

Лекция

Тепловой режим атмосферы

Учебные вопросы

- 1. Тепловой режим атмосферы
- 2. Процессы связанные с теплообменом атмосферы
- 3. Температурный режим подстилающей поверхности и деятельного слоя

1. Тепловой режим атмосферы

- Тепловой режим атмосферы – распределение температуры воздуха в пространстве и ее изменение во времени.
- Тепловое состояние атмосферы определяется ее теплообменом с окружающей средой (с подстилающей поверхностью, соседними воздушными массами и космическим пространством).

Температура воздуха

- Воздух всегда имеет температуру.
- Температура воздуха в каждой точке атмосферы и в разных местах Земли непрерывно меняется с изменением времени
- Размах значений температуры у земной поверхности около **150°C**:
- -абсолютный **max: 58°C** – г. Триполи (Северная Африка);
- - абсолютный **min: -89,2°C** – станция «Восток» (Антарктида);
- - абсолютный **min** в северном полушарии: **-71,1°C** –г. Оймякон (Якутия)

Тепловой баланс земной поверхности:

$$R + P + F_0 + LE = 0$$

представляет собой алгебраическую **сумму потоков энергии** между элементом **земной поверхности** и **окружающим пространством**.

R - радиационный баланс (или **остаточная радиация**) — разность между **поглощённой коротковолновой солнечной радиацией** и **длинноволновым** эффективным излучением **с земной** поверхности.

$$(R=Q-(E_s + E_a))=Q- Eэ$$

Способы теплообмена

- 1) **радиационный** - путем при поглощении воздухом радиации Солнца и земной поверхности;
- 2) с помощью **теплопроводности**;
- 3) в результате **испарения** и последующей **конденсации** или кристаллизации водяного пара.
- Решающее значение имеет теплообмен атмосферы с земной поверхностью путем **теплопроводности.**

Процессы связанные с теплообменом атмосферы

1) турбулентность – перемешивание воздуха при беспорядочном, хаотическом движении

Число Ричардсон

- g – ускорение силы тяжести ($\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$);
- T – температура (К);
- Γ – адиабатический вертикальный градиент ($\text{К} \cdot \text{м}^{-1}$);
- U – средняя скорость ветра ($\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$);
- Z – высота над уровнем земли (м).

$$Ri = \frac{g \left(\frac{\partial T}{\partial Z} + \Gamma \right)}{\left(\frac{\partial U}{\partial Z} \right)^2},$$

Процессы, связанные с теплообменом

атмосферы:

- 2) **термическая конвекция** – перенос воздуха в вертикальном направлении, возникающий при нагреве нижележащего слоя воздуха;
- 3) **адиабатический процесс** изменение температуры воздуха при изменении атмосферного давления;
- 4) **адвекция** – горизонтальный перенос теплого или холодного воздуха, влияющий на температуру в конкретной точке пространства.

3. Температурный режим подстилающей поверхности и деятельного слоя

- **Подстилающая поверхность** – это поверхность земли (почва, вода, снег), взаимодействующая с атмосферой в процессе тепло- и влагообмена.
- **Деятельный слой** – это слой **ПОЧВЫ** или **ВОДЫ**, участвующий в теплообмене с окружающей средой, на глубину которого распространяются суточные и годовые **колебания температуры**.

Передача тепла вглубь почвы

- На передачу тепла от слоя к слою затрачивается время.
- Моменты наступления **максимальных** и **минимальных** температур почвы в течение суток запаздывают на **10 см/за каждые 3 часа**.
- Если на поверхности наивысшая температура была около 13 часов, на глубине 10 см максимум температуры наступит около 16 часов, а на глубине 20 см — около 19 часов и т. д.
- Чем **глубже** слой, тем **меньше тепла** он получает и тем слабее в нем колебания температуры.
- **Амплитуда** суточных колебаний температуры с глубиной уменьшается **в 2 раза на каждые 15 см**.

Слой постоянной суточной температуры

- На глубине в среднем около 1 м суточные колебания температуры почвы "затухают".
- Слой, в котором эти колебания практически прекращаются, называется слоем **постоянной суточной температуры**.
- В средних широтах слой постоянной годовой температуры находится на глубине **19—20 м**,
- в высоких широтах на глубине **25 м**.
- Моменты наступления в течение года **максимальных** и **минимальных** температур запаздывают в среднем на 20—30 суток на каждый метр.

Различия в тепловом режиме

- В **почве** солнечная радиация, проникая на глубину в **десятые доли мм**, преобразуется в тепло, которое передается в нижележащие слои путем **молекулярной теплопроводности**.
- В **воде** солнечная радиация проникает на глубины **до десятков метров**, а перенос тепла в нижележащие слои происходит в результате **турбулентного** перемешивания, **термической** конвекции и **испарения**.
- **Растительность** уменьшает амплитуду суточных колебаний температуры поверхности почвы.
- **Снежный покров** предохраняет почву от интенсивной потери тепла.

- **Суточные** колебания температуры распространяются:
 - **в воде** – до десятков метров,
 - **в почве** – менее метра.
- **Годовые** колебания температуры распространяются:
 - **в воде** – до сотен метров,
 - **в почве** – на 10-20 метров.

Суша быстро нагревается и быстро остывает.

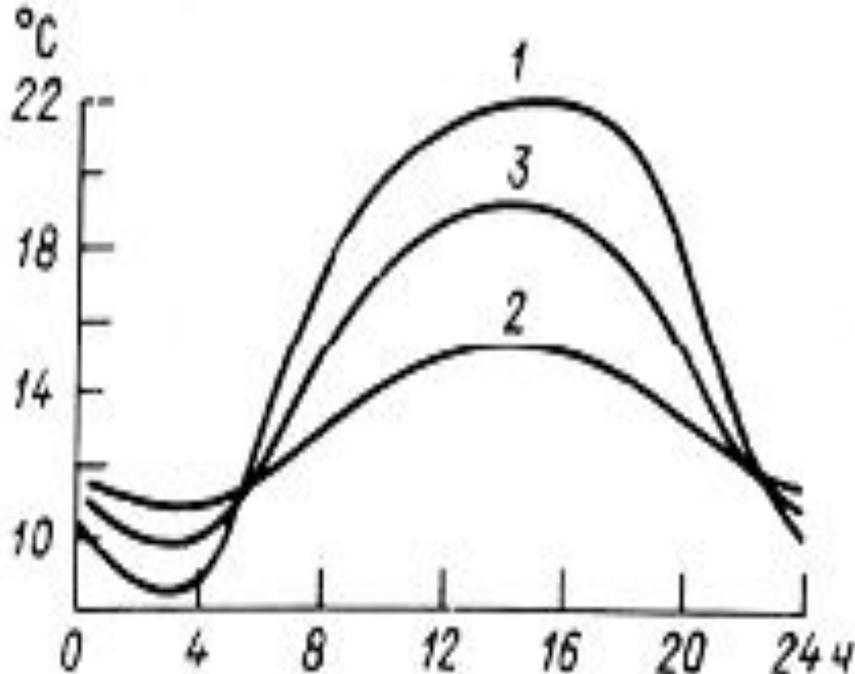
Вода медленно нагревается и медленно остывает (удельная теплоемкость воды в 3-4 раза больше почвы).

Периодические и непериодические изменения температуры воздуха

- 1) периодические (суточные, годовые),
- 2) непериодические.
- **Суточные изменения** – температура воздуха меняется в суточном ходе вслед за температурой земной поверхности, от которой происходит нагрев воздуха.
- **Минимум** ее наблюдается примерно **через полчаса** после восхода Солнца.
- Затем температура на поверхности почвы растет до 13— 14 часов, когда достигает **максимума** в суточном ходе. После этого начинается падение температуры.

Суточный ход температуры воздуха

- четко выражен и имеет периодический характер в ясную погоду.
- Периодичность может нарушаться облачностью, осадками и адвекцией тепла или холода

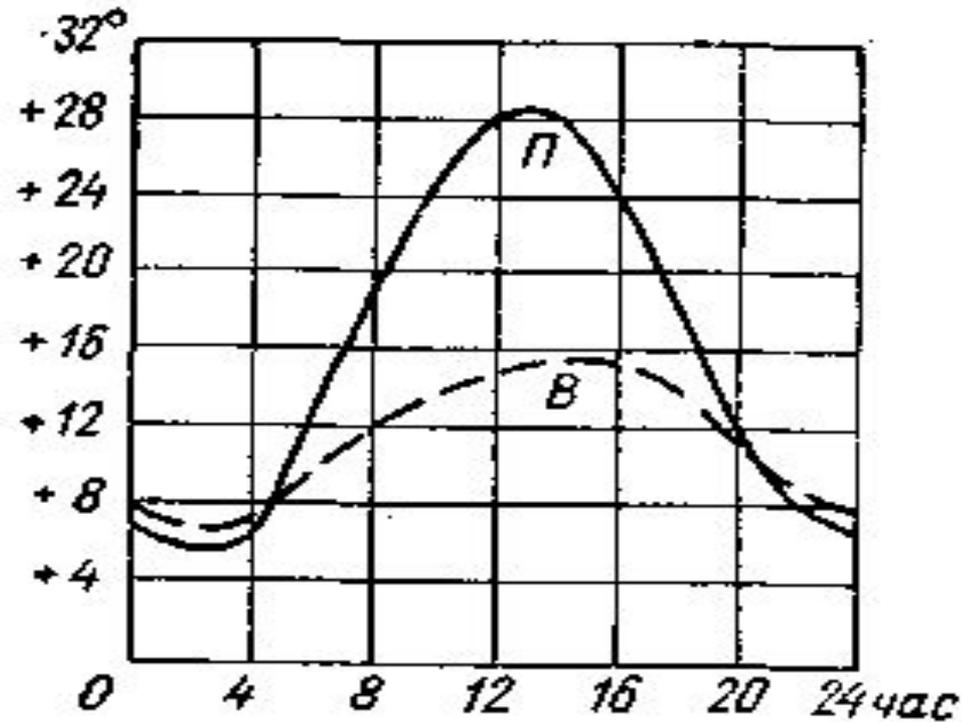


Суточный ход температуры воздуха в Павловске в зависимости от облачности: 1 – ясные дни, 2 – пасмурные дни, 3 – все дни

Непериодические изменения температуры воздуха

- Связаны с адвекцией воздушных масс из других районов Земли.
- **Непериодические изменения температуры воздуха** часты и значительны в **умеренных широтах**, и связаны с **циклонической деятельностью**,
- в **небольших масштабах** – с местными ветрами.

4. СУТОЧНЫЙ И ГОДОВОЙ ХОД ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ



Средний суточный ход температуры на поверхности почвы (П) и в воздухе на высоте 2 м (В). Павловск, июнь.

Суточная амплитуда температуры

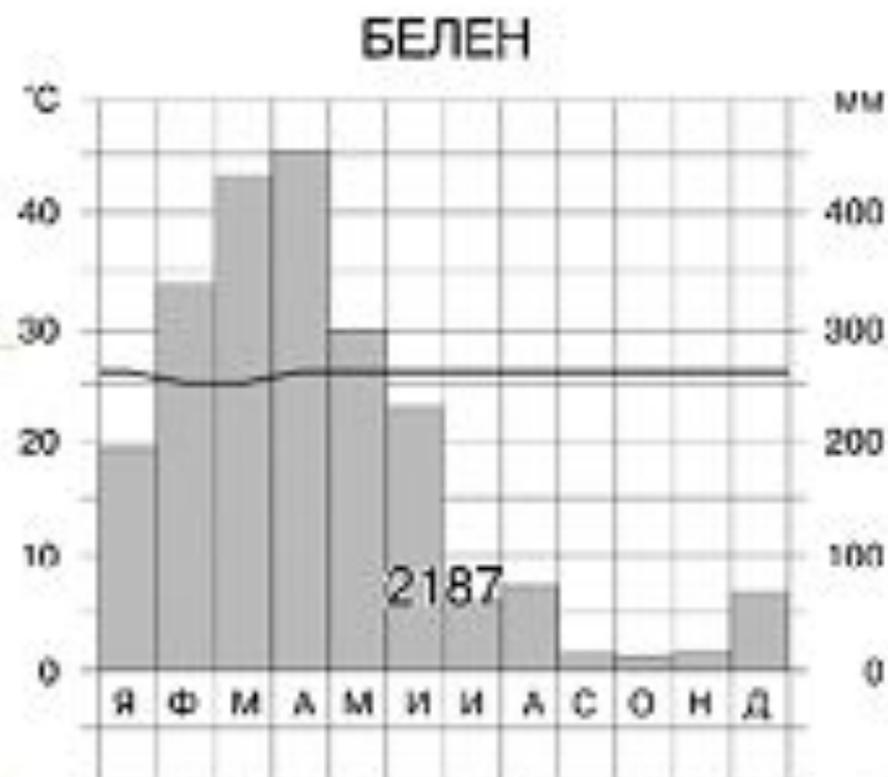
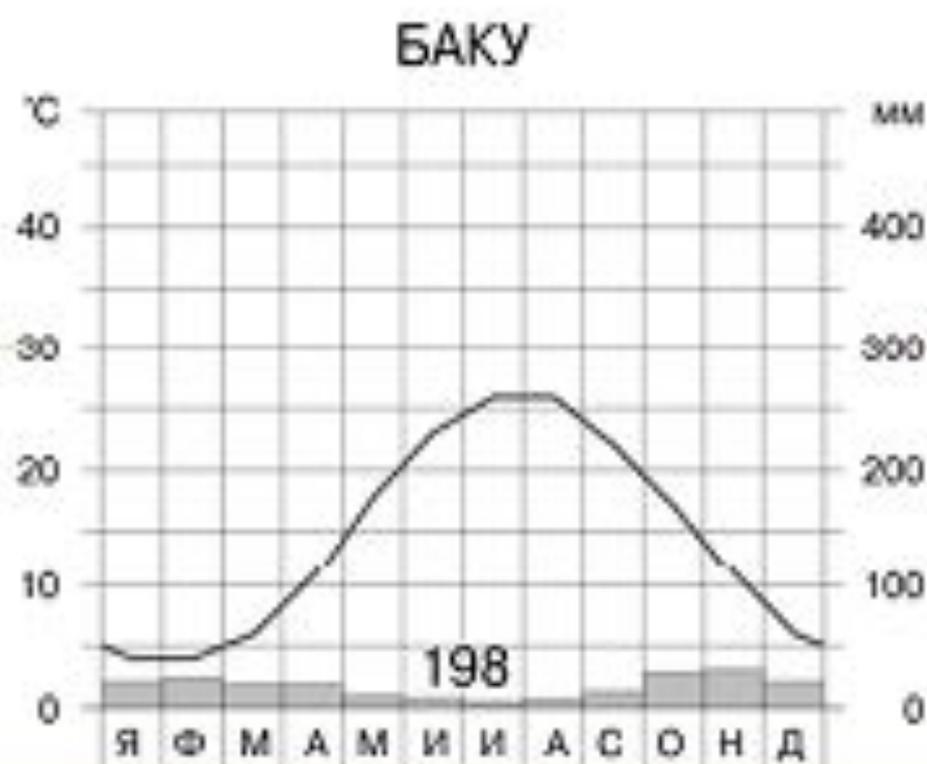
- **Разность между суточным максимумом и суточным минимумом температуры называется *суточной амплитудой температуры.***
- Суточная амплитуда температуры воздуха меняется:
 - - по сезонам года;
 - - по широте;
 - - в зависимости от характера подстилающей поверхности;
 - - в зависимости от рельефа местности.
- 1. Зимой **Асут.** меньше чем летом, как и температура подстилающей поверхности.
- 2. С увеличением широты **Асут.** убывает:
 - - на широте 20-30° на суше **Асут. =12 °С**

Суточная амплитуда температу ры

- 3. Открытые пространства характеризуются большей Асут.:
 - для степей и пустынь средняя Асут.=15-20° С (до 30 °С),
 - над растительностью Асут. меньше
- 4. Близость водных бассейнов **уменьшает Асут.**
- 5. На выпуклых формах рельефа (вершины и склоны гор) **Асут. меньше**, чем на равнине.
- 6. В вогнутых формах рельефа (котловины,

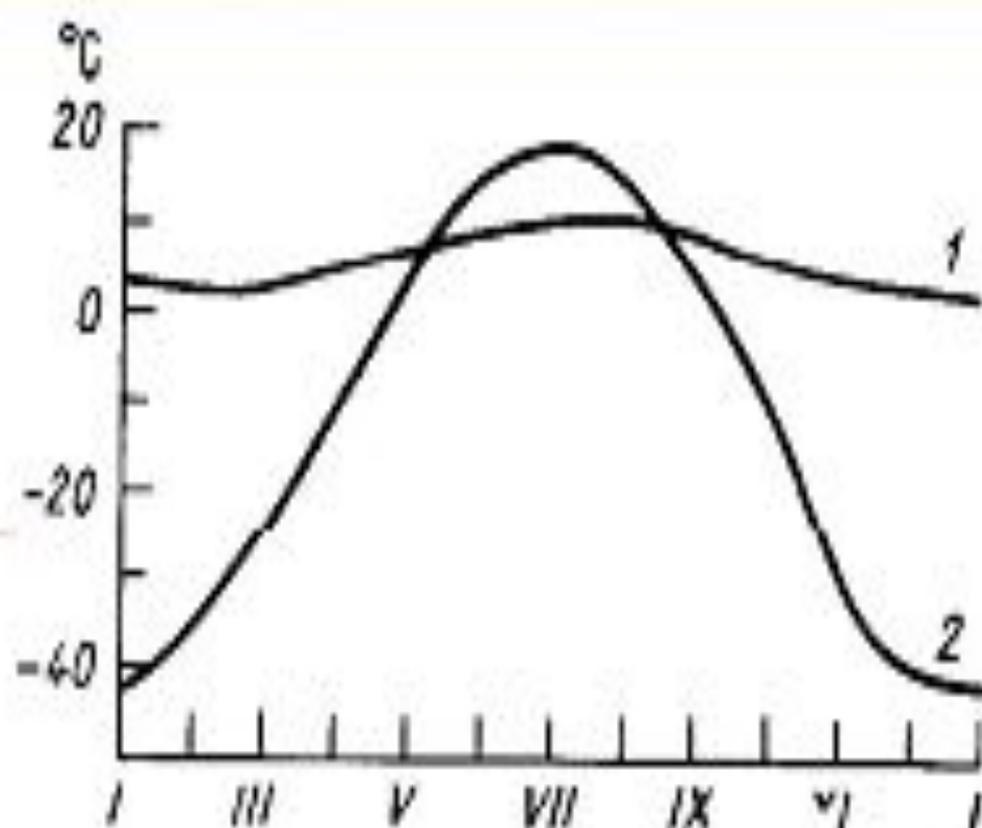
Особенности изменения $A_{год.}$:

1) $A_{год.}$ растет с широтой;



Годовой ход температуры воздуха в г. Баку (41°с.ш.) и г. Белен (Бразилия, 1°ю.ш.)

2) $A_{год.}$ над сушей значительно больше,
чем над морем;



Годовой ход температуры воздуха на широте 62°с.ш. в Торсхавне (Фарерские острова, Норвежское море) и Якутске: 1 – Торсхавн, 2 - Якутск

• 3) Большие озера **уменьшают** $A_{\text{год.}}$ и смягчают климат:

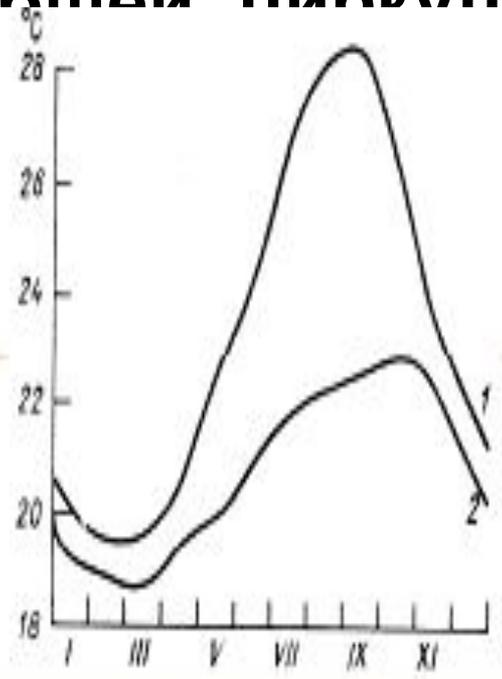
- посредине оз. Байкал $A_{\text{год.}} = 30-31^\circ$;

- на берегах оз. Байкал $A_{\text{год.}} = 36^\circ$;

- на той же широте на р. Енисей $A_{\text{год.}} = 42^\circ$.

• 4) $A_{\text{год.}}$ зависит от **условий общей циркуляции атмосферы.**

• 5) С **высотой** $A_{\text{год.}}$ убывает

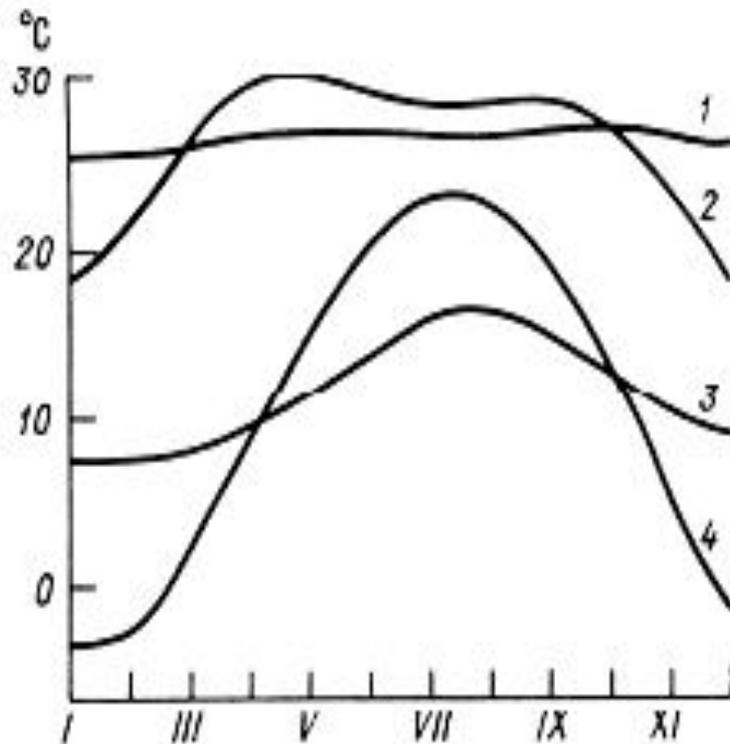


Годовой ход температуры воздуха над океаном к югу от Японии:

1 - непосредственно над водой, 2 - на высоте 100м

5. Типы годового хода температуры воздуха

- В зависимости от **широты** и **континентальности** выделяют **четыре** основных типа годового хода температуры воздуха:
- Экваториальный;
- Тропический;
- Умеренного пояса;
- Полярный.



1 – экваториальный (Джакарта, Индонезия), 2 – тропический в области муссонов (Калькутта, Индия), 3 – морской в умеренном поясе (Силли, Шотландия), 4 – континентальный в умеренном поясе (Чикаго, США)

Экваториальный тип

- Характеризуется малыми амплитудами температуры в течение года:
- - над океаном –около 1°C ,
- - над сушей – $5-10^{\circ}\text{C}$
- В году наблюдаются слабовыраженные:
 - **два максимума** – после весеннего и осеннего равноденствия,
 - **два минимума** – после зимнего и летнего солнцестояний

Экваториальный тип

Среднемесячные температуры (°C) в Джакарте,
о. Ява, Индонезия, 6°30'ю.ш., 106°50'в.д.

	I	25,8
	II	25,8
	III	26,2
	IV	26,7
	V	26,8
	VI	26,5
Месяцы	VII	26,3
	VIII	26,8
	IX	26,8
	X	26,8
	XI	26,5
	XII	26,1
Год	26,4	
Амплитуда	1,0	

Тропический тип

- Характеризуется одним максимумом и одним минимумом в годовом ходе температуры, после летнего и зимнего солнцестояния соответственно
- Средняя годовая амплитуда:
 - над материками –10-20°C,
 - над океанами –5-10°C.

В муссонных областях этого типа может наблюдаться **два максимума** температуры:
–**один** - после летнего солнцестояния,

Тропический тип

Среднемесячные температуры (°С) в Гонолулу,
Гавайские о-ва, 21°22'с.ш., 157°55'з.д.

	I	22
	II	22
	III	22
	IV	23
	V	24
	VI	25
Месяцы	VII	25
	VIII	26
	IX	26
	X	25
	XI	24
	XII	23
Год	24	
Амплитуда	4,0	

Тип умеренного пояса

- Характеризуется **одним максимумом** и **одним минимумом** в годовом ходе температуры, после летнего и зимнего солнцестояния соответственно, но **с большей** амплитудой, чем в тропическом поясе.
- Средняя годовая амплитуда:
 - над **материками** – **40 - 50°C**,
 - над **океанами** – **10 - 15°C**

Различия между морским и континентальным климатом умеренного пояса :

- - **min** температуры
 - над сушей – в январе,
 - над морем – феврале или марте;
- - в континентальном климате холодная зима и более жаркое лето, чем в морском климате;
- - в морском климате весна холоднее осени;
- - в континентальном климате – наоборот, за исключением областей с обильным снежным покровом.

Тип умеренного пояса

Среднемесячные температуры (°C) в Лондоне, морской климат, 51°30'с.ш., 0°0'в.д.

	I	5
	II	5
	III	6
	IV	8
	V	12
Месяцы	VI	15
	VII	17
	VIII	16
	IX	14
	X	10
	XI	6
	XII	5
Год	10	
Амплитуда	12	

Среднемесячные температуры (°C) в Иркутске, континентальный климат, 52°25'с.ш., 104°25'в.д.

	I	-20
	II	-18
	III	-10
	IV	0
	V	8
Месяцы	VI	14
	VII	17
	VIII	15
	IX	8
	X	0
	XI	-11
	XII	-18
Год	-1	
Амплитуда	37	

Полярный тип

- Характеризуется **минимум** в годовом ходе температуры во время появления Солнца над горизонтом после полярной ночи;
- **max** – в июле.
- Средняя годовая амплитуда:
 - над материками: более 60°C ,
 - над океанами и побережьями полярных морей: $25\text{-}30^{\circ}\text{C}$.

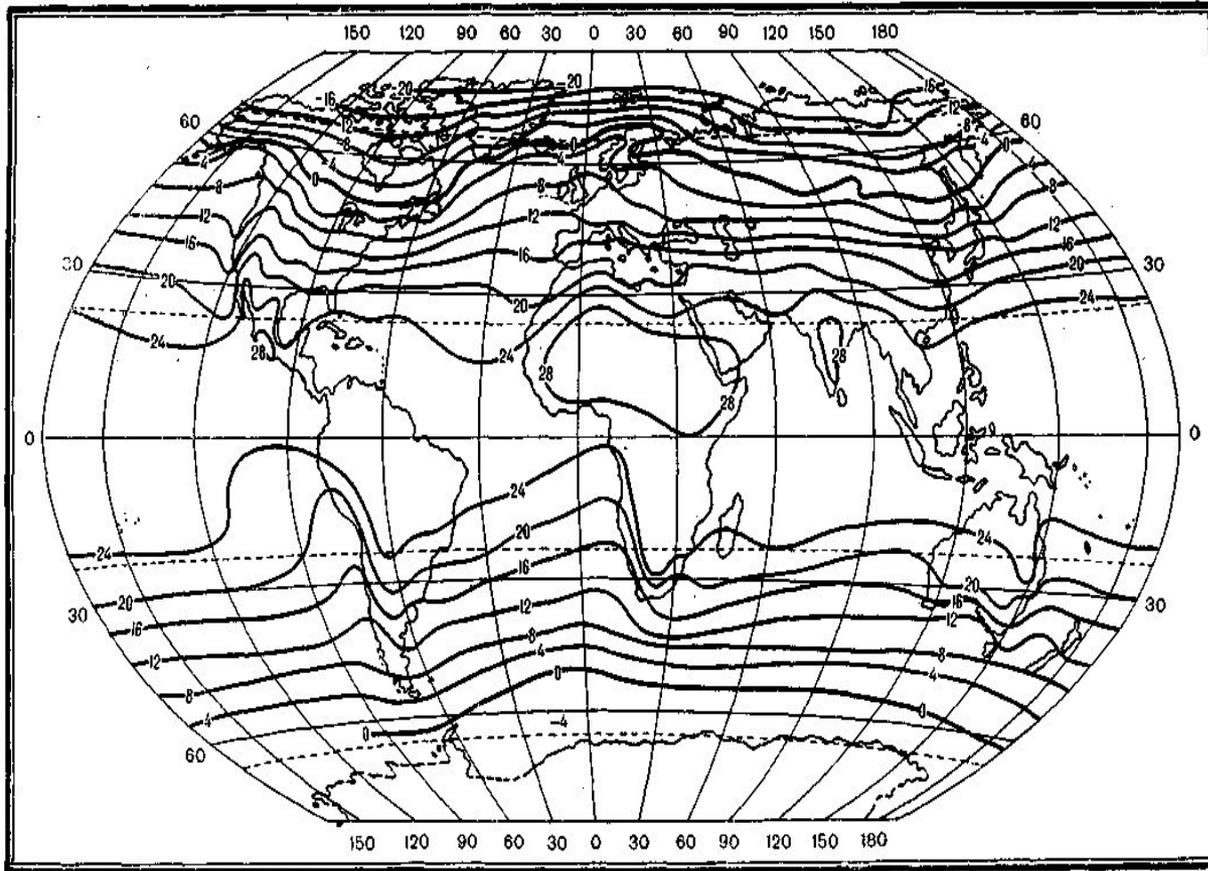
Полярный тип

Среднемесячные температуры (°C) в Грин-Харбор, арх. Шпицберген, 78°с.ш., 14°10'в.д. Среднемесячные температуры (°C) на ст. Восток Антарктида, 72°05'ю.ш., 96°35'в.д.

	I	•16
	II	•18
	III	•20
	IV	•14
	V	•5
	VI	2
Месяцы	VII	5
	VIII	5
	IX	0
	X	•6
	XI	•11
	XII	•14
Год		•8
Амплитуда		25

	I	•34
	II	•44
	III	•55
	IV	•63
	V	•63
	VI	•67
Месяцы	VII	•67
	VIII	•71
	IX	•67
	X	•59
	XI	•44
	XII	•32
Год		•55
Амплитуда		39

6. ПРОСТРАНСТВЕННО - ВРЕМЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА



Среднее годовое распределение температуры воздуха на уровне моря

Самые **теплые места** Земли в среднем годовом лежат на побережьях **южной части Красного моря**. В Массае (Эритрея, 15,6° с. ш., 39,4° в. д.) средняя годовая температура на уровне моря **+30°**, а в Ходейде (Йемен, 14,6° с. ш., 42,8° в. д.) даже **+32,5°**.

Самым холодным районом является **Восточная Антарктида**, где в центре плато средние годовые температуры порядка **-50 — -55°**.

Географическое распределение температуры воздуха у земной поверхности

- Температура убывает от экватора к полюсам в соответствии с распределением солнечной радиации и радиационного баланса
- Изотермы на картах не совпадают с широтными кругами:
 - 1) расчленение земной поверхности на сушу и море (особенно в Северном полушарии);
 - 2) наличие снежного и ледяного покрова;
 - 3) наличие горных хребтов;
 - 4) влияние теплых и холодных океанических течений;
 - 5) особенности общей циркуляции атмосферы.

• Самые высокие **температуры зимой** наблюдаются **вдоль 10° с.ш.**

Здесь выделяется **термический экватор** – линия, соединяющая точки с максимальными среднегодовыми температурами.

• **Летом** термический экватор смещается к **20° с.ш.**, т.

е. всегда остается в северном полушарии

• Средние годовые **амплитуды** температуры воздуха:

- **наименьшие** –

вблизи экватора и над океанами;

- **наибольшие** – над материками в районе

Распределение температуры воздуха в январе для территории России

ЯНВАРЬ



Распределение температуры воздуха в июле для территории России

ИЮЛЬ



Средняя июльская температура июля (в °C)

8 10 14 18 22



4 8 12 16 20 24 июль

Масштаб 1:80 000 000

