

чем на материках. В Атлантическом океане в среднем она располагается на $0-3^{\circ}$ с. ш. в марте и на $3-11^{\circ}$ с. ш. в сентябре. Летом северного полушария зона сходимости на материках смещается до 22° с. ш. над Африкой и до 35° с. ш. над Восточной Азией. Пассатные потоки обоих полушарий над океанами — это устойчивые по направлению ветры умеренной скорости (вблизи поверхности океана $5-8$ м/с). Сведения о распространении границ пассатов над Атлантическим и Тихим океанами приведены в табл. 20.1.

Таблица 20.1. Границы распространения пассатов

Океан	Полушарие	Март	Сентябрь
Атлантический	Северное	$26-3^{\circ}$ с. ш.	$35-11^{\circ}$ с. ш.
	Южное	$0-25^{\circ}$ ю. ш.	3° с. ш.— 25° ю. ш.
Тихий	Северное	$25-5^{\circ}$ с. ш.	$30-10^{\circ}$ с. ш.
	Южное	3° с. ш.— 28° ю. ш.	7° с. ш.— 20° ю. ш.

Над материками пассаты неустойчивы и слабо выражены.

Средняя высота распространения пассата (меридиональная составляющая скорости ветра направлена к экватору) составляет около 5 км (с довольно значительными отклонениями в ту и другую сторону). Выше этого уровня преобладает движение воздуха с составляющей, направленной в сторону полюсов. Это так называемый *антипассат*, приобретающий под влиянием кориолисовой силы на широте $25-30^{\circ}$ западное направление.

На эту планетарную картину распределения воздушных течений накладываются движения, порождаемые разностями температур между материками и океанами, между различными воздушными массами, а также между неоднородностями земной поверхности более мелкого масштаба.

Под влиянием разности температур между материками и океанами возникает и развивается *муссонная циркуляция* — явление, по условиям возникновения близкое к бризовой циркуляции, но осложненное влиянием кориолисовой силы и общим (западным) переносом.

6 Струйные течения

При достаточно больших горизонтальных контрастах температур между воздушными массами, т. е. в случае хорошо выраженных в пределах всей тропосферы фронтальных зон, образуются

так называемые струйные течения — уникальное атмосферное явление, открытое военными летчиками в конце второй мировой войны.

Струйные течения (струи) — это сравнительно узкий (в поперечном направлении) воздушный поток с почти горизонтальной осью в верхней тропосфере или стратосфере, для которого характерны большие вертикальные и горизонтальные градиенты скорости ветра.

Длина (горизонтальная протяженность) струйного течения составляет тысячи километров, ширина — сотни километров, а толщина — несколько километров. Воздушный поток принято называть струйным течением, если скорость ветра на оси струи не менее 30 м/с. Чем больше разность температур между воздушными массами, тем больше термическая составляющая скорости геострофического ветра и тем больше скорость ветра в центральной части струи. Эту закономерность иллюстрируют следующие данные о повторяемости скоростей ветра на оси струи при разных значениях разности температур ΔT между теплой и холодной воздушными массами (по Х. П. Погосяну):

$\Delta T^{\circ}\text{C}$	20—35	10—20	7—12
u м/с	55	40—55	25—40
N	13	46	8

Согласно приведенным данным, наиболее часто на оси струи встречаются скорости ветра 40—55 м/с. Максимальные зарегистрированные скорости ветра приближаются к 200 м/с.

Основное струйное течение наблюдается в субтропических широтах — на северной (в северном полушарии) периферии субтропических (высоких и теплых) антициклонов. Ось *субтропических* струйных течений располагается на широте 25—45° (зимой в широтной зоне 25—35°, летом — 35—45°). Отмечаются также *вне-тропические* струйные течения, образующиеся между высокими антициклонами и циклонами в умеренных широтах; *экваториальные*, образующиеся на южной (в северном полушарии) периферии субтропических антициклонов; стратосферные, возникающие на высотах 25—35 км между 50 и 70° с. ш.

На рис 20.6 и 20.7 приведены вертикальные разрезы атмосферы в меридиональной плоскости. Из этих рисунков следует, что средние скорости ветра на оси субтропической струи превышают 50 м/с зимой и 40 м/с летом. На оси струйного течения умеренных широт скорость ветра составляет около 25 м/с зимой и около 20 м/с летом. Летом оси струй располагаются на 10—5° севернее, чем зимой.

Приведем сведения о повторяемости (число случаев) скоростей ветра u на оси струйных течений:

u м/с	25—40	40—55	55—70	70—85	>85	Всего
Число струйных течений	41	78	36	13	3	171

Из них:

субтропических	8	37	23	12	1	81
внетропических	33	41	13	1	2	90

Из этих данных следует, что в субтропических струйных течениях большие скорости ветра встречаются более часто, чем во внетропических.

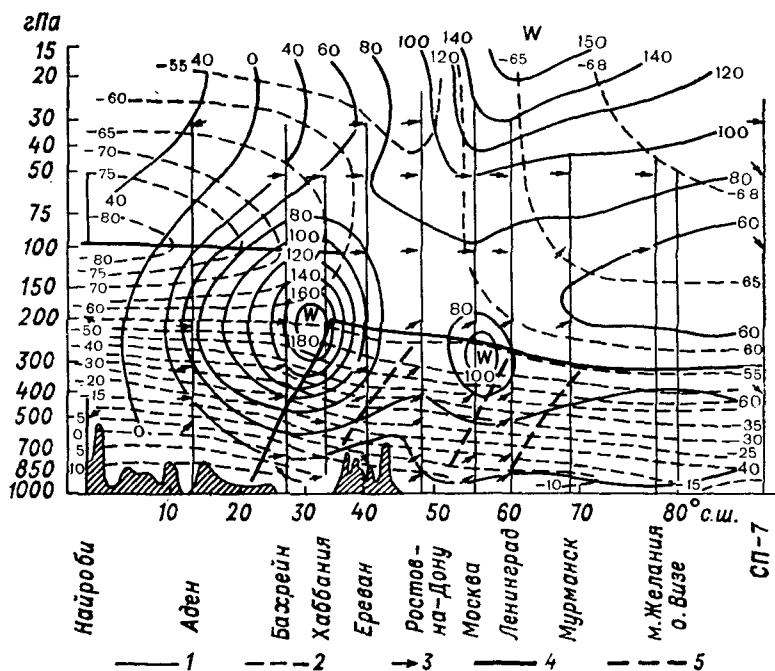


Рис. 20.6. Вертикально-меридиональный разрез атмосферы между экватором и Северным полюсом. Январь.

1 — изотахи (км/ч), 2 — изотермы ($^{\circ}\text{C}$), 3 — преобладающее направление ветра, 4 — тропопауза, 5 — фронтальные зоны.

Если подниматься вверх через струйное течение, то скорость ветра сначала растет, а затем убывает. На рис. 20.8 приведено распределение скорости ветра с высотой на различных по горизонтали расстояниях от оси струйного течения. Чем дальше от оси, тем меньше максимальная скорость ветра. В области струй-

ных течений наблюдаются большие вертикальные (от 1 до 4 м/с на 100 м высоты) и горизонтальные (чаще всего 10—15 м/с на 100 км) градиенты скорости ветра. Однако следует обратить внимание на то, что никаких разрывов скорости ветра и ее вертикального градиента в струйных течениях, как показывает рис. 20.8, не наблюдается. Объясняется это тем, что основной причиной об-

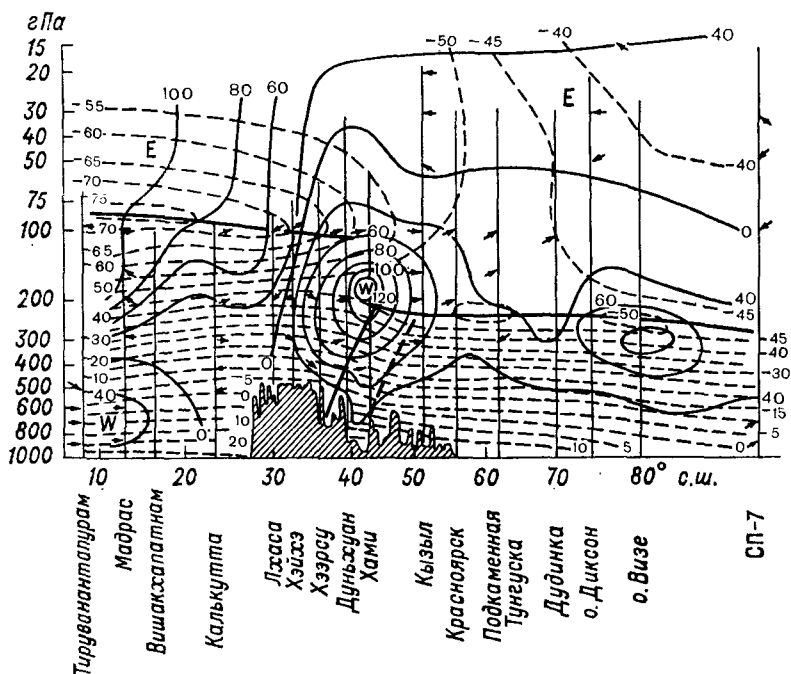


Рис. 20.7. Вертикально-меридиональный разрез атмосферы между Индией и Северным полюсом. Июль.

Усл. обозначения см. рис. 20.6.

разования струйных течений является горизонтальная неоднородность поля температуры, под влиянием которой скорость ветра непрерывно (начиная от земной поверхности) увеличивается с высотой, достигая максимума на оси струйного течения. Толщина (по вертикали) и ширина (по горизонтали) струйных течений изменяются, как следует из табл. 20.2, в широких пределах, однако наиболее часто первая заключена в интервале 8—12 км, а вторая — 1000—2000 км. Ось субтропических струй обычно находится на высоте 12—14 км. Оси струйных течений в умеренных широтах наиболее часто располагаются на высоте 7—10 км зимой и 8—11 км летом.

Таблица 20.2. Число струйных течений (в пределах изотак 28 м/с) с различной толщиной и шириной

	Толщина, км					Ширина, км				
	< 2	3-7	8-12	13-16	> 17	< 300	300-1000	1000-2000	2000-3000	> 3000
Число струйных течений	1	32	61	50	22	1	40	86	38	6
Из них:										
субтропических	—	7	31	31	12	—	5	46	26	4
внетропических	1	25	30	19	10	1	35	40	12	2

Большие значения скорости ветра могут наблюдаться не только в верхней тропосфере, но и в стратосфере. Так, 24 января 1963 г. над Симферополем была отмечена скорость 140 м/с на высоте 26,2 км, 29 февраля 1964 г. над Москвой — 126 м/с на высоте 28,6 км; в тот же день над Новосибирском на высоте 24,6 км была зарегистрирована скорость 197 м/с.

В табл. 20.3 приведены сведения о повторяемости максимальных скоростей ветра в струйных течениях в разных слоях тропосферы и стратосферы.

Ось струи наиболее часто располагается в верхней тропосфере (в слое 500—200 гПа). Однако число случаев, когда она находится в стратосфере, тоже достаточно велико. Так, над Москвой ось струи находилась выше уровня 200 гПа (около 12 км) в 190 случаях из 821, над Новосибирском — в 159 случаях из 910, над Хабаровском — в 508 случаях из 1386.

Вблизи оси струи (как выше, так и ниже нее) наблюдаются большие вертикальные градиенты скорости ветра, увеличивающиеся от 3 до 25 м/с на 1 км высоты при возрастании скорости ветра на оси от 20 до 100 м/с. В слое 850—300 гПа скорость ветра

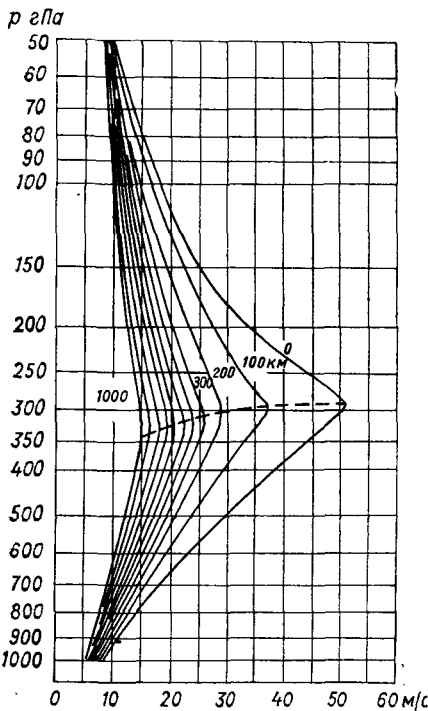


Рис. 20.8. Вертикальные профили скорости ветра в области струйного течения на различных горизонтальных расстояниях от оси струйного течения.

Таблица 20.3. Повторяемость (число случаев) максимальных скоростей ветра

Пункт	Слой, гПа					
	500—200	200—100	100—50	50—30	30—10	10—4
Москва	631	54	22	33	69	12
Новосибирск	751	84	26	19	30	—
Хабаровск	878	333	77	31	56	11

в струйном течении увеличивается в 2—4 раза в 71 % случаев и более чем в 4 раза в 29 % случаев. Горизонтальный градиент скорости ветра в струе наиболее часто составляет 6—8 м/с на 100 км при колебаниях от 2 до 16 м/с на 100 км.

В области субтропического струйного течения, как показывают рис. 20.6 и 20.7, тропопауза, как правило, терпит разрыв: к югу от течения располагается высокая (16—17 км) и холодная (от -70 до -80°C) тропическая тропопауза, к северу — низкая (9—10 км) и относительно теплая (от -50 до -60°C) полярная тропопауза.

7 Длинные волны

Другим важнейшим атмосферным объектом, изучению которого уделяется особенно большое внимание в последние 30—40 лет, являются так называемые *длинные*, или *гироскопические*, волны.

В п. 4 доказано, что в случае горизонтального движения в баротропной атмосфере и при отсутствии сил трения абсолютный вихрь в перемещающейся воздушной массе сохраняет постоянное значение (см. формулу (4.8)). Нетрудно показать, что вихрь скорости относительного движения, т. е. скорости ветра, положителен в циклонах и ложбинах и отрицателен в антициклонах и гребнях. В самом деле, если ось x направлена по касательной к параллели на восток, а ось y — по касательной к меридиану на север, то в циклоне $dv/dx > 0$ и $du/dy < 0$, т. е. $\Omega_z > 0$; в антициклоне $dv/dx < 0$ и $du/dy > 0$, т. е. $\Omega_z < 0$.

Пусть под влиянием каких-либо воздействий термического (бароклинного) или механического происхождения траектория воздушной массы, которая первоначально перемещалась вдоль круга широты с запада на восток, отклонилась к северу и приобрела циклоническую кривизну (рис. 20.9 а). Но как только масса начнет перемещаться к полюсу, вихрь Ω_z , согласно формуле (4.8), должен начать уменьшаться, ибо с увеличением широты растет $2\omega_z = 2\omega \sin \varphi$. На некоторой широте Ω_z уменьшится до нуля (траектория пройдет через точку перегиба), а затем воздушная