

<<

>>

<<

,

<<

>>
28020265
>>

. . .

	Введение	5
1.	Климатология и метеорология	6
1.1.	Климатология и метеорология как науки, связь с другими науками	6
1.2.	История развития метеорологии.....	7
1.3.	Вертикальное строение атмосферы.....	8
1.4.	Состав воздуха и роль газов в атмосфере.....	11
2.	Солнечная радиация	12
2.1.	Лучистая энергия Солнца.....	12
2.2.	Радиационный баланс подстилающей поверхности.....	15
2.3.	Тепловой баланс подстилающей поверхности.....	16
2.3.1.	Суточный и годовой ход температуры на поверхности почвы.....	16
2.4.	Температурный режим атмосферы и его формирование.....	18
2.5.	Вертикальная стратификация температуры воздуха.....	20
2.6.	Температурный баланс системы «Земля – атмосфера».....	23
3.	Вода в атмосфере	25
3.1.	Атмосферная влага.....	25
3.1.1.	Характеристика влажности воздуха.....	25
3.1.2.	Испарение и конденсация водяного пара.....	26
3.2.	Образование и виды облаков.....	28
3.3.	Типы осадков и их образование.....	31
3.4.	Характеристика увлажнения.....	34
3.5.	Оптические и электрические явления в атмосфере.....	34
4.	Атмосферное давление и ветер	38
4.1.	Барическая формула.....	38
4.2.	Карты барической топографии.....	39
4.3.	Барические системы.....	39
4.4.	Ветер. Местные ветры.....	41
4.5.	Муссоны и пассаты.....	45
4.6.	Циклоны и антициклоны.....	45
5.	Метеорологические наблюдения	50
5.1.	Основные понятия синоптической метеорологии. Синоптические объекты.....	50
5.2.	Программа метеорологических наблюдений.....	53
5.3.	Метеорологические карты.....	54
6.	Климатообразование	55
6.1.	Климатообразующие процессы.....	55
6.2.	Географические факторы климата.....	57
6.3.	Географическая широта.....	57
6.4.	Высота над уровнем моря.....	57
6.5.	Высотная климатологическая зональность.....	58
6.6.	Распределение суши и моря.....	58
6.7.	Орография.....	59
6.8.	Океанические течения.....	59
6.9.	Растительный и снежный покров.....	60
6.10.	Солнечная радиация как климатообразующий фактор	60
7.	Климатологические фронты	61
8	Классификация климатов	62
8.1.	Классификация климатов Б.П. Алисова.....	63

8.2.	Классификация климатов Л.С. Берга.....	63
8.3.	Классификация климатов В. Кёшпена.....	65
9.	Местный климат и микроклимат.....	68
9.1.	Понятие о местном климате и микроклимате.....	68
9.2.	Микроклимат как явление приземного слоя. Методы исследования микроклимата.....	69
9.3.	Температура и ветер в приземном слое воздуха.....	70
9.4.	Микроклимат пересеченной местности.....	71
9.5.	Микроклимат леса.....	72
9.6.	Микроклимат города.....	73
10.	Изменение климата.....	74
10.1.	Изменение климата геологического прошлого.....	74
10.2.	Изменение климата в историческую эпоху.....	76
10.3.	Изменение климата за период инструментальных наблюдений.....	77
10.4.	Антропогенное влияние на климат и его экологические последствия.....	78
10.5.	Гипотезы изменения климата.....	83
	Заключение.....	87
	Словарь метеорологических терминов.....	88
	Приложения А, Б, В.....	108
	Библиографический список.....	114

« - - - »

[5].

[3].

- 1.
- 1.1.
- 1.2.
- 1.3.
- 1.4.

1.1.

«...»

5-6

1.2.

1643 .), XVII . (, 1597 .), XVIII . (, 1643 .), XVIII . XIX . I. 1849 . () XIX . XIX . 50- XIX . 1930 XX . 20- XX (1817 .), 1869 . (1842-1916 .). « », « » 1921 . « » 1929 .

1979 .

50-60 ,

: И. . . .
[3].

13.

(.1).

15-17
— 8-9 . « »

10-12

()

() .

+3 +26° -54 - -58° (50° . .)

-80°

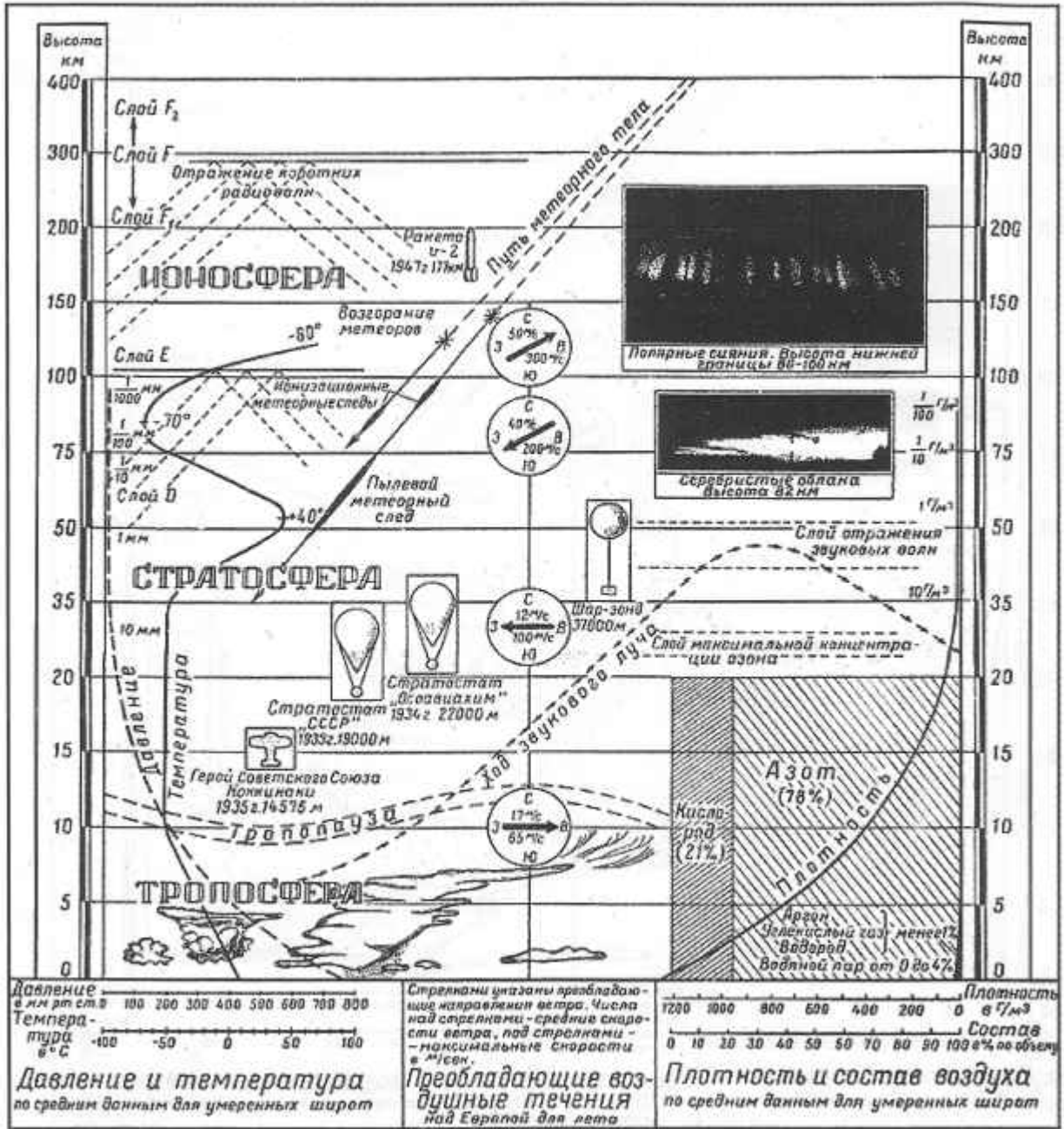
-23 -60° -48°

0,60° /100 ,
4/5

3-10

(50-100) ,

1000-1500



. 1.

1-2 , -

50-55 , -

(25) , -

34-36 , -

50 , -

270 . -

20 000 . ,
 ()
 400 /)
 () [5].

1.4.

2 .
 () ()
 78% (76%) 21% (23%)
 99% N₂ 2.
 1% (. 1). 0,03%
 Ne, NO₂, SO, r, NH₃, N₂O, 12, Rn
 1
 , %

	N ₂	O ₂	r	CO ₂	Kr, H ₂ , N ₂ O, Xe, O, NO ₂ , SO ₂ , NH ₃ , CO, J ₂ , Rn, Ne, He, CH ₄
	78,08	20,95	0,93	0,03	0,01
	75,52	23,15	1,28	0,046	0,004

30% 280 ppmv (m -) XVIII . 358 ppmv 1994 . -

0,1-0,2% . -

[5]. -

[1]. -

2.

2.1.

2.2.

2.3.

2.3.1.

2.4.

2.5.

2.6.

« - »

2.1.

1,4 , 109
150
5 ((64%) (32 %).
(20-40) 10
100-140 .
6000 .

() . , -
 , , , 1000
 () .
 , , -
 , , -
 () , -
 , 11-
 22-
 80-90-

$$E = \delta \cdot T^4, \text{кВт/м}^2,$$

δ — , $5,67 \cdot 10^{-11} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$.

λ_m ,

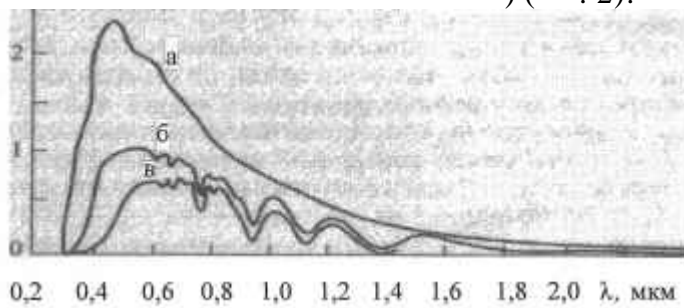
():

$$\lambda_m \cdot T = 2898 \text{ мкм} \cdot \text{К}.$$

6000 .
 0,01 0,39), (0,40 0,76) : (0,76 4,0).

0,475 (-) (. 2).

$S, \text{кВт/м}^2$



100 - , 4,0
 . 99 % ,
 - 1 %.

. 2.

15° 35°;

$$\hat{S} = 1,37 \text{ кВт/м}^2.$$

43 %
14 %

43 %

57 %

0,3

.2

5°

5°

$$S' = S \cdot \sin h\theta,$$

S -

ml -

Q:

$$Q = S' + D,$$

S' -

, /², /²; D

(, 8-10),

8-10

2.2.

\dot{R}_k Q ,
 $A_k = R_k/Q$

- 80-95 %,

- 5-10%.

$$B = S' + D + E_a - R - R - 3, / 2,$$

S' -

$(/ 2; R -$
 $, / 2; 3 -$
 R

$$Q = S' + D; R_k = Q \cdot A, = 3 - ,$$

$$= Q - R - = Q (1 -) - .$$

$$B_k = Q - R = Q(1 -), / .$$

Q = 0, $10-15^\circ$ (= -),

2.3.

() , (, .)
 , , :
 $= \ln M_n + + + L M$,
 $\frac{\ln A_n -}{(\quad)}$; $n -$, . . .
 ; $\ln -$ (2256 /) ; $L M -$, -
 ; $L -$; (335 ;
 /) ; -

= 0.

$= \ln M_n + + L_K M_K.$

L M «+» «-».

[3].

2.3.1.

13 - 14

(. 3).

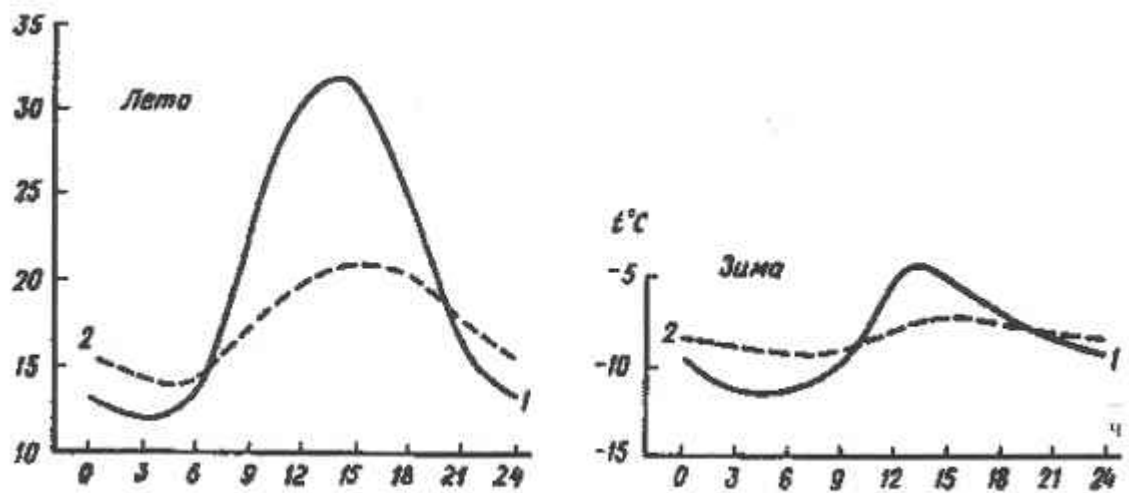


Рис. 3. Средний суточный ход температуры на поверхности почвы (1) и в воздухе на высоте 2 м (2) летом и зимой. Москва (МГУ)

13-14

13 - 14

« - »

(. 3).

()

14-15 .

) (,)

(2

2-3

0°

()

0°

0°

)

(

2.5.

$$\rho = (\rho_0)^{0.286},$$

0 0 -

; -

100

«+»,

«-».

$$\gamma_c = 0,98 \text{ } ^\circ\text{C}/100 \text{ м} \sim 1 \text{ } ^\circ\text{C}/100 \text{ м}$$

() .

$$(\gamma_{вл} < \gamma_c).$$

$$0,6 / 100 .$$

, . . . 1° / 100.

() ,

() .

$\gamma_{вл}$),

$(\gamma <$

$$(\gamma > \gamma_{вл} : \gamma > \gamma_c),$$

$$(\gamma_{вл} < \gamma < \gamma_c),$$

$\gamma = \gamma_c$

2-

$500^\circ / 100$

10-11

18

$-70 - -80^\circ$

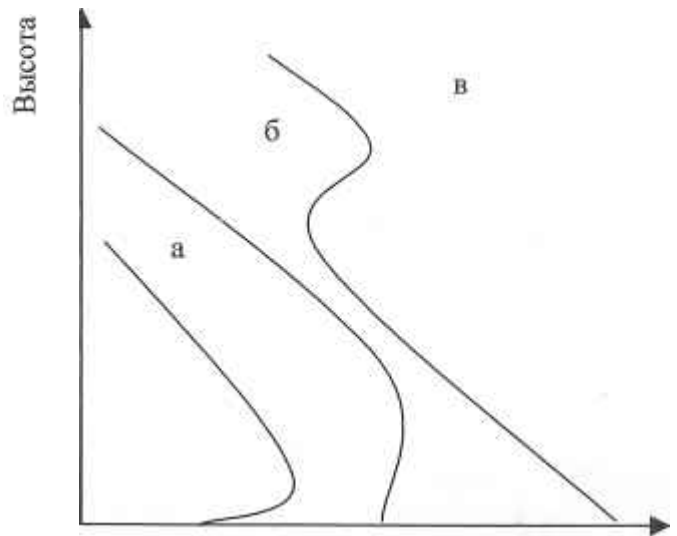
$-50 - -60^\circ$

).

2 15°

2-3

(.4).



.4.

10-15 200-400

2-3

15°

,
 , ,

 () ,
 , () -

 , -
 , -
 ,
 1 ° /100 , -
 ,
) . (-)
 5-7 /
 , -
 1 ° /100 . , (1-1,5) ,
 () .

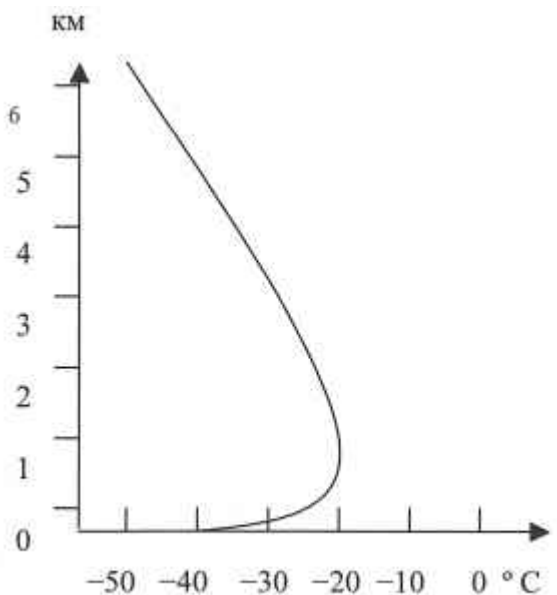


Рис. 5. Зимняя инверсия температуры

. . . .
 5
 1998 . 5
 -18,4 °
 -35,8 °
 1,4-1,8 ,
 17,4 °
 , -
 , -

(,).

2.6.

« - »

().

()

[3].

(. 6).

22

, 20

58

9

, 49

$$22+9=31$$

69

114

12

, 102

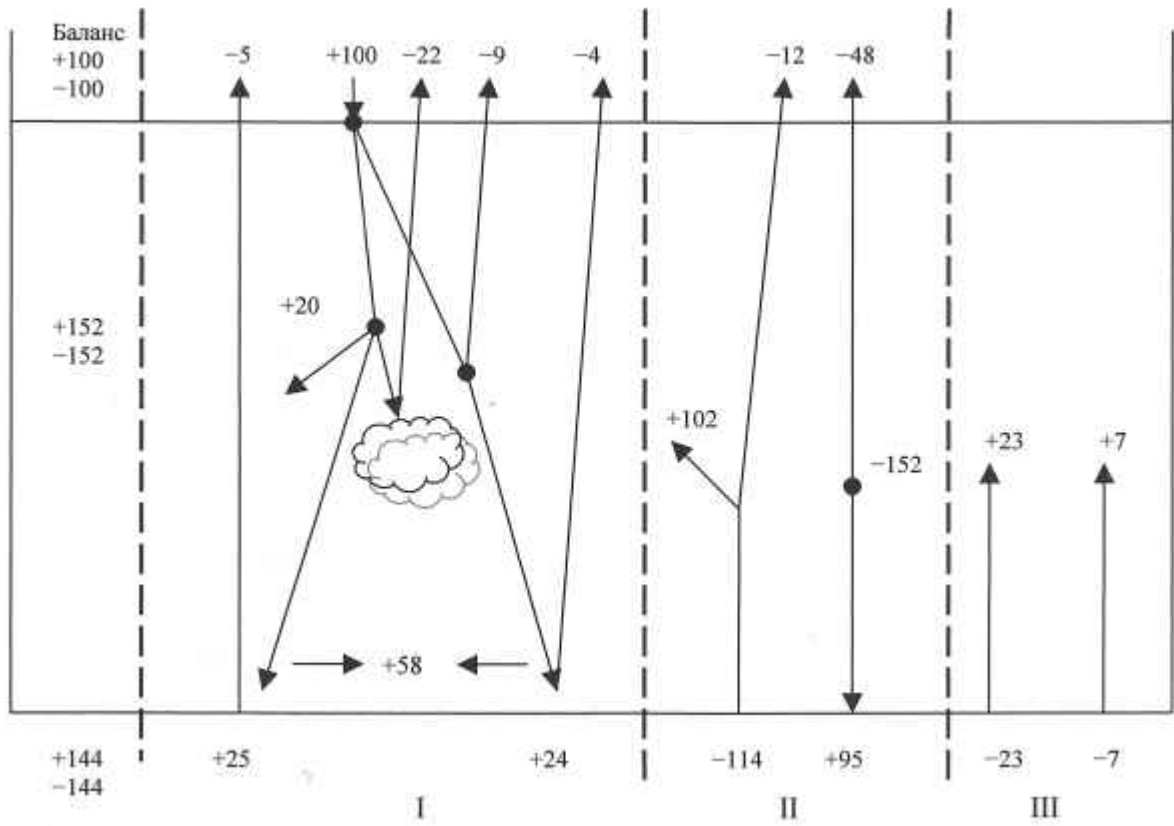
23

7

49

95

114



6. I - ; II - ; III -

102
 20
 7
 95
 23
 152
 48
 9
 152
 48+9=57
 57+12=69
 31
 69
 (31+69)=100.

114
 95
 114-95=19
 69
 31
 69

- 3.
- 3.1.
- 3.1.1.
- 3.1.2.
- 3.2.
- 3.3.
- 3.4.
- 3.5.

3.1.

..., ().
 12 900 ³, 0,001 %
 6, (), -
 () .

3.1.1.

() - , -
 () () - , -
 , ().

$$a = 0,8 \cdot e / 1 + \alpha t, \text{ r/M}^3,$$

- ; t - , ° .
 f - -
 () :

$$f = / 100 \%$$

d - , ...
 : d = E - e, .

(), -
 (t_d -),

D - :

$$D = t - t_d.$$

(. 7).

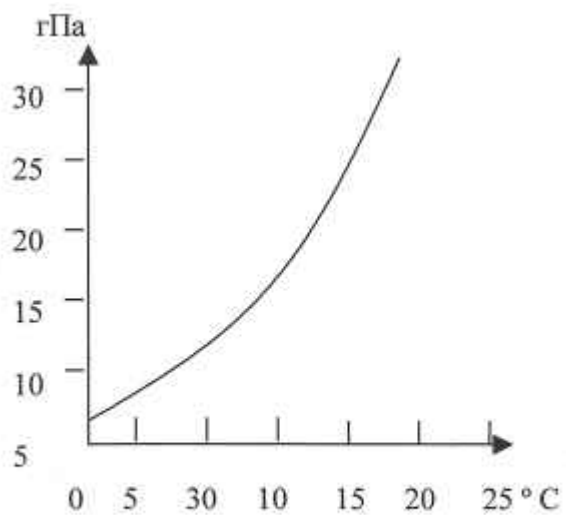


Рис. 7. Парциальное давление насыщенного водяного пара в зависимости от температуры

3.1.2.

$$V = K \cdot \dots / \dots f(v),$$

; - ; $f(v)$ - ;
 - (-) , -
 , .
 ; -
 , .
 - () ,
 () .
 , .
 , .
 40 ° .
 -12 -17 ° .
 , .
 , .
 , .
 , .
 , 8-10 , .
 , 15-16 .
 , 20-22 ,
 .
 .

3.2.

)
)
)
(

-);
(- , -);

-12 -17 ° .

-40 ° .

() . ;

(. 2).

(Ci) - ;

- cirrus uncinus (Ci unc);

() - , ,

;

(Cs) - -

(22 46°);

Cs, ,

;

() - , ,

Altocumulus translucidus (Ac trans)

Altocumulus opacus (Ac op), , ;

(As) - ,

Altostratus translucidus (As trans) () Altostratus opacus (As op) (

).

;

(Sc) - , ,

;

(St) - , , 0°

;

(Ns) - - ,

()— ():

, , 0°

		(6)	
I.	-	cirrus	Ci
II.	-	cirrocumulus	
III.	-	cirrostratus	Cs
		(2-6)	
IV.	-	altocumulus	
V.	-	altostratus	As
		(2)	
1.	-	stratocumulus	Sc
VII.		stratus	St
VIII.	-	nimbostratus	Ns
		(2)	
IX.		cumulus	u
X.	-	cumulonimbus	Cb

(Ns) - - ,
 (u) - , -
 , 0°
 cumulus humilis (u hum):
 — cumulus mediocris (u
 med);
 u cong - cumulus congestus (u cong)
 () -
 (- incus).
 ()

-

-

, . . .

,

-

, ,

20-30 / .

()

-

, ,

.

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

vesperalis (Sc vesp) [3].

- strato-cumulus

3.3.

, . . .

, .

,

()

.

),

(-

.

(

),

().

,

.

-

,

,

.

-

.

,

.

.

20².

1-2

50

0,5-6

0,5—0,05

()

()

1

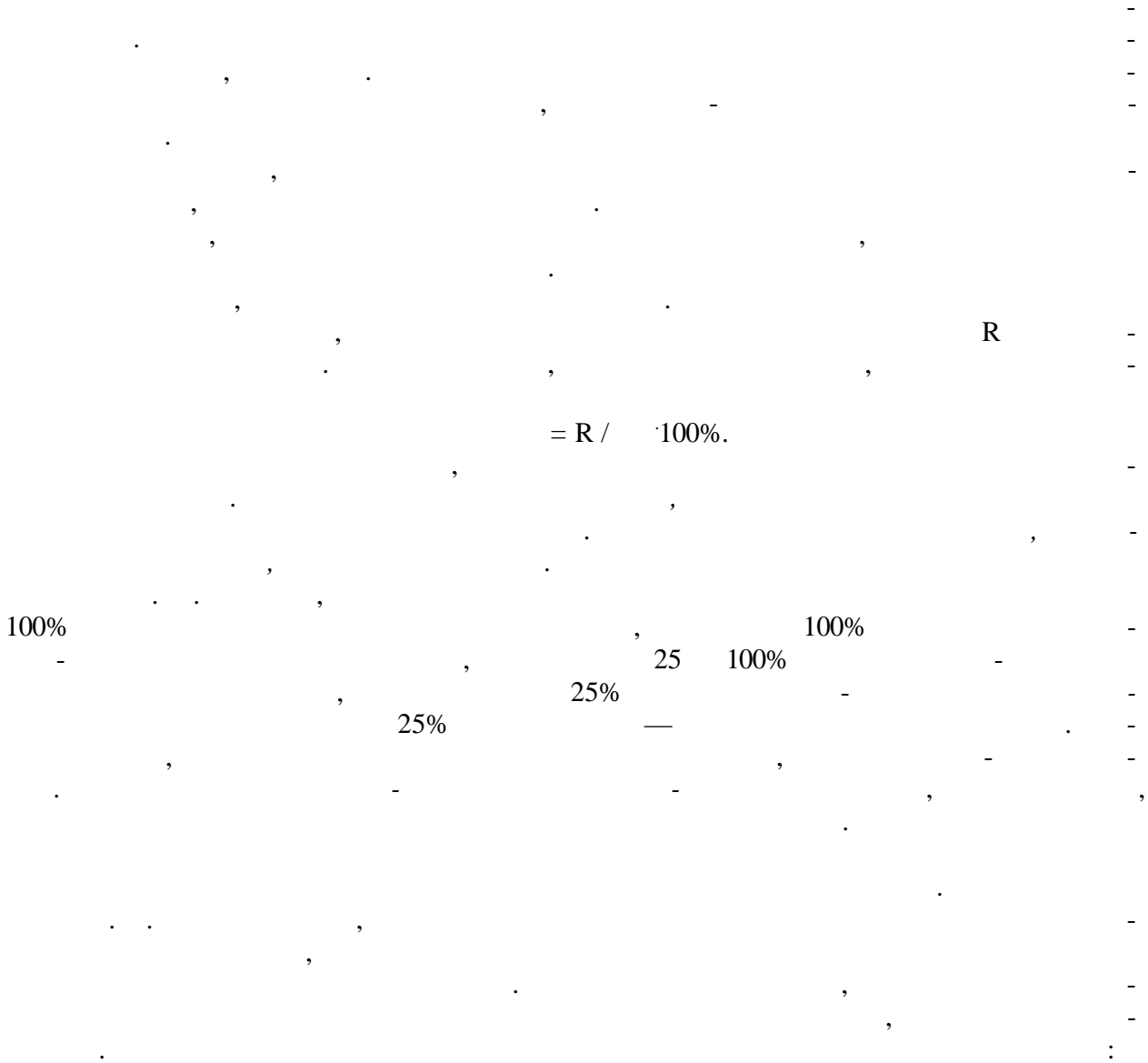
1

() 1-3

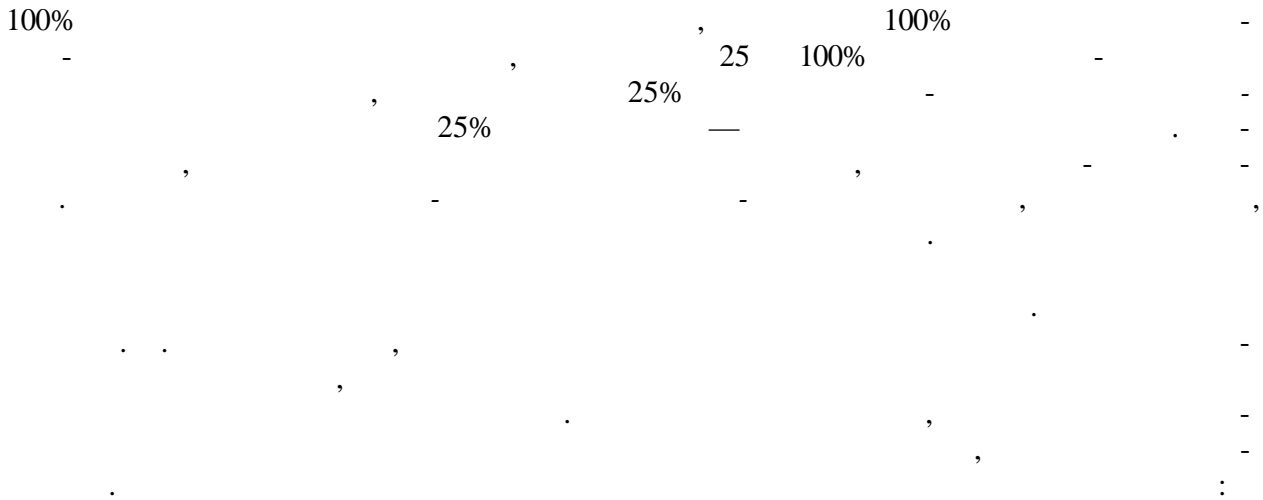
()

300

3.4.



$$= R / 100\%.$$



$$K_B = B / (LR),$$

; R - ; L -

0,45

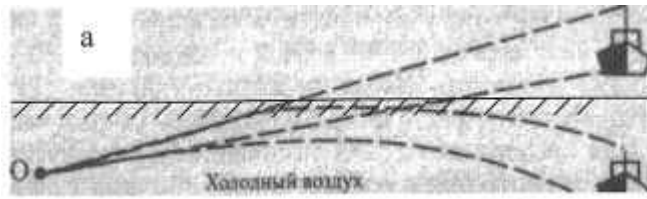
1,0 3,0 - 0,45 1,0 3,0 - [5].

3.5.

().

, () .
 , , .
 , , .
 20'.
 .
 , .
 , .
 .
 () ().
 , .
 8°. , .
 , .
 16-18°. , .
 .
 : 60° - 2 , - 23-24
 - 30 . () 80-90°
 , .
 , - - - .
 , - - - , .
 , , .
 , .
 , 30-35', 8-13
 , - 10-12 .
 , , , .

(. 8).



(. 8),

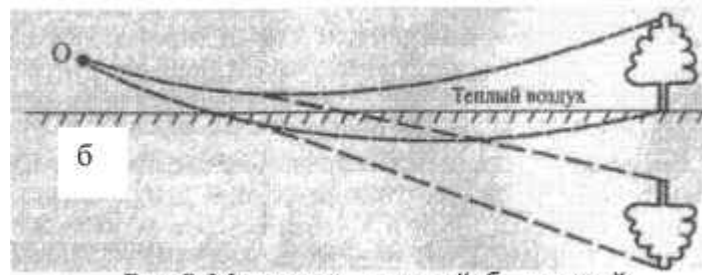


Рис. 8. Миражи: а – верхний; б – нижний

(. 8).

130 / ,

50 000 /

()

(),

15-20 .

(15-20)

10-20 , 1 .

()

(80 1200)

[3].

- 4.
- 4.1.
- 4.2.
- 4.3.
- 4.4.
- 4.5.
- 4.6.

4.1.

... ()

(...): $1 = 1,33$; $1 = 0,75$. . .
 0° , 45° . . .
 : $G_B = \Delta P / \Delta Z$; AZ -

100 .

h, /

$$h = - (\Delta Z / \Delta P).$$

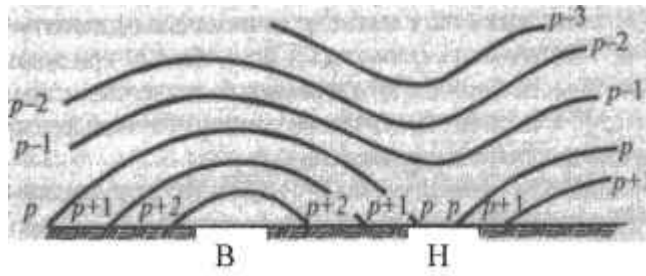
$$Z_2 - Z_1 = 18\,400(1 + \alpha t) \lg P_1 / P_2.$$

Z_1 Z_2 - ; α - , $^\circ$; P_1 P_2 -

- ;
- ;
- () .

4.2.

« » , « » (. 9).



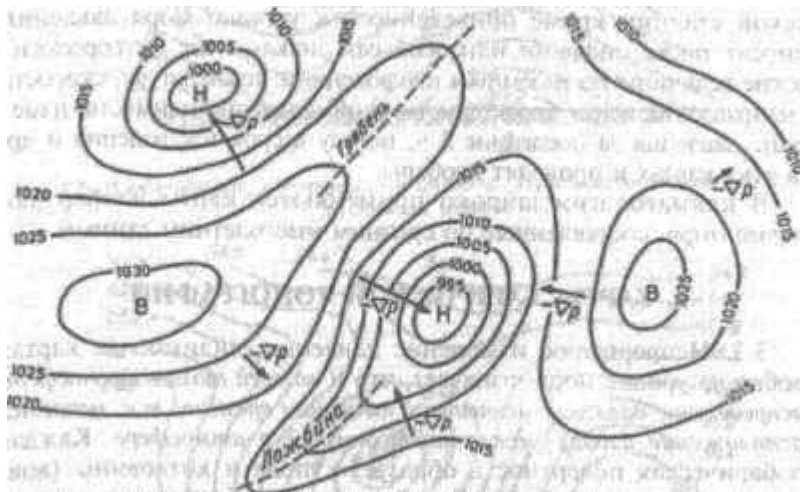
. 9.

() ()

5

4.3.

(. 10).



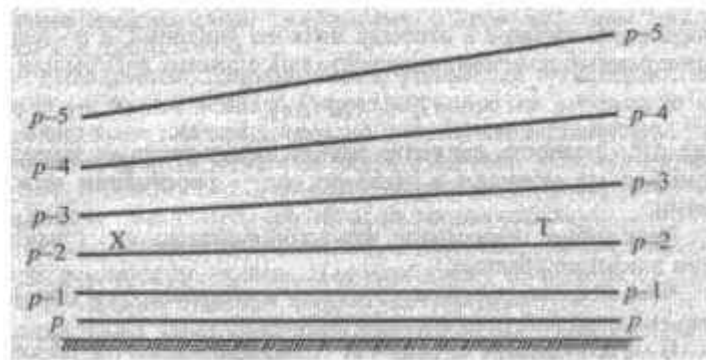
. 10.

() - , () -

(.11).

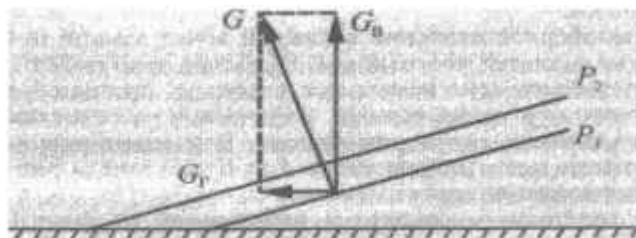
G,

(.12).



. 11 .

() (X)



. 12.

...
...
...
...
...

$$G_r = -(\Delta P / \Delta n),$$

ΔP -
; Δn -
...
...

100 , 1° , . . . 111 ,
/100 .

20-30 .

10 22 , - 4 16 .
0,3-0,6 .

3-4 .

20 . 37,3 . 25-30 ,

4.4.

/ , , -
 , , -
 :

$$F_G = -(\Delta P / \rho \Delta n) = - (G_r / \rho),$$

/100 (, /³; ΔP - 100); G_r - ; Δn -

() . ;
 (,); ;

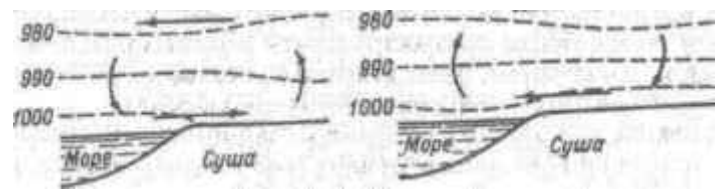
(,) , (,)

: - - , - ;
 - , 80 / , - -

(. - brise -

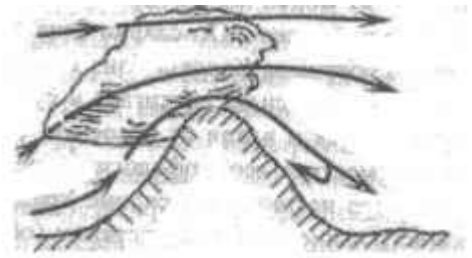
(. 13) ()

, (20 °).
 ()



. 13.

(. Fohn, . favonius -) - (. 14).



. 14.

(. bora . « » -) -

(300-600),
« »

(.),

2-3

0%.

50 ° 20

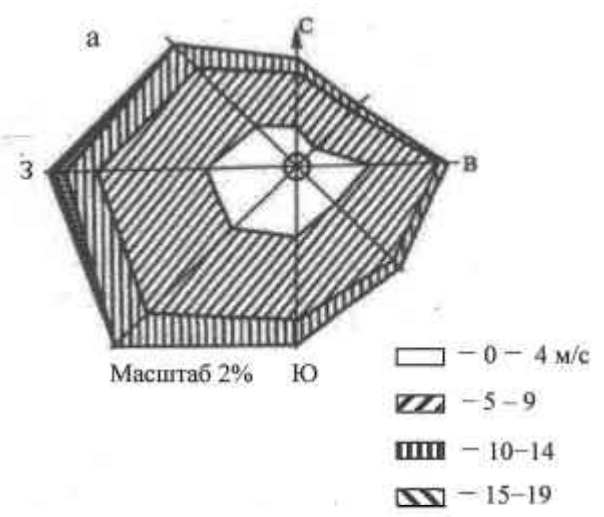
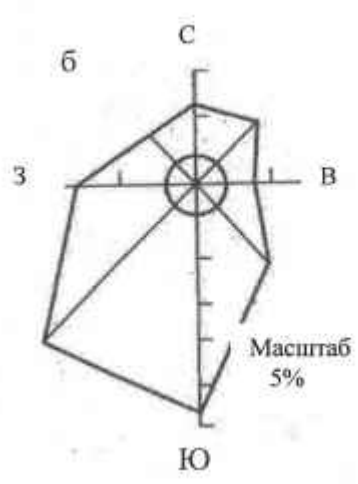
2-3

35 °

1000-2000

[1].

(, , ,)



15.

15

: 0-4; 5-9; 10-14; 15-19 /

(. 15),

4.5.

- 8 /

),

(5

4.6.

2-3

1000

16).

(.

- 1000-1010

(. 16 , 17).

1000

(1000-990),

(. 16 6).

(. 16).

940

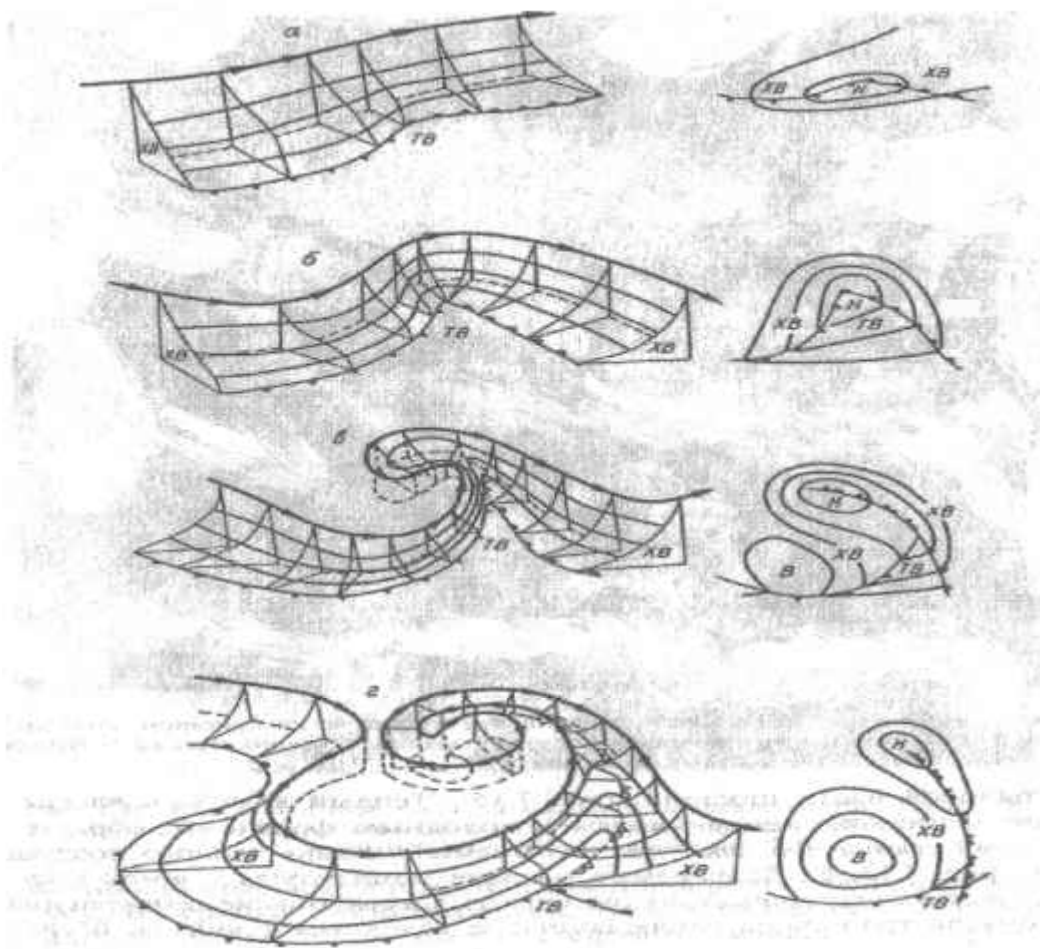
(980-990 ,

5 .

(. 16).

1500-2000

5-7



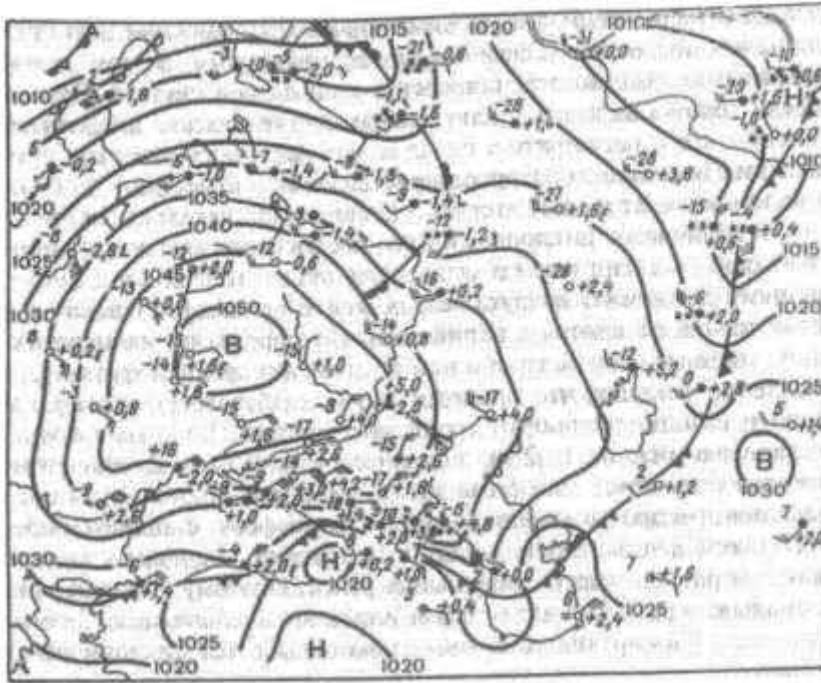
. 16.
 , 850, 700, 500 300 (),
 ();

1-2

2

(. 18).

5-7



. 18.

5.

5.1

5.2.

5.3.

5.4.

5.1.

1 ° 100 .

(),

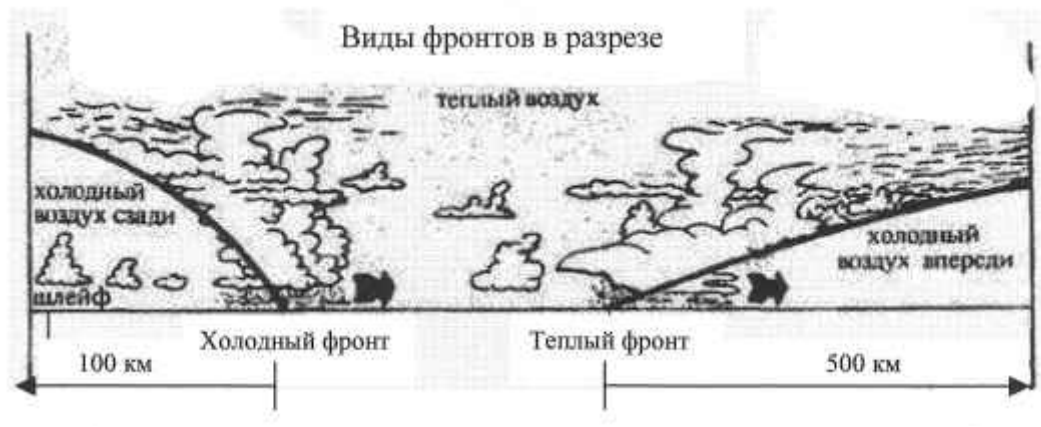
(),

(),

() ,

(.19).

10' 1°.



. 19.

- 100 1000

5-10°

10 100°

100

()

)

()

(,)

19

5-7 /

(Cs),

(As op),

(Ci unc),

(As trans),

(Ns),

()

- 300

- 400
15 7

20-40 /

6. КЛИМАТООБРАЗОВАНИЕ

- 6.1. Климатообразующие процессы
- 6.2. Географические факторы климата
- 6.3. Географическая широта
- 6.4. Высота над уровнем моря
- 6.5. Высотная климатическая зональность
- 6.6. Распределение суши и моря
- 6.7. Орография
- 6.8. Океанические течения
- 6.9. Растительный и снежный покров
- 6.10. Солнечная радиация как климатообразующий фактор

6.1. Климатообразующие процессы

Климатообразующие процессы – это совокупность процессов, влияющих на формирование климата. К ним относятся:

- радиационный баланс
- теплообмен
- перенос энергии
- испарение
- конденсация
- осадкообразование
- таяние снега и льда
- растительный покров
- снежный покров
- океанические течения
- орография
- распределение суши и моря

Важнейшим фактором климатообразования является радиационный баланс. Он определяется разностью между поступающей солнечной радиацией и outgoing longwave radiation (OLR). Радиационный баланс зависит от географической широты, высоты над уровнем моря, прозрачности атмосферы и альбедо поверхности.

Теплообмен между поверхностью и атмосферой происходит за счет конвекции, теплопроводности и излучения. Конвекция является основным механизмом переноса энергии в атмосфере. В тропиках преобладают восходящие потоки, а в высоких широтах – нисходящие.

Испарение и конденсация играют важную роль в формировании климата. Испарение приводит к потере энергии с поверхности, а конденсация сопровождается выделением энергии в атмосферу. Это приводит к образованию облаков и осадков.

Осадки имеют важное значение для климата. Они влияют на влажность почвы и растительности, что в свою очередь влияет на альбедо и испарение. Снежный покров также играет важную роль в формировании климата. Он увеличивает альбедо поверхности, что приводит к снижению температуры.

Океанические течения являются важным фактором климатообразования. Они переносят тепло от экватора к полюсам. Например, Гольфстрим переносит тепло из тропиков в Северную Европу, что приводит к более мягкому климату в этом регионе.

Орография влияет на климат через изменение радиационного баланса, теплообмена и переноса энергии. Горные массивы создают барьеры для воздушных масс, что приводит к образованию фöhn-ветра и других климатических эффектов.

Распределение суши и моря также влияет на климат. Море имеет большую теплоемкость, чем суша, что приводит к более умеренному климату в прибрежных районах. Суша же нагревается и остывает быстрее, что приводит к более континентальному климату.

1000

100

6.5.

()

4500

3800

+ 10 - +12°

1500

4600

4000

6.6.

6.9.

()

6.10.

()

φ $\delta\theta$ ()

()

$$S'_0 = S_0 \cdot \sinh\theta,$$

$S_0 -$
 $/^2; h\theta$

7.

« » « »

».

() ()

50-

30-40" ()

8.

8.1.

8.2.

8.3.

[3].

()

.),

:

[5].

- 50-70%). :) ;)
3. , , .
10° , 22° . -
: , -
 4. . -
 5. , . -
:) (,) , -
13 20° , 23,5° ; -
35-45%, 200-450 , ;
 6. () .
23-28° ; , , ,
0° ; , , -
:) (- ,) -
,) (,)
,) .
 7. 2° . , , 1000 , -
 8. (300) , () . -
, , . 2° , 25-32° .
 9. () . -
, ; , (, -
10°) . -
 - 18° . . (-
) -
() , .
 10. 18° . , 2000-2500 ; -
 11. , 1500 ,
, ,
 - 18° . , 1 6° . -

8.3.

-(, , D, , F,).

- , , D, , F -

F -

(3).

3

		17°
		9° 8—12
D		9° 4—7
		9° 1—3
F		9°

().

$$= 20 \cdot (t - 10^\circ + 0,3),$$

t -

(°);

R

BW.

()

$$= \sqrt{2} = 10 (t - 10^\circ + 0,3)$$

R

S.

BS -

BW

(),

Am -

Aw -

As -

60

9

Am

)·25 , - 10 , $R \geq (100 -$
 Aw As

():
 Cw -
 Cs - ().

890 , 29 . Cs () :
 Cw (),

DC. D : DO

0° , 0° , 0° :
 , ,

-10° , -10° , D « » ,

F 10° .

0 10° , 0° , $\frac{FT,}{FI}$
 16

- ;
- A m - ;
- A w - ;
- As - ;
- BS - ;
- BW - ;
- ;
- ;
- Cw - ;
- Cs - ;
- DO - ;
- DC - ;
- ;
- ;
- FT - ;
- FI - .

17°

59

9

Aw.

Aw,

Am

BS (),

BW,

Cs,

Cw.

Cs

()

Cs

Cw

D,

9° 4-7

DO,

DC

DO

DC

DC

DC

9° 1-3

FT.

FT

BS

FI

9.

9.1.

9.2.

9.3.

9.4.

9.5.

9.6.

9.1.

9.3.

30

100

500° /100

$$Uz = U_* / x \cdot \ln z / z_0,$$

$$U_* = U_z \cdot \ln z_0 / \ln z = 0,40 \text{ m/s};$$

$$z_0 = m U_*^2 / g,$$

$$m = 8 \cdot 10^{-3} - 60 \cdot 10^{-3}; \text{ g}$$

9.4.

. () : (,) , .
 () ;
 15°);
 . ,
 , , . ;
 30-50 (,) , ,
 , , - . 1-2 / ,
 . ;
 , ;
 . , , ,
 , , ,
 .
9.5. ,
 ;
 , - .
 . () ,
 , 1-2 , ,
 , , ,
 , , , .

9.6.

20%

70-80%

1°

[Faint, illegible text from bleed-through of the reverse side of the page, containing various punctuation marks and fragments of words.]

[5].

- 10.
- 10.1.
- 10.2.
- 10.3.
- 10.4
- 10.5.

10.1.

[Faint, illegible text from bleed-through of the reverse side of the page, containing fragments of text and the number 3.]

2,5-2,6

3,6

1

(5,6-2,5)

(950-660)

(570)

50

25

3-5

, 6

(1,2 . 26)

18

1,5-3

(350-130)

50°

40°

10 °

7-10 20-25 °

25 ° , 200-300 10 ° . 7 ° , -
: (60 %) 50-40° -
40 %.

(10-15) -
2,5 . -
« » -
(4 .). (5,5 .), -
[3].

10.2.

XIII , . . . IV . . . 3 IV
IX .
X . « ».

XVIII
 3-4 °
 40
 XIX
 60- XIX
 XIX , 2000 , XX , 40-
 1920 . 2,5
 5 ° , XIX , 0,5 °
 8-9 ° 1912 .
 10 %), 10 %, 50-100 .
 40- XX .
 60-
 10%.
 (1975 .)
 1910-1940 .
 () , XX . 0,6±0,2 °C.
 1000 .
 (0,6 °)
 1960-
 10 % . 10-20 ,

0,5-1 %, 80- 90-

10.4.

XX .

10-40

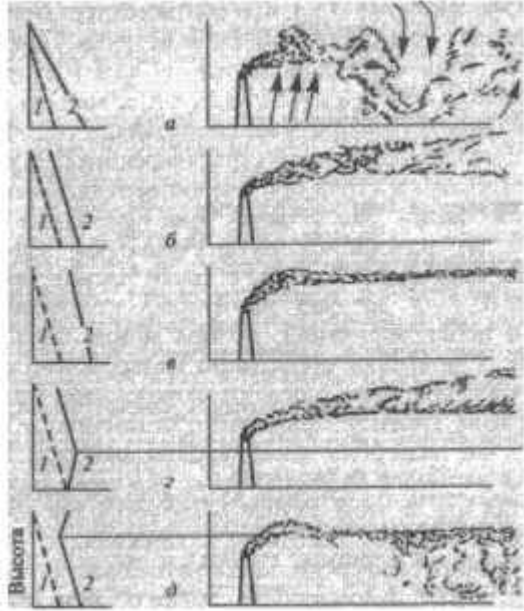
20

(>) .

(y ≈ y₀),

) ;
 (<)

) ()



.20.

: 1 -

; 2 -

; , , , ,

()

()

(SO₂),

(4),

: (2)
 (NO₂, NO, N₂O);

зовании аэрозолей – хлорфторуглероды, в результате работы транспорта – углеводы (бензапирен) и др.

В местах активного использования газотурбинных и ракетных двигателей (аэродромы, космодромы, испытательные станции) загрязнения от этих источников сопоставимы с загрязнением от автотранспорта.

Газы антропогенного происхождения являются причиной образования кислотных осадков и смога.

Кислотные осадки – серная и азотные кислоты, образующиеся при растворении в воде диоксида серы и азота и выпадающие на поверхность земли вместе с дождем, туманом, снегом и пылью. Попадая в озера, кислотные осадки вызывают гибель рыбы и других живых организмов и растений. Они также могут вызывать повреждение листвы, а часто – гибель растений, ускорять коррозию металлов и разрушение зданий. Кислотные дожди большей частью наблюдаются в районах с развитой промышленностью. Несмотря на то, что дождевые капли быстро удаляются из атмосферы, они все же распространяются на сотни километров от производящих выбросы тепловых станций, промышленных предприятий.

Среди вредных веществ, содержащихся в воздухе городов, имеется большая группа, обладающая канцерогенными свойствами. К ним в первую очередь относятся бензапирен и другие ароматические углеводороды, поступающие в атмосферу от котельных промышленных предприятий и с выхлопными газами автотранспорта.

Исследования показали, что возникновение раковых заболеваний у людей происходит в результате суммирования небольших доз канцерогенов в течение длительного времени.

С увеличением численности мирового парка автомобилей растет валовой выброс вредных продуктов. Состав отработанных газов двигателей автомобилей зависит от режима их работы. При разгоне и торможении увеличивается выброс токсических веществ (CO, SO_x, CH, N, бензапирена и др.). Мировым парком автомобилей с двигателями внутреннего сгорания ежегодно в атмосферу выбрасывается 260 млн т оксида углеводородов, 40 млн т летучих углеводородов, 20 млн т оксидов азота.

Вредное влияние на здоровье человека оказывают соединения свинца, содержащиеся в выхлопных газах автотранспорта. Присутствие свинца в крови человека возрастает с увеличением его содержания в воздухе, что приводит к снижению активности ферментов, участвующих в насыщении крови кислородом, к нарушению обменных процессов.

Интенсивное загрязнение воздуха в больших городах и промышленных центрах при благоприятствующих метеорологических условиях приводит к образованию ядовитого тумана – смога – в двух разновидностях.

Дымовой (или лондонский) смог представляет собой смесь тумана и дыма, содержит примеси продуктов неполного сгорания или отходов химического производства. Этот вид смога, характерный для Лондона, обычно наблюдается в осенне-зимнее время. Смог крайне вреден для живых организмов. Во время смога ухудшается самочувствие людей, резко увеличивается число легочных и сердечно-сосудистых заболеваний. Сернистый газ, входящий в состав смога, вызывает катар верхних дыхательных путей, бронхит. Продолжительный смог может стать причиной повышенной смертности, особенно среди страдающих заболеваниями сердца и дыхательных путей.

Более опасный вид смога – фотохимический (лос-анджелесский), наблюдающийся в теплое время года, например, в Нью-Йорке, Бостоне, Детройте, Чикаго, Милане, Мадриде и других городах. Он представляет собой едкие газы, пары и аэрозоли повышенной концентрации в нижних слоях атмосферы, без тумана. Особую роль играют в этом случае выбросы выхлопных газов в атмосферу большого города. В результате фотохимических реакций при воздействии ультрафиолетовой солнечной радиации на газовые выбросы химической промышленности и транспорта создаются вещества, значительно превосходящие исходные по своей токсичности. Наряду с сильным физиологическим действием резко уменьшается видимость, города окутываются желто-синей мглой.

Фотохимический смог вызывает раздражение глаз, слизистых оболочек носа и горла, обострение легочных и различных хронических заболеваний, приводит к болезни и гибели домашних животных, растений. Он вызывает коррозию металлов, растрескивание красок, резиновых и синтетических изделий, порчу одежды.

Благоприятными метеорологическими условиями для образования смога обеих разновидностей являются приземные температурные инверсии, отсутствие ветра и дождя.

С антропогенными изменениями атмосферы связано и разрушение озонового слоя, являющегося защитным экраном от ультрафиолетового излучения Солнца. Слой с повышенной концентрацией озона (озоносфера) находится в стратосфере на высоте от 10 до 50 км. Однако максимум содержания озона приходится на слой 20–25 км.

Особенно быстро процесс разрушения озонового слоя происходит над полюсами планеты, где появились так называемые **озоновые дыры**. В 1987 г. зарегистрирована расширяющаяся год от года (темпы расширения – 4% в год) озоновая дыра над Антарктидой (выходящая за контуры материка) и менее значительное аналогичное образование в Арктике. Наблюдениями в течение 1969–1986 гг. установлено, что наибольшее уменьшение общего количества озона в зоне 53–64° ю.ш. наблюдалось в зимние месяцы. Опасность истощения озонового слоя состоит в том, что может снизиться поглощение губительного для живых организмов ультрафиолетового излучения. По мнению ученых, одной из причин истощения озонового слоя является применение людьми хлорфторуглеродов (фреонов), которые широко используются в быту и производстве в виде аэрозолей. В 1990 г. мировое производство озоноразрушающих веществ составляло более 1300 тыс. т. Хлорфторуглероды, попадая в атмосферу, разлагаются в стратосфере с выделением атомов хлора, которые как катализаторы, ускоряют процесс превращения озона в кислород. В нижних слоях атмосферы фреоны могут сохраняться в течение десятилетий. Отсюда они поступают в стратосферу, где в настоящее время их содержание ежегодно увеличивается на 5%. Предполагается, что одной из причин истощения озонового слоя может быть и сведение лесов, как продуцентов кислорода на Земле.

В течение тысячелетий хозяйственная деятельность человека приспособлялась к окружающим климатическим условиям, но не считалась с тем, производит ли она на климат положительное или отрицательное воздействие. Когда население Земли было сравнительно небольшим, и энергетическая вооруженность человека была относительно малой, казалось, что антропогенное воздействие человеческой деятельности на природу не может повлиять на устойчивость климата. Но в XX в. деятельность человека все больше приобретала такие масштабы, что встал вопрос о непреднамеренном воздействии хозяйственной деятельности человека на климат. Влияние на климат оказывает следующие, принявшие глобальный характер процессы:

- распахиwanie огромных массивов земли, вызывающее изменение альбедо, быструю потерю влаги, подъем пыли в атмосферу;
- уничтожение лесов, особенно тропических, влияющее на воспроизводство кислорода, изменения альбедо и испарения;
- перевыпас скота, превращающий степи и саванны в пустыни, в результате чего меняется альбедо, иссушается почва;
- сжигание ископаемого органического топлива и поступление в атмосферу CO_2 , CH_4 ;
- выбрасывание в атмосферу промышленных отходов, меняющих состав атмосферы, увеличивающих содержание радиационно-активных газов и аэрозолей. Последние два процесса увеличивают парниковый эффект.

Особую тревогу вызывает прогрессирующее увеличение CO_2 , фторхлоруглеводородов, метана, закиси азота и озона, которые создают парниковый эффект. Оценки, сделанные в 2001 г., показывают, что в атмосфере с 1750 г. по 2000 г. увеличились концентрации углекислого газа (CO_2) – на 31%, метана (CH_4) – на 151%, закиси азота (NO_2) – на 17%. С 1995 г. продолжается рост малых газовых примесей, также оказывающих парниковое воздействие и

() ()
 , , , SO₂
 , 1750 . 0,3 / ².
 : ,
 2 (, ,) , XXI
 , XXI .
 540 -970 ⁻¹, . . 90 -250% ², 2100 . -
 2100 . -12 ⁴ 62% -190 1970 ⁻¹, N₂O - 38 144 ⁻¹ ,
 2000 . XXI
 2 XXI
 () , ,
 1,5-5,8° . 1990-2100 .
 « » .

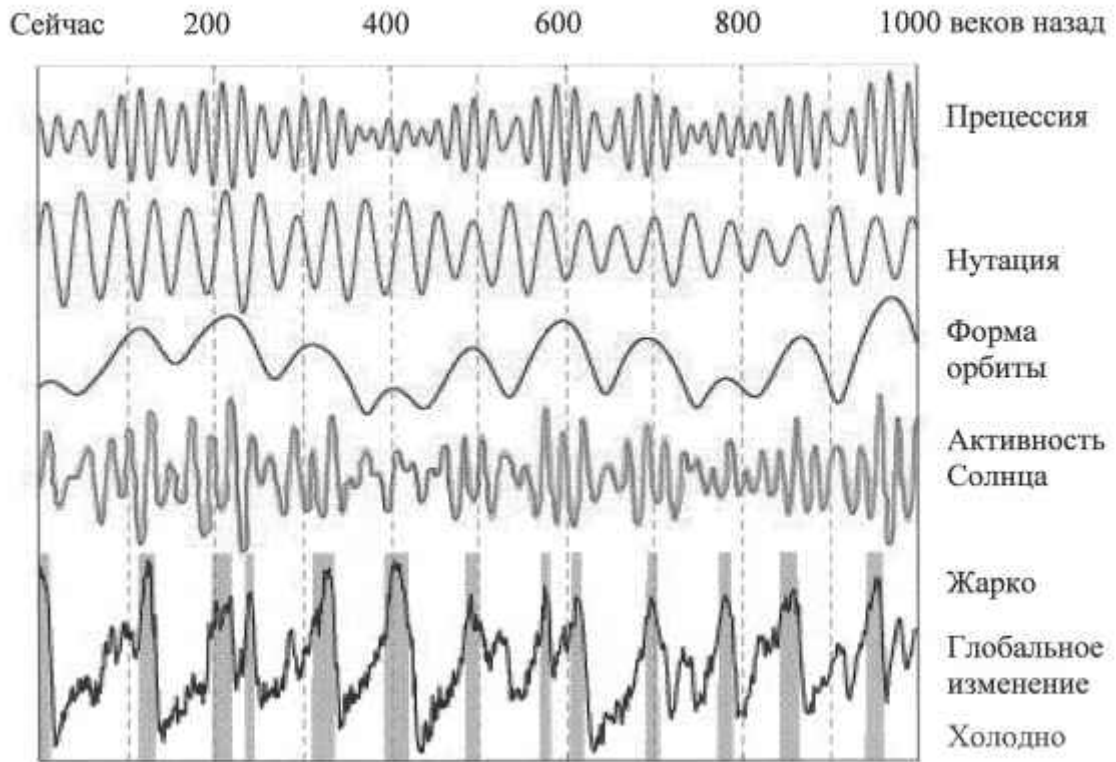


Рис. 21. Циклы активности по Миланковичу

(,),

()

().

(,)

[10],

XX ., . . [8],

[9],

600

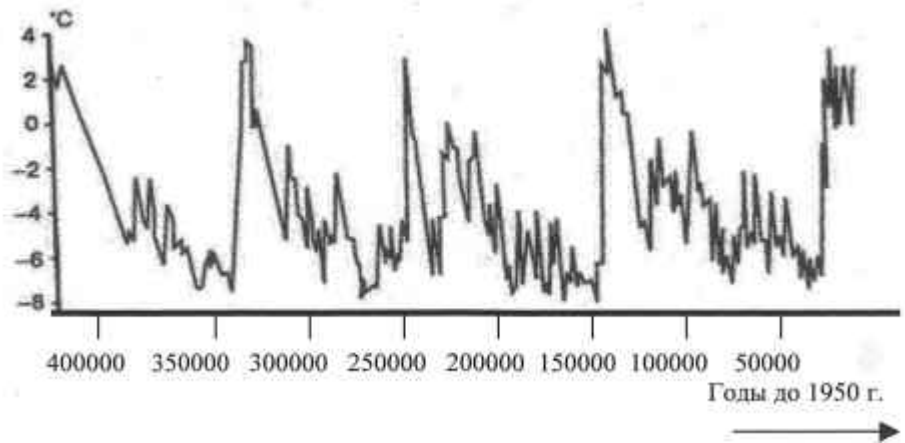
2

99% 2.

2

2

((.22).)



. 22.

400

- 40-50

[2].

200-250

- , ;
 - ;
 , ;
 « - », -
 - (. advection -) , ()
) , _____ ,
 , (,) ,
 , , , ,
 , - , -
 , , , ,
 . . - , .
 . , -
 (. albedo, . albus -) - , -
 - () () , -
 , (;) , -
 . ; -
 , - .
 - .
 .
 - .
 () , -
 . - 1025-1040 , (,)
 (1000)— 1070 (/ ²). 1010-1015)
 =750 . . =1,02 (. atmos - sphaira -) - , -
 . 5,15-
 10¹⁵ .
 - .
 - , -
 , -
 —
 - 1 (1 =100 / ²). -

, 8 1 . 1000 5 15 1 0° ,
 , 0,4%
 - , ,
 , -);
) - (. *gradiens*, . *gradients* -
 , ;
 , (2-),
 « ».
 , , , -
 , - ,
 . ,
 - ,
 _____ .
 :
 ,
 (, , ,) ,
 - () ,
 _____ , ()
 ,) ,
 - , (,) .
 - (_____... _____) ,
 _____ ()
 , ,
 , ,
 , - ,
 ,
 _____ .

— (0°).
 .
 . (,
).
 ;
 ;
 ;
) . (,
 ,
 — . .
 , - 15° .
 1 ,
 ,
 - (—... . therme —), _____ ,
 ,
 .
 - 1. 0,6 ° , 100 .
 .
 2. - , „
 - () -
 (_____),
) (.
 ,
 -
 — (. insolatio, insolo 15—20 °) —
 _____ , (. .) —
).
 .

; - (. sphaira -) -
 50 .
 _____ .
 ,
 - (. klima, klimatos, - ; -
),
 .
 ;
 ;
 - (_____ ... _____),
 ,
 ,
 - _____ ,
 .
 (_____)
 - (_____) - _____ (_____) .
 ,
 : , , ,
 , , ,
 - . ,
 (_____) . (_____)
)
 20—30 / .
 - (_____) .
 ,
 ,
 - (_____ ... _____) -
 ,
 ,
 ,
 (_____ , _____) .
 - (_____ ... _____),
 « _____ » ,
 _____ (_____) .
 60- . 20 .
 -
 ,
 ,

300—1500 / . 5—80 / ³,
 $10^3 / ^3$: 5×10^7 2×10^{10} . ()

(,)

XVI , XVII . , XIX .. ,
 : 1650, 1750 1850 .
 (),

1 .

- (_____ . sphaira -) — 50-55 80 ,
 0° -90° ,
 : 1) ,

; 2) , ;
 (, ,) .

(,) - ,
 — () - ,

242 .

50 .

10-18 .

(,).

290 (

).

10 50 ,

;

20-25 ,

10

;

- () -

-

(,),

-

, -

-

- 1.

2.

200 ².

- (

-).

()

1. 50-100 (200-250).

2. 1,5-2

10°.

()

()

(: = $E_1 - Ap(t - t_1)$,

t — ; —

().

(, , ()).

(100-1);

10^{-2} - 10^{-4}

-() ,

;
), /² ; 1 ()
) 10-15° ; +140 / (²) ()
) ()
 , ()
 300 000 (/ (299 793 /) - ,
 () 10⁻¹ - 10⁻⁸ (-) ;
 10⁻¹ 10³ (4-10⁻¹-7,6-10⁻¹) ;
 ,
 ε = hv, v - ; h - ,
 6,824-10⁻²⁷ / . (, 1 ² 1) .
 (1 ²) .
 ,
 42° , — ;
 ,
 50° ;
 , ; ,
 ,
 , 2/ .

(- ,), - .
XIX . XX .;

25

()

(),
() ; , , ;

50-100 /

(),

4,5

(),
0,9

300 000 /

$2,4 \cdot 10^{18}$

$2 \cdot (\dots) (\dots)$

0,17

4

0,475

48%

45%

$(\lambda > 0,76 \text{ MKM})$

1000-1500°

$\delta (\dots)$

2.

50-55

(24);

-45 -75°
-20 +20°
20

25-35

)

().

« »

« »

18°;

2 1

1 10

()

50° - 1 16
1 50

6-8°.

()

12°

- dT/dz

- 1.

20-25°

30.

2.

().

« » 450

0,2°/100 (

2).

16-18 8-10 10-12

-45° -70° -65°

16-18 10-12 0,65°/100 8-10 ^{4/5}

1-2

2.

3. ()

100

100 . - , -

- , 400 '10 . (, . . .)

32 / . 12

- , , ; -

(95%, 21) 28 1915 . 13 24,4° 16%. 10,0° , -

114 ,), — 5 . . (-

, - (;)

. , (-

, .),

— (, , , , -

), , , , ,

, . . . , -

— - ,

, - () , , , , -

, , , , -

, . - - ; -

; - , -

. -

... ()

500 , 1000 ,

) (b)

(As - Ns)

) (

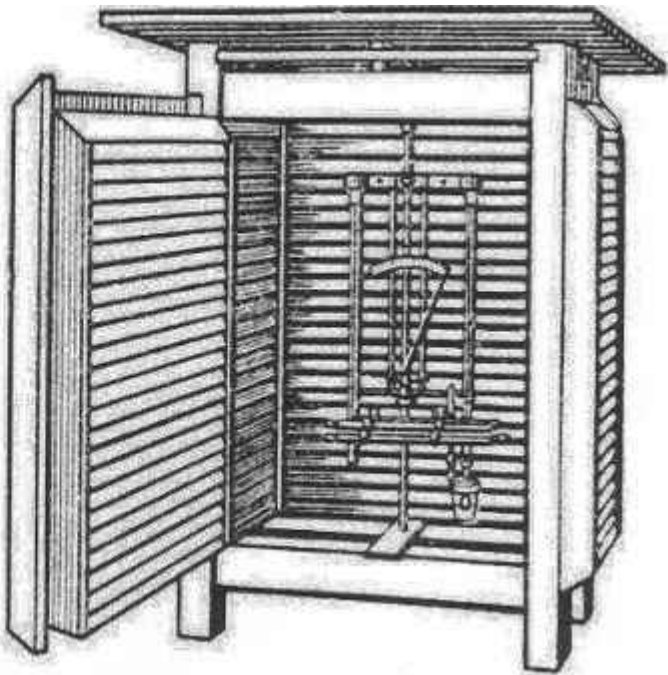
) (

20-30 / ,

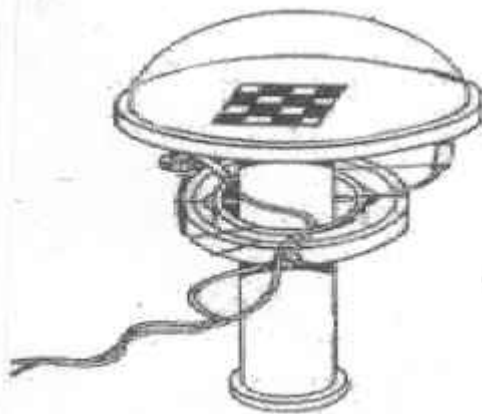
;

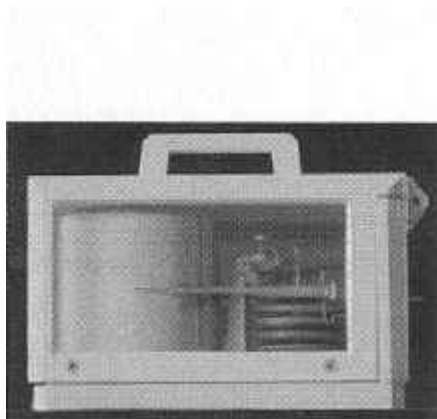
) ()

- (,) 450 ((700) ,
 () , , ,
 , () . ;
 ;
 - 1. ;
 , () ,
 () . -
 2. - ;
 , - ;
 10 130 / ;
 ;
 ; , 18 19 3 . ;
 . 10^9 . ;
 , 100% 100% . , ;
 $10^{17}-10^5$, () () .

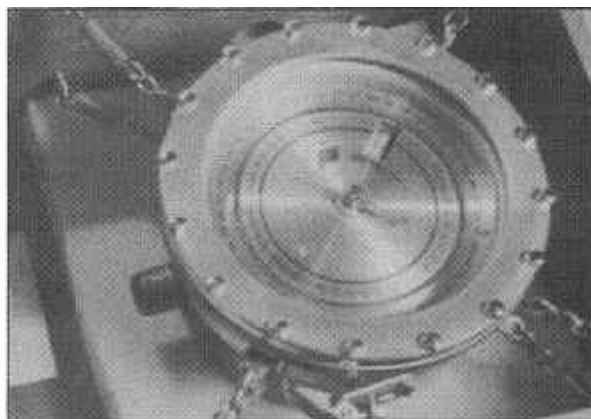


()

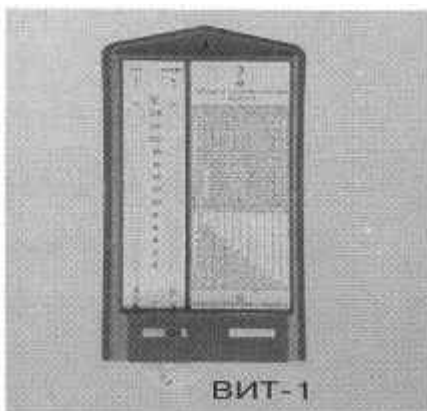




- 110

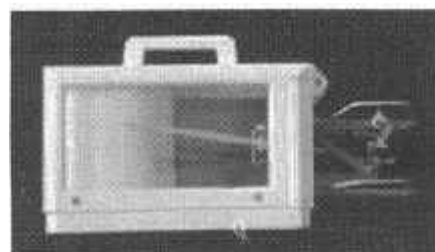


-



- 21

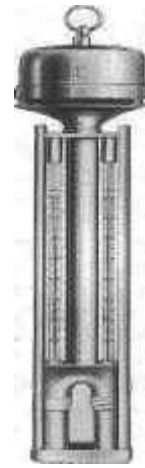
-



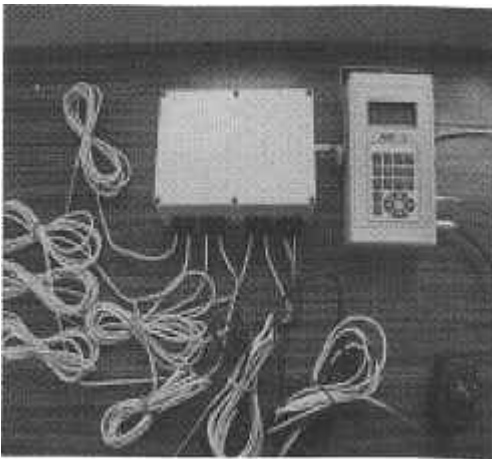
- 1



-3



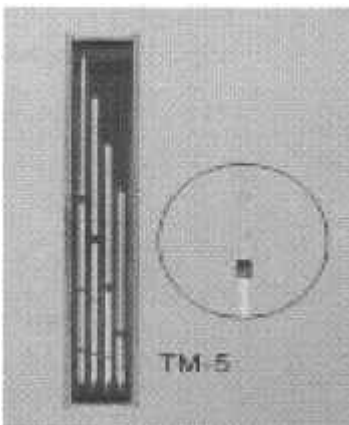
MB- 4



-5

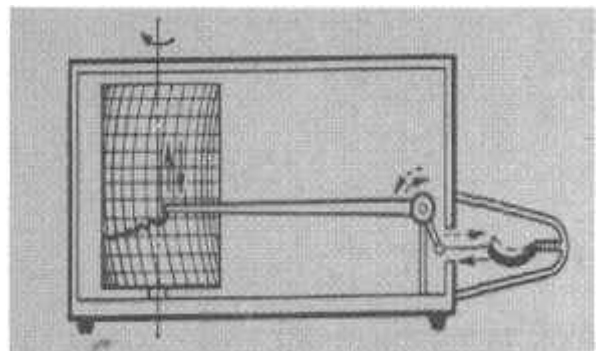


- AM - 6

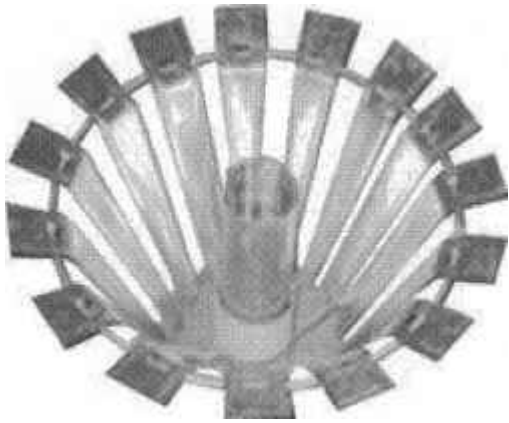


15, 20

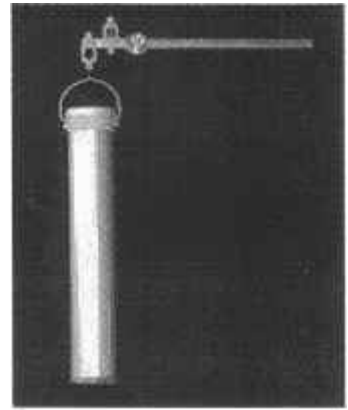
5,10,



- 16



-1



-43



-2

Масса Солнца M_{\odot}	$= 1,989 \cdot 10^{30}$
Масса Земли M_{\oplus}	$= 5,976 \cdot 10^{24}$ кг
Радиус Земли R_{\oplus}	
экваториальный	$= 6\,378\,164$ м
полярный	$= 6\,356\,799$ м
средний	$= 6\,371\,030$ м
Среднее расстояние от Земли до Солнца \bar{r}	$= 149,6 \cdot 10^6$ км
Нормальное ускорение свободного падения g	$= 9,80655$ м/с ²
Универсальная гравитационная постоянная G	$= 6,672 \cdot 10^{11}$ Н · м ² /кг ²
Угловая скорость вращения Земли ω	$= 7,29 \cdot 10^{-5}$ с ⁻¹
Универсальная газовая постоянная R_0	$= 8,31441 \cdot 10^3$ Дж/(кг · моль · К)
Удельная газовая постоянная сухого воздуха R_d	$= 287,05$ Дж/(кг · К)
Удельная газовая постоянная водяного пара R_w	$= 461,51$ Дж/(кг · К)
Удельная теплоемкость сухого воздуха при постоянном давлении C_p	$= 1005$ Дж/(кг · К)
Удельная теплоемкость сухого воздуха C_v	$= 718$ Дж/(кг · К)
Постоянная Больцмана K	$= 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Скорость света в вакууме c	$= 2,998 \cdot 10^8$ м/с
Постоянная Планка h	$= 6,626176 \cdot 10^{-34}$ Дж · с
Постоянная Стефана–Больцмана σ	$= 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м ² · К ⁴)
Удельная теплота перехода «вода ↔ пар» L	$= (2501 - 2,72f) \cdot 10^3$ Дж/кг
Удельная теплота сублимации L_c	$= (2834,6 - 1,51f) \cdot 10^3$ Дж/кг
Объем килограмм-моль идеального газа при нормальных условиях: 1013 гПа, $T_0 = 273,15$ К V_m	$= 22,41383$ м ³ /(кг · моль)
Солнечная постоянная S^*	$= 1367$ Вт/м ²
Молярная масса сухого воздуха μ_d	$= 28,97$ кг/моль
Молярная масса водяного пара μ_w	$= 18,02$ кг/моль
Объемный коэффициент теплового расширения газов α	$= 1/273,15 = 3,66 \cdot 10^{-3}$ (°C) ⁻¹

- t – температура ($^{\circ}\text{C}$) – градусы Цельсия
 T – температура (К) – градусы Кельвина
 P – атмосферное давление (гПа) – гектопаскали $10^2 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с}^2)$
 e – парциальное давление водяного пара, давление водяного пара (гПа)
 E – давление насыщенного водяного пара (гПа)
 a – абсолютная влажность воздуха ($\text{г}/\text{м}^3$)
 q – удельная влажность (массовая доля водяного пара, $\text{кг}/\text{кг}$)
 S – отношение смеси ($\text{кг}/\text{кг}$)
 f – относительная влажность (%)
 ρ – плотность ($\text{кг}/\text{м}^3$)
 $\gamma = \partial T_a / \partial z$ – вертикальный градиент температуры стратификации атмосферы (К/м)
 $\gamma_a = 0,01 \text{ C}/\text{м}^2$ – сухоадиабатический вертикальный градиент температуры (К/м)
 Φ^* – геопотенциал ($\text{м}^2/\text{с}^2$)
 H – геопотенциальная высота (гп · м или дам)
 S^* – $1367 \text{ Вт}/\text{м}^2$ — солнечная постоянная при среднем расстоянии от Земли до Солнца
 S_0 – солнечная постоянная при любом расстоянии от Земли до Солнца
 S – прямая солнечная радиация ($\text{Вт}/\text{м}^2$)
 S^{\uparrow} – прямая солнечная радиация на горизонтальную поверхность, инсоляция ($\text{Вт}/\text{м}^2$)
 D – рассеянная радиация ($\text{Вт}/\text{м}^2$)
 Q – суммарная солнечная радиация ($\text{Вт}/\text{м}^2$)
 E_s – длинноволновое излучение земной поверхности ($\text{Вт}/\text{м}^2$)
 E_a – длинноволновое излучение атмосферы ($\text{Вт}/\text{м}^2$)
 E_e – эффективное излучение ($\text{Вт}/\text{м}^2$)
 B – радиационный баланс ($\text{Вт}/\text{м}^2$)

1. . . . : . . . / . . . , . . . - . . . , 2003. - 353 .
2. . . . : . . . / . . . , . . . - . . . 9- - / . . . , 2005. - 576 . - (. . .).
3. . . . : . . . / - . . . / - . . . : . . . , 2005, -331 . - (. . .).
4. . . . , 1984. - 184 . / . . . - . . . : . . .
5. . . . : . . . / . . . , . . . , - 6- - . . . : . . . - « . . . » , 2004. - 582 . - (. . .).
6. . . . / . . . , . . . -2- - . . . : . . . , 1974.-300 .
7. . . . : . . . / - . . . : . . . , 1984. - 240 .
8. . . . : . . . / - . . . : . . . , 1998. - 524 .
9. . . . : . . . / - . . . : . . . , 1974. - 280 .
10. . . . : . . . , 1969. - 566 . / . . . , . . . , . . . - . . .
11. . . . : . . . / - . . . : . . . , 1991. - 611 .
12. . . . : . . . , - . . . : . . . , 1991. - 336 .

09. 03. 2009 .

1. ru.wikipedia.org/wiki/Me eopo o
2. meteo-geofak.narod.ru
3. www.geogr.msu.ru/cafedra/meteo/
4. www.CentrMag.ru/book2202311 .html
5. rgo.msk.ru/commissions/climatology
6. www.krugosvet.ru/.../METEOROLOGIYA__I__KLIMATOLOGIYA.html
7. www.twirpx.com/files/special/climatology
8. www.yugzone.ru/.../meteorologiya-i-klimatologiya
9. meteoweb.ru/biblio.php

020640 22.10.97.
28 2.2009. 60x84/8,
. . . 13,48. 100 .
472.

432027, . , . . , . 32.

,432027, . , . . , . 32.