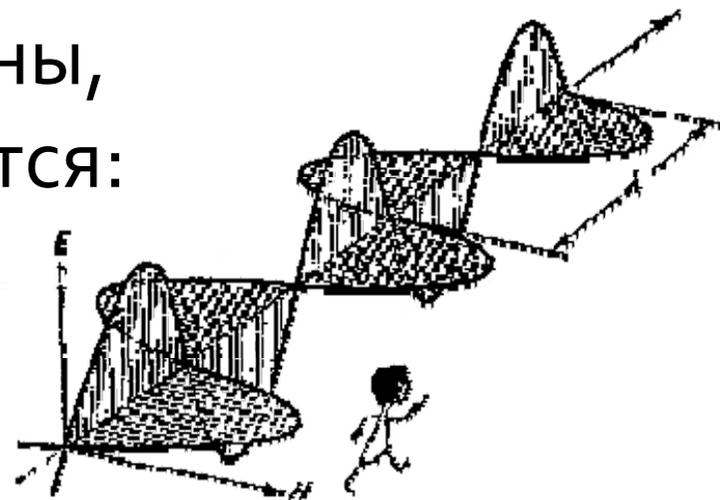




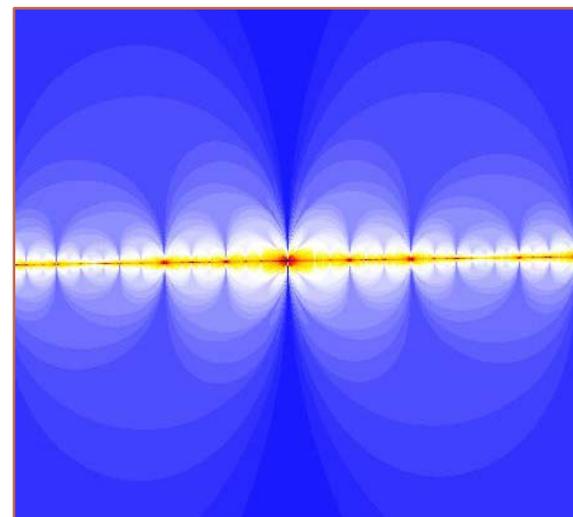
Радиация в атмосфере

Лектор: Соболева Надежда Петровна, доцент каф. ГЭГХ

Радиация или излучение – это электромагнитные волны, которые характеризуются:
L-длиной волны и ν -частотой колебаний

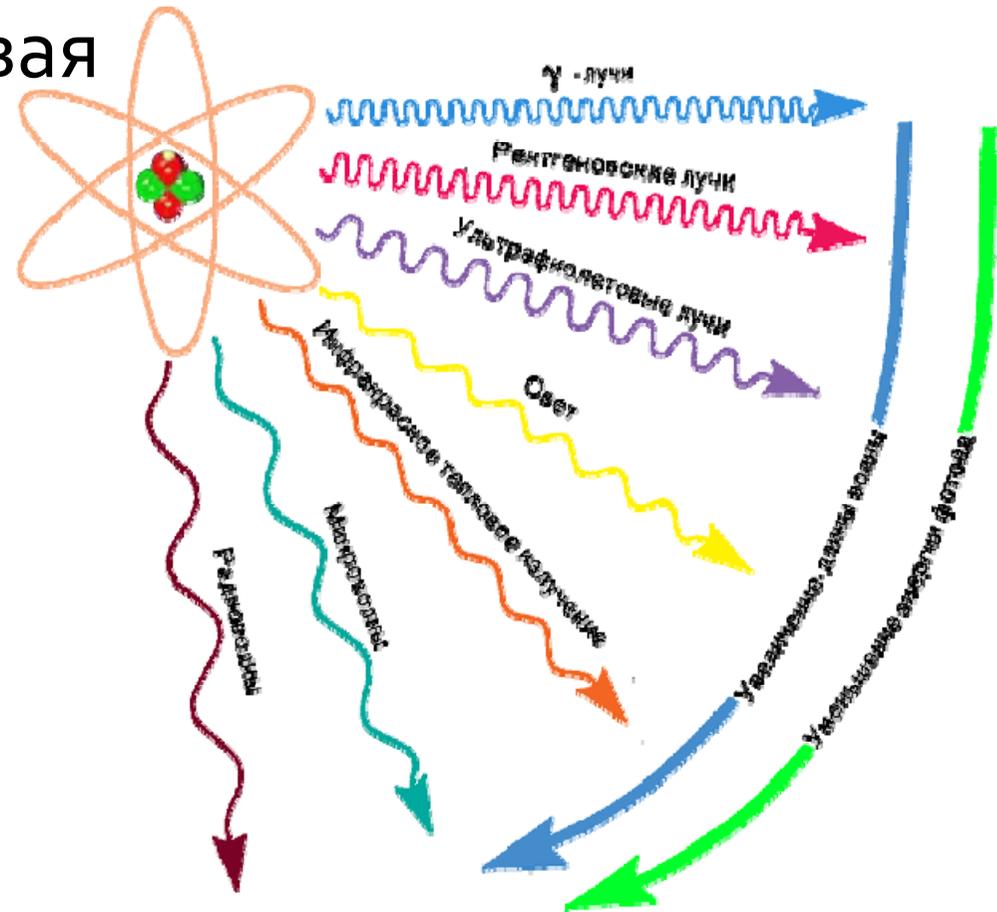


Радиация распространяется по всем направлениям от ее источника-излучателя со скоростью около 300 тыс. км/с

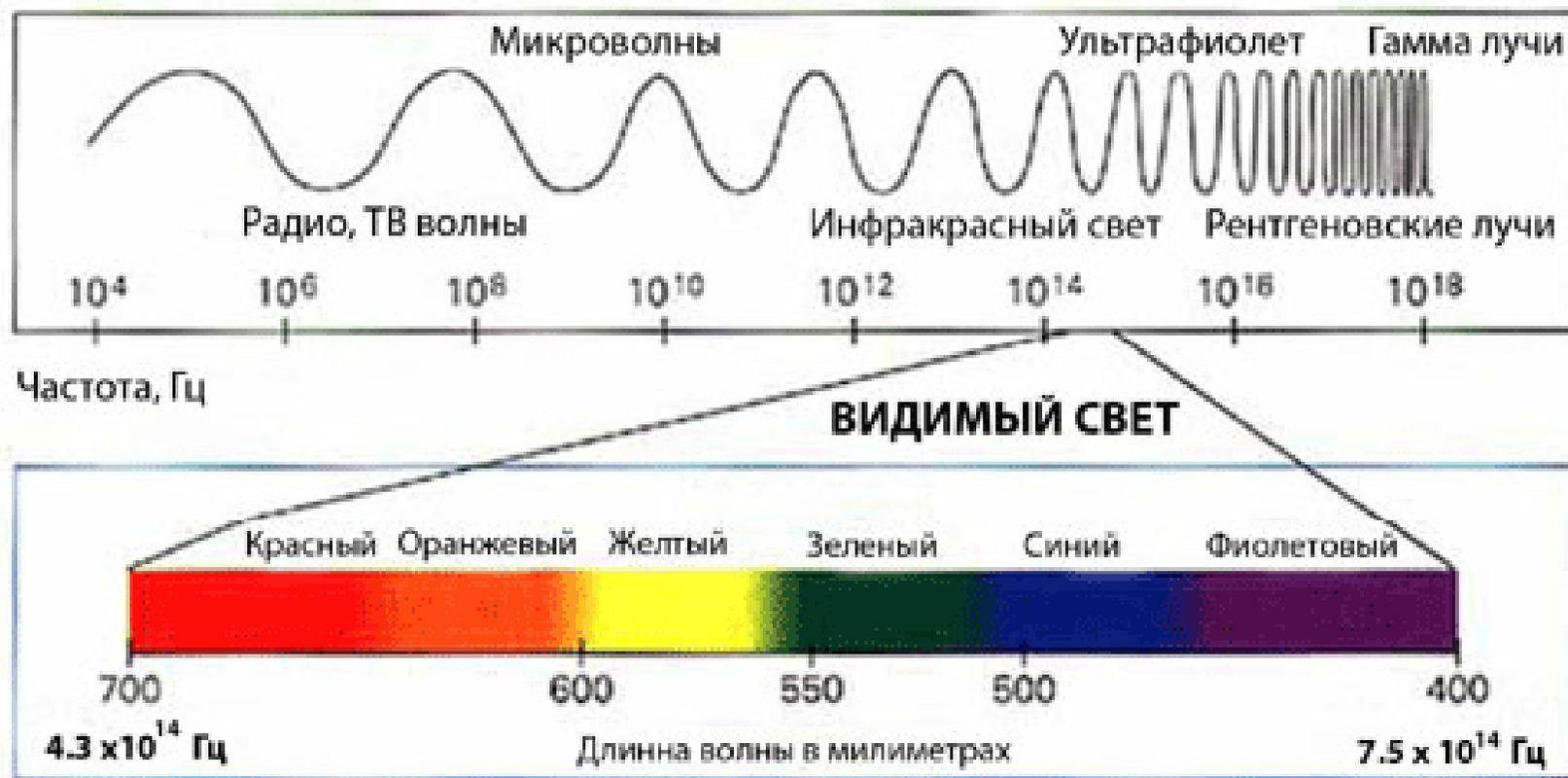


К радиации относятся:

- гамма-лучи,
- рентгеновские лучи,
- ультрафиолетовая радиация,
- видимый свет,
- инфракрасная радиация,
- радиоволны



Положение видимого света в спектре электромагнитных волн



Метеорология в основном имеет дело с *тепловой радиацией*, которая поступает от Солнца



Энергия	3×10^4	20	0,5	0,3	2×10^{-1}	7×10^{-1}	
Длина волны	6×10^{-12}	8×10^{-8}	$3,8 \times 10^{-7}$	$7,6 \times 10^{-7}$	0,0001	0,3	
Частота	5×10^{19}	5×10^{15}	$7,9 \times 10^{14}$	$3,9 \times 10^{14}$	3×10^{11}	109	
	Гамма излучение	Рентгеновское излучение	Ультрафиолетовое излучение	Видимое излучение	Инфракрасное излучение	Микроволновое излучение	Радиоволны

Короткие волны	Средние волны	Длинные волны	
$0,76 \times 10^{-7}$ м	$1,5 \times 10^{-5}$ м	$5,6 \times 10^{-7}$ м	0,0001 м

Виды радиации

- 1) *ультрафиолетовая* – невидимая радиация с длиной волн от 0,01 до 0,39 мкм,
- 2) *видимый свет* - длина волны от 0,40 до 0,76 мкм,
- 3) *инфракрасная* – невидимая радиация с длиной волн более 0,76 мкм до нескольких сотен мкм

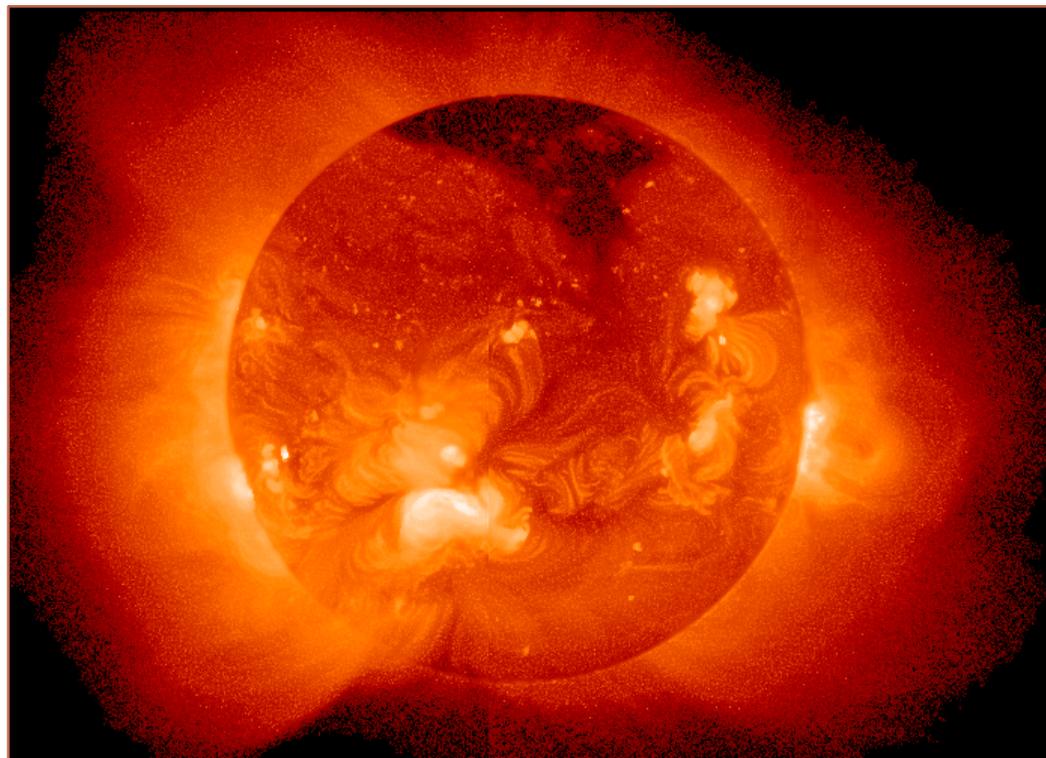
Виды радиации

- 1) *коротковолновая* – радиация с длиной волн от 0,01 до 4 мкм, это часть ультрафиолетовой и инфракрасной радиации, а также видимый свет,
- 2) *длинноволновая* – радиация, излучаемая земной поверхностью и атмосферой с длиной волн от 4 до 100 мкм.

На коротковолновую часть излучения приходится 99% энергии Солнца, а на все остальные виды излучения – 1%



Часть солнечной радиации – это
видимый свет,
поэтому солнце – это еще и *источник
света*





Лучистая энергия Солнца превращается в тепло частично в атмосфере, но главным образом на земной поверхности, от которой нагревается воздух

Нагретая земная поверхность и атмосфера излучают инфракрасную радиацию



*Земля находится в лучистом
равновесии:*

приток коротковолновой радиации
уравновешивается отдачей
длинноволновой радиации в
мировое пространство

Солнечная постоянная –
интенсивность солнечной радиации,
падающей на верхней границе
атмосферы на единицу площади,
перпендикулярной к солнечным
лучам, при среднем расстоянии от
Земли до Солнца

$$S=1,37 \text{ кВт/м}^2$$



Виды солнечной радиации

- 1) прямая,
- 2) поглощенная,
- 3) рассеянная,
- 4) отраженная,
- 5) суммарная





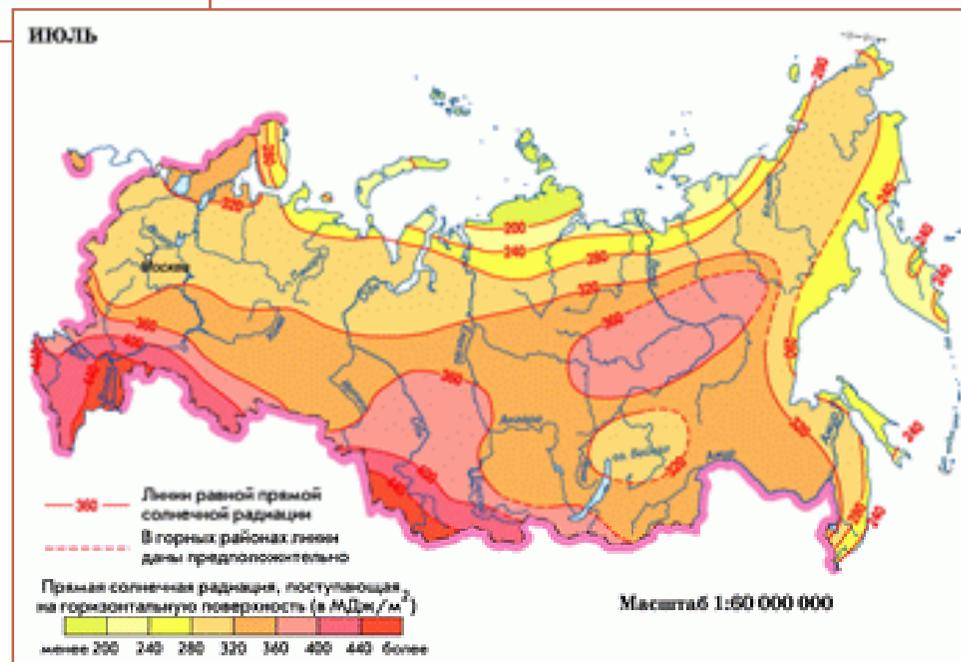
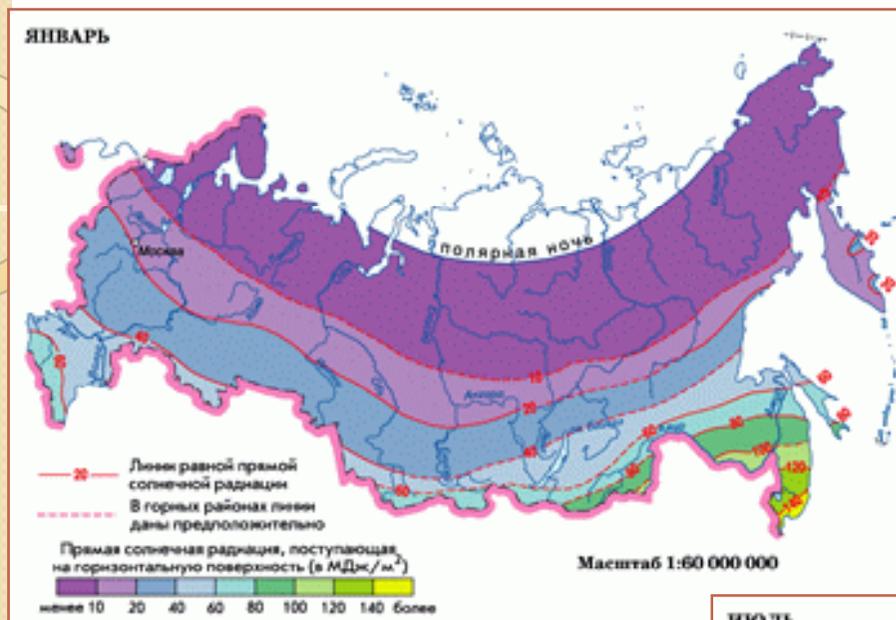
Прямая солнечная радиация – радиация, приходящая к земной поверхности непосредственно от диска Солнца



Поступление прямой солнечной радиации к поверхности Земли зависит от:

- угла наклона солнечных лучей, т.е. от географической широты и продолжительности солнечного сияния,
- облачности

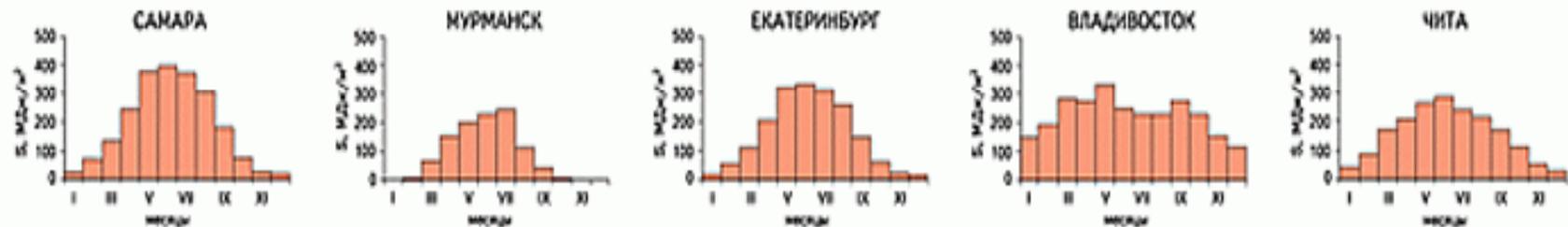
Прямая солнечная радиация



Месячные и годовые суммы прямой солнечной радиации при безоблачном небе (МДж/м²)

Северная широта	Европейская часть России					Азиатская часть России				
	месяцы				Год	месяцы				Год
	I	IV	VII	X		I	IV	VII	X	
50°	123	527	684	305	4870	138	574	748	326	5350
60°	38	480	698	185	4230	43	492	752	197	4450
70°	Полярная ночь	383	730	75	3570	Полярная ночь	383	743	72	3600

Годовой ход прямой солнечной радиации



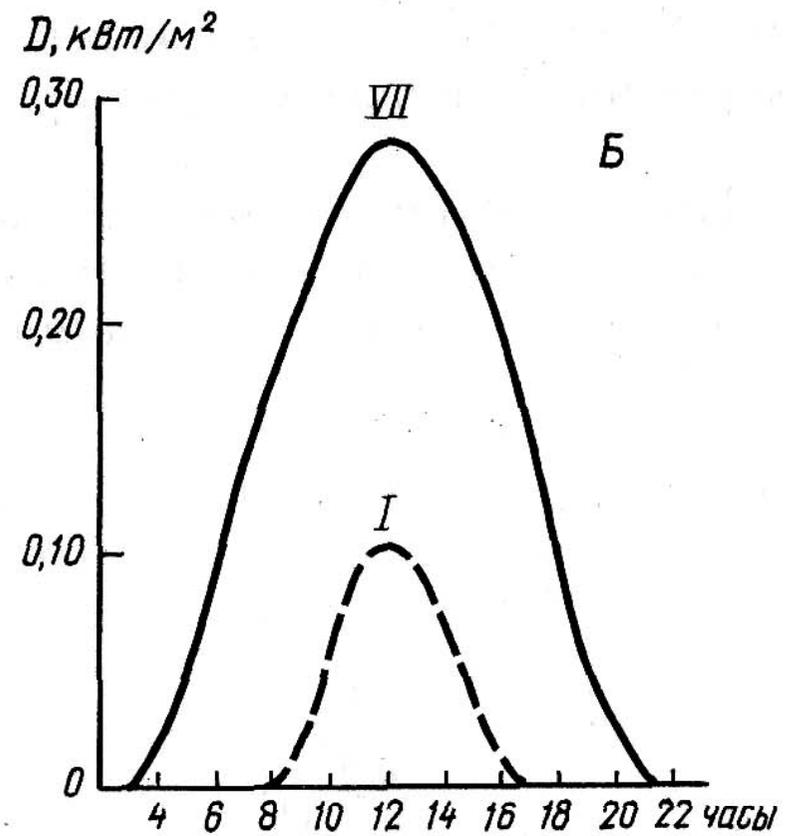
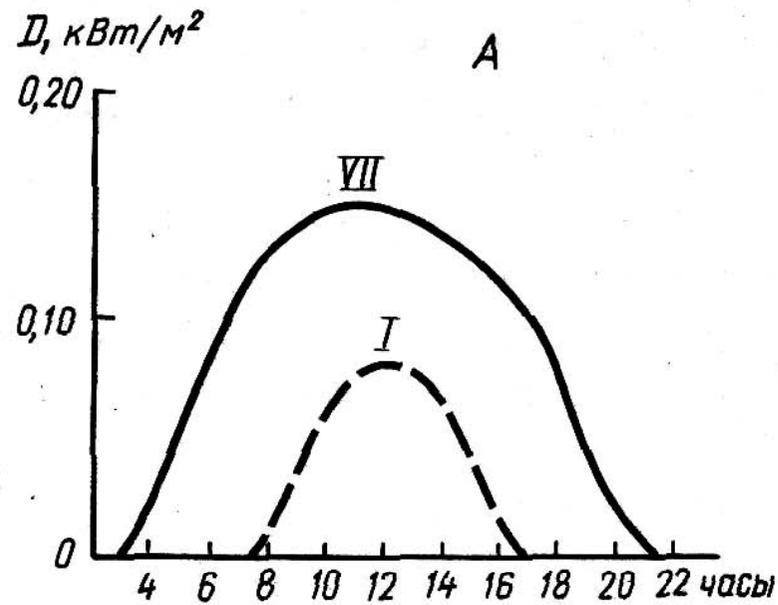


Рассеяная солнечная радиация – радиация, возникающая в результате преобразования части прямой солнечной радиации в виде параллельных лучей в радиацию, идущую по всем направлениям



Рассеяние происходит в оптически неоднородном атмосферном воздухе, содержащем мельчайшие частицы жидких и твердых примесей – капли, кристаллы, мельчайшие аэрозоли и т.д.

26% энергии общего потока солнечной радиации превращается в рассеянную радиацию



Дневной ход рассеянной солнечной радиации в Москве (данные обсерватории МГУ) в январе и июле при ясном небе (А) и при средних условиях облачности (Б)



Рассеянная радиация зависит от:

- продолжительности дня,
- высоты Солнца над горизонтом,
- прозрачности атмосферы,
- облачности,
- характера подстилающей поверхности

Рассеянная радиация увеличивает
общую освещенность земной
поверхности

С рассеянной радиацией связаны явления:

- сумерки и заря,
- «белые ночи»





Поглощенная солнечная радиация:

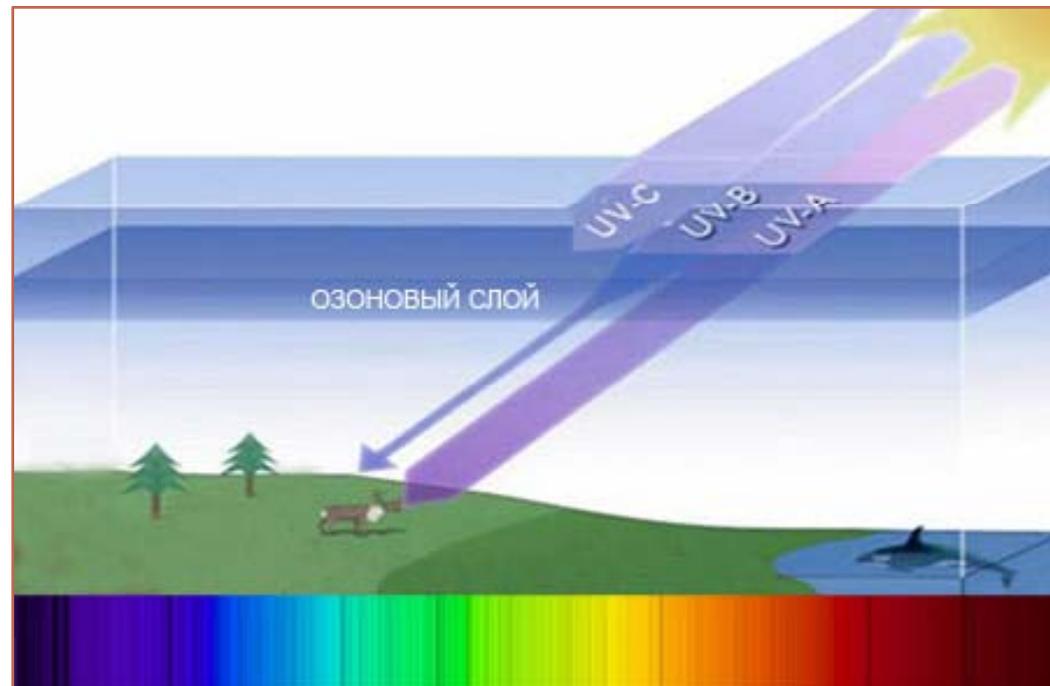
- 1) радиация, поглощенная в атмосфере атмосферными газами,
- 2) радиация, поглощенная земной поверхностью, потраченная на нагревание верхних слоев почвы и воды

В атмосфере поглощается около 23% прямой солнечной радиации

Поглощение солнечной радиации различными газами избирательное

Основные поглотители радиации:

- озон поглощает ультрафиолетовую и часть видимой радиации до 3%,



- 
- углекислый газ поглощает инфракрасную радиацию,
 - водяной пар и аэрозольные частицы поглощают часть видимой и инфракрасной радиации до 15%,
 - облака поглощают до 5% прямой солнечной радиации



Поглощение солнечной радиации в атмосфере зависит от:

- переменного содержания в воздухе поглощающих субстанций (водяного пара, облаков, пыли и т.д.),
- высоты Солнца над горизонтом



Поглощение и отражение солнечной радиации земной поверхностью

Поглощение и отражение солнечной радиации земной поверхностью зависит от характера этой поверхности

Из общего потока радиации, поступающей к земной поверхности, часть отражается, а остальная часть поглощается и идет на нагревание верхних слоев почвы и воды

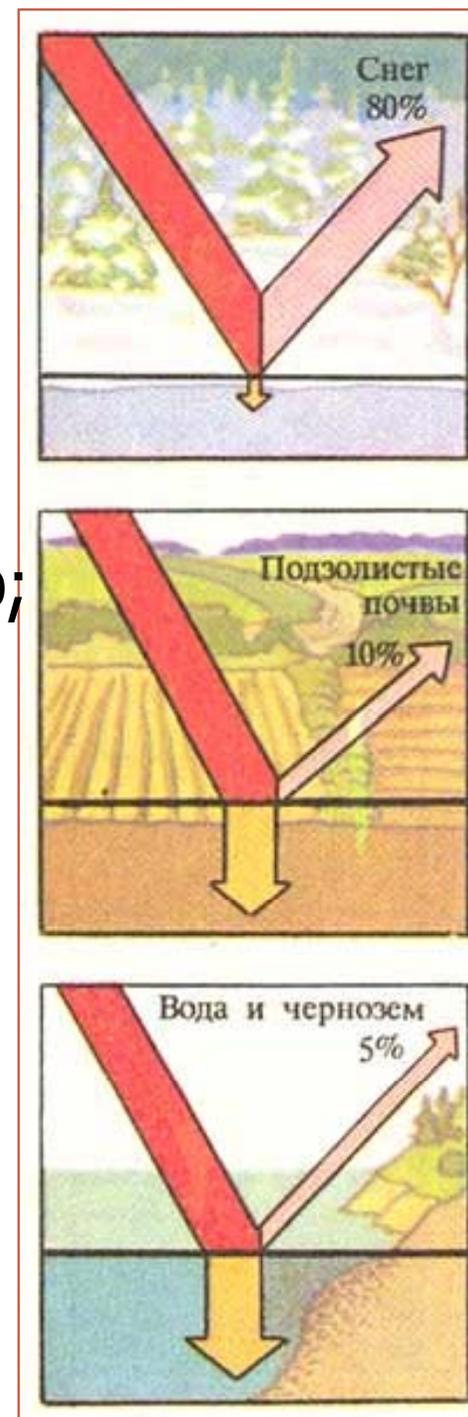




Альbedo поверхности – отношение количества отраженной радиации к общему количеству радиации, падающей на данную поверхность, выраженное в %

Альbedo различных поверхностей:

- 1) почва – 10-30%,
влажный чернозем – 5%,
сухой светлый песок – до 40%;
- 2) растительный покров (лес,
луг, поле) – 10-25%;
- 3) поверхность снега – 50-90%;
- 4) водная поверхность – 5-10%;
- 5) верхняя поверхность облаков – 50-60%





Альbedo Земли – отношение уходящей в космос отраженной и рассеянной солнечной радиации к общему количеству солнечной радиации, поступающей к атмосфере

Альbedo Земли около 30%

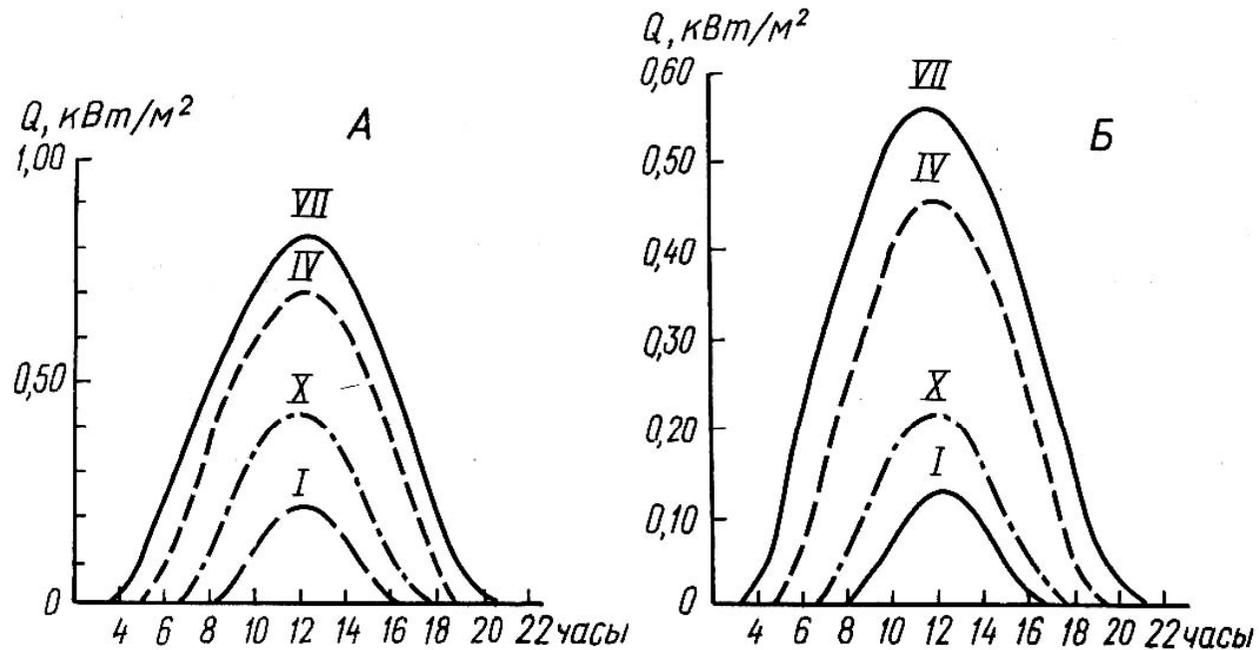
Потоки радиации в атмосфере





Суммарная солнечная радиация – вся солнечная радиация, приходящая к земной поверхности (прямая и рассеянная)

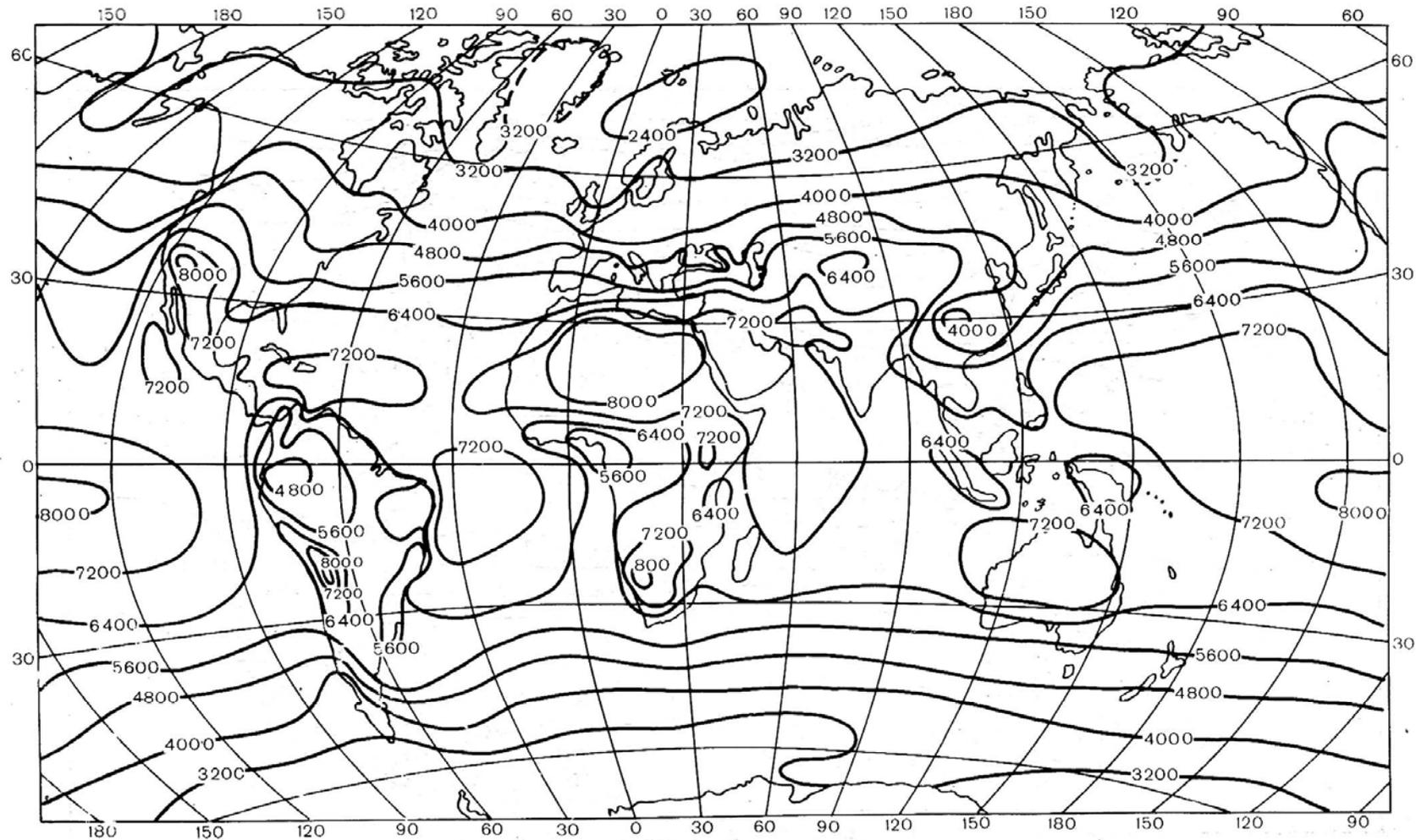
При безоблачном небе суммарная радиация имеет суточный ход с максимумом около полудня и годовой ход с максимумом летом



Дневной ход суммарной солнечной радиации в Москве (МГУ) в январе, апреле, июле и октябре при ясном небе (А) и при средних условиях облачности (Б)

Частичная облачность увеличивает суммарную радиацию, полная облачность ее уменьшает





Годовое количество суммарной солнечной радиации [МДж/(м²·год)]



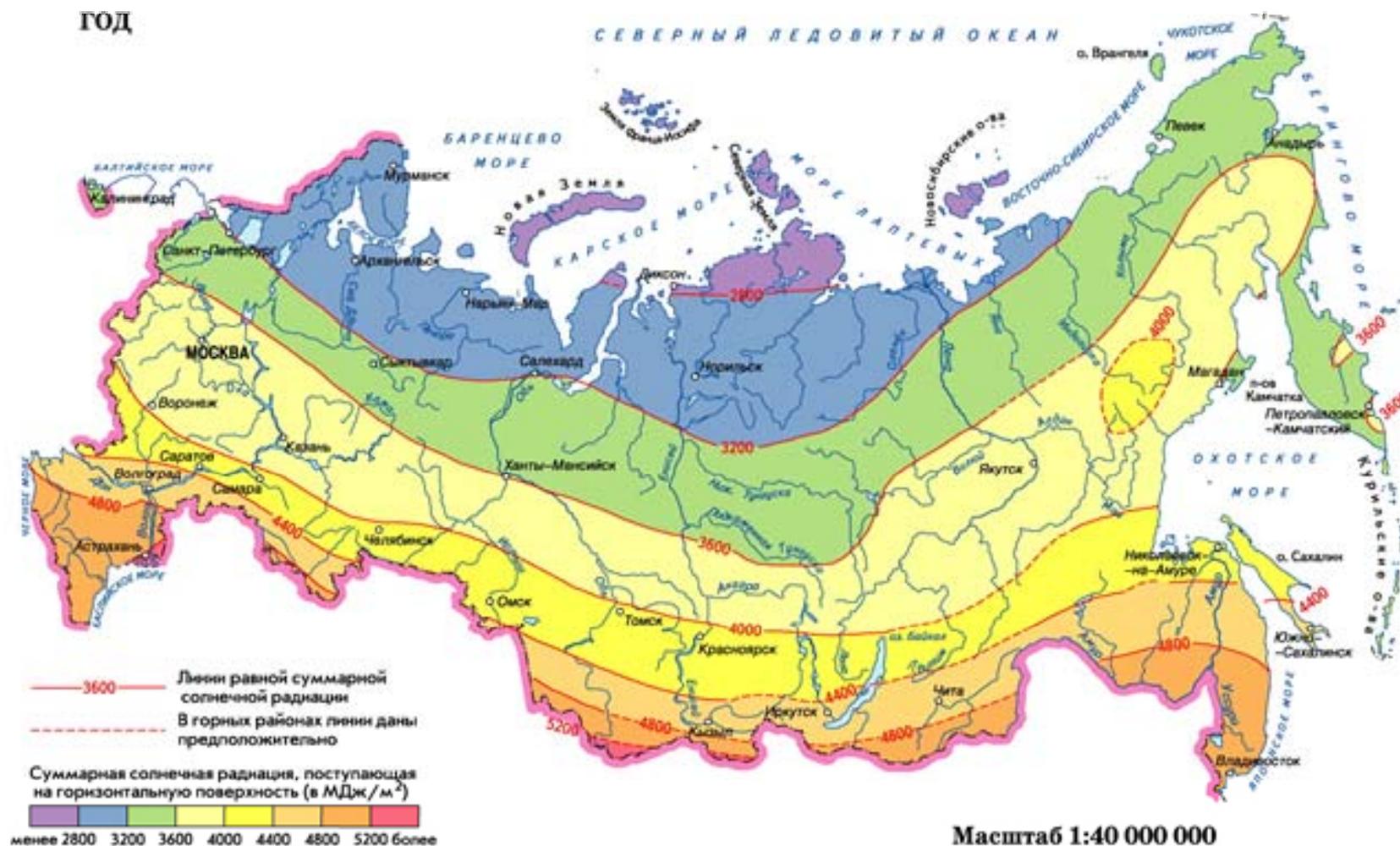
Максимальные значения годовой суммарной радиации наблюдаются в малооблачных субтропических и тропических пустынях – 5900-9200 МДж/м²

У экватора – 4200-5000 МДж/м²

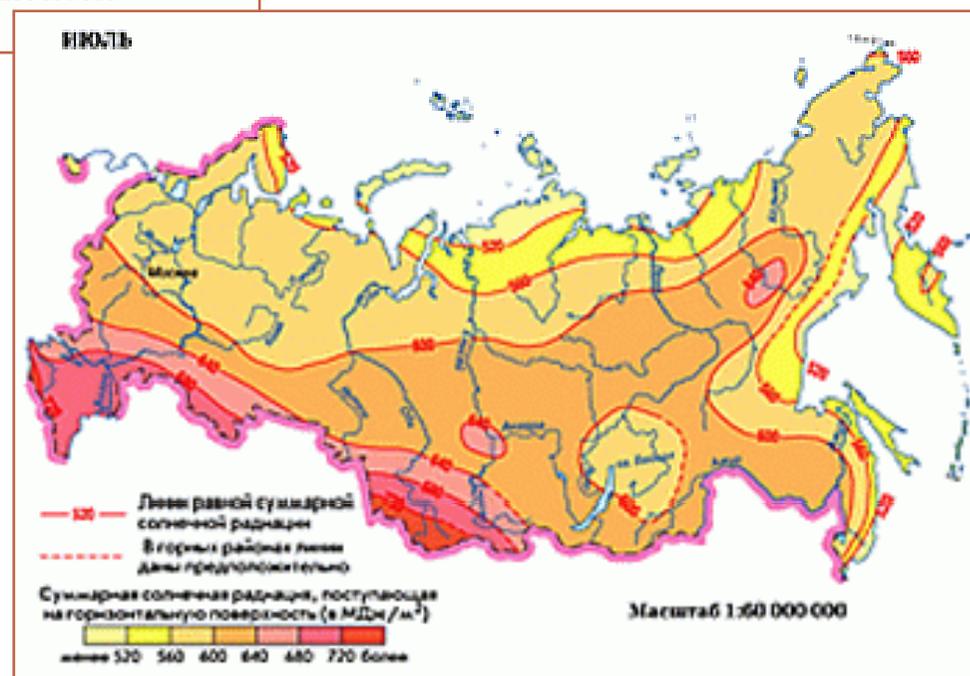
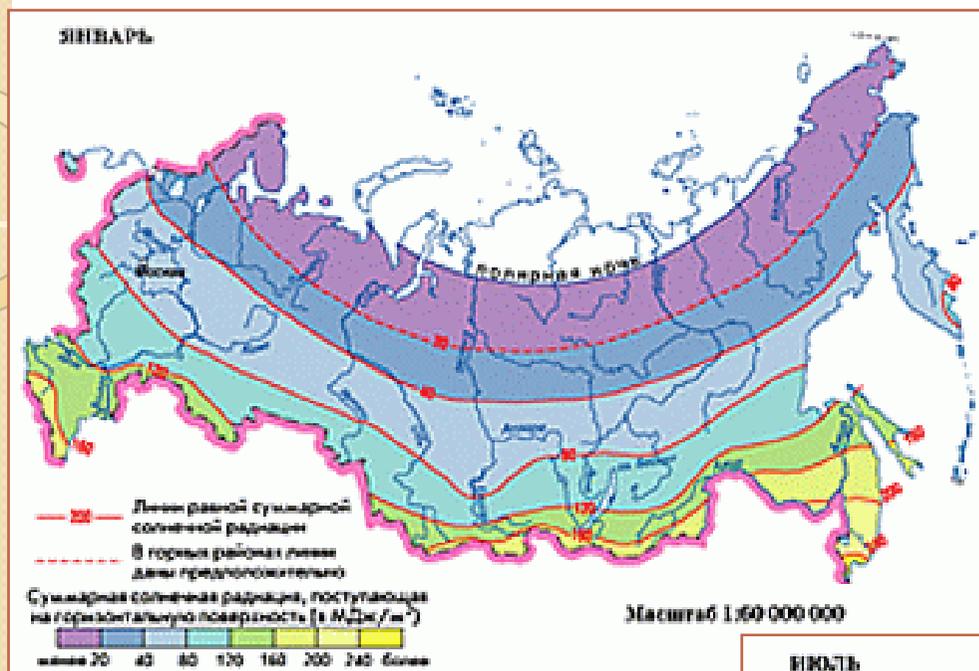
Над Антарктидой – 5000-5400 МДж/м²

В умеренных широтах – 2500-3300 МДж/м²

На территории России годовое количество суммарной солнечной радиации изменяется от 2500 МДж/м² до 6000 МДж/м²



Суммарная солнечная радиация

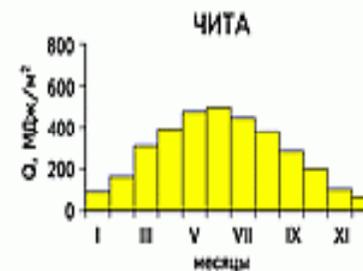
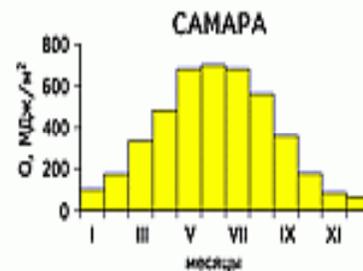
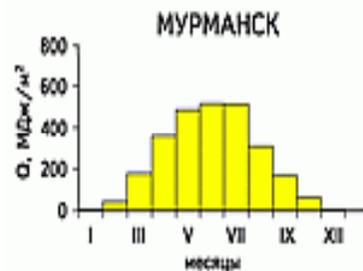


Суммарная солнечная радиация

Месячные и годовые суммы суммарной солнечной радиации при безоблачном небе (МДж/м²)

Северная широта	Европейская часть России					Азиатская часть России				
	месяцы				Год	месяцы				Год
	I	IV	VII	X		I	IV	VII	X	
46°	244	722	876	440	6795	252	752	908	450	7000
50°	190	691	870	385	6390	200	725	902	395	6580
54°	137	663	867	329	5970	144	695	897	340	6170
58°	88	637	867	275	5590	95	662	894	287	5775
62°	50	611	870	220	5245	52	625	892	230	5400
66°	21	586	877	165	4950	22	586	893	178	5050
70°	Полярная ночь	555	885	110	4750	Полярная ночь	540	895	120	4700

Годовой ход суммарной солнечной радиации



Радиационный баланс земной поверхности

Эффективное излучение – разность между собственным излучением земной поверхности и встречным излучением атмосферы

Эффективное излучение – чистая потеря лучистой энергии (тепла) с земной поверхности ночью



В среднем земная поверхность в средних широтах теряет через эффективное излучение примерно половину тепла, полученного от поглощенной радиации



Парниковый эффект – атмосфера уменьшает охлаждение земной поверхности в ночное время суток, поглощая земное излучение и посылая встречное излучение; днем же атмосфера не препятствует нагреванию земной поверхности солнечной радиацией

Парниковый эффект

Источник: МГЭИК





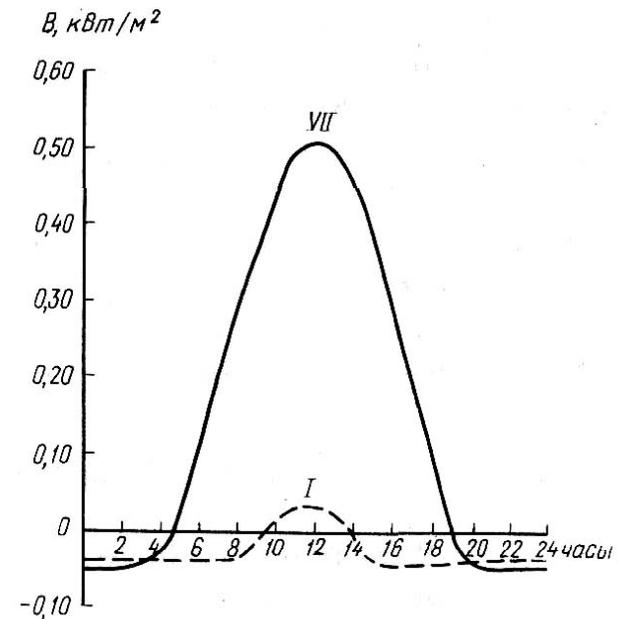
Радиационный баланс – это разность между поглощенной радиацией и эффективным излучением

Радиационный баланс – это разность между приходом и расходом лучистой энергии

Радиационный баланс равен количеству энергии, поглощенной подстилающей поверхностью

Радиационный баланс подстилающей поверхности может быть *положительным и отрицательным*

В суточном ходе переход от положительных значений к отрицательным или обратно наблюдается при высотах Солнца $10-15^\circ$



Суточный ход радиационного баланса в Москве (МГУ) в январе и июле

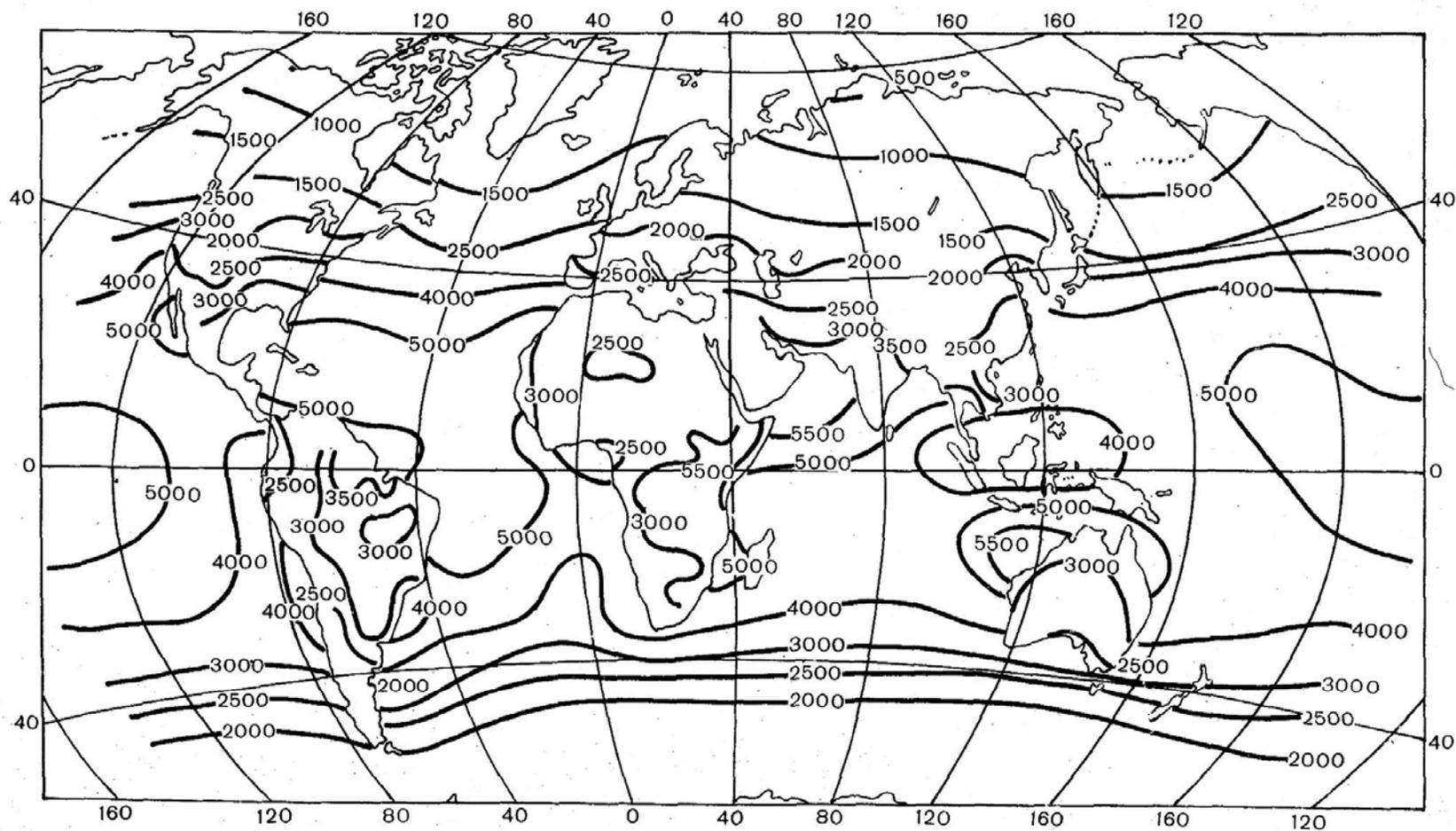


Ночью приток суммарной солнечной радиации равен нулю, поэтому баланс отрицательный, происходит *радиационное выхолаживание подстилающей поверхности*



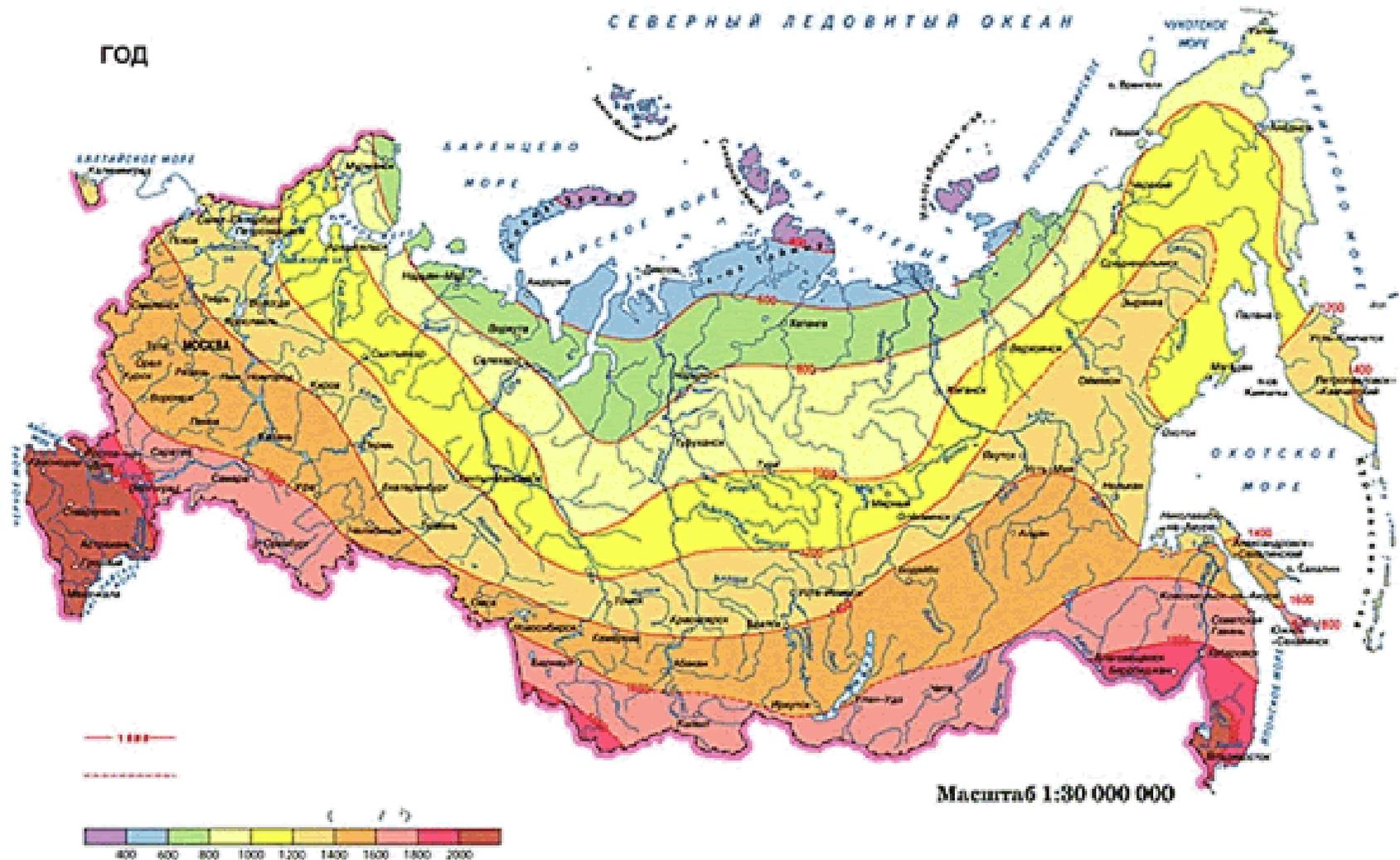
Средние полуденные значения
радиационного баланса в Москве:

- летом при ясном небе – $0,51 \text{ кВт/м}^2$,
- летом при средних условиях
облачности – $0,3 \text{ кВт/м}^2$,
- зимой при ясном небе – $0,03 \text{ кВт/м}^2$,
- зимой при средних условиях
облачности – около 0 кВт/м^2 ,



Радиационный баланс земной поверхности за год [МДж/(м²·год)]

Годовой радиационный баланс на территории России изменяется от 400 МДж/м² до 2100 МДж/м²



Радиационный баланс

