

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
“ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ”

Факультет географии, геоэкологии и туризма
Кафедра природопользования

Учебное пособие

КУРС ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНАМ

«Учение об атмосфере»

«Климатология с основами метеорологии»

ЧАСТЬ 2

**Темы: РАДИАЦИОННЫЙ И ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ АТМОСФЕРЫ И
ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ**

для бакалавров и магистров

05.03.02 «География»,

05.04.02м «География»,

05.03.06 «Экология и природопользование»,

05.04.06м «Экология и природопользование»

Составитель: Л.М. Акимов

Воронеж 2017

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Тема №2 Радиация в атмосфере	
	Лекция № 5 Солнечная и земная радиация	4
2.	Тема № 3 Тепловой режим атмосферы	41
	Лекция № 6 Тепловой режим атмосферы и подстилающей поверхности	
3.	Лабораторная работа: Актинометрические наблюдения	73
4.	Лабораторная работа: Измерение температуры воздуха	85
5.	Лабораторная работа: Измерение температуры почвы	94
6.	Фонд оценочных средств (ФОС)	100

Радиация распространяется по всем направлениям от источника радиации, излучателя, в виде электромагнитных волн со скоростью, очень близкой к 300 000 км/сек.

В метеорологии приходится иметь дело преимущественно с *температурной радиацией*, определяемой температурой излучающего тела и его излучательной способностью. Наша планета получает такую радиацию от Солнца; земная поверхность и атмосфера в то же время сами излучают температурную радиацию, но в других диапазонах длин волн.

1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ

Основные законы теплового излучения

- **ЗАКОН КИРХГОФА:** отношение излучательной способности тела F_λ к поглощательной способности a_λ в условиях термодинамического равновесия не зависит от природы тела: оно является для всех тел одной и той же функцией $B(\lambda, T)$ длины волны λ и температуры T :

$$F_\lambda/a_\lambda = B(\lambda, T) \quad (1)$$

- **ЗАКОН СТЕФАНА – БОЛЬЦМАНА:** Поток излучения B абсолютно черного тела увеличивается пропорционально четвертой степени абсолютной температуры тела T :

$$B = \sigma T^4, \quad (2)$$

где $\sigma = 5,67032 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – постоянная Стефана - Больцмана

- **ПЕРВЫЙ ЗАКОН ВИНА:** Закон смещения длины волны: длина волны λ_m , на которую приходится максимум излучательной способности абсолютно черного тела, обратно пропорциональна температуре T :

$$\lambda_m = c/T, \quad (3)$$

где $c'=0,28976 \cdot 10^{-2}$ м К – постоянная величина

При изменении температуры смещается максимум энергии спектра.

- **ВТОРОЙ ЗАКОН ВИНА:** Максимальная излучательная способность абсолютно черного тела $B(\lambda_m, T)$ возрастает пропорционально пятой степени абсолютной температуры T :

$$B(\lambda_m, T) = c'' T^5, \quad (4)$$

где $c'' = 1,301 \cdot 10^{-5}$ Вт/(м³ К⁵)

Спектральный состав солнечной радиации

Часть солнечной радиации представляет собой видимый свет. Тем самым Солнце является для Земли источником не только тепла, но и света.

Электромагнитная радиация, есть форма материи, отличная от вещества. Частным случаем ее является видимый свет; а также гамма-лучи, рентгеновы, ультрафиолетовые, инфракрасные лучи, радиоволны.

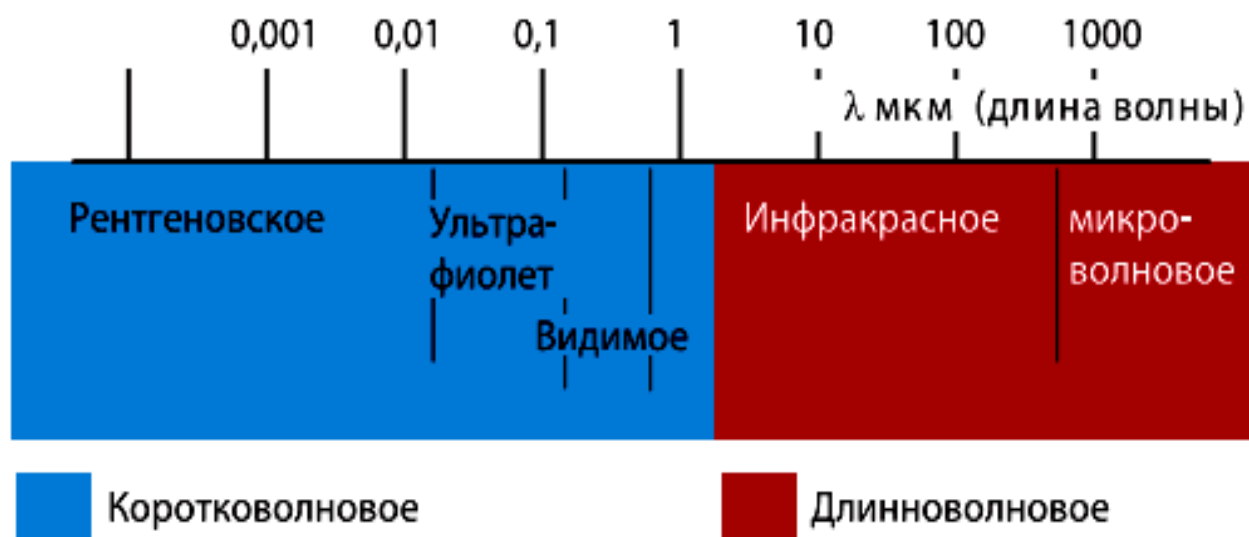
На интервал длин волн между 0,1 и 4 мк приходится 99% всей энергии солнечной радиации. Всего 1% остается на радиацию с меньшими и большими длинами волн, вплоть до рентгеновых лучей и радиоволн.

Видимый свет занимает узкий интервал длин волн, всего от 0,40 до 0,75 мк. Однако в этом интервале заключается почти половина всей солнечной лучистой энергии (46%). Почти столько же (47%) приходится на инфракрасные лучи, а остальные 7% — на ультрафиолетовые.

Температурную радиацию с длинами волн от 0,002 до 0,4 мк называют *ультрафиолетовой*. Она невидима, т. е. не воспринимается глазом. Радиация от 0,40 до 0,75 мк — это *видимый свет*, воспринимаемый глазом. Свет с длиной волны около 0,40 мк — фиолетовый, с длиной волны около 0,75 мк — *красный*. На промежуточные длины волн приходится свет всех цветов спектра.

Радикация с длинами волн больше 0,75 мк и до нескольких сотен микронов называется *инфракрасной*; она, так же как и ультрафиолетовая, невидима.

В метеорологии принято выделять *коротковолновую* и *длинноволновую* радиацию.



Волновой диапазон солнечного излучения

Спектр излучения Солнца:

- Гамма-лучи ($\lambda < 10^{-5}$ мкм)
- Рентгеновское излучение (10^{-5} мкм $< \lambda < 10^{-2}$)
- Ультрафиолетовая радиация ($10^{-2} < \lambda < 0,39$)
- Видимое излучение ($0,39 < \lambda < 0,76$):
красный ($\lambda = 0,62 \div 0,76$); оранжевый; желтый; зеленый; голубой; синий;
фиолетовый ($\lambda = 0,39 \div 0,45$)
- Инфракрасная радиация ($0,76 < \lambda < 3000$)
- Радиоволновое излучение ($\lambda > 0,3$ см)

Коротковолновой называют радиацию в диапазоне длин волн от 0,1 до 4 мк. Она включает, кроме видимого света, еще ближайшую к нему по

длинам волн ультрафиолетовую и инфракрасную радиацию. Солнечная радиация на 99% является такой коротковолновой радиацией.

К длинноволновой радиации относят радиацию земной поверхности и атмосферы с длинами волн от 4 до 100-120 мк.

Тело, испускающее температурную радиацию, охлаждается; его тепловая энергия переходит в энергию радиации, в *лучистую энергию*. Когда же радиация падает на другое тело и поглощается им, лучистая энергия переходит в другие виды энергии, главным образом в теплоту. Это значит, что температурная радиация нагревает тело, на которое она падает.

Термином радиация называют также явление совсем другого рода, именно — *корпускулярную радиацию*, т. е. потоки электрически заряженных элементарных частиц вещества, преимущественно протонов и электронов, движущихся со скоростями в сотни километров в секунду, хотя и большими, но все-таки очень далекими от скорости света. Энергия корпускулярной радиации в среднем в 10^7 раз меньше, чем энергия температурной радиации Солнца. Однако она сильно меняется с течением времени в зависимости от физического состояния Солнца, от солнечной активности.

Ниже 90 км корпускулярная радиация в атмосферу почти не проникает.

Лучистая энергия Солнца превращается в тепло отчасти в самой атмосфере, но главным образом на земной поверхности. Она идет здесь на нагревание верхних слоев почвы и воды, а от их и воздуха. Нагретая земная поверхность и нагретая атмосфера в свою очередь сами излучают невидимую инфракрасную радиацию. Отдавая эту радиацию в мировое пространство, земная поверхность и атмосфера охлаждаются.

Распределение энергии в спектре солнечной радиации до поступления ее в атмосферу можно приближенно найти путем экстраполяции результатов

наземных наблюдений. В последнее время важные результаты получены также с помощью ракет и спутников.

Максимум лучистой энергии приходится при этом в солнечном спектре, как и в спектре абсолютно черного тела, на волны с длинами около 0,47 мк, т. е. на *зелено-голубые лучи* видимой части спектра. Однако в ультрафиолетовой части солнечного спектра энергия существенно меньше, чем в ультрафиолетовой части спектра абсолютно черного тела при температуре 6000° К.

Солнечная постоянная

Интенсивность солнечной радиации перед вступлением ее в атмосферу (обычно говорят: «на верхней границе атмосферы» или «в отсутствии атмосферы») называют *солнечной постоянной*. Смысл слова постоянная состоит здесь в том, что эта величина не зависит от поглощения и рассеяния радиации в атмосфере. Она относится к радиации, на которую атмосфера еще не повлияла. Солнечная постоянная, зависит, таким образом, только от излучательной способности Солнца и от расстояния между Землей и Солнцем.

Интенсивность солнечной радиации на перпендикулярную к солнечным лучам единичную площадку, находящуюся **вне атмосферы** при среднем расстоянии от Земли до Солнца называют ***Солнечной постоянной***:

$$S^* = 1,37 \text{ кВт/м. кв.} \quad (5)$$

Земля вращается вокруг Солнца по мало растянутому эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце. В начале января она наиболее близка к Солнцу (147 млн. км), в начале июля — наиболее далека от него (152 млн. км). Так как интенсивность радиации меняется обратно пропорционально квадрату расстояния, то солнечная постоянная в течение года меняется на