

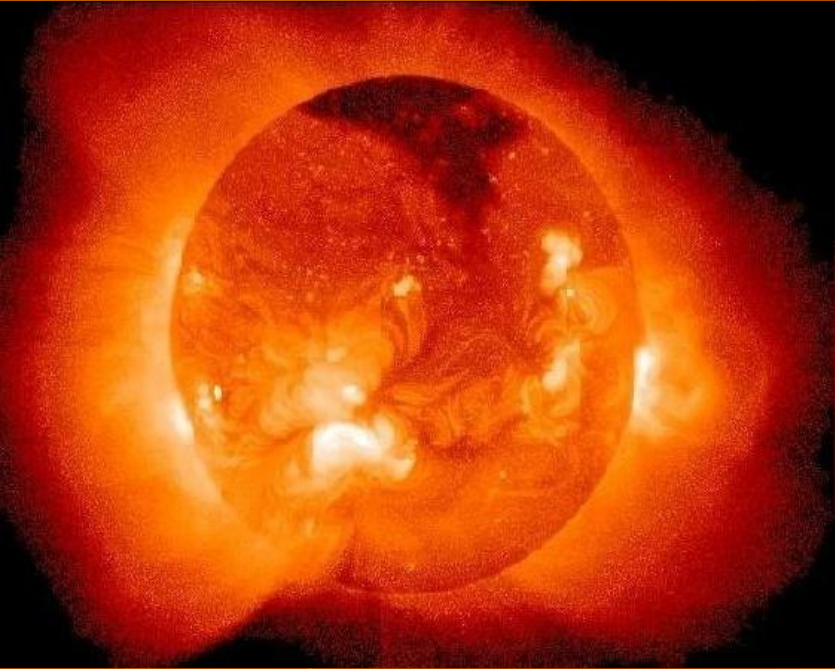
Солнечная радиация и пути ее  
рационального использования в с/х  
производстве.

**Основным источником энергии физических процессов, происходящих в атмосфере и на поверхности Земли, является лучистая энергия Солнца**



**Солнце представляет собой газовый шар радиусом 695300км. Радиус Солнца в 109 раз больше радиуса Земли (экваториальный 6378,2км, полярный 6356,8км). Солнце состоит в основном из водорода (64%) и гелия (32%). На долю остальных приходится всего 4% его массы.**

# Энергия Солнца



- На Солнце происходит термоядерная реакция;
- Солнце излучает в окружающее пространство энергию, равную примерно  $5,3 \cdot 10^{24}$  ккал/год на  $1 \text{ км}^2$  поверхности Земли, что эквивалентно 145 млн. атомных реакторов,  $t \ 6000^\circ\text{C}$ ;
- Земля получает одну двухмиллиардную долю всей энергии Солнца, если бы вся энергия Солнца попадала на Землю, она испарилась бы в течении 24 часов.

# Энергия Солнца

- Мощность потока солнечной радиации в Международной системе единиц СИ выражается в ваттах на 1 кв.м ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ).
- В метеорологии поток солнечной радиации обычно выражают в калориях на площадь в  $1\text{ см}^2$  за минуту ( $\text{кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$ ).
- Поток радиации, составляющий  $1\text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$ , равен  $698\text{ Вт}/\text{м}^2$ .

# Энергия Солнца

- Приход радиации на верхнюю границу атмосферы меняется в зависимости от расстояния Земли до Солнца, которое в течение года не остается постоянным вследствие эллиптичности земной орбиты.
- Наименьшее расстояние Земли от Солнца (перигелий) составляет  $147 \cdot 10^6$  км – 2 января.
- Наибольшее удаление Земли от Солнца (афелий) равно  $152 \cdot 10^6$  км – 5 июля.



# Энергия Солнца

- Интенсивность солнечной радиации, поступающей на верхнюю границу атмосферы при среднем расстоянии от Земли до Солнца ( $149,5 \cdot 10^6$  км) на поверхность, перпендикулярную солнечным лучам, называют солнечной постоянной.
- По данным внеатмосферных измерений солнечная постоянная составляет  $1367 \text{ Вт/По}$   
по данным внеатмосферных измерений солнечная постоянная составляет  $1367 \text{ Вт/м}^2$ , или  $1,98 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ .

# Значение солнечной радиации

- Солнечная энергия является основным условием существования биосферы и одним из главных климатообразующих факторов.
- Солнечная энергия — неперемнное условие существования зеленых растений, превращающих в процессе фотосинтеза солнечную энергию в высокоэнергетические органические вещества.
- Солнечная радиация влияет на химический состав с/х продукции.

# Значение солнечной радиации

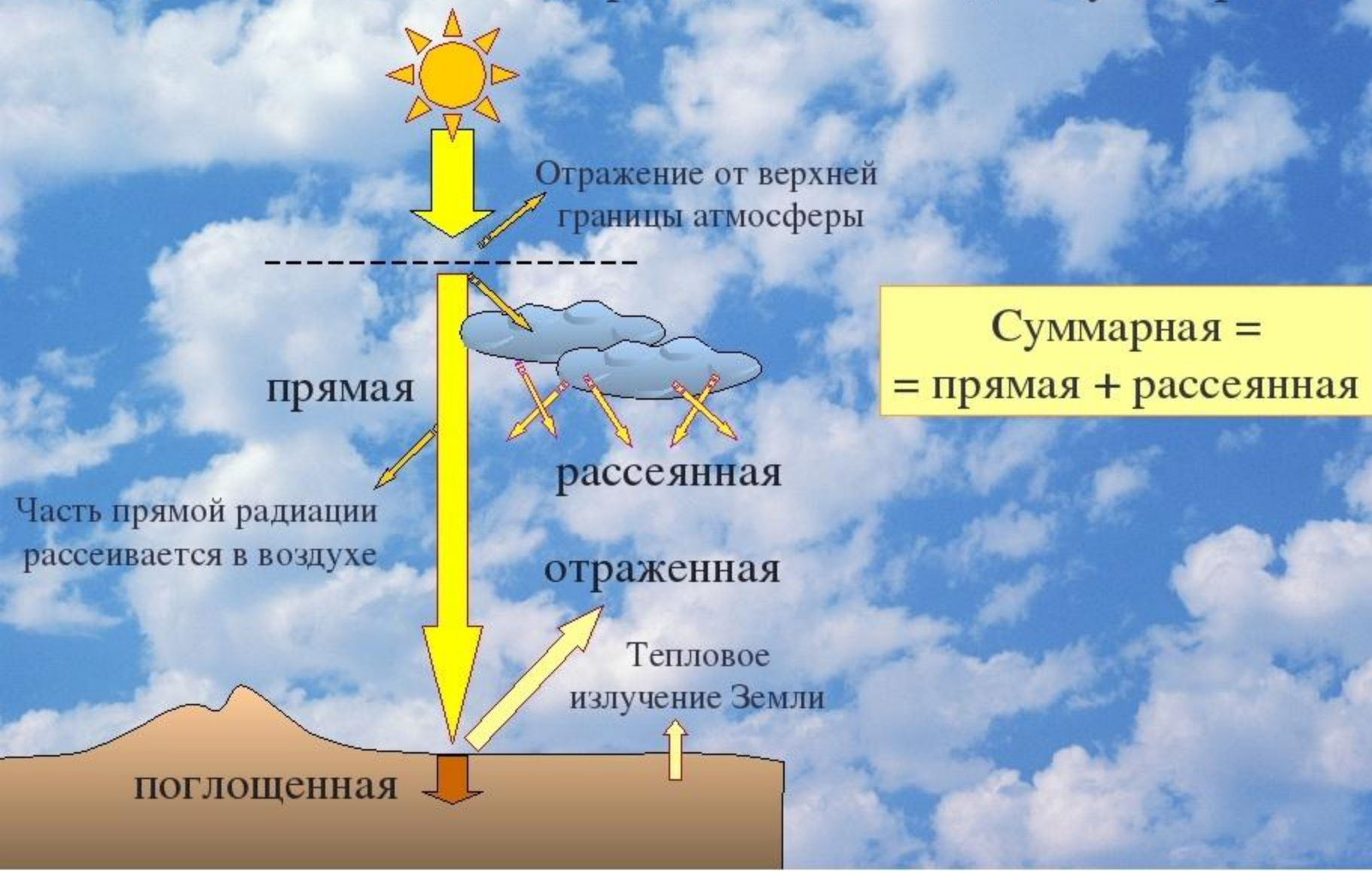
- Лучистая энергия Солнца превращается в химическую энергию АТФ и НАДФ. Атмосфера, при этом, обогащается кислородом.
- Освещенность надземной части растений существенно влияет на поглощение корнями питательных веществ.
- Освещенность влияет и на появление, распространение и развитие болезней растений.



Продолжительность светлой части суток (астрономическая длина дня) зависит от времени года и географической широты. На экваторе продолжительность дня в течение всего года равна  $12 \text{ ч} \pm 30 \text{ мин}$ . При продвижении от экватора к полюсам после весеннего равноденствия (21.03) длина дня увеличивается к северу и уменьшается к югу. После осеннего равноденствия (23.09) распределение продолжительности дня обратное. В Северном полушарии на 22.06 приходится самый длинный день, продолжительность которого севернее Полярного круга 24 ч. Самый короткий день в Северном полушарии 22.12, а за Полярным кругом в зимние месяцы Солнце вообще не поднимается над горизонтом. В средних же широтах, например в Москве, продолжительность дня в течение года меняется от 7 до 17,5 ч.

# Солнечная радиация

Количество тепла и света, приходящееся на единицу поверхности.

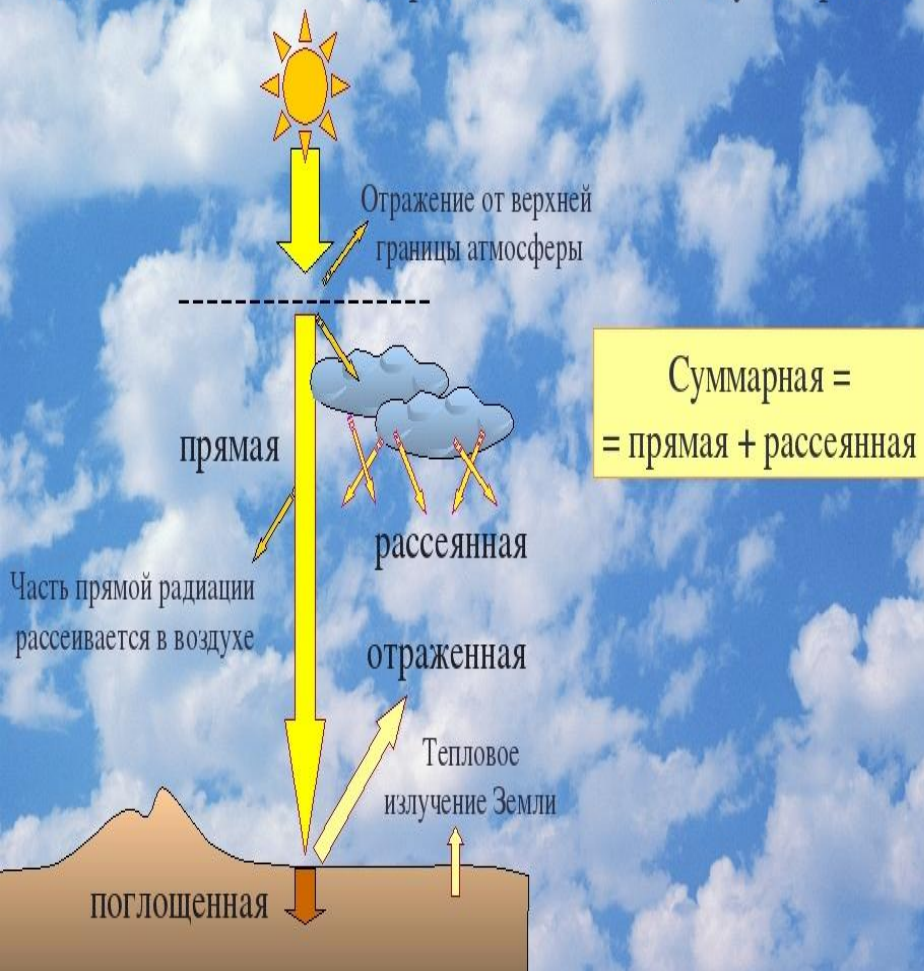




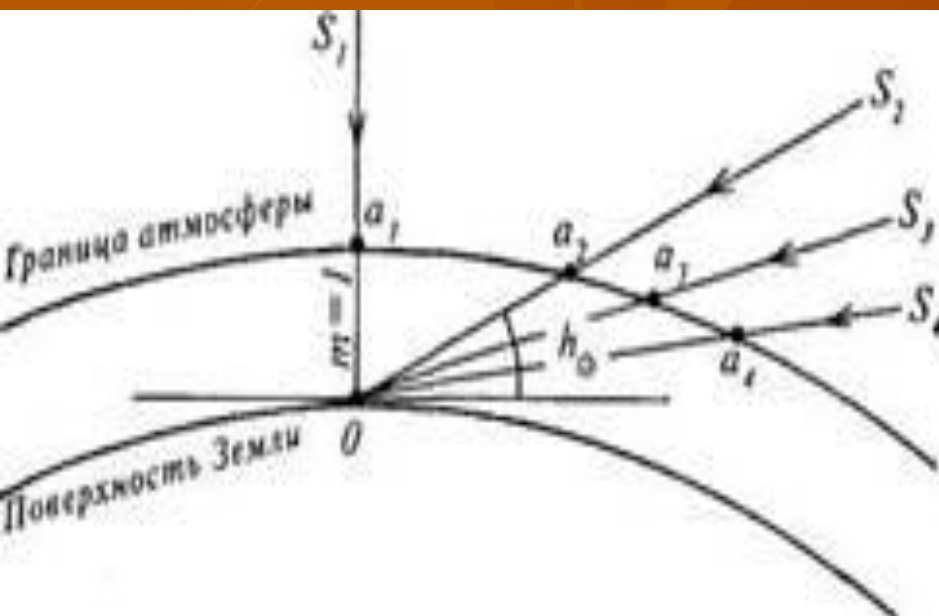
# Виды солнечной радиации

## Солнечная радиация

Количество тепла и света, приходящееся на единицу поверхности.



- **ПРЯМАЯ СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ  $S$**  – радиация, поступающая от Солнца в атмосферу и затем на земную поверхность в виде пучка параллельных лучей.



- Поток прямой солнечной радиации, падающий на горизонтальную поверхность называют инсоляцией

**$S = S \sin h_0$  – вертикальная составляющая прямой солнечной радиации.**

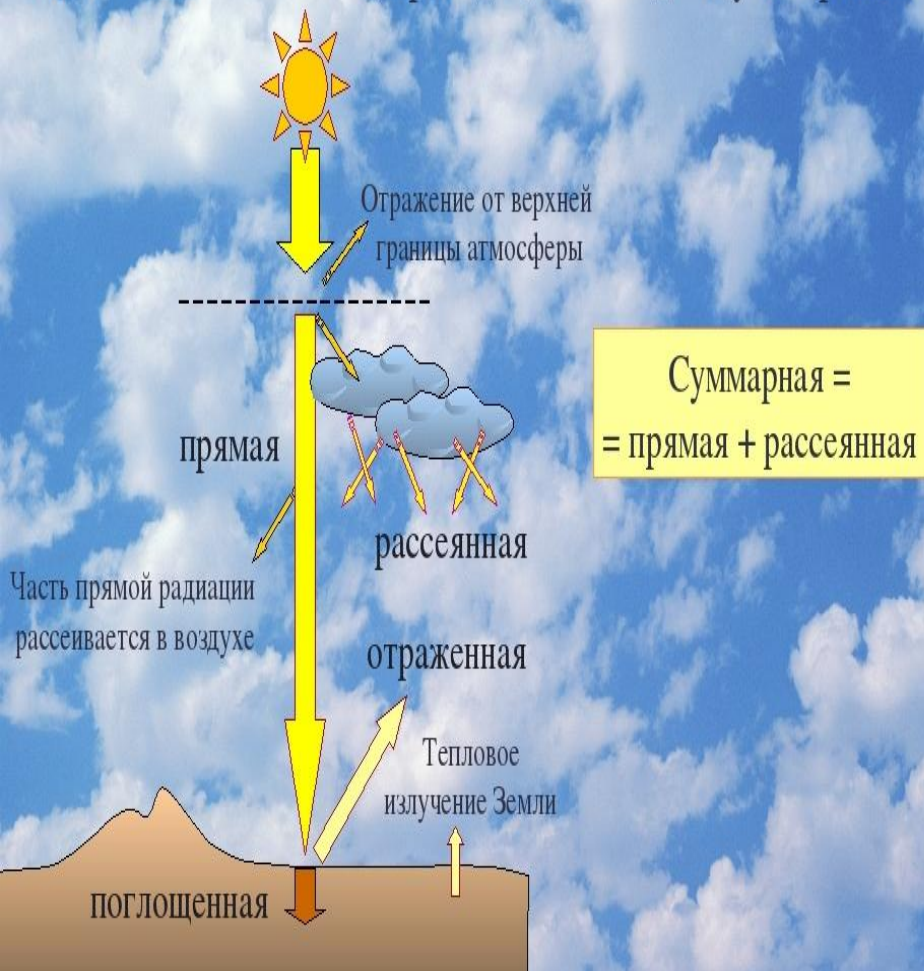
$S$  – количество тепла, получаемого перпендикулярной к лучу поверхностью,

- $h_0$  – высота Солнца, т. е. угол, образованный солнечным лучом с горизонтальной поверхностью.

# Виды солнечной радиации

## Солнечная радиация

Количество тепла и света, приходящееся на единицу поверхности.



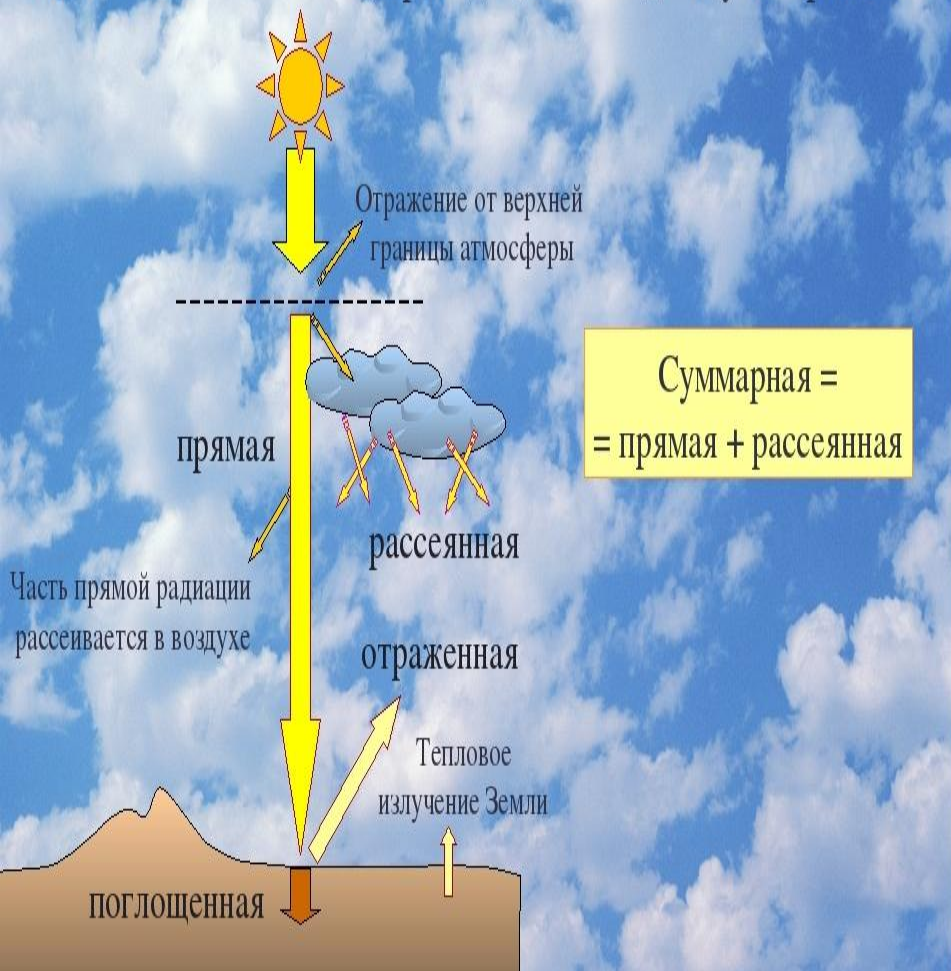
- ПРЯМАЯ СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ  $S$  – радиация, поступающая от Солнца в атмосферу и затем на земную поверхность в виде пучка параллельных лучей.



# Виды солнечной радиации

## Солнечная радиация

Количество тепла и света, приходящееся на единицу поверхности.



- **РАССЕЯНАЯ РАДИАЦИЯ D** – часть солнечной радиации в результате рассеяния атмосферой уходит обратно в космос, но значительная ее часть поступает на Землю в виде рассеянной радиации.

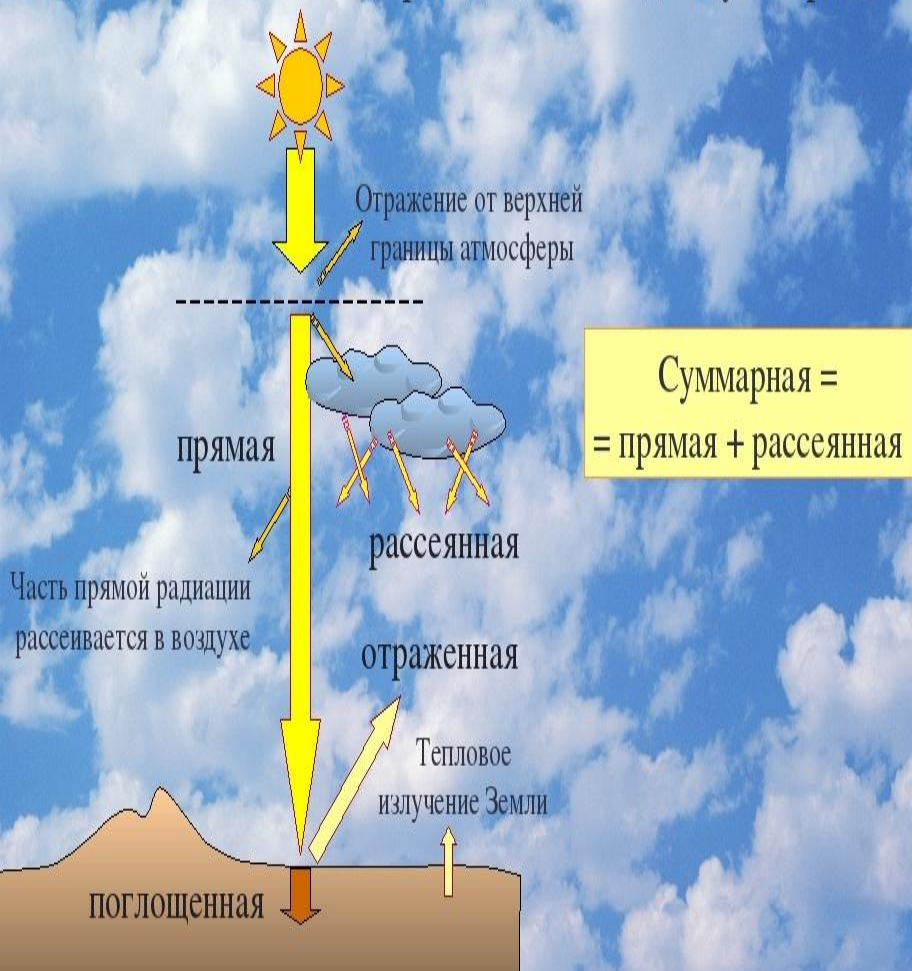


- Максимум рассеянной радиации + 1 ккал/ см<sup>2</sup>/мин. Отмечается при чистом небе, если на нем высокие облака.
- При пасмурном небе спектр рассеянной радиации сходен с солнечным.

# Виды солнечной радиации

## Солнечная радиация

Количество тепла и света, приходящееся на единицу поверхности.



- **СУММАРНАЯ РАДИАЦИЯ Q** - состоит из рассеянной и прямой радиации на горизонтальную поверхность.
- **$Q = S + D$ .**

- Свет и тепло, получаемые растениями от Солнца, — результат действия суммарной солнечной радиации. Поэтому большое значение для сельского хозяйства имеют данные о суммах радиации, получаемых поверхностью за сутки, месяц, вегетационный период, год.

- Соотношение между прямой и рассеянной радиацией в составе суммарной радиации зависит от высоты Солнца, облачности и загрязненности атмосферы, высоты поверхности над уровнем моря.
- С увеличением высоты Солнца доля рассеянной радиации при безоблачном небе уменьшается.
- Чем прозрачнее атмосфера и чем выше Солнце, тем меньше доля рассеянной радиации.

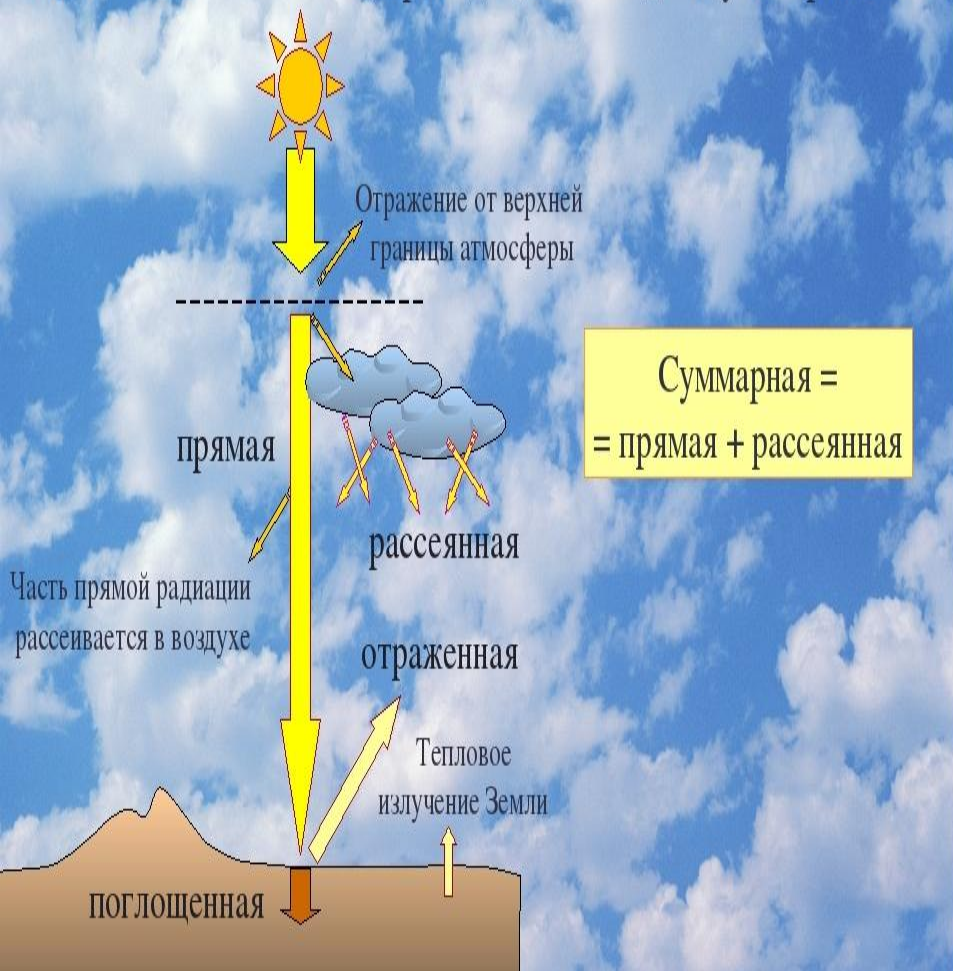
- При сплошной плотной облачности суммарная радиация полностью состоит из рассеянной радиации.
- Зимой вследствие отражения радиации от снежного покрова и ее вторичного рассеяния в атмосфере доля рассеянной радиации в составе суммарной заметно увеличивается.



# Виды солнечной радиации

## Солнечная радиация

Количество тепла и света, приходящееся на единицу поверхности.

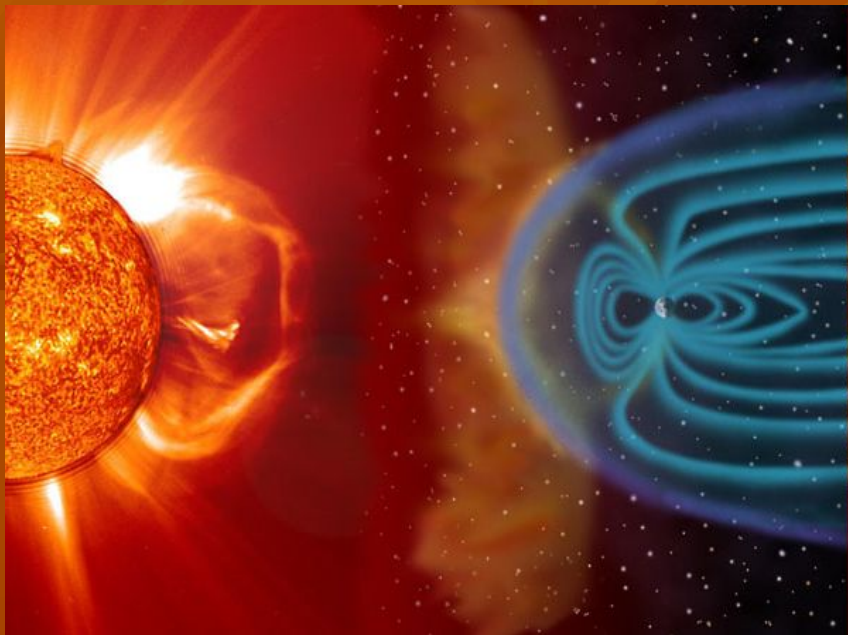


- Суммарная радиация, дошедшая до земной поверхности, частично отражаясь от нее, создает отраженную солнечную радиацию ( $R_k$ ), направленную от земной поверхности в атмосферу.



- Значение отраженной радиации в значительной степени зависит от свойств и состояния отражающей поверхности: цвета, шероховатости, влажности и др.
- Отражательную способность любой поверхности можно характеризовать величиной ее альбедо ( $A_k$ ), под которым понимают отношение отраженной солнечной радиации к суммарной. Альбедо обычно выражают в процентах.

# Спектральный состав радиации

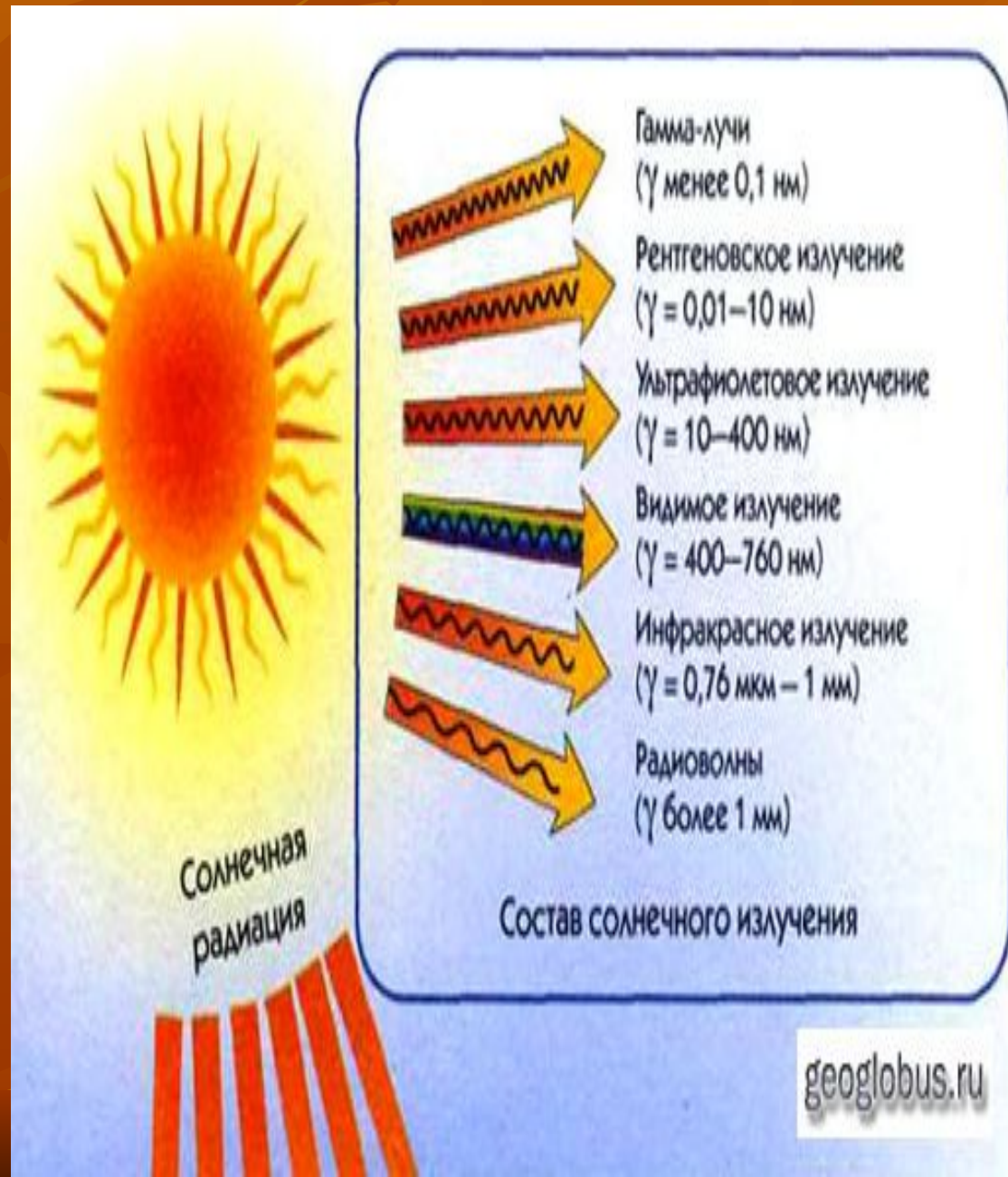


Набор  
электромагнитных  
волн различной  
длины называют  
спектром излучения

Потоки лучистой энергии по длине волн условно делят на **коротковолновую ( $\lambda < 4$  мкм)** и **длинноволновую ( $\lambda > 4$  мкм)** радиацию.

# Спектр излучения

- Коротковолновая - 0,1-4 мкм (99% поступает к Земле);
- Длинноволновая – 4-100 мкм.
- УФ – 0,1-0,39 мкм;  
(лучистой энергии 9%)
- ВС – 0,4-0,76 мкм;  
(лучистой энергии 47%)
- ИК – 0,76-4 мкм.  
(лучистой энергии 44%)



# Биологическое значение основных составляющих спектра

Вид радиации	Область спектра, мкм	Эффект действия радиации на растение		
		тепловой	фотосинтез	рост и развитие
Ультрафиолетовая	0,29-0,38	несущественный	несущественный	существенный
Фотосинтетически активная	0,38-0,71	существенный	существенный	существенный
Ближняя инфракрасная	0,71-4,00	существенный	несущественный	существенный
Дальняя инфракрасная	Более 4,00	существенный	несущественный	несущественный

- Проходя через земную атмосферу, солнечная радиация ослабляется вследствие поглощения и рассеяния атмосферными газами и аэрозолями. При этом изменяется и ее спектральный состав. При различной высоте солнца и различной высоте пункта наблюдений над земной поверхностью длина пути, проходимого солнечным лучом в атмосфере, неодинакова. При уменьшении высоты особенно сильно уменьшается ультрафиолетовая часть радиации, несколько меньше – видимая и лишь незначительно – инфракрасная.



- Лучи рассеиваются тем сильнее, чем меньше длина волны. Например фиолетовые лучи рассеиваются в 14 раз сильнее красных, этим объясняется голубой цвет неба.





- В воздухе, содержащем примеси (мелкие капельки воды, кристаллики льда, пылинки и т. д.), рассеяние одинаково для всех участков видимой радиации. Поэтому небо приобретает белесоватый оттенок (появляется дымка). Облачные же элементы (крупные капельки и кристаллики) вообще не рассеивают солнечные лучи, а диффузно их отражают. В результате облака, освещенные Солнцем, имеют белый цвет.

- Излучение земной поверхности происходит непрерывно. Атмосфера, поглощая большую часть солнечной радиации и большую часть излучения земной поверхности, сама излучает длинноволновую радиацию.

## СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ И РАДИАЦИОННЫЙ БАЛАНС



- Около 62-64% этого излучения направлено к земной поверхности и составляет *встречное излучение атмосферы  $E_a$* .
- Разность этих двух потоков, характеризующая потерю тепла деятельным слоем, называется эффективным излучением  $E_{эф}$ :
- $E_{эф} = E_z - \delta E_a$ ,
- где  $\delta$  – коэффициент поглощения поверхностью Земли встречного излучения атмосферы  $E_a$ ;
- $E_z$  – длинноволновое излучение Земли.



# РАДИАЦИОННЫЙ БАЛАНС ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

- Радиационный баланс земной поверхности – это разность между приходящими к деятельному слою Земли и уходящими от него потоками лучистой энергии.

$$B = S + D - R_k - E_z + E_a \quad \text{или}$$

$$B = Q - R_k - E_{\text{эф}}$$

- В пасмурную погоду

$$B = D - R_k - E_z + E_a \quad \text{или}$$

$$B = D - R_k - E_{\text{эф}}$$

■ НОЧЬЮ:

$$\mathbf{V} = \mathbf{E}_a - \mathbf{E}_z = -\mathbf{E}_{эф}$$



Урожай создается в процессе фотосинтеза, когда в зеленых растениях образуется органическое вещество из диоксида углерода, воды и минеральных веществ.

Энергия солнечного луча переходит в энергию растительной биомассы. Эффективность этого процесса и, в конечном счете, урожай зависят от функционирования посева как фотосинтезирующей системы.



# ФАР (фотосинтетически активная радиация)

- В процессе фотосинтеза используется не весь спектр солнечной радиации, а только его часть, находящаяся в интервале длин волн 0,38...0,71 мкм (380-720нм 380-720нм ), — **фотосинтетически активная радиация (ФАР).**
- Энергия ФАР составляет около 50% общей энергии солнечной радиации. Инфракрасная часть солнечного спектра, составляет также около 50% общей энергии солнца, не участвует в фотохимических реакциях фотосинтеза.

# ФАР (фотосинтетически активная радиация)

- Объективным показателем величины урожая (высокий, средний, низкий) может служить коэффициент использования ФАР. Хорошие урожаи соответствуют 2-3% использования ФАР. При возделывании сортов интенсивного типа и оптимизация всех процессов формирования урожая возможна аккумуляция в урожае 3,5-5% ФАР и более.

- Для характеристики степени использования посевами ФАР применяют коэффициент полезного использования ФАР:
- $K_{ПИФАР} = (\text{сумма } Q/\text{фар} / \text{сумма } Q/\text{фар}) 100\%$ ,
- где **сумма  $Q/\text{фар}$**  - сумма ФАР, затрачиваемая на фотосинтез за период вегетации растений; **сумма  $Q/\text{фар}$**  - сумма ФАР, поступающая на посеvy за этот период;



- Хорошие урожаи соответствуют 2-3% использования ФАР.
- При возделывании сортов интенсивного типа и оптимизация всех процессов формирования урожая возможна аккумуляция в урожае 3,5-5% ФАР и более.

- Значение ФАР можно рассчитать по данным о приходе прямой, рассеянной или суммарной радиации с помощью коэффициентов, предложенных Х. Г. Тоомингом:
  - $Q_{\text{фар}} = 0,43 \Sigma S' + 0,57 \Sigma D$ ,
  - где  $\Sigma S'$  – суммарный приход прямой радиации на горизонтальную поверхность;
  - $\Sigma D$  - суммарный приход рассеянной радиации

# ФАР (фотосинтетически активная радиация)

- В начальный период развития растений ассимиляционная поверхность невелика и значительная часть ФАР проходит мимо листьев, не улавливается ими. С повышением площади листьев увеличивается и поглощение ими энергии солнца

- Когда индекс листовой поверхности (величина, показывающая, во сколько раз площадь листьев превышает ту площадь, на которой находятся растения; так, если индекс листовой поверхности равен 4, то площадь листьев составляет – 40тыс м<sup>2</sup>/га, или 4м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>) составляет - 4-5, т. е площадь листьев в посеве – 40-50тыс м<sup>2</sup>/га, поглощение ФАР листьями посева достигает максимального значения – 75-80% видимой, 40% общей радиации.
- При дальнейшем увеличении площади листьев поглощение ФАР не повышается.



$$Y = \Phi П * ЧФП,$$

- где  $Y$  – урожайность сухой биомассы, т/га;
- $\Phi П$  – фотосинтетический потенциал, тыс.  $м^2 * \text{дни/га}$ ;
- $ЧФП$  – чистая продуктивность фотосинтеза,  $г/(м^2 * \text{дни})$ .

# Фотосинтетический потенциал:

$$\text{ФП} = S_c T,$$

- где  $S_c$  – средняя за период площадь листьев, тыс.  $\text{м}^2/\text{га}$ ;
- $T$  – продолжительность периода, дни.

# *Чистая продуктивность фотосинтеза* (ЧПФ)

- Характеризует интенсивность фотосинтеза посева и представляет собой количество сухой массы растений в граммах, которое синтезирует  $1\text{ м}^2$  листовой поверхности за сутки.
- В среднем за вегетацию у таких культур, как пшеница, ячмень, ЧПФ составляет –  $5-7\text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{дни})$ . У кукурузы чуть выше.

# *Чистая продуктивность фотосинтеза* (ЧПФ)

- ЧПФ, так же как и ФП, определяют за какой-либо период или в среднем за вегетацию:
- $ЧПФ = (В2 - В1) / ФП$ ,
- где В2 и В1 – сухая масса растений с единицы площади в конце и начале периода.



- ЧПФ варьирует в течение вегетации. В первый месяц вегетации ЧПФ выше, чем в последующий, так как в начале вегетации растения не затеняют друг друга, все листья хорошо освещены.

В дальнейшем с увеличением площади листьев ЧПФ начинает уменьшаться в связи с затенением нижних листьев.

**ПОЧЕМУ РАСТЕНИЯ В ПОСЕВЕ НЕ ДОСТИГАЮТ ОПТИМАЛЬНОГО УРОВНЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИЛИ СУЩЕСТВЕННО ОТКЛОНЯЮТСЯ ОТ НИХ В ОТДЕЛЬНЫЕ ПЕРИОДЫ ВЕГЕТАЦИИ?**

**КАКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОДВЕРЖЕНЫ НАИБОЛЬШЕМУ ВЛИЯНИЮ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ?**

- При улучшении условий жизни растений (оптимизация режима питания и влагообеспеченности) обычно усиливаются ростовые процессы, увеличивается площадь листьев. В этом случае листья сильнее затеняют друг друга, поэтому ЧПФ снижается.

- Высокие нормы азота при достаточном количестве влаги усиливают вегетативный рост растений и разрастание листовой поверхности сверх оптимальных размеров, растения полегают, урожай снижается.



■ Одним из основных средств повышения эффективности использования ценозом влаги и удобрения на фотосинтез и повышение урожайности – генетическое преобразование растений, создание сортов, у которых рост вегетативных органов ограничен, а генеративных – значительно выше, чем у старых сортов. Поэтому одно из направлений современной селекции – создание сортов, реагирующих на улучшение условий выращивания увеличением хозяйственно ценной части урожая.



# ГАЛО



Происходит на высоте 5-10 км над землей, в верхних слоях тропосферы

Природа явления гало на небе – преломление и разложение в спектр лучей света (*дисперсия*) в мельчайших кристалликах льда, а также их отражение от боковых граней или оснований этих кристаллов, имеющих форму шестигранных столбиков или пластинок.

Дуги или окружности, образующие гало, возникают на некотором расстоянии от светила, равноудаленном от источника света. Иногда кроме окружности или ее отрезков (дуг) появляется и вторая, расположенная дальше первой, но всегда на одном и том же расстоянии от светила. На этих дугах и окружностях могут находиться яркие световые пятна – ложные солнца или ложные луны. Их бывает несколько, но все они всегда стоят на той же высоте над горизонтом, что и само светило, причем иногда даже напротив него, на другой стороне неба.

# РАДУГА

Обычно радуга представляет собой цветную дугу с угловым радиусом  $42^\circ$ .

Источником радуги является разложенный на компоненты солнечный свет. Этот свет перемещается по небосводу таким образом, что видится исходящим от той части небосвода, которая противоположна Солнцу.





Предмет, способный разложить луч света на составляющие, называется «призмой». Если говорить о радуге, то роль «призмы» выполняют капли дождя.

Радуга – это большой изогнутый спектр или образовавшаяся в результате разложения проходящего через дождевые капли луча света полоса цветных линий.

Цвета идут в определенном порядке.

# Явление преломления света в природе: гало



Разных видов гало насчитывается довольно много, но в своей основе оно имеет один и тот же источник – это кристаллики льда. Эти кристаллы, чаще всего, расположены в перистых облаках на высоте 5 – 10 км, но встречаются и прямо у земли. Именно тогда можно увидеть «ауру» вокруг уличных фонарей.

Гало – это интересное и необычное природное явление. Оно проявляется в виде светящегося кольца или нимба вокруг яркого источника света. Чаще всего это солнце, но подобный ореол можно увидеть и вокруг луны (лунное гало), а также и других ярких источников, например, уличных фонарей.





**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**