масса малоподвижна и сильно перегрета, то от сильной конвекции возникают тепловые грозы; они обычно бывают в антициклонах и в закрытых областях пониженного давления.

Внутримассовые грозы отличаются обилием молний, большим количеством осадков, слабым развитием шквалов. Адвективную, а особенно тепловую грозу нетрудно обойти, так как они занимают небольшие пространства. Поэтому внутримассовые грозы менее опасны для полета, чем фронтальные.

За исключением гроз, образующихся над горами и исчезающих к вечеру здесь же, большинство гроз передвигается.

Фронтальные грозы движутся со скоростью 30—50 км/час, иногда до 100 км, внутримассовые—со скоростью 10—20 км/час.

Гроза движется обычно за так называемым ведущим потоком, который проходит на высоте 5—6 км. Направление ведущего потока очень важно знать, так как грозы могут двигаться в направлении, противоположном ветру в нижних слоях воздуха.

Малоподвижная гроза подвергается воздействиям рельефа, рек, озер, отчего скорость и траектория такой грозы могут изменяться; менее всего подвержены этому воздействию фронтальные грозы.

Большие реки и крупные озера могут прерывать грозовой фронт, который вновь формируется на другом берегу. Так как летом воздух над озерами и большими реками холоднее, чем над прилегающими к ним районами, то условия для конвекции здесь менее благоприятны и обнаруживается тенденция к замедлению в движении грозы. Над влажными болотистыми местами с большой абсолютной влажностью возникает больше гроз, чем над соседними участками. Эти места носят название грозных очагов. Здесь может быть самостоятельное формирование гроз.



## Шквал

Шквалом называется внезапное изменение направления ветра с резким усилением до бури. Температура сильно падает и тем больше, чем значительнее интенсивность шквала (иногда на  $10—15^{\circ}$ ).

Шквалы обычно связаны с грозами, но нередки случаи и самостоятельного их движения. Возникают они при вторжениях холодных воздушных масс в зону теплых. Кроме того, они связаны с холодными фронтами или с окклюзиями характера холодного фронта.

Чем больше разность температур холодной и теплой масс воздуха на малом расстоянии, тем больше сила шквала; сила его возрастает с повышением абсолютной влажности внизу. Шкваловая зона имеет протяжение 200—800 км при очень малой ширине (0,2—6 км), вследствие чего явление шквала в одном месте продолжается несколько минут. Барически шкваловая зона соответствует оси ложбины. Впереди дуют теплые южные или юго-восточные ветры при более или менее ясном небе; на тыловой стороне появляются внезапные осадки с холодным западным ветром, дующим перпендикулярно к фронту с силой шторма.

Шквал наблюдается на протяжении всего фронта, но интенсивность его на отдельных участках весьма различна—иногда от 8 до 30 м/сек.

Шквал сопровождается кучево-дождевыми облаками с весьма



Р и с. 32. Шкваловое облако

низким основанием и очень высокой вершиной; где более развито кучево-дождевое облако, там шквал сильнее. Характерной формой облаков является дугообразная цепь их: вследствие перспективы передняя часть кажется лежащей выше над горизонтом, чем края. Впереди облачной дуги несется крутящийся вал низких разорванных облаков с хаотическими движениями.

На рис. 32 показано мощное шкваловое облако с очень низким основанием, рваными краями и белой завесой дождя в глубине. Через несколько минут над пунктом наблюдения будет шквал.

Большей частью шквал сопровождается кратковременным сильным дождем. Однако при вторжениях холодных масс на малой высоте или при недостаточной влажности образуются только облачный вал и ветер без осадков. По высоте шквал простирается на 2 000—3 000 м; турбулентность наиболее развита и опасна в нижних слоях. На земле шквал становится опасным при порывах ветра в 15 м/сек.

Самолеты различных типов, стоящие на аэродроме, в различной степени подвержены опасности от шквала, в зависимости от размеров, конструкции, способа крепления к земле и т. д. (табл. 7).

Таблица 7

Опасная сила швалов для самолетов, находящихся на аэродроме

Самолеты	Скорость ветра в м/сек
<b>Легкие</b>	
Учебного типа . . . . .	10—12
Одноместные истребители . . . . .	12—15
Двухместные одномоторные истребители . . . . .	15—18
<b>Средние</b>	
Двухмоторные бомбардировщики, дальние разведчики .	15—18
<b>Тяжелые</b>	
Многомоторные бомбардировщики и транспортные самолеты . . . . .	18—20

При стоянке самолетов на старте и на полевых аэродромах, особенно в случае недостаточно надежного крепления их к земле, сильные шквалистые ветры могут сорвать самолеты, что грозит поломками и разрушением их.

Большой силы швалы холодного фронта достигают при втор-

жениях морского полярного воздуха (мПВ) в зону континентального тропического воздуха (кТВ). Типичная синоптическая обстановка такого случая показана на рис. 33.

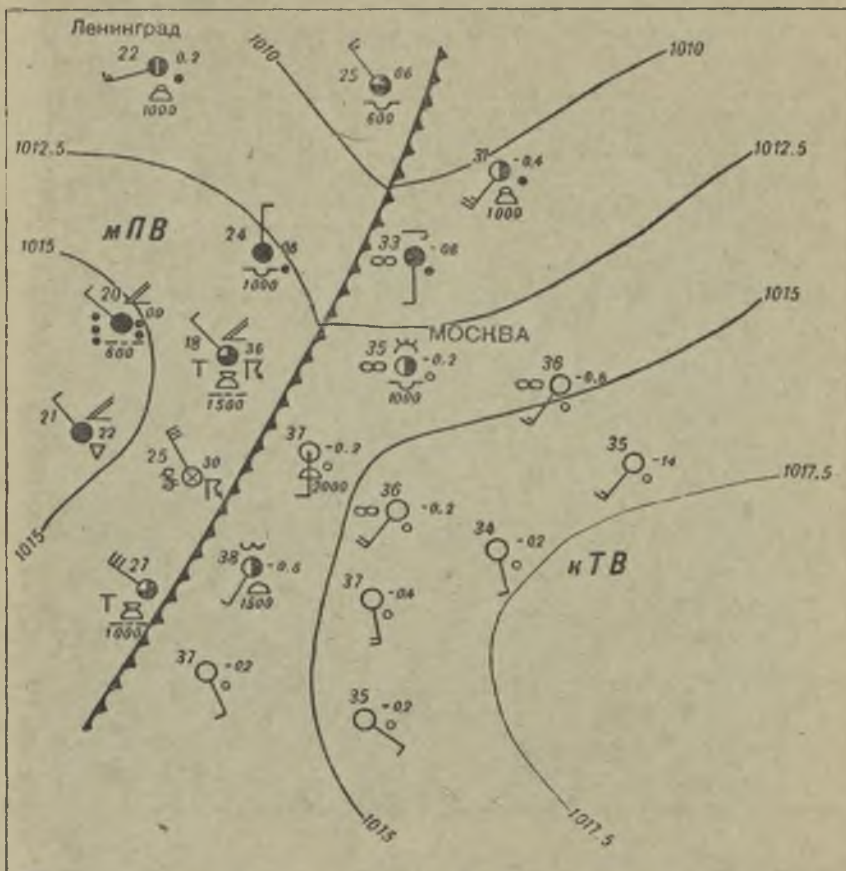


Рис. 33. Карта погоды за 30 июля 1936 г.

Синоптическая обстановка шквала теплого фронта показана на рис. 34.

Основным условием развития шквала теплого фронта является присутствие тропического воздуха над поверхностью скольжения, причем он обладает большой абсолютной влажностью и неустойчивостью.

На основании имеющегося материала и изучения гроз и шквалов можно сделать некоторые выводы и наметить следующие правила:

1. При встрече с грозой не следует пытаться обойти грозовое облако сверху, так как вертикальное развитие его достигает 8—10 км и может превысить потолок самолета. Кроме того, набор значительной высоты потребует продолжительного времени, в течение которого облако может надвинуться на самолет.

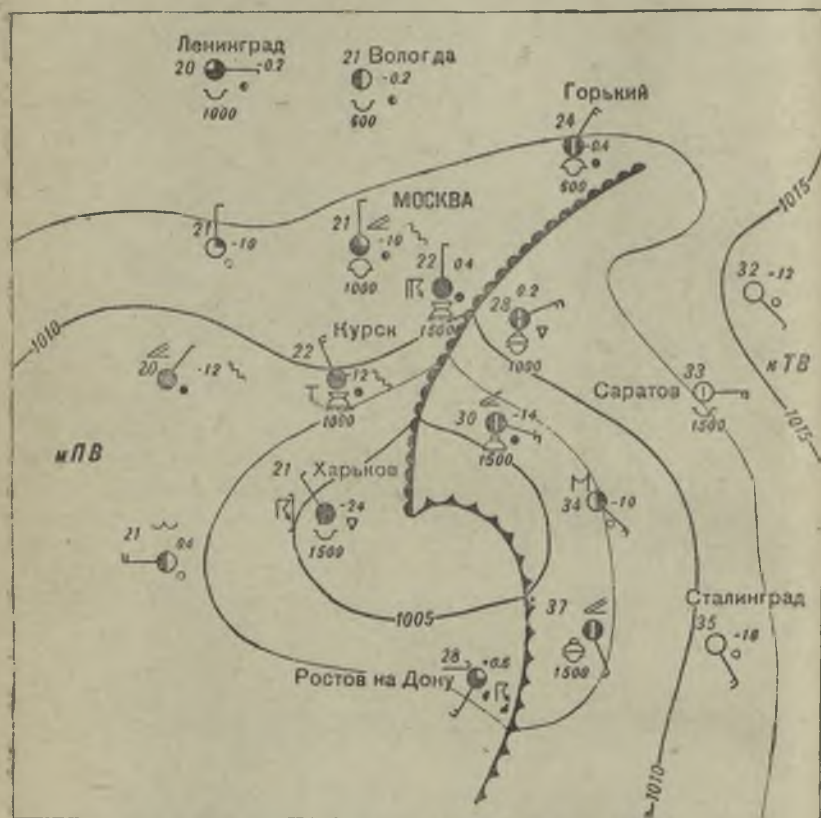


Рис. 34. Карта погоды за 19 час. 24 июля 1935 г.

2. Не следует лететь под грозовым облаком, так как здесь турбулентность воздуха достигает огромной величины, наличие дождя понижает видимость до 25—50 м, а сильные нисходящие потоки, обрушивающиеся вместе с ливнем, могут прижать самолет к земле. Кроме того, основание кучево-дождевого облака может опуститься до 100 м и ниже.

3. Следует избегать сближения с крутящимися валами облаков грозового характера. Вихрь с горизонтальной осью, сопро-



вождающийся резкой сменой восходящего потока нисходящим, может вызвать поломку самолета, так как поток действует сразу на большую площадь.

4. При встрече с грозой следует обойти грозовое облако стороной, если характер боевого задания позволяет уклониться от маршрута (есть запас времени).



Рис. 35. Полет группы самолетов через зону кучево-дождевых облаков

Предварительная консультация метеостанции позволит определить, с какого типа грозой можно встретиться—местной или фронтальной. Местную грозу обойти легко, так как скорость движения ее составляет от 5 до 25 км/час. При встрече с фронтальной грозой следует искать разрыва между облаками или места, где облака наименее развиты (так называемые перешейки). Облачный перешеек следует проходить на значительной высоте (3 000—3 500 м) или сквозь «окно» достаточных размеров, чтобы избежать электрического разряда. При наборе

высоты следует помнить о всасывающем действии потоков передней части кучево-дождевого облака.

На рис. 35 показан полет самолетов через «окно» в кучево-дождевых облаках на высоте 5 000 м.

5. При прохождении грозовых облаков надо выбрать антенну. Все металлические части самолета должны быть соединены между собой.

6. Если при пробивании кучево-дождевого облака не замечается молний, но выпадает сильный снег, град или крупа, необходимо сейчас же выбрать антенну.

7. При температурах около 0° следует помнить об опасности обледенения.

## Смерч и торнадо

Вихрь с вертикальной осью и с большой скоростью ветра называется смерчем. Обычно при смерче из кучево-дождевого облака опускается воронка с отростком, напоминающим собой хобот слона. Отросток, извиваясь, опускается иногда до земли или воды, и тогда, до момента соприкосновения его с водой, навстречу поднимается столб водяных брызг, а над сухой—столб пыли. В дальнейшем все превращается в один вращающийся облачный столб, который перемещается со значительной скоростью, причиняя большие разрушения на своем пути. Скорость ветра внутри смерча достигает 100 м/сек и более, во много раз превышая скорость сильных ураганов. Диаметр смерча на водной поверхности—25—100 м, на суше—от 100 до 1 000 м, а иногда 1—2 км. Видимая высота «хобота»—800—1 500 м.

На рис. 36 приведена фотография смерча, пронесшегося 5 апреля 1933 г. над военным городком близ Пешавера (Индия). Он появился на правом краю грозового облака, развился, опустившись до земли, и вызвал огромные разрушения.

Торнадо—это тот же смерч, наблюдающийся на суше. В СССР явления смерча наблюдаются редко.

## Туман

Туманом называется явление конденсации водяного пара в приземном слое, когда горизонтальная видимость ухудшается до 1 км и менее. При таких условиях полет становится очень трудным для пилотирования и ориентировки и опасным ввиду возможности столкновения с препятствиями на земной поверхности.

Туман возникает вследствие повышения относительной влажности нижних слоев воздуха до полного насыщения. В подавляю-

щем большинстве случаев образования туманов повышение относительной влажности является следствием охлаждения приземного воздуха более холодной подстилающей поверхностью. Интенсивность тумана зависит от количества влаги в приземном слое воздуха. Например, в континентальном арктическом воздухе, обладающем малой абсолютной влажностью, образование густого тумана маловероятно.



Р и с. 36. Смерч

Необходимым условием для образования тумана является наличие ядер конденсации, которые всегда бывают в достаточном количестве в нижних слоях атмосферы. Особенно обильное количество ядер конденсации (продуктов сгорания топлива) поступает в атмосферу в промышленных районах; поэтому и туманы в этих районах возникают часто и бывают интенсивными.

Не менее важным условием для развития тумана является устойчивость нижних слоев воздуха. При конвекции же туман если и возникает, то быстро рассеивается.



Обычно при тумане в нижних слоях воздуха наблюдаются инверсии.

Все туманы можно разделить на внутримассовые туманы и фронтальные.

### Туманы внутри воздушных масс

Туманы, возникающие внутри однородных воздушных масс, занимают иногда довольно большие площади и могут удерживаться на одном месте продолжительное время.

Внутримассовые туманы можно подразделить на две основные группы: радиационные и адвективные.

Радиационные туманы образуются при охлаждении спокойного воздуха земной поверхностью, выхолаживающейся излучением. Радиационные туманы сопровождаются инверсией температуры. В зависимости от высоты инверсионного слоя различают поземный и высокий туман.

1. Поземным туманом называется туман, расположенный низко над землей, образующийся в ясные и тихие ночи. Наибольшая плотность этого тумана—у земли; с высотой плотность его уменьшается.

При полном штиле охлаждение приземного воздуха происходит только благодаря теплопроводности (которая очень мала) и распространяется за ночь на высоту не более 1 м. При ветре же до 2—3 м/сек благодаря некоторому перемешиванию воздуха охлаждению подвергаются и более высокие слои. Поземный туман чаще возникает в низинах, куда ночью стекает холодный воздух и там застаивается.

Над большими реками и озерами, поверхность которых ночью не выхолаживается, поземного тумана не возникает, а туман, возникший над почвой и переместившийся на водную поверхность, ослабевает или совсем рассеивается. Поэтому часто, когда над сушей полет вследствие тумана невозможен, вдоль русла большой реки можно лететь.

Поземный туман обычно рассеивается с восходом солнца и только в особо благоприятных для него условиях (например, вблизи индустриальных центров) может удерживаться по нескольку суток. При ветре более 3 м/сек поземный туман быстро рассеивается.

2. Высокий туман образуется в холодное время года в обширных устойчивых континентальных антициклонах вследствие выхолаживания нижних слоев воздуха под инверсией сжатия. Нижняя граница инверсии, лежащая обычно на высоте от 200 до 2000 м, является верхней границей распространения тумана. Водяной пар, пыль, дым, скапливающиеся под инверсией,



образуют излучающую поверхность, способствующую конденсации. Образование тумана начинается под инверсией и распространяется сверху вниз.

Иногда высокий туман до земли не доходит и имеет вид густых низких слоистых облаков, большей частью неподвижных. Появление слоистых облаков в антициклоне обычно предшествует туману у земли.

Высокий туман захватывает большие площади и часто удерживается по нескольку суток.

Адвективные туманы обычно образуются, когда теплый воздух перемещается на холодную подстилающую поверхность. Они могут наблюдаться и при значительных скоростях ветра. Различают следующие типы адвективных туманов:

1. Туман тропического воздуха, перемещающегося в северные широты. Туман этот обычно не очень густой, часто морозящий; зимой над выхожденной сушей он усиливается. Наблюдается обычно в теплых секторах циклонов при сильных ветрах. У земной поверхности адвективный туман менее плотный, с высотой же его плотность быстро возрастает.

2. Туман, возникающий при перемещении теплого континентального воздуха на холодное море. Днем, при бризе, такой туман может захватить береговой район на глубину до 20—40 км. Над морем бывает не сплошным, а в виде густых гряд, чередующихся с прояснениями, причем направление гряд перпендикулярно направлению ветра. Высота туманов этого типа—300—500 м, а иногда достигает 800 м.

3. Морской туман—образуется при перемещении воздуха с теплой водной поверхности на холодную. Наблюдается обычно в районах, где теплые и холодные морские течения проходят близко друг от друга. К морским туманам можно отнести туманы, возникающие в Японском море вблизи Приморского побережья СССР, где проходит холодное течение Татарского пролива.

Иногда адвективный туман может возникнуть при перемещении холодного воздуха над теплой водной поверхностью. Это так называемые испарения. К этому типу туманов относятся утренние испарения над озерами и реками, часто наблюдаемые осенью. Они обычно не имеют большой вертикальной мощности и не бывают продолжительными.

### Фронтальные туманы

Фронтальные туманы могут образоваться вследствие понижения фронтальной облачной системы из-за насыщения воз-

духа фронтальными осадками и вследствие предфронтального падения давления, вызывающего адиабатическое охлаждение воздуха.

Фронтальные туманы обычно не занимают больших площадей, перемещаются вместе с фронтом и поэтому не бывают продолжительными, но в случае, когда такой туман сливается с облачной системой, он становится серьезным препятствием для полета.

Наибольшие затруднения для авиации представляет туман, развивающийся перед теплым фронтом. Этот туман держится на одном месте 4—5 часов; он сразу исчезает после прохождения теплого фронта.

Если до полета тумана не было, то перед фронтом окклюзии образование тумана маловероятно.

При прохождении холодного фронта туман, как правило, не возникает.

Низкие облачные системы не являются обычным туманом в собственном смысле слова, но на пересеченной местности они могут закрывать возвышенности, создавая картину сплошного тумана. Поднятие насыщенного предфронтального воздуха на наветренных склонах возвышенностей и его адиабатическое охлаждение усиливают туманообразование при прохождении фронта.

При пересечении любого фронта, как бы он ни был слабо выражен на синоптической карте, необходимо считаться с возможностью значительного уменьшения высоты облачности, особенно при полете над сильно пересеченной местностью.

### Указания на случай встречи с туманами

Встречая на пути полета туман, экипаж самолета обязан:

1. Продолжать полет над туманом. Такое решение обязан принять экипаж, так как он всегда должен стремиться достигнуть цели и выполнить боевую задачу во что бы то ни стало. Принимая такое решение, экипаж должен учесть горизонтальную протяженность тумана, будет ли туман в пункте прибытия в момент посадки. Если аэродром будет закрыт, то посадка (без предварительной подготовки) будет невозможна, а для возвращения назад может нехватить горючего.

Поэтому, приняв решение продолжать полет выше тумана, надо быть уверенным, что аэродром прибытия (или один из соседних аэродромов аэроузла) не закрыт туманом. Для полета над туманом надо заранее, до встречи с туманом, подняться вверх или, если самолет уже вошел в туман, пробивать его,

причем пробивать туман можно при условии полного владения техникой слепого полета экипажем.

2. Продолжать полет ниже тумана, т. е. бреющим полетом, но с расчетом видеть очертания земного рельефа и препятствий. В противном случае бреющим полетом не лететь.

3. Продолжать полет в тумане и, пробивая его, выйти наверх. Такой полет не будет отличаться от полета в облаках. Он допустим только на высотах, значительно превышающих высоту самых больших возвышенностей данной местности. Например, при наличии возвышенностей в 200—300 м, учитывая возможность ошибок высотомера, лететь в тумане необходимо не ниже 500—600 м. Продолжать полет в тумане можно в том случае, когда есть уверенность, что зона тумана невелика и самолет скоро выйдет из нее. Если же до выхода самолета из тумана будет израсходовано горючее, то вынужденная посадка в условиях тумана может привести к аварии.

4. Выбрать площадку и произвести посадку. Это решение будет правильным, если нельзя пробить туман, а лететь обратно нельзя из-за недостатка горючего или ввиду скорого наступления темноты. Если поблизости площадки для посадки нет, надо лететь в сторону, где туман, по общей ситуации, мало вероятен.

Если же до израсходования горючего не удалось найти площадку для посадки и нет возможности выйти из тумана, надо, выключив зажигание и отрегулировав управление самолета на режим планирования с небольшим углом, выброситься на парашюте.

Наиболее опасны для полета адвективные туманы. Они могут возникать в любое время суток, тогда как радиационные туманы бывают рано утром.

Адвективные туманы держатся значительно дольше, чем радиационные; они не рассеиваются даже после восхода солнца и держатся иногда до 2—3 суток, а в отдельных случаях и до 7 суток; эти туманы имеют большую протяженность, чем радиационные, и могут возникать в различных местах земной поверхности, тогда как радиационные туманы возникают только в определенных местах (низины, болота) и если даже занимают большие площади, то обычно располагаются пятнами.

Часто над адвективным туманом имеется еще ярус средних облаков, а иногда туман сливается с облаками; над радиационным же туманом облаков обычно не бывает.

Радиационные туманы затрудняют работу авиации только при особых условиях; например, в зимних антициклонах они образуются даже после восхода солнца и держатся иногда до



12—14 часов. Такой туман может сорвать полеты на весь день, так как зимой очень рано начинает темнеть и вылет по маршруту в 500—600 км с 14 часов уже не может быть разрешен.

Адвективные туманы с высотой становятся плотнее. Радиационные (кроме высоких), наоборот, плотнее у земли; если смотреть в зенит, можно заметить слабое просвечивание голубого неба. Через тонкий слой радиационного тумана иногда просматривается поверхность земли. При таком тумане можно производить меткое бомбометание, не опасаясь истребителей противника.

Для летного состава ВВС очень важно уметь отличить тип тумана, зависящий в основном от физических причин его возникновения.

## Обледенение

Обледенением называется образование корки льда на деталях самолета при определенных условиях полета. Лед образуется на передних кромках крыльев и хвостового оперения, винте, антеннах, забивает приемник указателя скорости.

В результате образования льда увеличивается вес самолета, изменяется профиль крыла и снижается его подъемная сила, увеличивается лобовое сопротивление, появляются вибрации самолета, нарушается режим работы мотора. Обледенение—опасное для самолета явление, часто приводящее к вынужденным посадкам.

Существует несколько видов обледенения.

1. Чистый лед—имеет сходство с гололедицей, которая наблюдается на земле во время дождя при температуре ниже 0°.

Чистый лед нарастает быстро и держится на поверхности самолета очень крепко. Это самый опасный из всех видов обледенения.

2. Изморозь—белесоватый неровный налет, имеющий зернистое строение. Образуется при замерзании переохлажденных водяных капелек при более низких температурах. Оседает более равномерно на поверхности самолета, но держится не так крепко, как чистый лед. При продолжительном полете может достигнуть опасных размеров.

3. Иней—мелкокристаллический налет. Причина образования—переход водяного пара в лед, минуя стадию жидкости (так называемая сублимация), когда холодный самолет попадает в более теплый воздух. Иней никогда не достигает опасных размеров и легко стряхивается с самолета воздушным потоком.

Обледенение образуется обычно при полете в облаках, тумане, дожде или мокром снеге при температурах ниже 0°.



Переохлажденные водяные капли могут существовать даже при температурах до  $-34^{\circ}$ , однако наиболее часто и в наиболее опасных видах обледенение бывает при температурах от  $0^{\circ}$  до  $-5^{\circ}$ . Особенно внезапные и быстрые отложения льда происходят при температуре, близкой к  $0^{\circ}$ . При температурах ниже  $-6^{\circ}$  отложения чистого льда встречаются значительно реже, а при температурах ниже  $-10^{\circ}$  число случаев обледенения резко падает и формы обледенения переходят в более легкие (изморозь и иней).

Высоты, на которых наблюдается обледенение, разнообразны и зависят от уровня высоты нулевой изотермы (линия, соединяющая точки с температурой  $0^{\circ}$ ).

Максимальное количество обледенений в умеренных широтах в холодное время года встречается в облачности на высоте от 100 до 800 м, а в теплое время года—на высотах 2 500—3 500 м.

Наиболее тяжелые случаи обледенения наблюдаются при полете в зоне дождя, состоящего из переохлажденных капель. Такие условия бывают перед теплым фронтом, когда теплой воздушной массой является морской полярный воздух с температурой около  $+5^{\circ}$ , а холодной воздушной массой является арктический (или континентальный полярный) воздух с температурой до минус  $4-9^{\circ}$ , причем в клине холодного воздуха выпадает переохлажденный дождь. Зона опасного обледенения может распространиться в ширину на 100—200 км и начинаться в 50—100 км от фронта. Не менее опасны в отношении обледенения также и фронты окклюзии по типу теплого фронта. Обледенение может встретиться и за холодным фронтом.

Наибольшую опасность в отношении обледенения представляют фронтальные облака, находящиеся в стадии развития: высокослоистые, слоисто-дождевые. В кучевых и кучево-дождевых облаках также может возникнуть обледенение.

В облаках однородной воздушной массы и в инверсионных облаках при слабых вертикальных движениях воздуха (слоистые, слоисто-кучевые и высококучевые) обледенение значительно слабее и бывает главным образом в виде изморози.

При полете в зоне осадков с крупными каплями лед отлагается на лобовых частях самолета, непосредственно соприкасающихся с воздушным потоком. В зоне осадков с малыми каплями отложения льда распределяются равномерно по всей поверхности самолета.

На обледенение влияет рельеф местности. В горных районах, где вследствие механического влияния рельефа облака образу-

ются ниже обычного уровня и где конвективные потоки поддерживают в воздухе относительно крупные водяные капли при температурах ниже  $0^{\circ}$ , создаются условия, особенно благоприятные для обледенения. Наибольшее число случаев обледенения зарегистрировано в декабре—ноябре, наименьшее—летом.

Для возможности прогноза обледенения необходимо учитывать характер облачности и температуру.

Летчики должны избегать углубления в слоистообразные облака, когда температура под облачным слоем быстро убывает с высотой, так как к моменту входа в облако температура может упасть до  $0^{\circ}$ .

Предотвращение летных происшествий из-за обледенения возможно двумя путями.

1. Можно отказаться от полета по маршруту, опасному в отношении обледенения, используя для прогноза данные наблюдений аэрометеорологической станции (подробная консультация перед вылетом о вероятных зонах обледенения), а также службы метеорологической информации и предупреждения. Прогноз возможности обледенения при данной синоптической обстановке основывается на распределении температуры воздуха по вертикали, в частности на положении изотермы  $0^{\circ}$ , перемещении фронтов и распределении зон переохлажденного дождя.

В некоторых случаях избежать обледенения можно, спустившись в слой воздуха с более высокой температурой или же поднявшись на большую высоту, где температура значительно ниже. Подъем на высоту можно применять в случае, когда обледенение происходит в инверсионных облаках или в облачных системах верхних старых фронтов окклюзии; при наличии же резко выраженных теплых фронтов такой способ избежания обледенения рискован, так как быстрое нарастание льда может помешать самолету во-время набрать высоту.

2. Применением химических, механических и термических средств против обледенения.

## Местные признаки погоды

Под местными признаками погоды следует понимать изменения метеорологических элементов и явления, наблюдаемые в атмосфере, которые служат предвестниками изменения погоды или, наоборот, указывают, что существующая погода сохранится.

При наличии синоптической карты местные признаки дают возможность детализировать прогноз, данный по карте.

Возможны случаи, когда синоптическая карта отсутствует или имеется неполная карта. В этих условиях значение местных

признаков для прогноза сильно возрастает. Большое значение местные признаки приобретают также в случае, когда в распоряжении метеоролога имеется только одна синоптическая карта за сутки.

Для летчика местные признаки приобретают исключительное значение при полете над территорией противника. Они помогают следить за правильностью прогноза и информации и дают возможность летчику внести самостоятельно поправки в прогноз при неустойчивой метеорологической обстановке. Местные признаки помогают летчику ориентироваться в процессах, совершающихся в данном районе или на маршруте полета.

Местные признаки погоды, конечно, не могут служить исчерпывающим материалом для прогноза вследствие ограниченности горизонта наблюдателя, особенно зимой (даже перистые облака видны на расстоянии не более 400 км), и вследствие приближенности данных о состоянии атмосферы, особенно в отношении размеров явлений и расстояния их от места наблюдения.

В связи с этим прогноз погоды по местным признакам на значительный срок (за 24 часа) будет неточным и неопределенным, но краткосрочные прогнозы (за 5—10 часов) себя вполне оправдывают. Прогнозы погоды по местным признакам на сроки в 2—3 часа могут быть даны с большей определенностью и точностью.

Местные признаки приобретают огромную ценность при предупреждениях об опасных явлениях погоды. Так как сообщения с метеостанций могут запоздать, а шквал, например, не всегда приходит из другого места, иногда возникая и развиваясь над данным районом, то местные признаки могут оказаться основным средством предупреждения.

Большинство местных признаков основано на наблюдениях за ветром, развитием облаков, температурой, влажностью воздуха и т. д.

При составлении прогноза погоды по местным признакам необходимо руководствоваться следующим:

1. Чем медленнее происходит изменение явления, наблюдаемого в качестве местного признака, тем медленнее будет происходить изменение сопутствующей ему или предвещаемой им погоды и тем продолжительнее будет эта погода, и наоборот.

2. Чем большее число местных признаков подтверждает друг друга, тем точнее будет прогноз погоды.

3. Если несколько местных признаков противоречат один другому, погода будет неустойчивой.



## Признаки приближения теплого фронта

1. Появление перистых облаков, причем движение их заметно на-глаз. Фронт движется с той стороны горизонта, откуда появляются перистые облака.

2. Перистые облака сгущаются и переходят в перисто-слоистые. Вокруг солнца или луны наблюдается радужный круг (гало).

3. Перисто-слоистые облака постепенно сереют, уплотняются и незаметно переходят в высокосоистые. Солнце вначале просвечивает тусклым, размытым диском, а потом перестает быть видимым.

4. Давление понижается; чем быстрее падает давление, тем быстрее приближается теплый фронт. Падение давления можно обнаружить еще на земле по высотомеру, установленному на самолете.

5. Ветер усиливается и изменяет свое направление по часовой стрелке.

6. Если ветер поворачивается против часовой стрелки, то это значит, что фронт проходит стороной, и в этом случае осадков не будет.

7. Высокосоистые облака постепенно переходят в слоисто-дождевые, начинаются обложные осадки.

## Признаки приближения холодного фронта

1. Появляются быстро движущиеся высококучевые облака, иногда—перисто-кучевые, отдельными группами.

2. Небо быстро закрывается перисто-слоистыми облаками грубого строения (шатер).

3. На горизонте вырисовывается цепь мощных кучево-дождевых облаков, иногда в форме дуги (рис. 37).

4. Кучево-дождевые облака подходят к зениту, ветер резко меняет направление и дует резкими порывами от облака.

5. При прохождении фронта наблюдаются:

- ливневые осадки, грозы, шквалы;
- ливневой снег, буран зимой;
- резкое понижение температуры;
- слабо падающее давление начинает резко возрастать.

## Признаки приближения фронта окклюзии

Приближение фронта окклюзии в большинстве случаев узнается по тем же признакам, что и приближение теплого фронта.



## Признаки отсутствия фронтов вблизи данного места наблюдения

1. В зимнее полугодие: ясная погода днем и ночью; иней или обильная роса ночью; иногда с вечера поземный, а к утру сплошной туман, переходящий в слоистую облачность, которая к 11—12 часам постепенно исчезает; слабые ветры.

В летнее полугодие: после ясной ночи развитие кучевых облаков, исчезающих к вечеру; образование к утру поземных туманов, исчезающих после восхода солнца.



Рис. 37. Приближение облачности холодного фронта

2. Правильный суточный ход метеорологических элементов.
3. Ночью—штиль; усиление ветра к 12—15 часам, потом ослабление его.
4. Резкое повышение температуры днем, понижение ее ночью.
5. Значительное понижение относительной влажности днем.
6. Давление имеет ровный ход или слабое суточное изменение.

При наличии всех этих признаков можно ожидать, что характер наблюдаемой погоды удержится в течение суток и более.

## Признаки приближения грозы

1. Высокая температура (жарко с утра) при слабом ветре, днем «парит».
2. Большая абсолютная влажность, или упругость водяного пара (12 мм и более).
3. Неровный ход давления или медленное падение его.
4. Кучевые облака появляются рано утром и интенсивно развиваются.
5. По ясному небу быстро движутся высококучевые башенкообразные облака (рис. 38).



Рис. 38. Схема строения башенкообразных облаков

6. Быстрое изменение направления и скорости ветра на высотах при слабых ветрах у земли.
7. Ясная слышимость далеких слабых звуков.
8. Появление «шатра» у кучево-дождевого облака, движущегося к пункту наблюдения.

Если грозовые облака представляют собой отдельные узкие и высокие башни, следует ожидать кратковременных гроз с ливнем. Если облака имеют вид гроздящихся масс (горы облаков) с темными нижними основаниями, надо ожидать продолжительной и сильной грозы. Очень мощное и развитое по вертикали кучево-дождевое облако с разорванным основанием и грибообразным «шатром» (рис. 39) указывает на возможность выпадения града. Иногда на фоне пепельного цвета облака выделяются белые полосы—падает град.

## Признаки изменения погоды в полете

В полете единственными «местными» признаками погоды являются облака и ветер. Умение различать облачные формы позволит летчику правильно оценить в полете метеорологическую обстановку и сделать правильные выводы о возможных в ближайшие часы изменениях ее.

Наблюдаемые в воздухе с самолета облака можно квалифицировать следующим образом.

1. Высокие облака—перистые и перисто-слоистые, которых самолет редко достигает. Их вид остается точно таким же, как



Рис. 39. «Шатер» кучево-дождевого облака



Рис. 40. Вид высоких облаков в полете перед фронтом окклюзии



Р и с. 41. Кучево-дождевое облако (вид с высоты 6 000 м)



Р и с. 42. Вершина кучевого облака, пробивающего верхнюю границу слоистых облаков



и при наблюдении с земли (рис. 40). При высотных полетах граница перистых облаков почти никогда не обнаруживается, так как она очень расплывчата, и летчик видит только поток ледяных кристаллов в виде блесков в лучах солнца.

2. Высокослоистые облака, кажущиеся часто очень густыми.

3. Многочисленная группа облаков типа высокослоистых, высококучевых и слоисто-кучевых, структура которых при наблюдении сверху почти одинакова. Верхняя граница этих облаков обычно имеет характерный морщинистый, изборожденный вид (море облаков).

4. Облака конвекции—кучевые и кучево-дождевые. Около горизонта имеют вид непрерывного слоя с неправильными вершинами. Сверху похожи на бушующее море с отдельными огромными валами (рис. 41). При полете над кучевыми облаками хорошей погоды (редкие кучевообразные облака) с самолета видны только отдельные образования.

5. Если в полете на высоте 1 000—3 000 м встречается сплошной покров слоистых облаков и если верхнюю границу их пробивают вершины кучевых облаков (рис. 42), это свидетельствует о том, что нижняя граница слоистых облаков находится на значительной высоте над землей (500—800 м). Если же выступов нет и облака имеют вид гладкого, слегка волнистого слоя, это означает, что нижняя граница облаков лежит на небольшой высоте над землей (100—200 м), а иногда может опускаться до земли.

6. Сплошная облачность на высотах от 500—600 м до 4—6 км указывает на близость теплого фронта.

7. Многоярусная облачность, поднимающаяся до больших высот, означает, что полет происходит в зоне фронта окклюзии. Промежутки между ярусами могут достигать 300—500 м по вертикали. Но лететь в этих промежутках долгое время не следует, так как они быстро могут закрыться облаками.

8. Наличие плотных перисто-слоистых облаков на маршруте указывает на близость грозы, поэтому в таких случаях летчик должен особенно внимательно наблюдать за горизонтом.

---

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ЛЕТНО-БОЕВОЙ РАБОТЕ**

### **Общее положение**

Современное состояние авиационной техники позволяет совершать полет почти при любых условиях погоды. Однако далеко не при всяких условиях может быть выполнено каждое боевое задание. Например, точное бомбометание невозможно, если цель будет закрыта сплошными низкими облаками, визуальная разведка и аэрофотосъемка будут невозможны или мало эффективны, если облачность нижнего яруса превышает 7—8 баллов. Если некоторый удаленный пункт досягаем для данного типа самолета при слабых боковых ветрах, то возможно, что его не удастся достигнуть при сильных встречных ветрах.

Одной из основных задач авиационной метеорологии является содействие командованию лучше и целесообразнее использовать условия погоды. Благоприятные для выполнения задания условия погоды должны немедленно и широко использоваться. Если же по совокупности всех условий погоды проведение той или иной операции не сулит успеха, то, очевидно, придется дожидаться наступления перемены погоды и провести операцию несколько позже, но зато при более благоприятных условиях.

Летный состав ВВС РККА должен уметь всегда использовать существующую и ожидаемую метеообстановку, так как только сочетание хорошо поставленной метеослужбы и умелое ее использование могут дать должный эффект в летно-боевой работе.

### **Метеорологическая подготовка к вылету**

Метеорологическая работа летного состава на земле заключается в следующем. Прежде всего, прибыв в новый район, где еще не приходилось летать, необходимо по возможности ознакомиться с его климатическими особенностями. Важно уяснить характер облачности, условия и наиболее вероятное время ее

возникновения, а также время возникновения и продолжительность осадков, туманов и гроз.

Известно, например, что радиационные туманы образуются утром, перед восходом, а иногда даже и после восхода солнца. В некоторых районах это запаздывание бывает довольно значительным: туман образуется, когда солнце уже взошло, начался нагрев, и создается впечатление, что условия благоприятствуют рассеянию тумана, между тем он еще некоторое время усиливается. Также обычно принято считать, что радиационные туманы расходятся к 9—10 часам, между тем в некоторых районах, в зависимости от ряда местных условий, они иногда держатся до 12—13 часов, что в зимнее время ведет к полному срыву летного дня. Подобные примеры можно было бы привести и в отношении гроз и других явлений. Летчик, не знающий климатических особенностей района, легко может быть введен в заблуждение и принять неверное решение.

При метеорологической подготовке к вылету могут быть два основных случая: полет по большому маршруту (полет бомбардировщиков) и вылет по тревоге (истребители).

В первом случае после получения задания имеется некоторое время, хотя часто весьма ограниченное, на ознакомление с общей синоптической ситуацией и на получение консультации на аэрометеорологической станции (АМС). Во втором случае после получения задания летчик может только получить шаропилотные данные, которые должны возможно чаще обновляться и всегда быть наготове у дежурного метеоролога для передачи на старт. Однако сравнительно ограниченный и известный район действий истребителей позволяет летчикам до вылета, во время дежурства на аэродроме, держать связь с АМС, быть в курсе синоптической обстановки по последней карте и следить за всеми изменениями по последующим данным (метеоинформация, предупреждение, разведка погоды).

Получая консультацию на АМС по маршруту полета, летчик должен выяснить состояние погоды и ее изменения в определенных пунктах, а также и на определенных участках маршрута. В условиях мирного времени при обслуживании маршрутных полетов сведения о погоде получают от метеостанций, находящихся на пути маршрута. Экипаж самолета во время консультации на АМС должен получить метеорологическую обстановку и прогноз погоды в пространственном разрезе (состояние и изменения метеоэлементов по высотам, верхняя и нижняя границы облаков, возможные осадки и в каких местах, температурный режим на высотах, возможность обледенения и т. д.).



## Оценка летчиком погоды в полете

Метеорологическая работа, начатая летным составом на земле до вылета, продолжается в полете. Наблюдение за погодой в полете должно быть непрерывным.

При современных скоростях за небольшой промежуток времени самолет проходит значительные расстояния; поэтому полет часто будет совершаться в различных условиях погоды.

Во время полета штурман всегда должен быть готовым к неожиданностям: он может получить приказание изменить маршрут и должен будет сделать перерасчет курса, неисправность материальной части может вынудить к возвращению назад и т. д. Поэтому штурман всегда должен знать метеорологическую обстановку на маршруте и по сторонам от линии маршрута для принятия правильного решения в случае изменения маршрута или необходимости возвращения назад в случае неблагоприятной погоды.

Разведка погоды является частью метеорологической работы экипажа в воздухе.

Экипаж должен в полете фиксировать все наблюдаемые элементы, а именно: вид неба, форму и высоту облачности, интенсивность «болтанки», характер осадков, ветра и т. п.

В полете прежде всего надо установить, в какой воздушной массе происходит полет. Если облачность слоистых форм, отсутствует рост кучевых облаков вверх, видимость ухудшения или плохая,—это свидетельствует об устойчивой воздушной массе; наоборот, мощное развитие кучевых облаков, перерастание их в кучево-дождевые (грозовые), внезапные ливневые осадки, непродолжительные, но повторяющиеся, видимость хорошая—характерные признаки неустойчивой (холодной) воздушной массы.

Неустойчивая воздушная масса часто бывает обманчива, особенно зимой. Внезапные снегопады ливневого характера могут ввести в заблуждение неопытного летчика. Попав в такой снегопад, надо продолжать полет, так как через несколько минут самолет должен выйти из зоны снегопада (такие зоны в неустойчивой воздушной массе самолет будет пересекать несколько раз).

В случае необходимости пробивания облаков летчик должен всегда иметь в виду возможность обледенения самолета. Пробивать слоистые или слоисто-дождевые облака в теплом секторе циклона зимой при температуре от  $0^{\circ}$  до  $-8^{\circ}$  не следует, так как обледенение неминуемо. Если требуется пробить облачность перед теплым фронтом, следует учесть, примерно на каких высотах возможно обледенение.



Представим себе, что самолет летит на высоте 3 000 м; температура — 4°; над ним (на высоте 3 500 м) и впереди—слой плотных высокостроистых облаков. Летчик знает (из консультации на АМС, полученной перед вылетом), что он должен будет пересекать теплый фронт.

Как следует оценить данную обстановку? Сколько километров осталось до линии теплого фронта? Где встретится дождь? Где целесообразнее пробивать облачность?

Наклон поверхности раздела обычно бывает около 1:100; поэтому расстояние от местонахождения самолета до теплого фронта будет в 100 раз больше высоты полета, т. е. 350 км. Зона осадков перед теплым фронтом обычно имеет ширину 300 км летом и 400 км зимой. Если продолжать полет под облаками, то они будут постепенно «прижимать» самолет, и вскоре, через 50—100 км, самолет попадет в зону осадков. Так как температура над поверхностью раздела, т. е. в теплой воздушной массе, может быть выше 0°, то осадки будут в виде дождя. Дождь, попадая в холодную массу, становится переохлажденным. Следовательно, лететь дальше под облаками в осадках опасно, так как здесь наступает обледенение самого тяжелого вида.

Где целесообразнее пробить облачную систему? Пробивание слоисто-дождевых облаков на участке между *A* и *B* (рис. 43) наиболее опасно, так как температуры здесь будут в наиболее опасном диапазоне, т. е. от 0° до —8°. Пробивать облака надо или до пункта *A*, т. е. там, где температуры будут —10° и ниже, или пробивать облачность после пункта *B*, где температуры будут положительными. Однако полет до пункта *B* вообще затруднен. Таким образом, место пробивания облачности теплого фронта определяется не удалением от фронта, а температурами под и над поверхностью раздела.

Очень важно для летчика уметь разбираться в горизонтальной и вертикальной протяженности облачных систем.

При пересечении теплой части циклона над покровом слоистых облаков километров за 50—100 до холодного фронта обычно наблюдается прояснение. Появляются высококучевые облака разных форм (чечевицеобразные, хлопьевидные, просвечивающие) и перисто-кучевые. Затем внизу появляются слоисто-кучевые облака. На рис. 43 изображена схема и вид неба при приближении к холодному фронту. Если полет происходит на высоте 3—4 км, то внизу будут слоисто-кучевые, вверху—высококучевые облака, а еще выше часто бывают перисто-кучевые. Вдали на горизонте начинают вырисовываться нагромождения кучево-дождевых (грозовых) облаков.

Пробивание облачности холодного фронта и окклюзии по типу холодного фронта опасно. Часто пробивание облачности холодного фронта вообще невозможно, не только для групп, но и для одиночных самолетов. В некоторых случаях все же можно сделать попытку пробить холодный фронт.

При пробивании облачности холодного фронта наиболее подходящее место приходится искать, летя вдоль линии фронта, параллельно ей, выбирая место, где кучево-дождевые облака менее плотны и имеют более светлый оттенок.

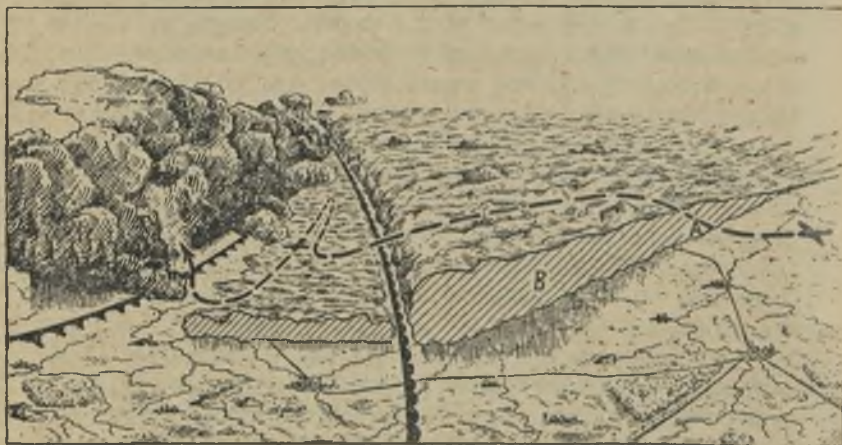


Рис. 43. Перспективная схема теплого и холодного фронтов

При полете над сплошным слоем низких облаков, особенно к концу полета, очень важно знать высоту нижней границы облаков — доходит ли она до земли или нет, т. е. не является ли данный слой облачности туманом.

Если верхняя граница слоисто-дождевых облаков очень ровная, то пробивать ее сверху нельзя, так как она может доходить почти до земли; если же видны отдельные вершины кучевых облаков, выдающиеся над верхней поверхностью облаков, то эта облачность до земли не доходит, так как имеется значительная конвекция.

При полете в утренние часы над слоем радиационного тумана при подходе к цели или к аэродрому важно знать, когда туман рассеется.

Помимо общего представления о климатических особенностях данного района, следует учесть интенсивность нагрева. Если небо покрыто пленкой перисто-слоистых или, в особенности, высокосоистых облаков, то туман может держаться долго.

## Тактическое использование метеослужбы

В условиях боевой обстановки придется вылетать при любой метеорологической обстановке, когда ждать нельзя (вылет по тревоге и пр.).

В случаях, когда время вылета обусловлено и может быть в некоторых пределах выбрано, его нужно приурочить к наиболее благоприятному моменту метеорологической обстановки.

Предположим, что в пункте вылета наблюдается погода, которая может быть охарактеризована как погода при приближении теплого фронта. На рис. 44, а изображена метеобстановка на данном маршруте (в разрезе).

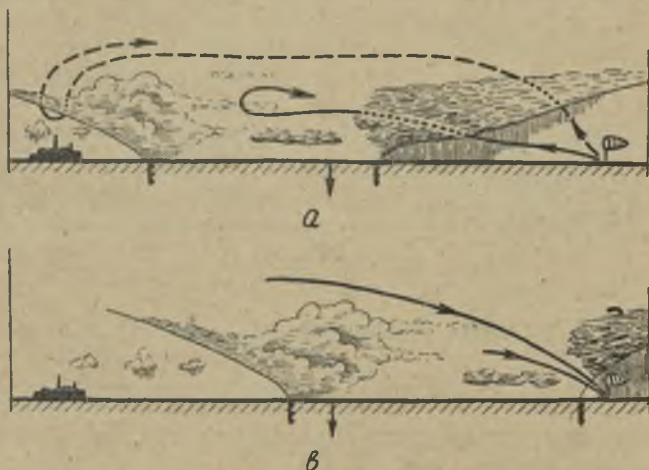


Рис. 44. Схема полета через зону теплого и холодного фронтов

Если самолеты не обладают большим потолком и полет придется производить на средних высотах (4—6 км), то, пробив высокослоистые облака и пройдя теплый сектор над облаками (или между двумя слоями облаков), экипажи встретят облачность приближающегося холодного фронта и вынуждены будут повернуть назад.

Самолеты с большим потолком смогут, пробив слой высокослоистых облаков, пройти весь маршрут над облаками. Для бомбометания, повидимому, придется снизиться до нижней кромки зафронтальных высококучевых или высокослоистых облаков, после чего вновь подняться и обратный путь пройти опять над облаками.



На рис. 44, *в* изображена ситуация в момент посадки самолетов. Как видно из рисунка, вылет при изложенных выше условиях будет сопряжен с большими трудностями или окажется невыполнимым.

Значительно благоприятнее условия полета при ситуации, изображенной на рис. 45, *а*. Следует, однако, иметь в виду,

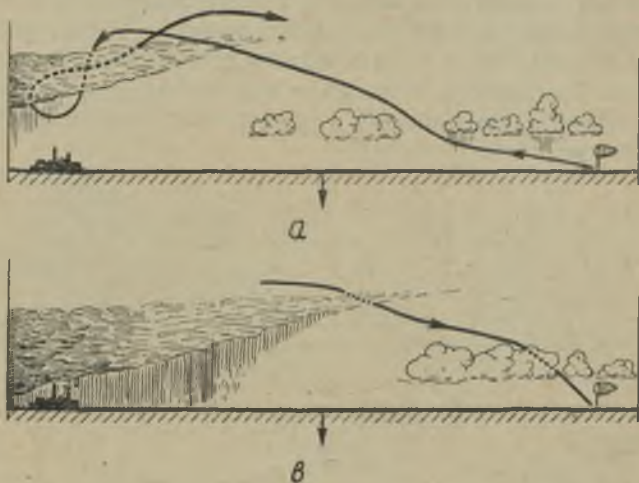


Рис. 45. Схема полета навстречу теплому фронту

что в случае некоторого ускорения продвижения теплового фронта к моменту пролета самолета над целью там будет уже зона фронтального дождя (рис. 45, *в*).

На рис. 46, *а* показаны условия полета при прохождении старой окклюзии, не дающей осадков, а на рис. 46, *в*—условия возвращения на свой аэродром.

Иначе приходится расценивать типы погоды для целей разведки.

В этих случаях облачность не должна превышать 5—6 баллов. При этом надо учитывать, что для армейской разведки, ведущейся с больших высот, облачность среднего яруса в 5—6 баллов может считаться приемлемой; облачность же в 5—6 баллов нижнего яруса при полете на сравнительно больших высотах закроет значительную часть наблюдаемой местности, и разведка будет малоэффективной.

Для ближней разведки, ведущейся со средних высот, приемлема облачность до 5—6 баллов нижнего яруса, независимо от облачности среднего яруса.



Разведка погоды может преследовать три различные задачи:

1. Добывать для АМС сведения о погоде с территории противника, необходимые для пополнения синоптических карт («обрезанной» карты погоды) и для текущего обслуживания авиачастей.

Каждый одиночный самолет, вылетающий по заданию, попутно ведет разведку погоды, заключающуюся в фиксации состояния погоды в различных пунктах маршрута, при этом обязательно указываются время, место и высота. Форма записи и порядок представления результатов разведки погоды регламентируются специальными указаниями. По возвращении с задания данные эти представляются экипажем на АМС.

В воздухе, особенно в боевой обстановке, всякая дополнительная работа, поручаемая летнабу, создает для него большие трудности, поэтому разведка погоды охватывает лишь основные метеорологические элементы; с другой стороны, учитывая, что разведка погоды является единственным средством добывания метеорологических данных с территории противника, надо при малейшей возможности стремиться дать АМС возможно более полные сведения.



Рис. 46. Схема полета через фронт окклюзии

2. Уточнять метеорологическую обстановку в направлении намечаемого маршрута для принятия решения о вылете. Для этого можно выслать специальный самолет. Это мероприятие можно осуществить также и для выяснения характера много-ярусной облачности.

3. Предупреждать группу самолетов, находящуюся в полете, об опасных явлениях погоды на маршруте. Для этого высылаемые вперед и в стороны самолеты разведки погоды должны передавать по радио летящей группе самолетов наблюдаемую погоду на маршруте. Удаление самолетов—разведчиков погоды не должно быть большим, так как погода может измениться, пока группа подойдет к тому месту, из которого передавались сведения о погоде. С другой стороны, это расстояние должно быть достаточным для того, чтобы группа успела избежать встречи с опасным явлением.

---

*Священный долг перед любимой Родиной  
зовет нас к новым победам и подвигам.  
Вперед на врага, богатыри Советской  
страны!*

Редактор майор *Патрикеев Ф. А.*

---

Подписано к печати 4.9.41. Г 52349. Объем 7 $\frac{1}{2}$  п. л.  
+ 2 вкладки 1 печ. л. 6,8 авт. л. В печ. л.  
38 016 тип. знаков. Заказ № 519;

---

3-я типография «Красный пролетарий» Огиза  
РСФСР треста «Полиграфкнига».  
Москва, Краснопролетарская, 16;



Таблица для чтения условных знаков на синоптической карте.

ТТ - температура воздуха в целых градусах С											
WW - характеристика погоды в момент наблюдения											
Дымка	Низкий туман	Сухая мгла, видим. > 2 км	Дымка, видим. 1-2 км								
Явления на расстоянии	Осадки в поле зрения	Отдаленная гроза	Пыльная буря в поле зрения	Мрачное небо	Шквал за последний час	Сильные шквалы за последн. 3 часа	Смерчи	Пыльные смерчи	Зарница	Туман на расстоянии	
Осадки за последний час	Без уточнения	Был моросящий дождь	Был дождь	Был снег	Был мокрый снег	Был ливневый дождь	Был ливневый снег	Был град	Была слабая гроза	Была сильная гроза	
Пыльные бури и метели	Пыльная буря без уточнения	Пыльная буря ослабев	Пыльная буря без изменения	Пыльная буря усилил	Приближение фронтов	Низовая метель	Слабый поземок	Сильный поземок	Слабая низовая метель	Сильная низовая метель	
Туманы	Без уточнения	Слабый в течение последн. часа	Густой в течение последн. часа	Ослабевает			Без изменения		Усиливается		Туман местами
Морось	Без уточнения	Небольшая		Умеренная		Частая		Моросящий дождь с туманом		Частый морос дождь с мелким дождем	
Обложной дождь	Без уточнения	Небольшой		Умеренный		Сильный		Дождь и туман		Дождь со снегом	
Снег	Без уточнения	Небольшой		Умеренный		Сильный		Снег и туман		Мелкие снежные зерна	Ледяные иглы
Ливень	Без уточнения	Дождь		Снег		Снег с дождем		Снежная крупа		Ледяная крупа	
Гроза	Без уточнения	Дождь в срок наблюдения	Снег в срок наблюдения	Слабая с дождем или снегом	Слабая с градом или крупной	Умеренная с дождем или снегом	Умеренная с градом или крупной	Сильная с дождем или снегом	Сильная с пыльной бурей	Сильная с градом	



**VVV** - давление воздуха: десятки, единицы и десятые доли миллибара  
Для прочтения полностью надо слева приписать 10 или 9  
Полностью будет 10 VVV,8 или 9 VVV,8

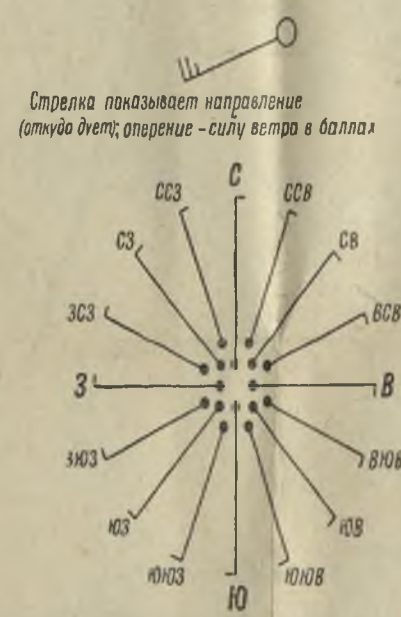
**bb** - величина барометрической тенденции  
Показывает изменение давления за предшествовавшие 3 часа

**a** - характер барометрической тенденции

<b>C<sub>L</sub></b> - облака нижнего яруса < 2 км	<b>C<sub>M</sub></b> - облака среднего яруса 2-6 км	<b>C<sub>H</sub></b> - облака верхнего яруса > 6 км
Кучевые хорошей погоды	Высоко-слоистые тонкие	Единичные перистые, количественно не увеличиваются
Мощные кучевые	Высоко-слоистые, плотные	Обильные перистые, но не сгущаются
Кучево-дождевые	Высоко-кучевые	Перистые плотные в пучках (из навалов)
Слоисто-кучевые из кучевых	Чечевицеобразные	Перистые с крючками или ножками на концах, количественно увеличиваются
Слоистые или слоисто-кучевые	Высоко-кучевые грядками	Перистые или перисто-слоистые не выше 45° над горизонтом надвигаются
Разорванно-дождевые	Высоко-кучевые из кучевых	Перистые или перисто-слоистые выше 45° над горизонтом, количественно увеличиваются
Слоисто-кучевые и кучевые	Высоко-кучевые и высоко-слоистые	Перисто-слоистые, покрывают все небо
Слоисто-кучевые и мощные кучевые	Высоко-кучевые ба-шенными или хлопьями	Перисто-слоистые, не покрывают всего неба и не увеличиваются
Кучево-дождевые и разорванно-дождев.	Хаотический вид неба	Преобладание перисто-кучевых

Положительная +	Отрицательная -
Давление выше, чем 3 часа назад	Давление ниже, чем 3 часа назад
Рост, затем падение	Падение, затем рост
Ровный рост	Падение, затем ровный ход
Неровный рост	Неровное падение
Ровный ход, затем рост	Ровное падение
Падение, затем рост	Рост, затем падение

V - горизонтальная видимость		U - относительная влажность	
Стоит на карте	Следует читать	Стоит на карте	Следует читать
< 50	Менее 50 м	A	0-9
50 м	От 50 до 200 м	I	10-19
0.2	От 200 до 500 м	II	20-29
0.5	От 500 до 1000 м	III	30-39
1	От 1 до 2 км	IV	40-49
2	От 2 до 4 км	V	50-59
4	От 4 до 10 км	VI	60-69
10	От 10 до 20 км	VII	70-79
20	От 20 до 50 км	VIII	80-89
> 50	Более 50 км	IX	90-94
		0	95-100



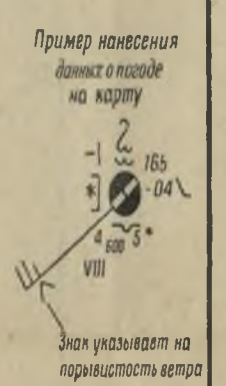
сила ветра	
На карте в баллах	Перевод в м/сек
0	0-1
1	1-2
2	2-3
3	3-5
4	5-7
5	7-10
6	10-12
7	12-15
8	15-18
9	18-22

h - высота облаков нижнего яруса	
Стоит на карте	Следует читать
< 50	Ниже 50 м
50	50-100 м
100	100-200 м
200	200-300 м
300	300-600 м
600	600-1000 м
1000	1000-1500 м
1500	1500-2000 м
> 2000	Выше 2000 м

**N<sub>h</sub>** - количество облаков нижнего яруса  
Цифра на месте N<sub>h</sub> показывает число баллов

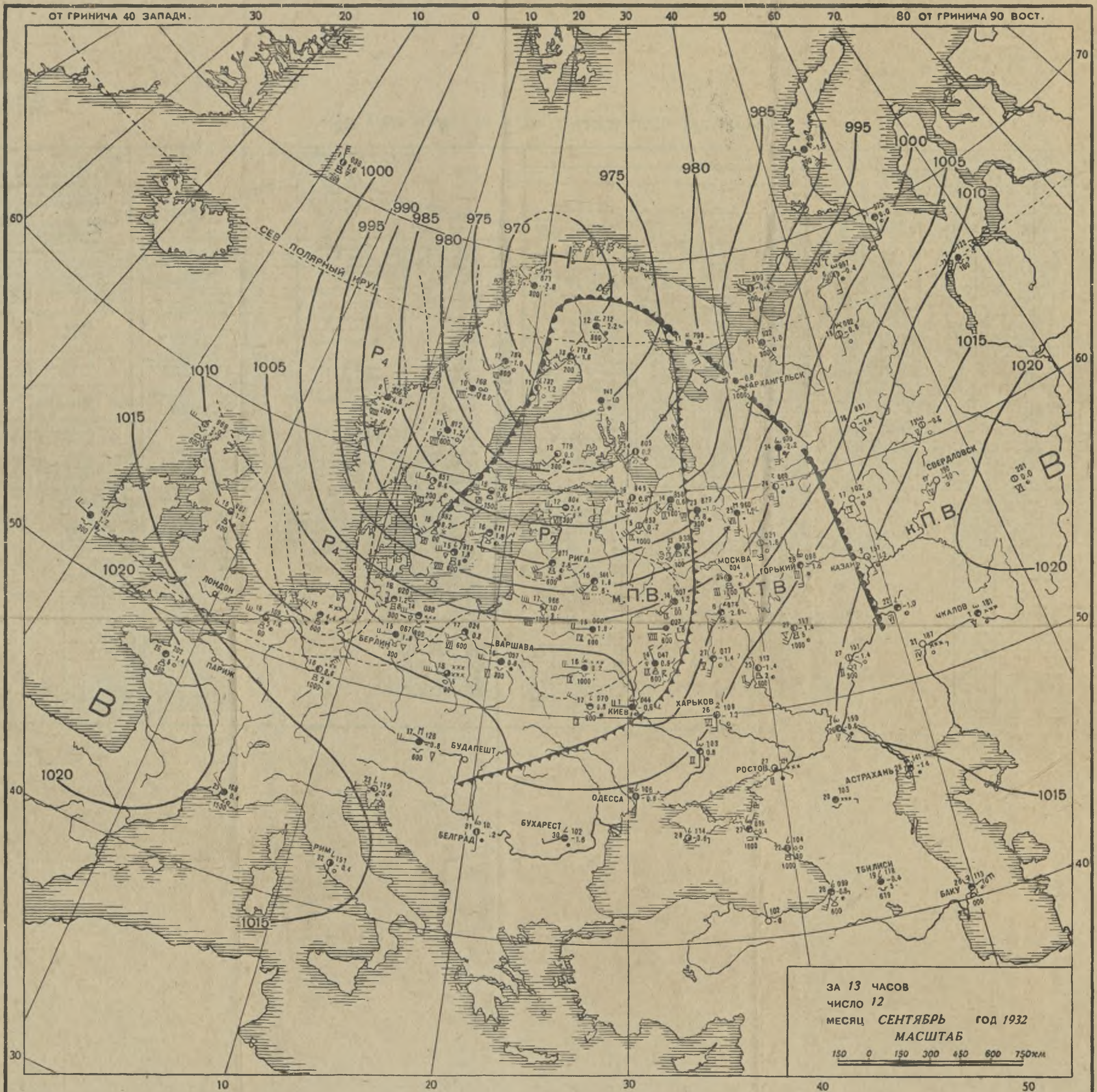
N - общее количество облачности	
Стоит на карте	Следует читать
0	Ясно
1	Следы
2	1-2 балла
3	2-3 балла
4	4-6 баллов
5	7-8 баллов
6	9 баллов
7	Небольшое просветление
8	10 баллов
9	Определить нельзя

W - погода между наблюдениями	
0	Было ясно
1	Было облачно
2	Было пасмурно
3	Пыльная буря или метель
4	Туман
5	Моросящие осадки
6	Дождь
7	Снег
8	Ливневые осадки
9	Была гроза





СИНОПТИЧЕСКАЯ КАРТА за 12 сентября 1932 г.





СИНОПТИЧЕСКАЯ КАРТА за 23 февраля 1934 г.

