



Тепловой режим атмосферы

Лектор: Соболева Надежда Петровна, доцент каф. ГЭГХ



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*: $-89,2^{\circ}\text{C}$ – станция «Восток» (Антарктида);
- *абсолютный min в северном полушарии*: $-71,1^{\circ}\text{C}$ – г. Оймякон (Якутия)



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)



Теплообмен осуществляется
несколькими путями:

- 1) *радиационным* 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;
- 2) *термическая конвекция* – перенос воздуха в вертикальном направлении, возникающий при нагреве нижележащего слоя воздуха;



Процессы, связанные с теплообменом атмосферы:

- 3) *адиабатический процесс* – изменение температуры воздуха при изменении атмосферного давления
- 4) *адвекция* – перенос теплого или холодного воздуха, влияющий на температуру в конкретной точке пространства

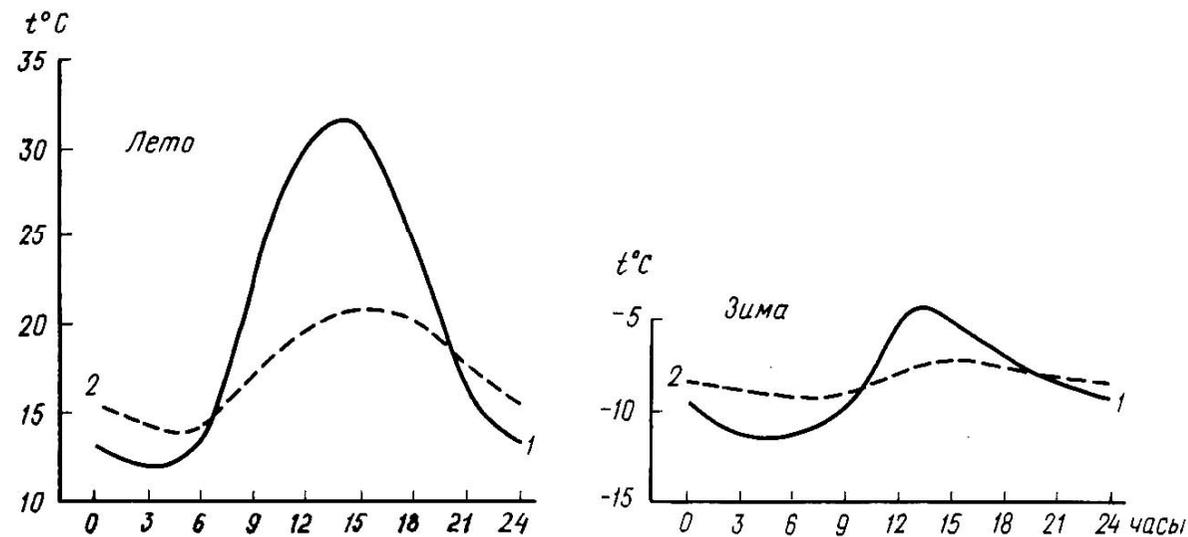


Изменения температуры воздуха:

- 1) периодические (суточные, годовые),
- 2) непериодические

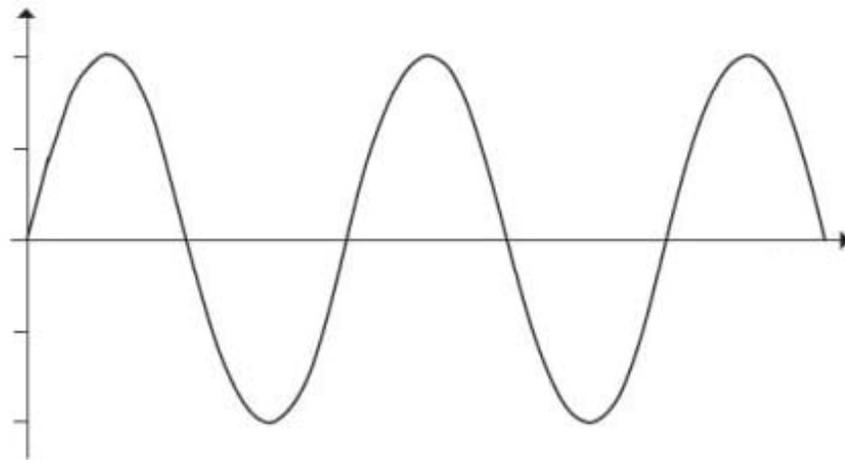
Суточные изменения

Температура воздуха меняется в суточном ходе вслед за температурой земной поверхности, от которой происходит нагрев воздуха



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

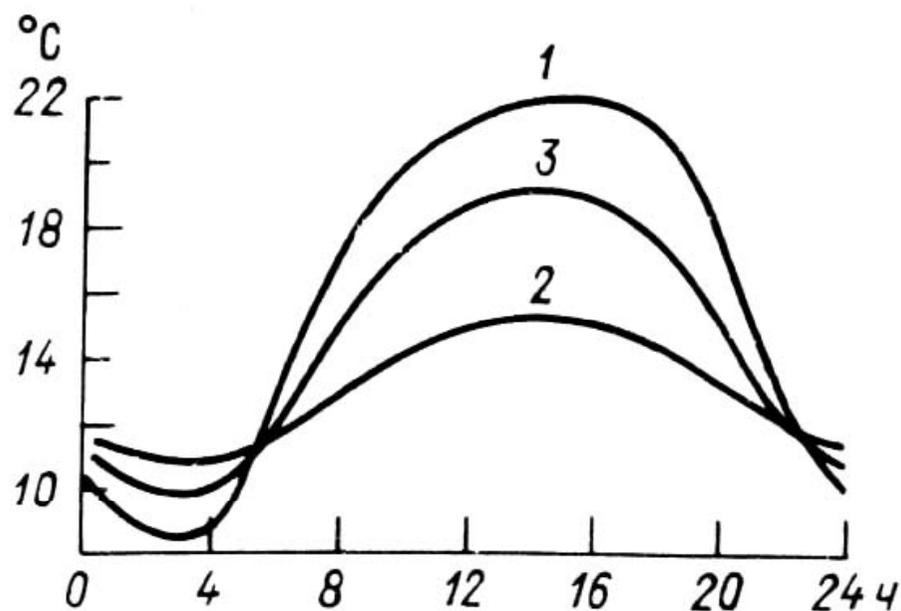
Многолетние кривые суточного хода температуры - это плавные кривые, похожие на синусоиды



В климатологии рассматривается суточный ход температуры воздуха, осредненный за многолетний период

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



Суточная амплитуда температуры
($A_{сут.}$) – разность между максимальной и минимальной температурой за сутки

Суточная амплитуда температуры воздуха меняется:

- по сезонам года,
- по широте,
- в зависимости от характера подстилающей поверхности,
- в зависимости от рельефа местности

- 
1. Зимой $A_{\text{сут.}}$ меньше, чем летом, как и температура подстилающей поверхности
 2. С увеличением широты $A_{\text{сут.}}$ убывает:
 - на широте 20-30° на суше $A_{\text{сут.}} = 12 \text{ } ^\circ\text{C}$
 - на широте 60° $A_{\text{сут.}} = 6 \text{ } ^\circ\text{C}$



3. Открытые пространства характеризуются большей $A_{сут.}$:
для степей и пустынь средняя $A_{сут.} = 15-20^{\circ}\text{C}$ (до 30°C),
над растительностью $A_{сут.}$ меньше

4. Близость водных бассейнов уменьшает $A_{сут.}$



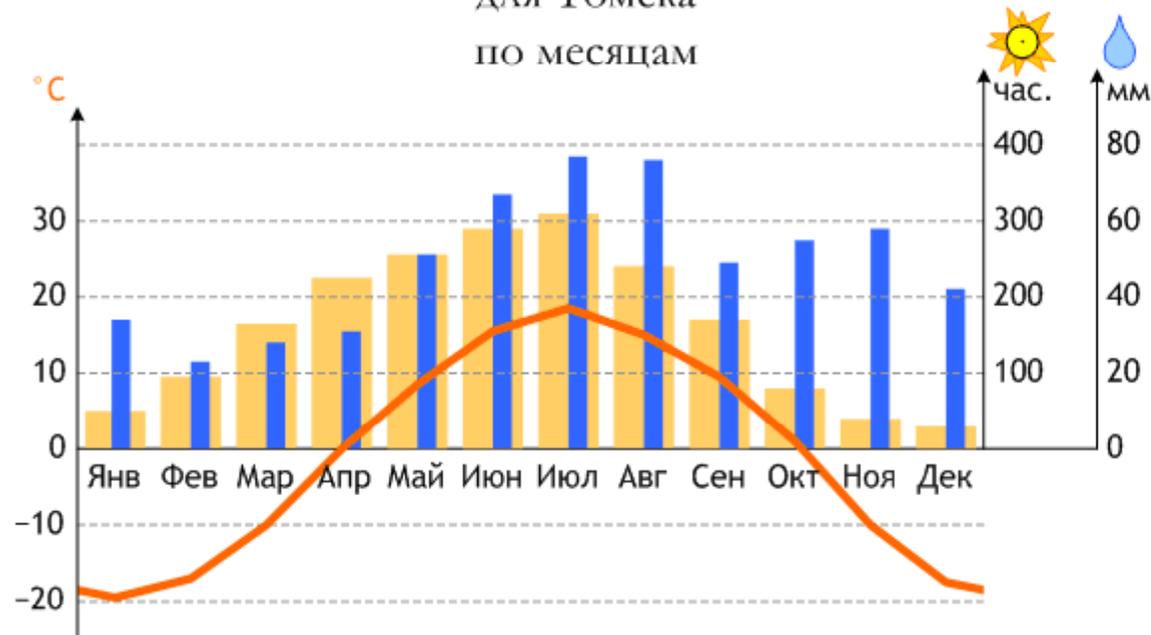
5. На выпуклых формах рельефа
(вершины и склоны гор) $A_{сут.}$ меньше,
чем на равнине

6. В вогнутых формах рельефа
(котловины, долины, овраги и др.)
 $A_{сут.}$ больше

Годовые изменения

Температура воздуха меняется в годовом ходе: средние месячные температуры зимой ниже, летом – выше

Климатическая диаграмма
для Томска
по месяцам



18.11.2006 Дмитрий Афонин, <http://afonin.tomsk.ru/>

| | Ср. мес. t, °C | Солн. сиян., час. | Осад., мм |
|-----|----------------|-------------------|-----------|
| Янв | -19,4 | 52 | 34 |
| Фев | -16,9 | 96 | 23 |
| Мар | -9,9 | 163 | 28 |
| Апр | 0 | 223 | 31 |
| Май | 8,7 | 256 | 51 |
| Июн | 15,4 | 292 | 67 |
| Июл | 18,3 | 309 | 77 |
| Авг | 15,1 | 242 | 76 |
| Сен | 9,3 | 172 | 49 |
| Окт | 0,8 | 79 | 55 |
| Ноя | -10,1 | 42 | 58 |
| Дек | -17,3 | 32 | 42 |
| Год | -0,5 | 1958 | 591 |

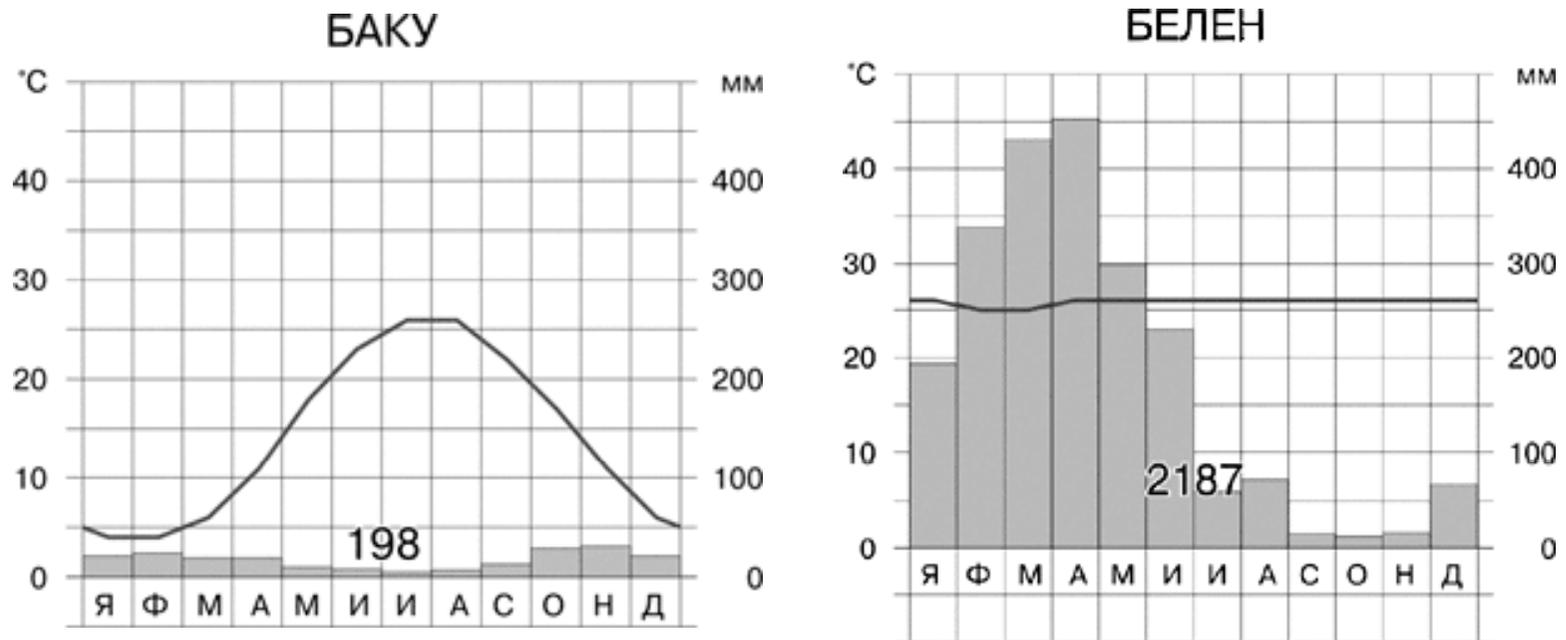
Источник:
Научно-прикладной справочник
по климату СССР. 1993 год



Годовая амплитуда температуры
($A_{год.}$) – это разность средних месячных температур самого теплого и самого холодного месяцев

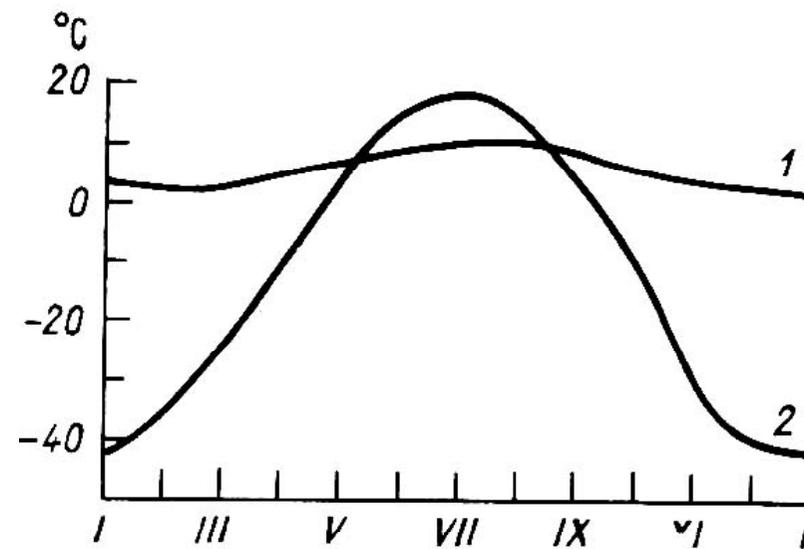
Особенности изменения $A_{год.}$:

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 $A_{год.}$ и смягчают климат:

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

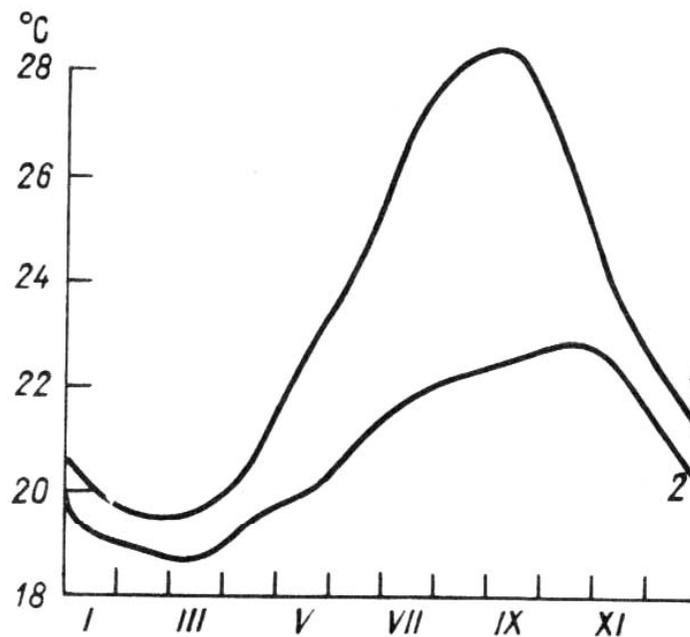
- на берегах оз. Байкал $A_{год.} = 36^\circ,$

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



4) $A_{год}$ зависит от повторяемости в данном месте воздушных масс морского и континентального происхождения, т.е. от условий общей циркуляции атмосферы

5) с высотой $A_{год}$ убывает



Годовой ход температуры воздуха над океаном к югу от Японии:

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



Непериодические изменения температуры воздуха

Связаны с адвекцией воздушных масс
из других районов Земли

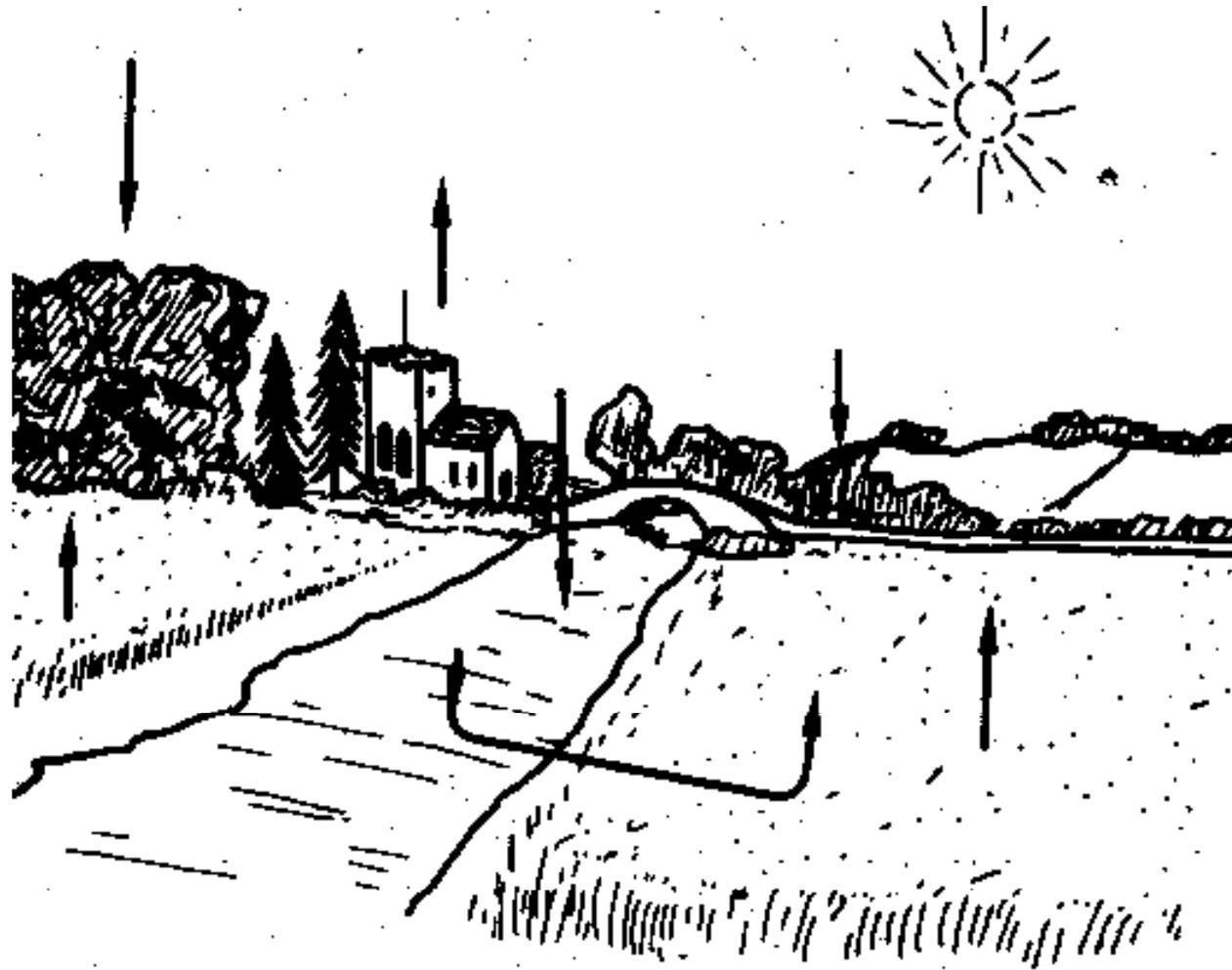
Такие изменения часты и значительны в
умеренных широтах,
связаны они с циклонической
деятельностью, в небольших
масштабах – с местными ветрами



Температурный режим подстилающей поверхности и деятельного слоя

Подстилающая поверхность – это поверхность земли (почва, вода, снег и т.д.), взаимодействующая с атмосферой в процессе тепло- и влагообмена

Неодинаковой нагревание
подстилающей поверхности вызывает
подъем и опускание воздуха





Деятельный слой – это слой почвы (включая растительность и снежный покров) или воды, участвующий в теплообмене с окружающей средой, на глубину которого распространяются суточные и годовые колебания температуры



Существуют различия в тепловом режиме суши и воды

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



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



Вывод:

суша быстро нагревается и быстро остывает,

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



Растительность уменьшает амплитуду
суточных колебаний температуры
поверхности почвы

Снежный покров предохраняет почву от
интенсивной потери тепла (зимой почва
меньше промерзает)



Температурная инверсия и изотермия

Падение температуры с высотой считается нормальным явлением для тропосферы

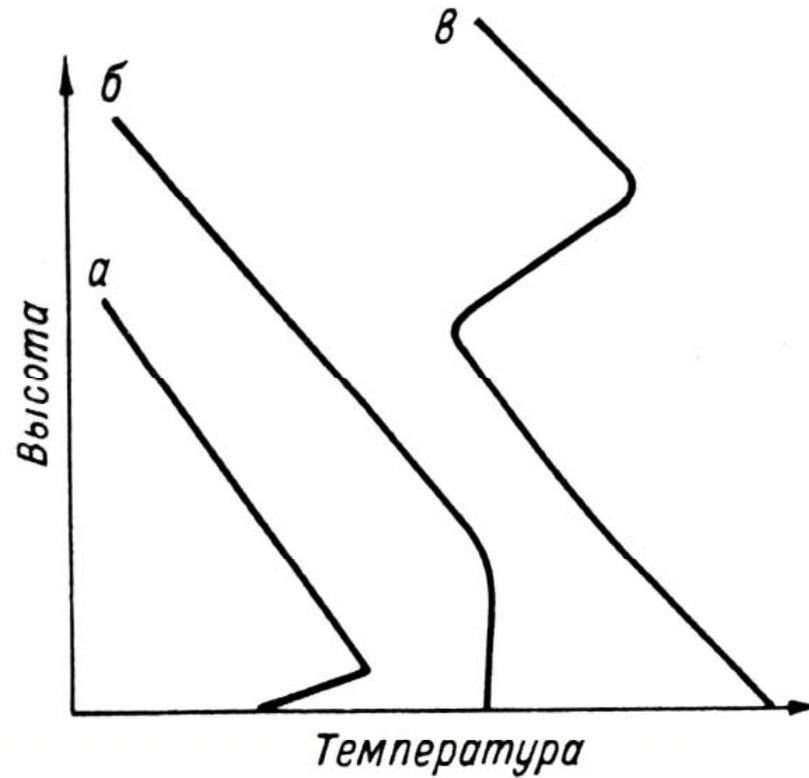
Изотермия и инверсия температуры – отклонение от нормального состояния



Изотермия – состояние атмосферы, когда температура с высотой остается постоянной

Инверсия температуры – повышение температуры воздуха с высотой в каком-либо слое атмосферы

Типы распределения температуры с высотой

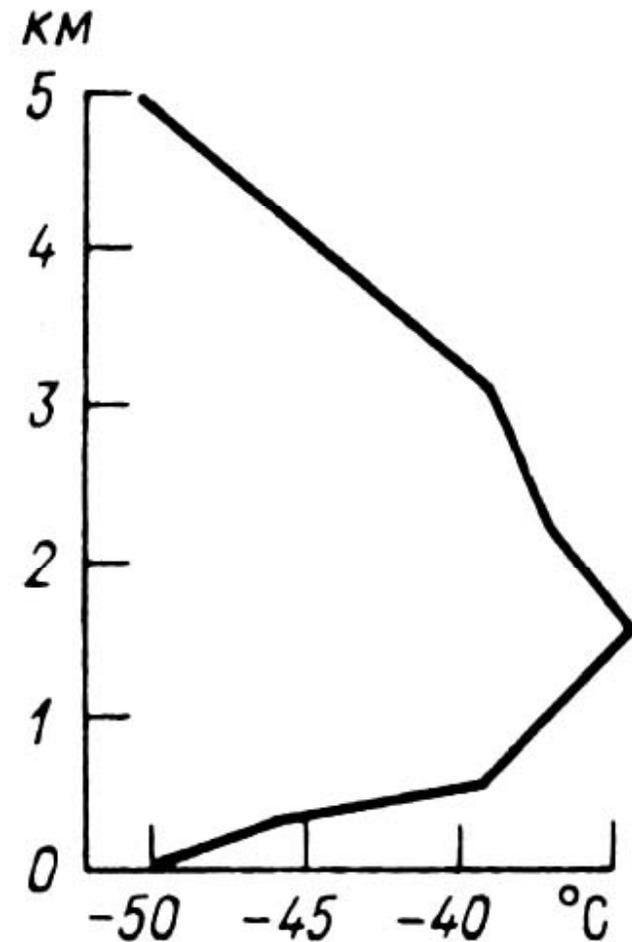


а – приземная инверсия, б – приземная изотермия,
в – инверсия в свободной атмосфере

Инверсия температуры характеризуется:

- *высотой нижней границы,*
 - *толщиной слоя,*
 - *скачком температуры,*
- разностью температур на верхней и нижней границах

инверсионного слоя



Зимняя инверсия температуры над Якутском 2.12.1957г.



По высоте все тропосферные инверсии делят:

- на приземные инверсии,
- инверсии в свободной атмосфере



Приземные инверсии в зависимости от условий образования делятся на *радиационные и адвективные*

Радиационные инверсии возникают при охлаждении приземного слоя воздуха, соприкасающегося с подстилающей поверхностью, которая охлаждается в результате излучения



Для образования приземных инверсий особенно благоприятны ясные ночи со слабым ветром, которые характерны для антициклонов

Приземные радиационные инверсии длительно существуют зимой над льдами Арктики и Антарктики во время полярной ночи

Рельеф местности может усиливать инверсию, особенно в котловинах, откуда выхоложенный воздух не находит выхода

В Верхоянске зимой средняя температура на $10-15^{\circ}$ ниже, чем на склонах соседних гор на высоте 900 м





Адвективные приземные инверсии – образуются при адвекции, т.е. натекании теплого воздуха на более холодную подстилающую поверхность

Например, вторжение теплого морского воздуха на материк в зимнее время

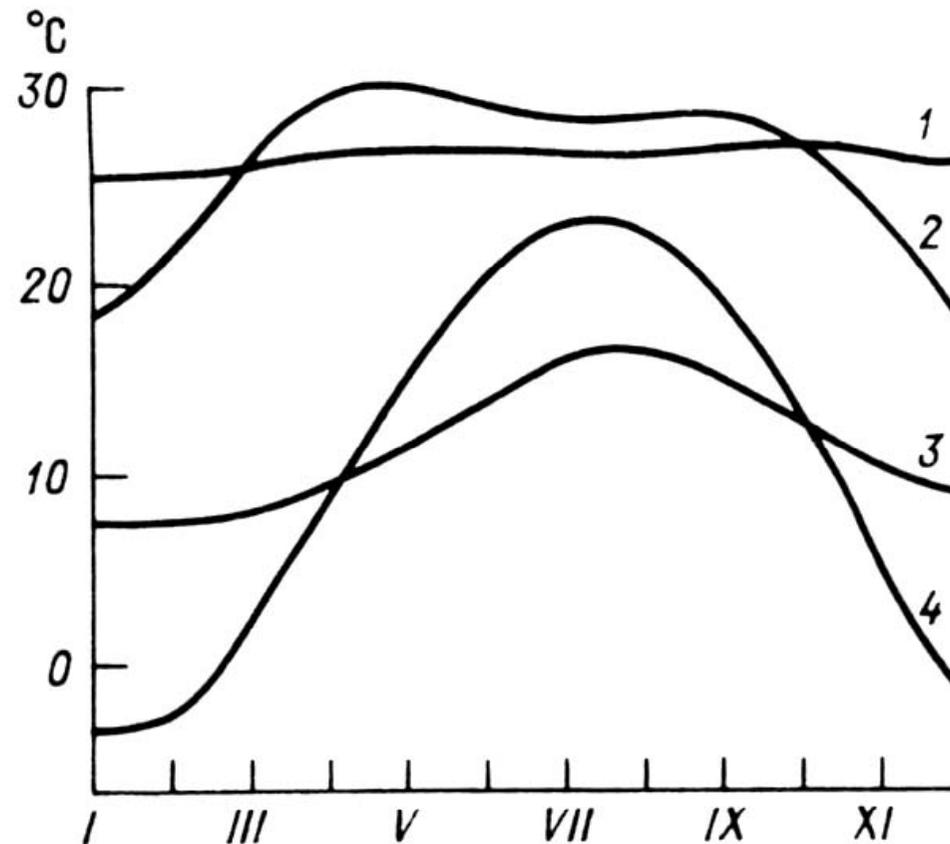
К адвективным инверсиям относятся *весенние (снежные) инверсии*



Типы годового хода температуры воздуха

В зависимости от широты и
континентальности выделяют четыре
основных типа годового хода
температуры

Некоторые типы годового хода температуры воздуха



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)



1. *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

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

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



2. *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

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

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



В муссонных областях этого типа может наблюдаться два максимума температуры:

- один после летнего солнцестояния,
- второй – перед началом летнего муссона



3. *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



Внутри типа выделяются различия между морским и континентальным климатом:

- min температуры над сушей – в январе, над морем – в 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

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

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

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

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



4. *Полярный тип* характеризуется минимумом 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 – $25-30^{\circ}\text{C}$

Среднемесячные температуры (°С) в Грин-Харбор,
арх. Шпицберген, 78°с.ш., 14°10'в.д.

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

Среднемесячные температуры (°С) на ст. Восток,
Антарктида, 72°05'ю.ш., 96°35'в.д.

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



Географическое распределение температуры воздуха у земной поверхности

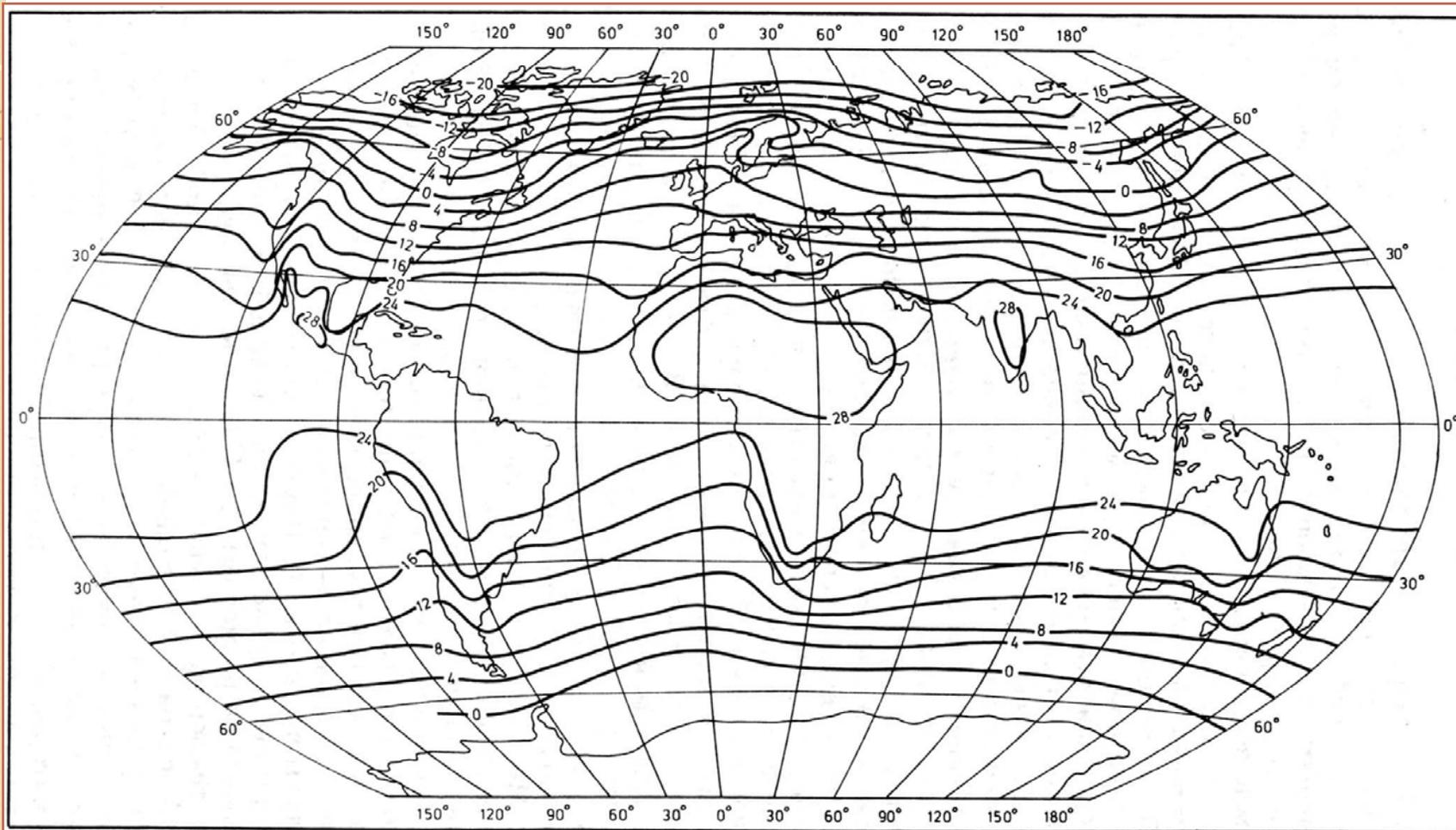
На картах распределение температуры
воздуха показывают с помощью
изотерм – линий равных температур



Температура в приземном слое
понижается с высотой

Для того, чтобы исключить влияние
высоты, используют *приведение*
температуры к уровню моря, т.е.
увеличение температуры на каждой
станции, расположенной выше уровня
моря, соответственно высоте станции

Географическое распределение среднегодовой температуры воздуха на уровне моря (°C)





Температура в общем убывает от экватора к полюсам в соответствии с распределением солнечной радиации и радиационного баланса

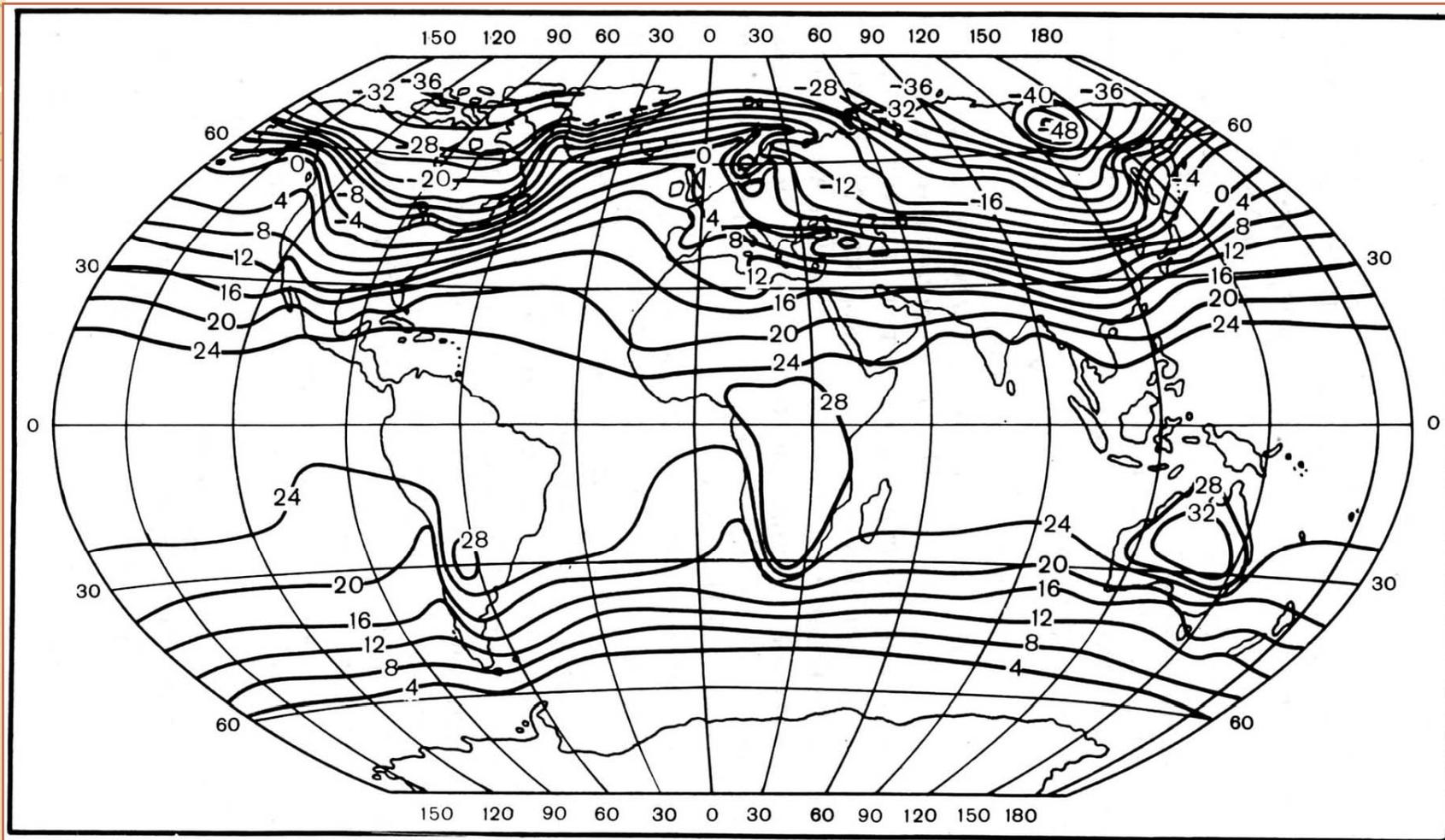


Изотермы на картах не совпадают с широтными кругами

Причины этого:

- 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

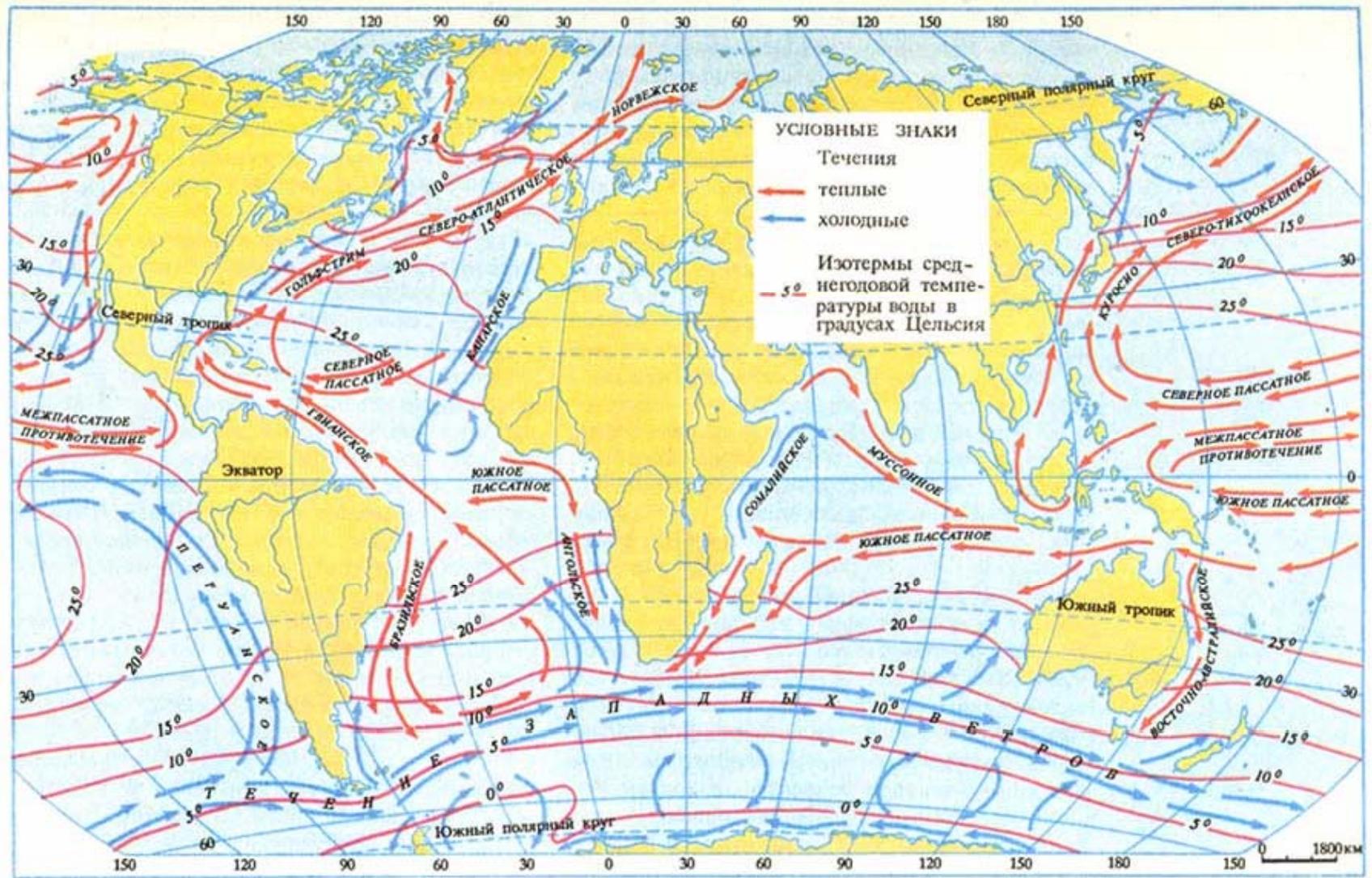
Распределение средней месячной температуры воздуха на уровне моря в январе (°C)



Физическая карта мира



Океанические течения





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

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

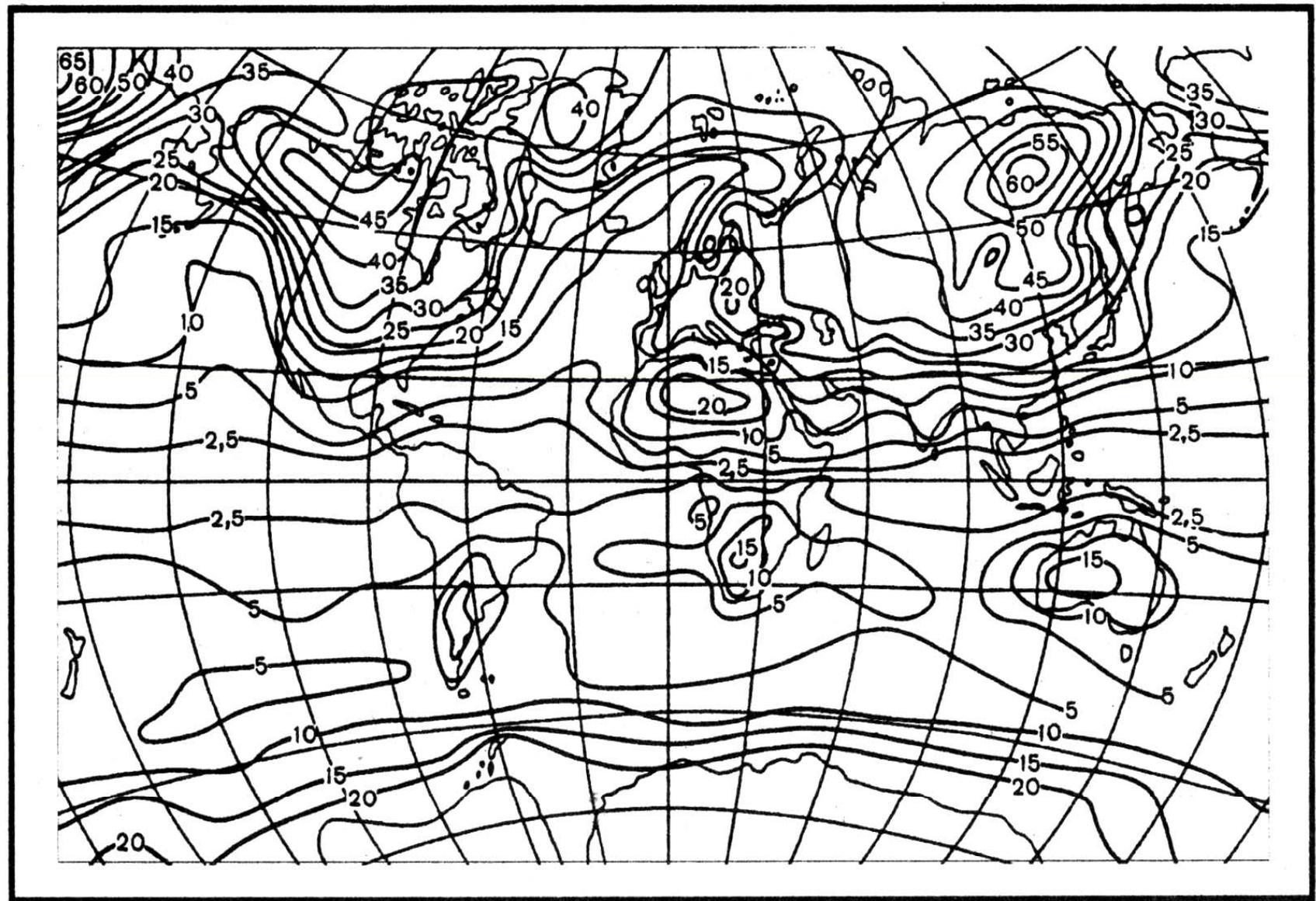
Летом термический экватор смещается к 20°с.ш., т.е. всегда остается в северном полушарии



*Средние годовые амплитуды
температуры воздуха:*

- *наименьшие* – вблизи экватора и над океанами,
- *наибольшие* – над материками в районе пустынь и в глубине континентов умеренных и высоких широт

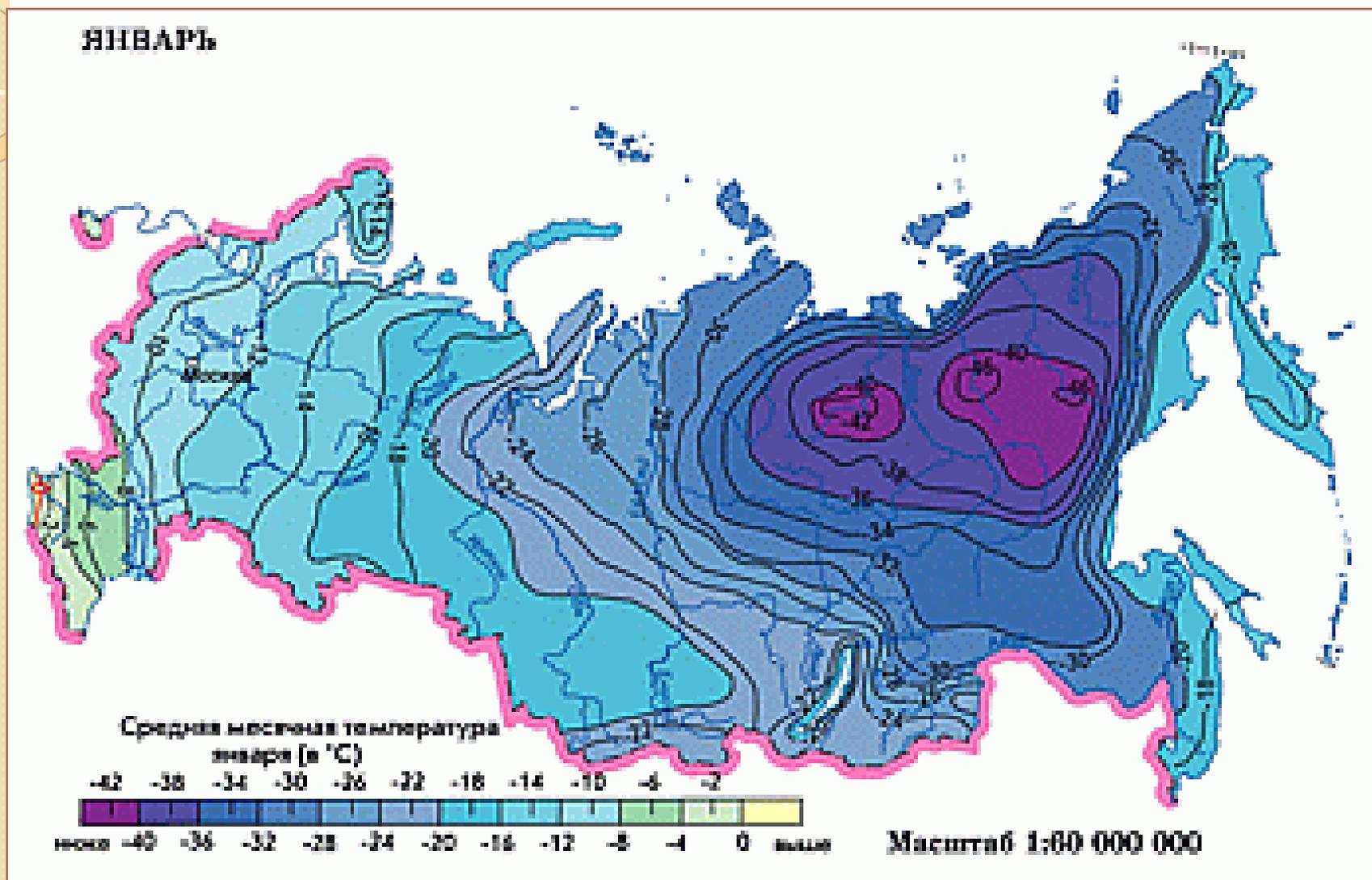
Средние годовые амплитуды температуры воздуха (°C)



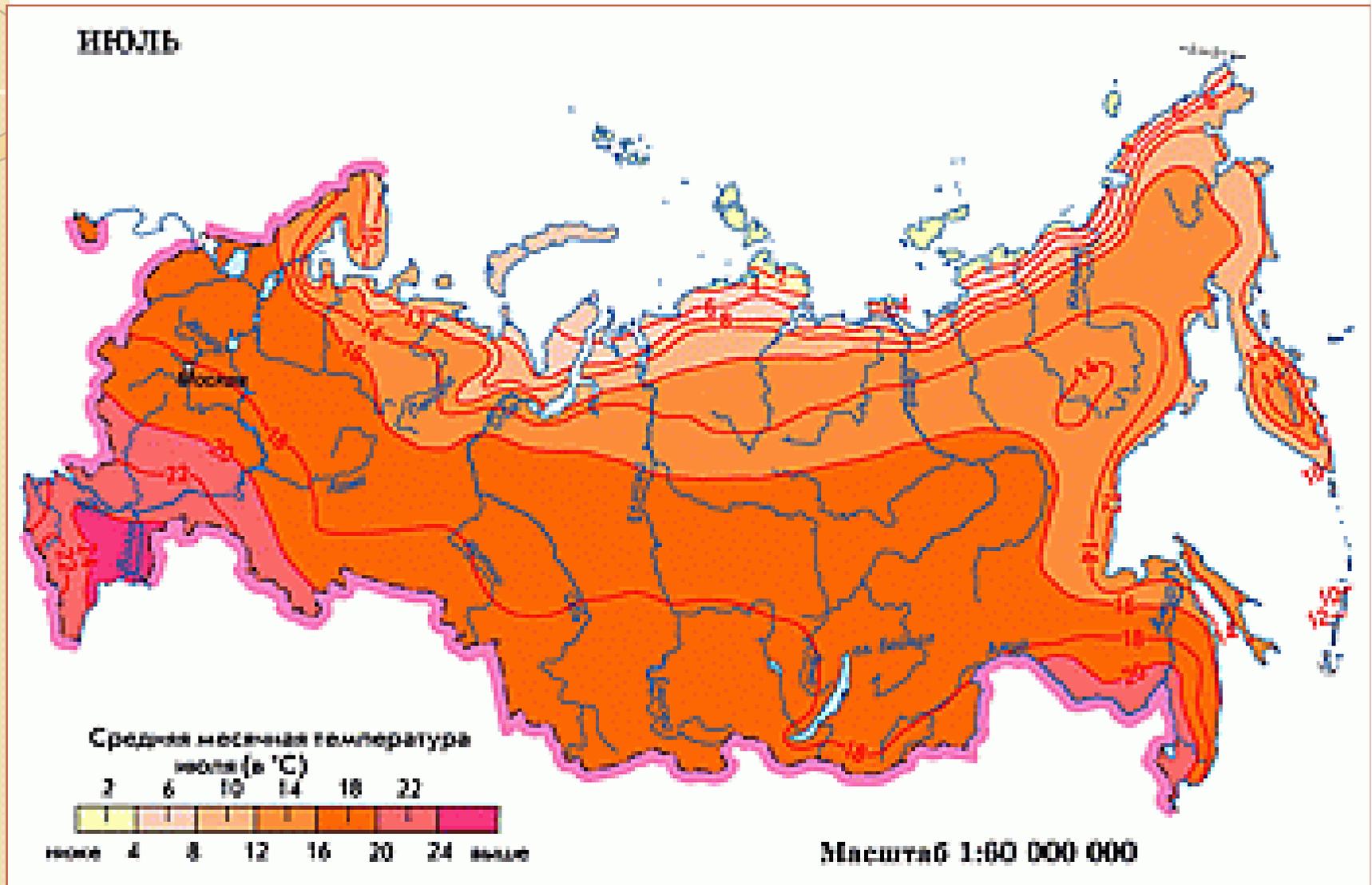
Распределение температуры воздуха за год для территории России



Распределение температуры воздуха в январе для территории России



Распределение температуры воздуха в июле для территории России



Температурные аномалии

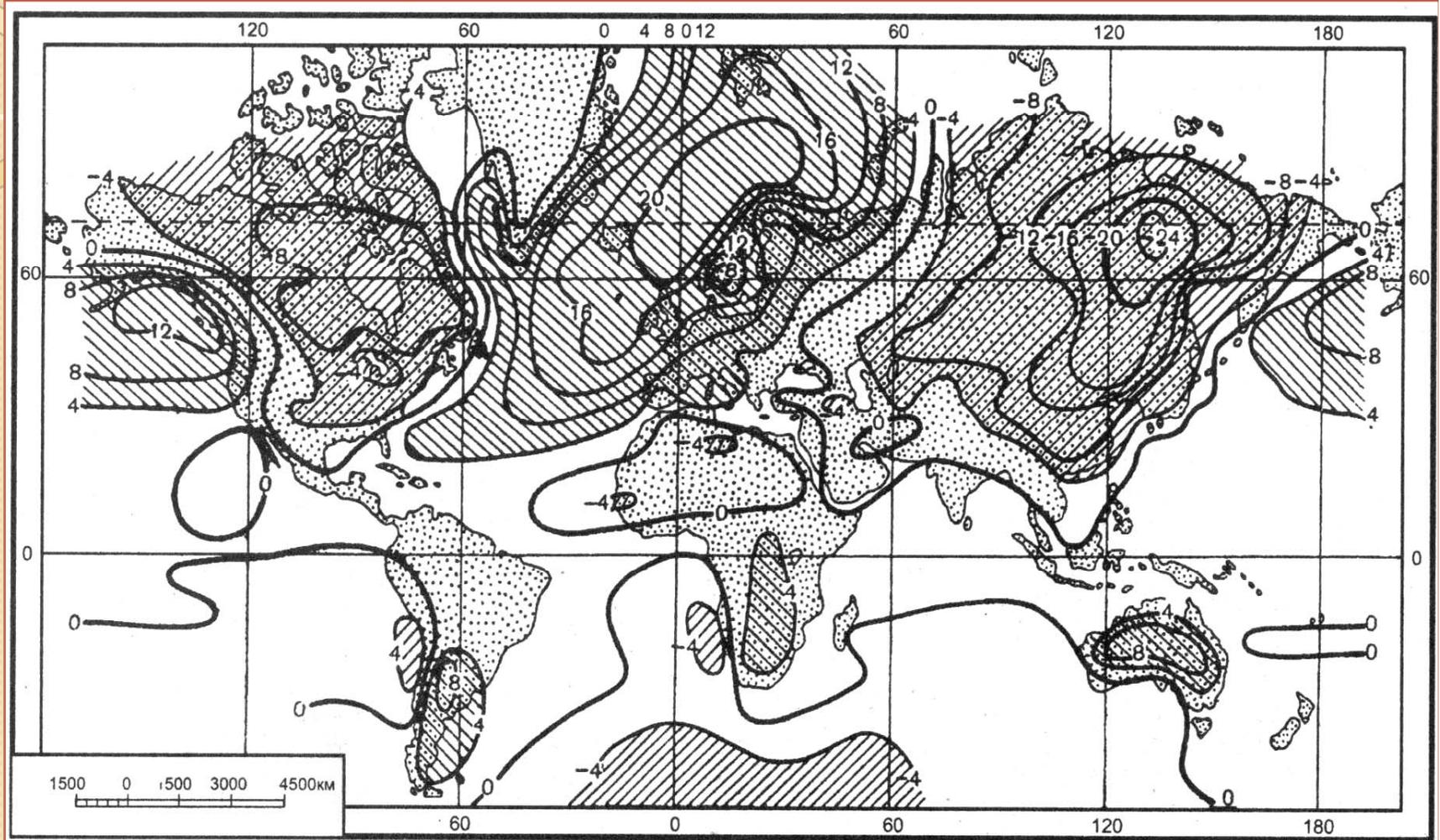
Температурная аномалия – разность между среднегодовой (или среднемесячной) температурой воздуха в пункте и соответствующей средней температурой для всего данного широтного круга



Средняя температура широтного круга – средняя температура для ряда точек, равномерно распределенных на данном широтном круге

Термоизаномалы – линии на карте, соединяющие точки с одинаковыми аномалиями

Термоизаномалы январа (°C)



Термоизаномалы январа (°C)

