

Структурные параметры атмосферы

Уравнение состояния идеального газа:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

Соотношение связи структурных параметров:

$$p = \frac{\rho}{\mu} RT$$

Уравнение гидростатики:

$$dp = -\rho g dz$$

Плотность воздуха:

$$\rho = -\frac{1}{g} \frac{dp}{dz}$$

Уравнение состояния для идеального газа:

$$p = nkT$$

Температурная стратификация атмосферы

Слой	Высота	Переходный слой
Слой перемешивания	300-500 м	
Тропосфера	0 – 11 км	Тропопауза
Стратосфера	11 – 50 км	Стратопауза
Мезосфера	50 – 90 км	Мезопауза
Термосфера	Выше 90 км	Термопауза
Экзосфера	Выше 450 км	

Барометрические формулы

$$\rho = -\frac{1}{g} \frac{dp}{dz} \quad p = \frac{\rho}{\mu} RT$$

$$\frac{dp}{dz} = -\frac{\mu g p}{RT}$$

$$p(z) = p(0) \exp\left\{-\frac{1}{R} \int_0^z \frac{\mu(z) g(z)}{T(z)} dz\right\}$$

$$p(z) = p(0) \exp\left(-\frac{\mu^* g^*}{RT^*} z\right)$$

$$\frac{\mu^* g^*}{RT^*} = \frac{1}{H}$$

$$p(z) = p(0) \exp\left(-\frac{z}{H}\right)$$

Адиабатический процесс. Уравнение адиабаты

$$p \cdot V^\gamma = const$$

Где p - давление газа, V - его объем, $\gamma = \frac{C_p}{C_V}$ - показатель адиабаты. Для идеального

газа $\gamma = \frac{i+2}{i}$. Где i - число степеней свободы молекулы.

C_p, C_V - теплоемкости газа соответственно при постоянном давлении и постоянном объеме.

$$T \cdot p^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = const$$

Для двух разных высот тропосферы с давлениями $p_1 > p_2$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Наименования и главные характеристики сфер и переходных слоев

Сфера	Высота нижней и верхней границы, км	Характер изменения температуры с высотой	Переходный слой
Тропосфера	От поверхности земли до 8—17	Понижение	Тропопауза
Стратосфера	От 8—17 до 50—55	Повышение	Стратопауза
Мезосфера	От 50—55 до 80	Понижение	Мезопауза
Термосфера	От 80 до 800	Повышение	Термопауза
Экзосфера (внешняя сфера)	Выше 800	—	—

Характеристика слоев

Слой	$T_{Н}, ^\circ\text{C}^*$	$T_{В}, ^\circ\text{C}^{**}$	Градиент температур, $^\circ\text{C}$	Высота, км
Тропосфера	15	-56	-6,45	0-11
Стратосфера	-56	-2	+1,38	11-50
Мезосфера	-2	-92	-2,56	50-85
Термосфера	-92	1200	+3,11	85-500

Состав воздуха

Основные газовые составляющие	%
Азот, N ₂	78.084%
Кислород, O ₂	20.946%
Аргон, Ar	0.934%
Водяной пар, H ₂ O	переменная составляющая; примерно 0.1 % - 1%
Малые газовые составляющие	ppm
Углекислый газ, CO ₂	383
Неон, Ne	18.18
Гелий, He	5.24
Метан, CH ₄	1.7
Криптон, Kr	1.14
Водород, H ₂	0.55

Состав первичной и современной атмосферы Земли

Газы	Состав земной атмосферы	
	При образовании*	В настоящее время
Азот N ₂	1,5	78
Кислород O ₂	0	21
Озон O ₃	-	10 ⁻⁵
Углекислый газ CO ₂	98	0,03
Оксид углерода CO	-	10 ⁻⁴
Водяной пар	0,4	0,1
Аргон Ar	0,19	0,93

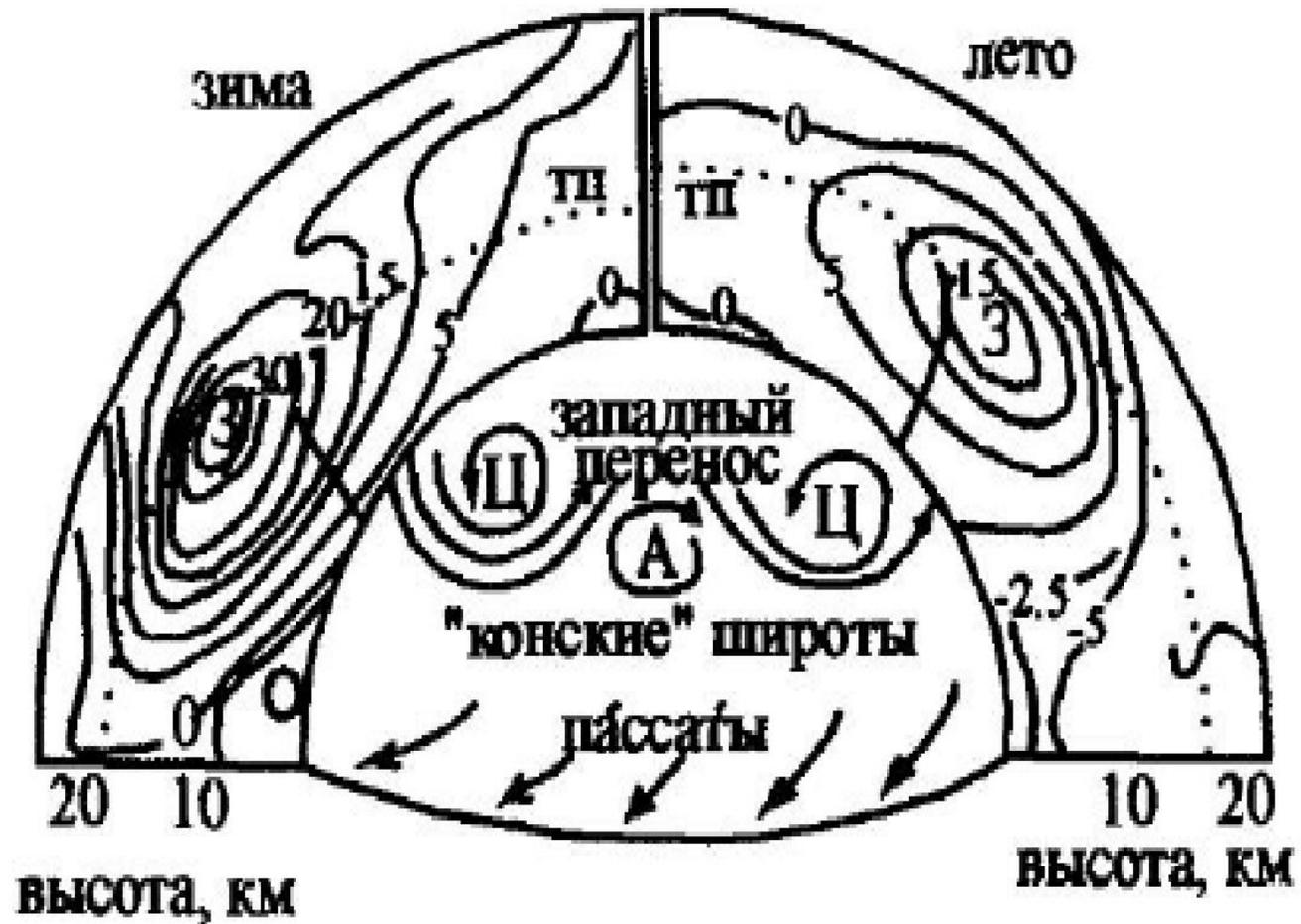


Рис. 1. Основные зональные течения северного полушария зимой (левая часть) и летом (правая часть): изолинии на вертикальных разрезах – значения зональной составляющей скорости ветра; тп – тропопауза.

Закон Фика

$$\frac{\partial C}{\partial t} = K \nabla^2 C$$

где K – коэффициент обмена, ∇^2 – оператор Лапласа.

Средний (крупномасштабный) перенос

$$t_{trans} = \frac{d}{\bar{U}}$$

Турбулентный перенос

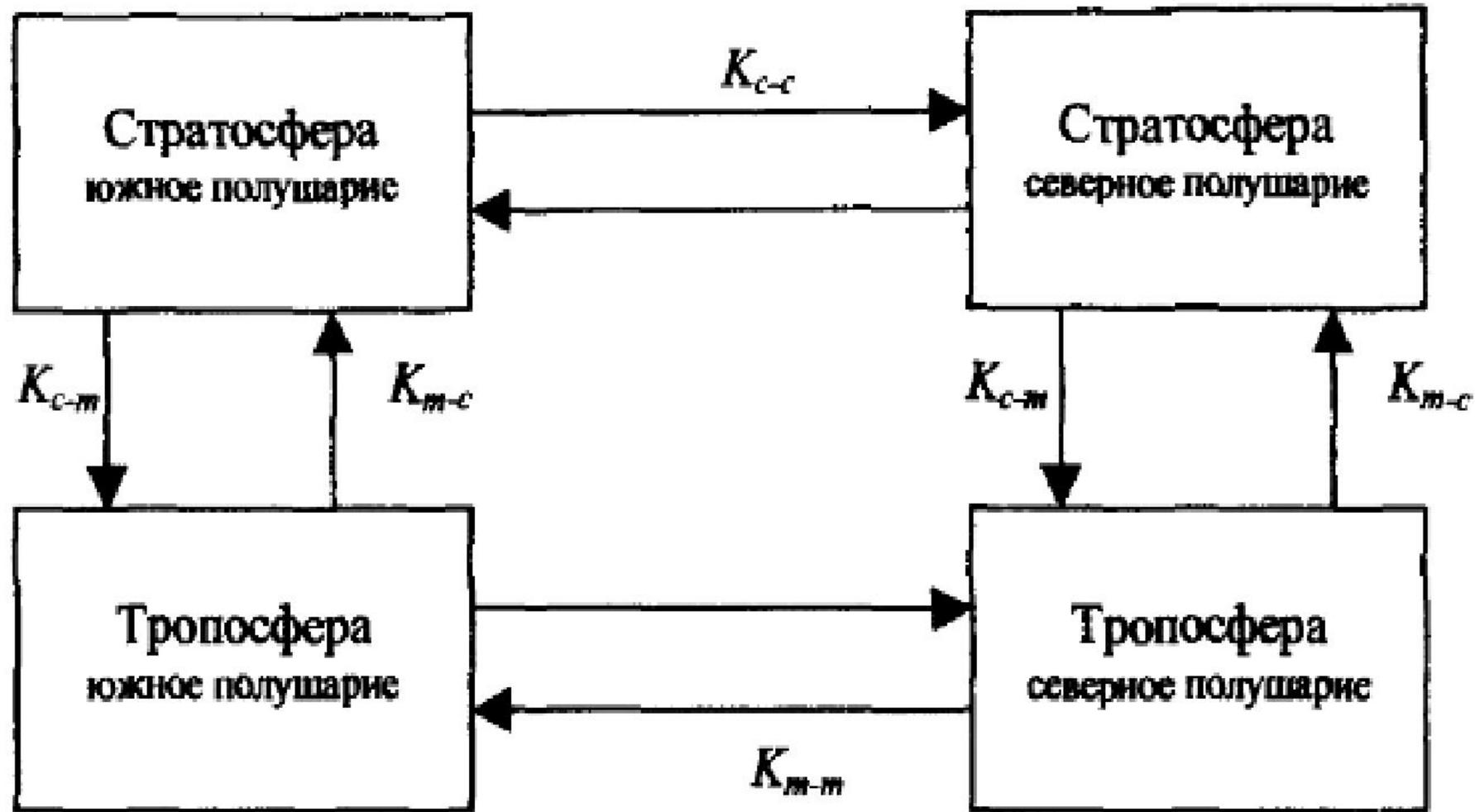
$$t_{trans} = \pi d^2 / 4K_d$$

Здесь d – расстояние, \bar{U} – меридиональная или вертикальная составляющая скорости, K_d – коэффициент турбулентного обмена в соответствующем направлении.

Характеристики горизонтального меридионального и вертикального переноса примеси крупномасштабными и турбулентными движениями

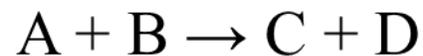
	<i>Горизонтальный перенос</i>			<i>Вертикальный перенос</i>		
	Крупномасштабный, l_{trans} , мес	Турбулентный, l_{turb} , мес	K_{yy} , $\times 10^6$, m^2/c	Крупномасштабный, l_{trans} , мес	Турбулентный, l_{turb} , мес	K_{zz} , m^2/c
Тропосфера	6-25	1,8-6,6	0,5-1,8	20	1,2	1-25
Стратосфера	6-10	1,1-5,5	0,6-3,0	19	27	0,1-3,6

Схема атмосферной бокс-модели, состоящей из четырех резервуаров



Скорости химических реакций

Для бимолекулярной реакции:



$$R = k [A] [B],$$

где k – коэффициент пропорциональности между скоростью реакции R и произведением концентраций реагирующих веществ. Скорости изменения концентрации веществ в реакции:

$$R = -\frac{d[A]}{dt}, R = -\frac{d[B]}{dt}, R = \frac{d[C]}{dt}, R = \frac{d[D]}{dt}.$$

Единицы измерения скорости реакции – [молекул/(см³·с)]. Размерность константы скорости k - [см³/(молекул · с)].

Для реакций типа $A \rightarrow B + C$ размерность k будет [1/с], скорость реакции:

$$R = -\frac{d[A]}{dt} = \frac{d[B]}{dt} = \frac{d[C]}{dt} = k[A]$$

Для реакций с участием молекул трех соединений $A + B + M \rightarrow C + M$ скорость рассчитывается:

$$R = -\frac{d[A]}{dt} = -\frac{d[B]}{dt} = \frac{d[C]}{dt} = k[A][B][M]$$

Размерность k - $[\text{см}^6/\text{молекул}^2]$. M – третье тело, которое участвует в реакции, принимая на себя избыток энергии, но его концентрация при этом не меняется.