

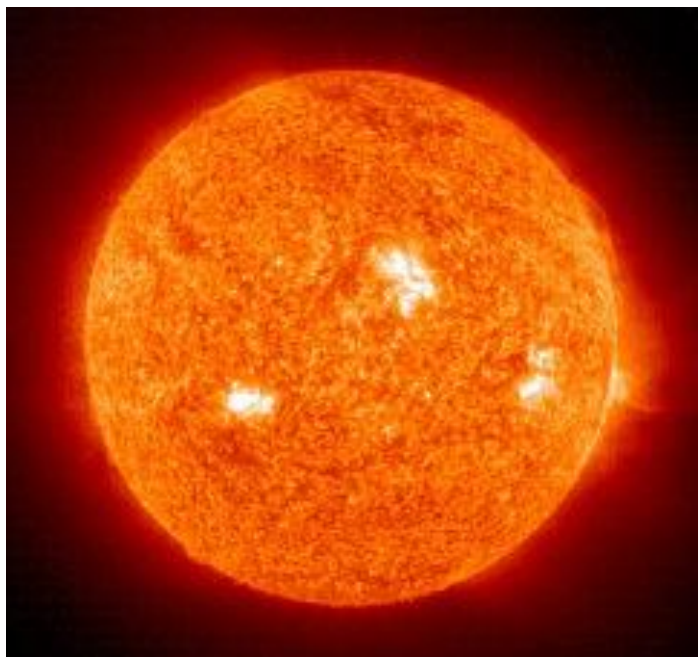
A photograph of a field of yellow wildflowers under a bright, hazy sky with sunbeams. The sun is low on the horizon, creating a strong glow and visible rays of light filtering through the atmosphere. The foreground is filled with numerous small, bright yellow flowers, likely daisies, growing in a field of tall grass. The background shows a line of trees silhouetted against the bright sky.

СВЕТ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР



Солнце

Желтый карлик радиусом 695 500 км.



Масса $1,98 \cdot 10^{30}$ кг (примерно в 333 000 раз больше массы Земли)

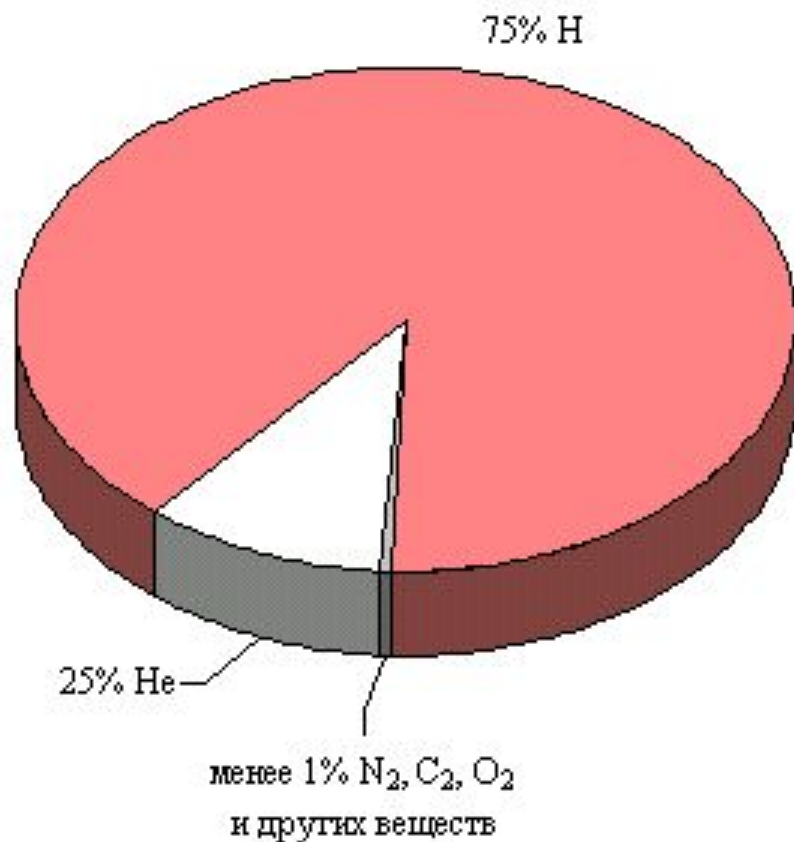
Средняя плотность солнечной материи $1,4 \text{ г/см}^3$.

Луч солнечного света преодолевает расстояние от Солнца до Земли всего за 8 мин и 20 сек.

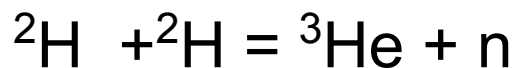
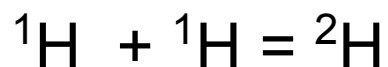
Солнце от Земли находится на расстоянии почти 150 000 000 км (астрономическая единица).

На расстоянии от Солнца в 1,067 а. е. Земля находится 4 июля (афелий). На удалении от Солнца в 0,983 а. е. - 3 января (перигелий).

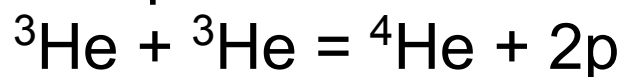
Видимый угловой диаметр солнечного диска составляет 32° .



В 1935 году Ханс Бете выдвинул гипотезу, что источником солнечной энергии может быть термоядерная реакция превращения водорода в гелий. Нобелевская премия 1967 года.



С вероятностью 69% происходит реакция:



При образовании каждого атомного ядра гелия выделяется огромное количество энергии. Его достаточно для того, чтобы растопить «кубик» льда, одна сторона которого составляет 20 метров.





Характеристики света

- Интенсивность (в энергетических единицах),
- Длина волны электромагнитного излучения,
- Продолжительность воздействия (длина дня).

Лучистая энергия Солнца

Солнечная постоянная - количество лучистой энергии Солнца во всем диапазоне длин волн, получаемой в единицу времени единичной площадкой, перпендикулярной солнечным лучам, вне земной атмосферы на расстоянии одной астрономической единицы от Солнца.

Солнечная постоянная (прямые измерения с космических аппаратов и рекомендованное NASA в качестве стандартной)

$$1353 \text{ Вт/м}^2 \pm 1,5\%$$

Лучистая энергия Солнца

На единицу площади поверхности атмосферы приходится $\frac{1}{4}$ солнечной постоянной $\sim 342 \text{ Вт/м}^2$ с колебаниями для разных широт $150 - 415 \text{ Вт/м}^2$

Поток энергии от Солнца $1,75 \cdot 10^{17} \text{ Вт}$ при температуре 5800 К .

Земля отдает такое же количество энергии, но при температуре 260 К .

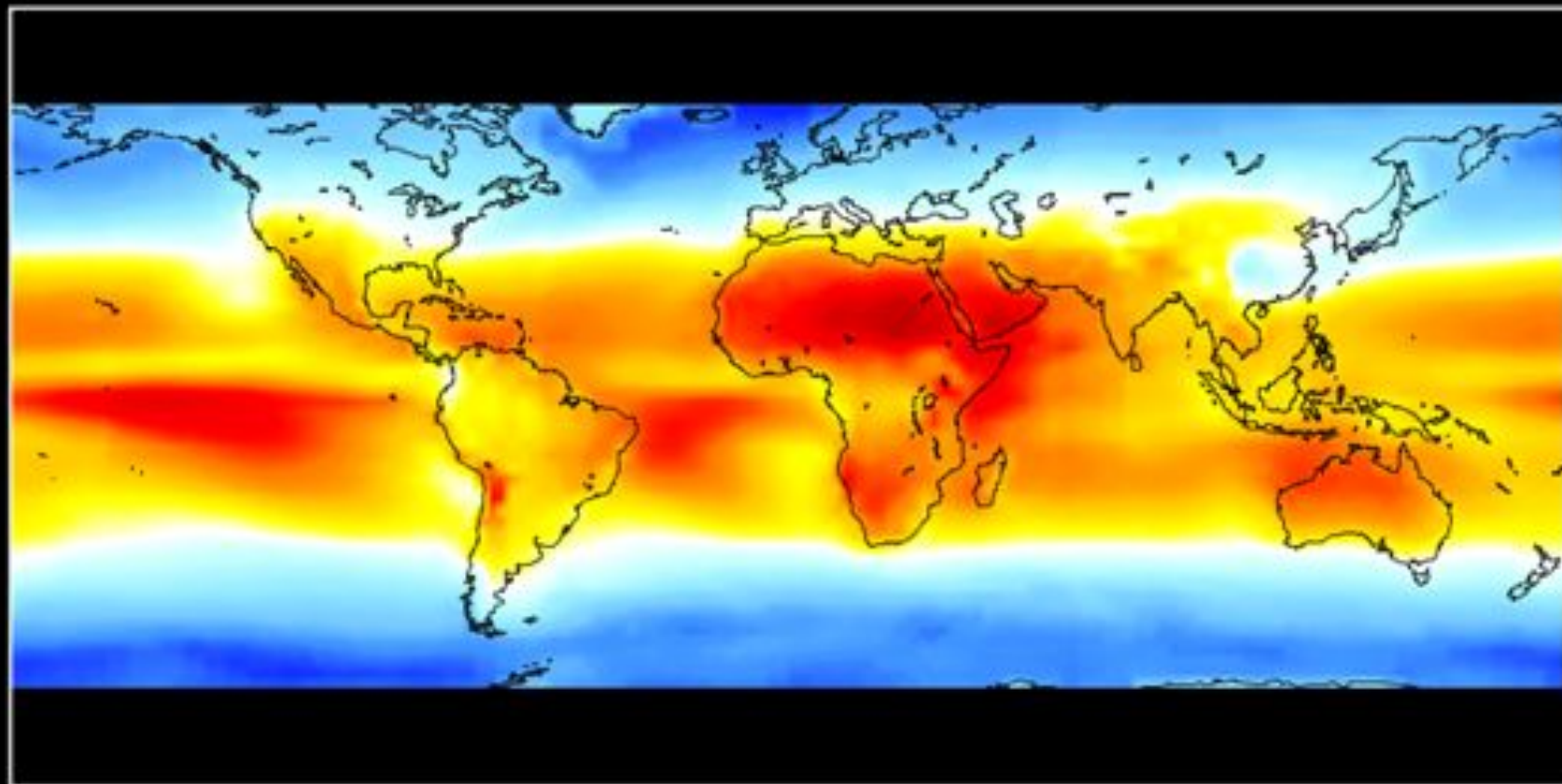
СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ И РАДИАЦИОННЫЙ БАЛАНС



Виды солнечной радиации



Average Daily Solar Radiation at the Surface



Watts per square meter per day



Equirectangular projection centered on 0.0°E

Data Min = 56.52212, Max = 241.67186

- **Количество света** - суммарная солнечная радиация, измеренная за астрономический год. Увеличивается от полюсов к экватору.
- **Альbedo земной поверхности** - величина, характеризующая ее способность отражать (рассеивать) падающее на нее излучение и равное отношению количества отраженного света к общему количеству падающего. Зависит от угла падения солнечных лучей и свойств отражающей поверхности.
- **Альbedo различных поверхностей, %**
 - Сухой снег - 80...95
 - Влажный снег - 60...70
 - Почва - 20...45
 - Зеленая трава - около 25
 - Лиственный лес - 15...20



Почему небо голубое?



Джон Уильям Стретт,
лорд Рэлей III

Теория молекулярного рассеяния света в атмосфере.

Первая работа по рассеянию света опубликована в 1871 г.

Теория изложена в работе „О свете от неба, его поляризации и цвете“, вышедшей в свет в 1899 г.



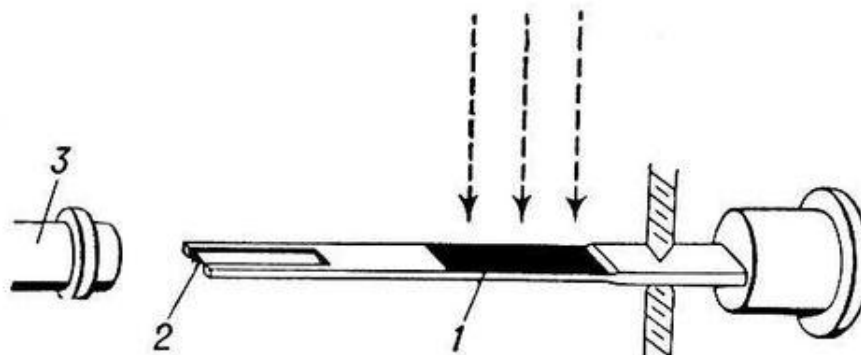
Почему небо голубое?

- Интенсивность рассеянного света изменяется обратно пропорционально четвертой степени длины волны света, падающего на рассеивающую частицу.
- Молекулярное рассеяние чрезвычайно чувствительно к малейшему изменению длины волны света. Например, длина волны фиолетовых лучей (0,4 мкм) примерно в два раза меньше длины волны красных (0,8 мкм). Поэтому фиолетовые лучи будут рассеиваться в 16 раз сильнее, чем красные.
- Небо выглядит синим, потому что воздух рассеивает свет с короткой длиной волны сильнее длинноволнового света.

ИЗМЕРЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ И ОСВЕЩЁННОСТИ

Актинометр:

принцип действия актинометра Михельсона основан на нагревании солнечными лучами зачернённой сажей биметаллической пластинки 1, спрессованной из железа и инвара. При нагревании железо удлиняется, а инвар почти не испытывает теплового расширения, поэтому пластинка изгибается. Величина изгиба служит мерой интенсивности солнечной радиации. С помощью микроскопа 3 наблюдают перемещение кварцевой нити 2, расположенной на конце пластинки 1.



ИЗМЕРЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ И ОСВЕЩЁННОСТИ

«Фитоактинометр» имеет два термометра, но в одном из них чистый толуол, а в другом раствор хлорофилла в толуоле, который поглощает фотосинтетически активную радиацию. «Зеленый» термометр, нагревается сильнее, чем прозрачный, и разница в показаниях термометров пропорциональна поглощенной хлорофиллом энергии; по переводной таблице определяют радиацию в калориях на единицу поверхности в единицу времени.

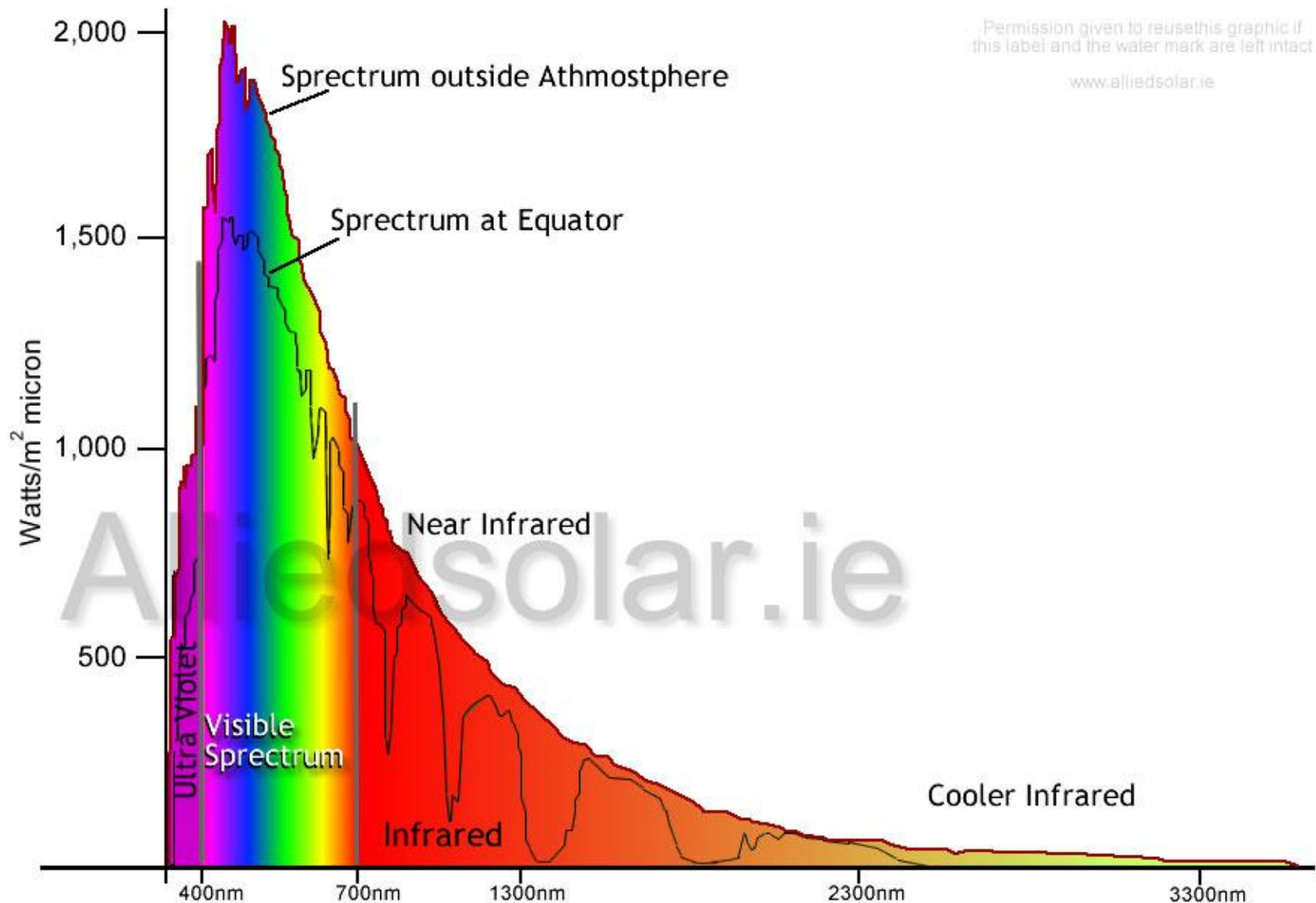
ИЗМЕРЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ И ОСВЕЩЁННОСТИ

Люксметры, воспринимающей свет частью которых являются селеновые фотоэлементы. Шкала прибора показывает значения освещенности в люксах (лк).

Освещенность поверхности земли в:
ясный летний день **80 000 - 90 000 лк**
пасмурный день **5 000 лк**
лунную ночь **0,2 лк**



Длина волны



Длина волны

- 99% энергии заключено в интервале 170—4000 нм.
- Три области: ультрафиолетовая (УФ) с длинами волн < 390 нм, видимая - от 390 до 760 нм и инфракрасная (ИК) - более 760 нм.
- Распределение солнечной энергии: УФ- около 9%, видимая —47%, ИК — 44%.

УФ-область

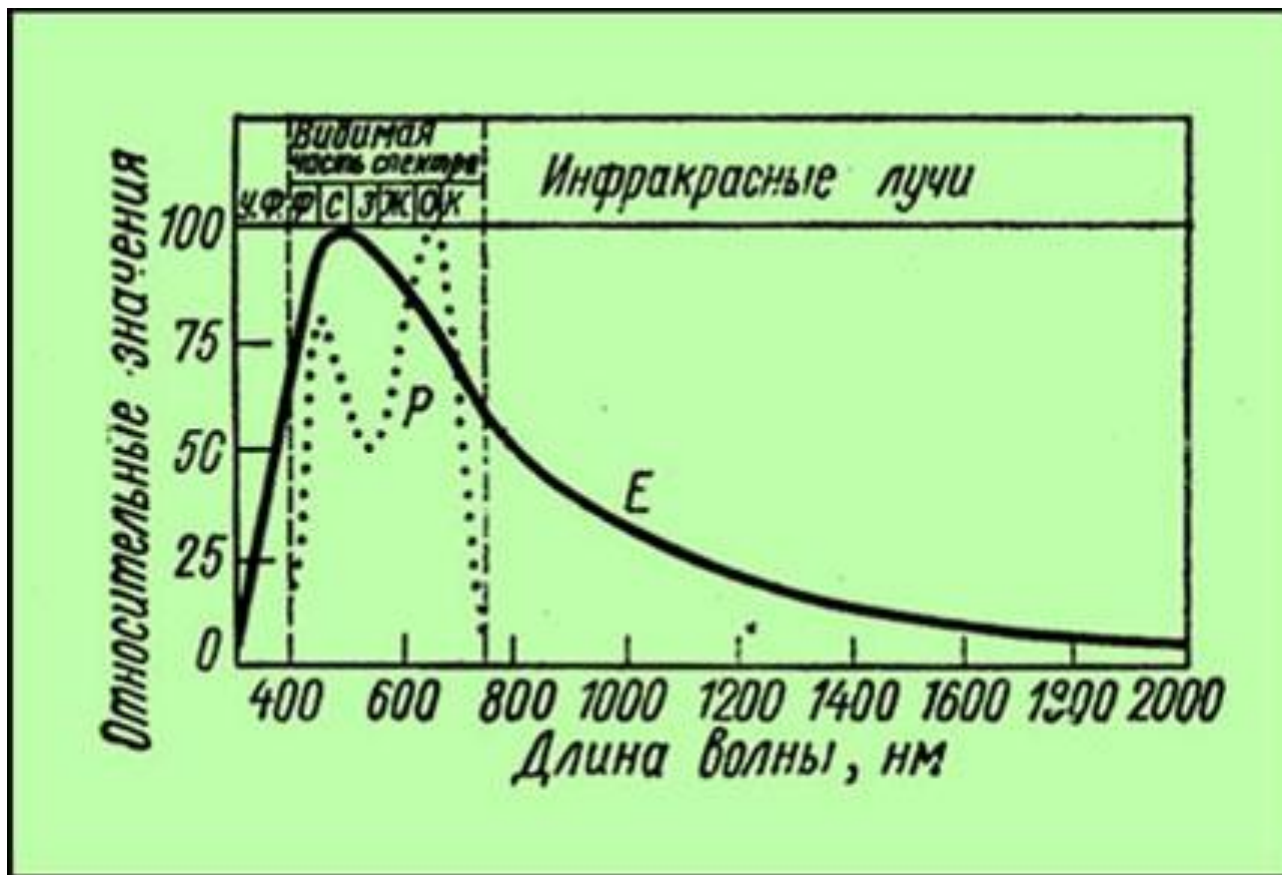
- Большая энергия и высокая химическая активность.
- Наиболее коротковолновые УФ-лучи (до 280 нм) по опасности близки к рентгеновским лучам, но они полностью поглощаются озоновым слоем.
- УФ-лучи с длиной волны около 300 нм оказывают бактерицидное действие, стимулируют у живых организмов образование биологически активных веществ, вызывают у человека загар.

ИК-излучение

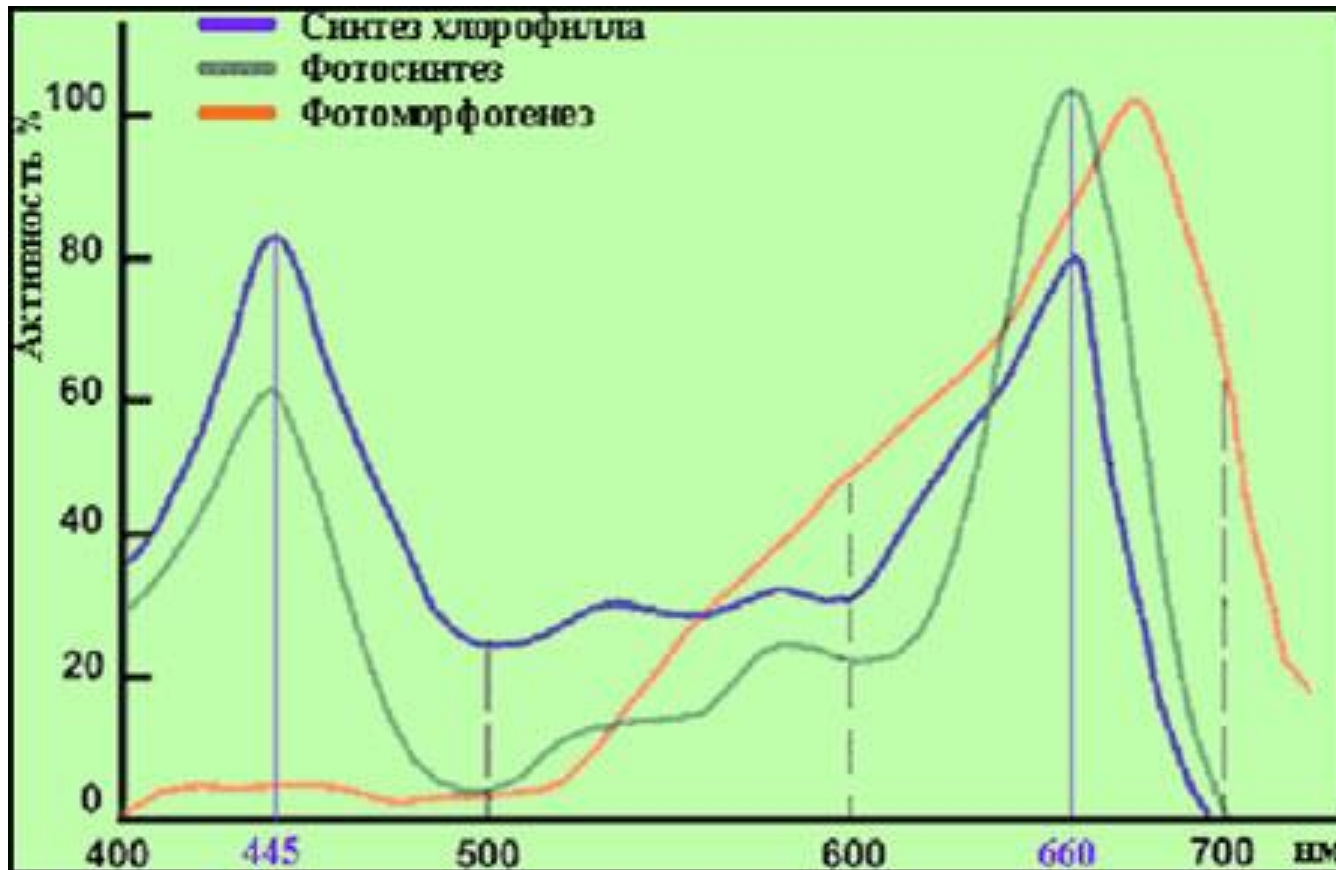
- Не видимо для человека.
- Длительное действие на глаза может вызвать вредные последствия.
- ИФ излучение воспринимается организмами как тепло.
- Вызывает химические процессы: действует на фотоэмульсию специального состава.

Видимый свет

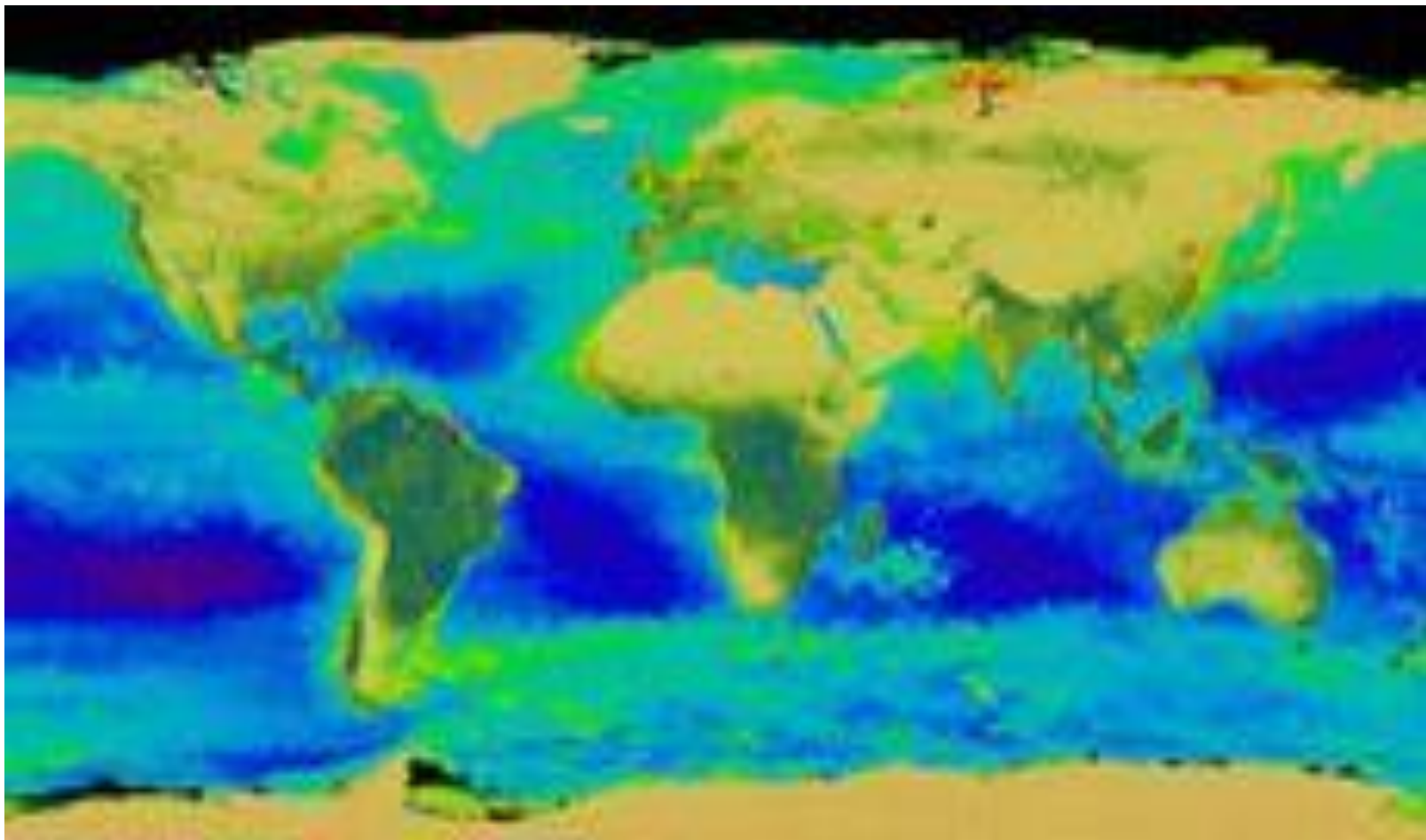
- Преимущественное значение для фотосинтеза имеют лучи с длиной волны 380-710 нм.
Фотосинтетически активная радиация (ФАР).
- В среднем 1-2% падающего на растения света используется для фотосинтеза.
- Наиболее активными лучами солнечного света для фотосинтеза являются оранжево-красные (650-680 нм) и сине-фиолетовые (400-500 нм).



Распределение энергии общей, падающей на Землю, радиации (E) и относительная интенсивность фотосинтеза (P) в лучах различных длин волн; УФ – ультрафиолет; части спектра: Ф – фиолетовая; С – синяя; З – зелёная; Ж – желтая; О – оранжевая; К – красная.



Активность фотобиологических процессов: наиболее интенсивный пик поглощения приходится на желто-красную (600-750 нм) область, меньший – на сине-фиолетовую (400-500 нм), "провал" в области зеленой (500-600 нм) части спектра.



Результаты мониторинга земной поверхности спутником SeaWiFS.
Распределение хлорофилла на суше (леса) и в океане (фитопланктон)
(иллюстрация SeaWiFS Project, NASA/Goddard Space Flight Center).

- Рассеянный свет, составляющий в среднем $1/10$ интенсивности прямых лучей, поглощается растением почти полностью, коэффициент его использования намного больше.
- В ясные дни рассеянный свет составляет 10 - 15% от общей радиации, а в пасмурные - 100%.
- В северных широтах преобладающего рассеянного света достаточно для интенсивного продуктивного фотосинтеза. Продуктивность ограничивается не светом, а низкими температурами.
- Подсчитано, что с 1 га на Шпицбергене (если иметь в виду только световое довольствие) можно собрать столько же продукции, сколько с 1 га в средней полосе. Но из-за недостатка тепла в Арктике значительная часть света оказывается неиспользованной.

Экологические группы растений

- **Светолюбивые (гелиофиты)**
- **Тенелюбивые (сциофиты)**
- **Теневыносливые (факультативные гелиофиты)**

Гелиофиты

- **Место обитания:** открытые места, постоянно и хорошо освещенные
- **Адаптивные особенности:** приземистость, розеточное расположение листьев, укороченные или сильно ветвящиеся побеги
- **Реакция на изменение светового режима:** не выносят длительного затенения
- **Ранневесенние растения степей и полупустынь, лиственница, акация, подорожник, кувшинка**

Сциофиты

- **Место обитания:** нижний ярус тенистых лесов, постоянная тень
- **Адаптивные особенности:** мозаичное расположение листьев у древесных пород, темно-зеленые крупные листья, расположенные горизонтально
- **Реакция на изменение светового режима:** не выносят яркого освещения
- **Лесные травы, зеленые мхи, ель, пихта, бук, самшит**

Факультативные гелиофиты

- **Место обитания:** хорошо освещенные места, небольшое затенение
- **Адаптивные особенности:** у древесных пород световые листья (поверхность кроны) толстые и грубые, теневые - матовые, неопушенные
- **Реакция на изменение светового режима:** относительно легко перестраиваются к изменению светового режима
- **Большинство деревьев лесов, эвкалипты**

СВЕТ ДЛЯ ЖИВОТНЫХ



Видимый свет для животных

- Информационное значение, средство ориентации.
- Гремучие змеи «видят» в инфракрасной области, у пчел область видимого света смещена в сторону ультрафиолета.
- У ряда птиц зрительное восприятие распространяется на часть УФ зоны спектра (у более чем 30 видов птиц).

Видимый свет для животных



У ланцетника, лишенного глаз, своеобразными зрительными органами служат особые клетки, находящиеся в нервной трубке и окруженные пигментным колпачком.

Восприятие света у живых организмов различна: от простых светочувствительных клеток, в которых световые воздействия на зрительные пигменты трансформируются в нервный импульс до сложно устроенных глаз, способных к восприятию объемных образов в цветовом варианте.





Глаз страуса больше, чем его мозг.



Все птицы моргают нижним веком,
кроме совы - она моргает верхним.

Видимый свет для человека



Свет в водной среде

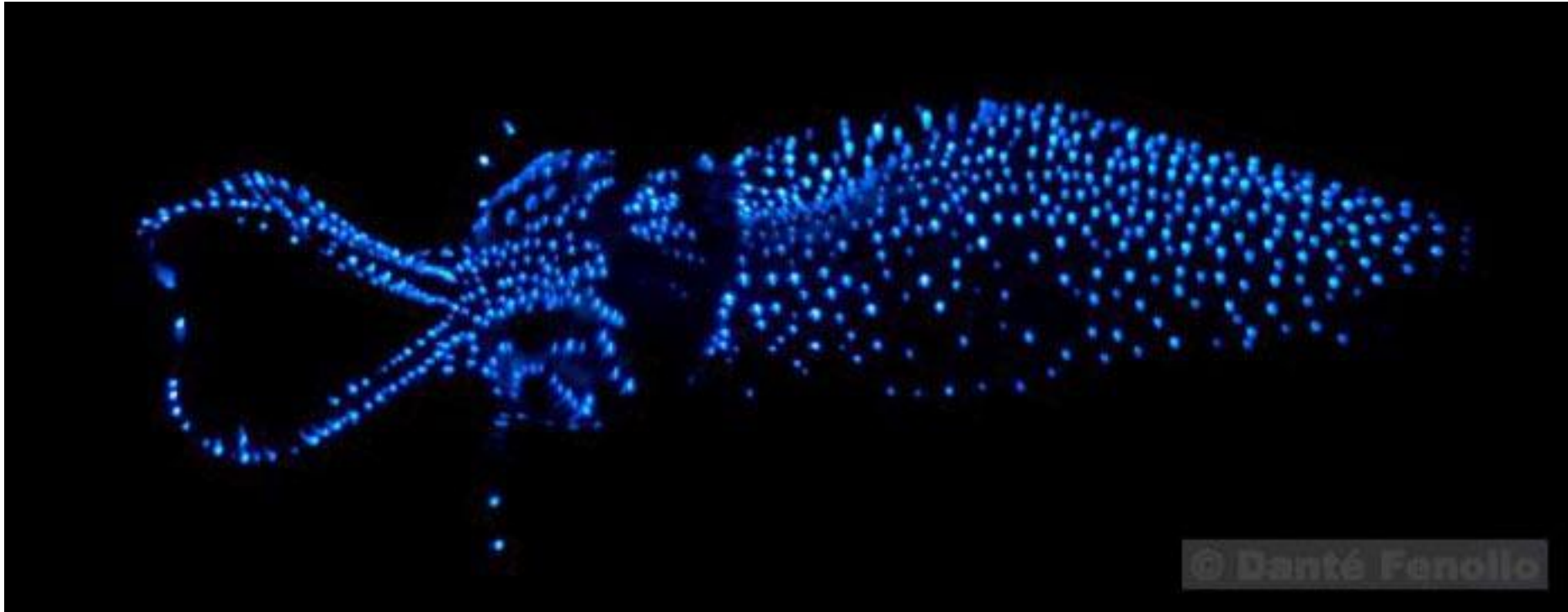


Опубликовано на Aquamagia.ru

Свет в водной среде

- Интенсивность освещения падает с глубиной.
- Известно, что на глубине 800-950 метров интенсивность света составляет около 1% полуденного освещения на поверхности.
- С глубиной меняется спектральный состав света. Глубже всего проникает коротковолновая часть – синие и голубые лучи.
- Порог зрительной чувствительности некоторых организмов приближается к 10^{-10} полуденного освещения.
- Увеличение глубины связано у одних видов с редукцией органов зрения, а у других – с развитием гипертрофированных глаз, способных воспринимать очень слабый свет.
- Наличие на больших глубинах светящихся организмов.

Светящиеся животные



У берегов Японии массовые свадьбы празднуют кальмары Ватазении. Тело кальмара длиной около 10 см вместе со щупальцами усеяно жемчужинками-фотофорами, которые освещают зону диаметром до 30 см.



Рыбы-удильщики: первый луч спинного плавника у них превращен в «удочку» со светящимся «червячком», представляющую собой железу, заполненную слизью с биолюминесцентными бактериями. Рыба может произвольно вызывать свечение бактерий, нуждающихся для этого в притоке кислорода, или прекращать его, сужая сосуды. Обычно свечение происходит в виде серии вспышек. Подманивая добычу, удильщик постепенно придвигает светящуюся приманку ко рту, пока не заглатывает жертву.

Продолжительность воздействия

- **Фотопериод** или продолжительность дня.
- Реакция организмов на изменение длины дня называется **фотопериодизмом**.
- Фотопериодизм наследственно закреплен. Проявляется в сочетании с другими факторами, например, температурой. Если в день X холодно, то растение зацветет позже.
- Способность организма определять время дня и года называют «биологическими часами».

Суточные ритмы

- **Суточная периодичность** – свойственная большинству видов растений и животных.
- Сформировалась под влиянием 3 факторов – вращения Земли вокруг своей оси, вращения Луны относительно Земли и перемещения звезд по небосводу. Первый фактор определяется солнечными сутками (24 часа), второй – лунными сутками (24,8 часа), третий – звездными (23,9 часа). Накладываясь друг на друга, эти факторы воспринимались организмами как ритмика, близкая, но не точно соответствующая 24-часовому периоду.
- Суточные ритмы называют циркадными, что в переводе означает близкие к суткам.

Суточные ритмы

- **Внутренние ритмы:** ни один физиологический процесс не осуществляется с одинаковой интенсивностью. Для нормальной жизнедеятельности любой организм должен переходить из состояния высокой физиологической активности в состояние относительного покоя. Если это не достигается, физиологические функции организма нарушаются.
- **Внешние ритмы:** не сопровождаются существенными отклонениями физиологических функций, а проявляются в основном изменениями двигательной активности.

Группы растений по типу фотопериодической реакции

- **Растения короткого дня:** для перехода к цветению требуется менее 12 ч светлого времени в сутки (капуста, хризантемы, табак, рис);
- **Растения длинного дня:** для цветения и дальнейшего развития им нужна продолжительность непрерывного светового периода более 12 ч в сутки (пшеница, лен, лук, картофель, овес, морковь);
- **Фотопериодически нейтральные:** длина фотопериода безразлична и цветение наступает при любой длине дня, кроме очень короткой (виноград, томаты, одуванчики, гречиха, флоксы и др.).

Сезонные, годовичные ритмы

- Наибольшую активность физиологические процессы имеют, как правило, в светлое, теплое время года, наименьшую - в темное, холодное время года.
- У растений сезонные биоритмы связаны с определенными сроками образования семян, формирования клубней и т.п.
- У большинства животных различные физиологические процессы проявляются сезонно: размножение, линька, спячка, миграции и т.д.
- Биологические циклы с окологодовой периодичностью - цирканые ритмы (от лат. *circa* – около, *annus* - год). Собственный ход цирканного ритма чаще всего бывает несколько меньше астрономического года.

Биоритмы у человека

- У человека свыше 300 физиологических процессов, которые протекают в суточном ритме.
- Примером сезонных биоритмов является выработка максимального количества тестерона в крови осенью.
- Индивидуальные ритмы.

Три категории:

- "жаворонки" (20 - 25%): обладают повышенной работоспособностью в утреннее время, раньше ложатся спать и раньше просыпаются;
- "совы" (30 - 40%): обладают повышенной работоспособностью в вечернее время, позже ложатся спать и позже встают;
- "голуби" (30 - 50%): работоспособность сохраняется в течение дня, могут ложиться спать и вставать в любое время суток.

Фототропизм

- Способность растений поворачиваться в сторону источника света.
- Фототропические явления вызываются перераспределением особых ростовых веществ - ауксинов, вырабатываемых верхушкой стебля и корня.
- Фототропическая реакция подчиняется «закону количества раздражения»: важны не фактическая интенсивность света и не продолжительность освещения, а произведение интенсивности на продолжительность.
- Экологическое значение фототропизма: для стеблей и листьев важно занять такое положение, при котором растение будет получать оптимальное количество света.

Фототропизм

- **Положительный фототропизм** — изгиб стебля в сторону источника света.
- **Плагиотропизм** или **диатропизм** — пластинки листьев оказываются расположенными под углом к падающему свету.
- **Отрицательный фототропизм** — изгиб от источника света: поведение стеблей плюща.

Фототропизм

Листовая мозаика — явление, при котором листья расположены в пространстве таким образом, что их пластинки не затеняют друг друга. Листовая мозаика позволяет растению более рационально использовать падающий на него солнечный свет.



Фототаксис

- Способность организмов, обладающих свободным движением (жгутиковые, пурпурные бактерии и др.), перемещаться по направлению к источнику света.



Фототаксис

Перемещение взвешенных в цитоплазме хлоропластов под влиянием света: в темноте хлоропласты располагаются более или менее равномерно; при слабом освещении они перемещаются на освещенную стенку клетки, а при сильном солнечном свете хлоропласты переходят на боковые стенки и свет падает на грани.

