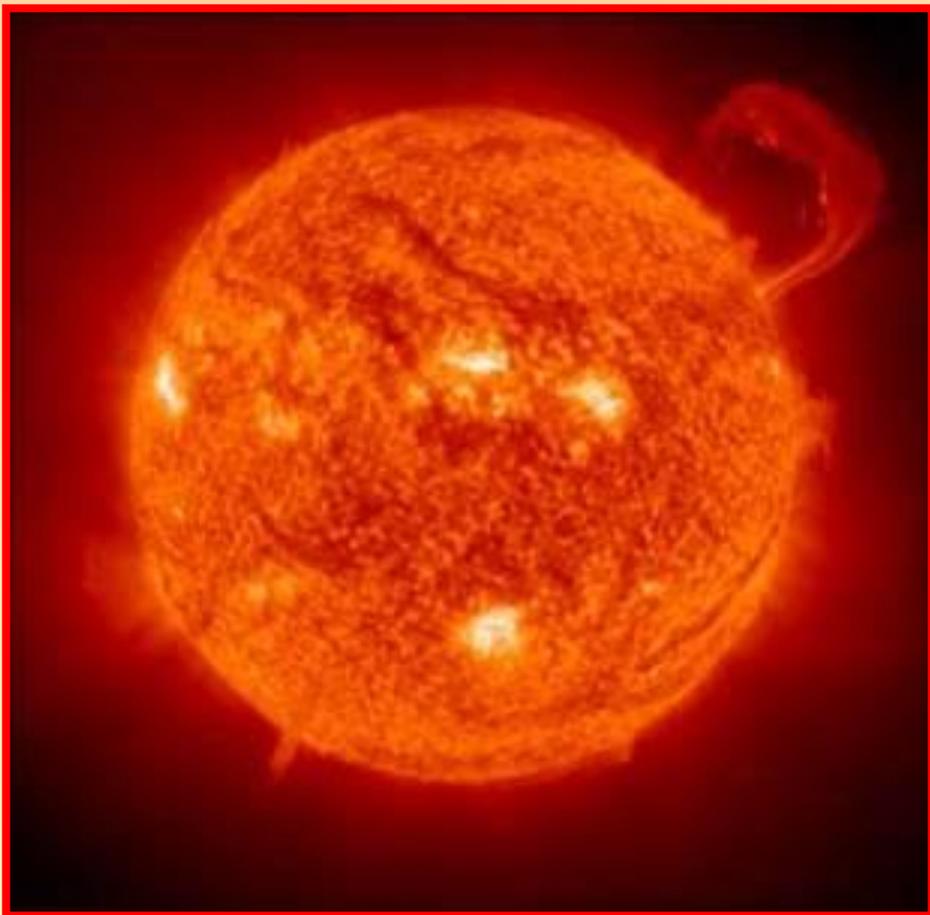


СОЛНЦЕ

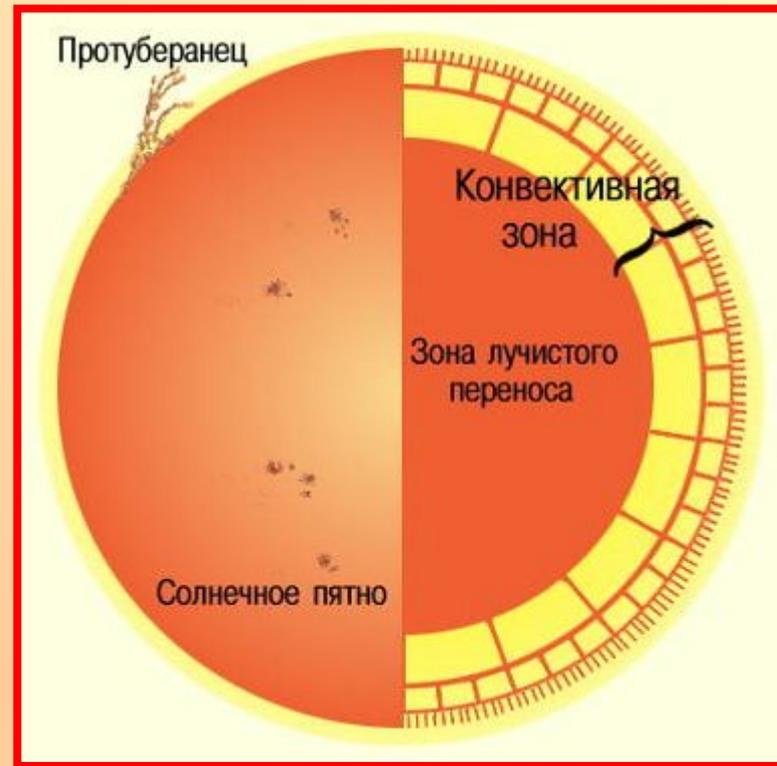
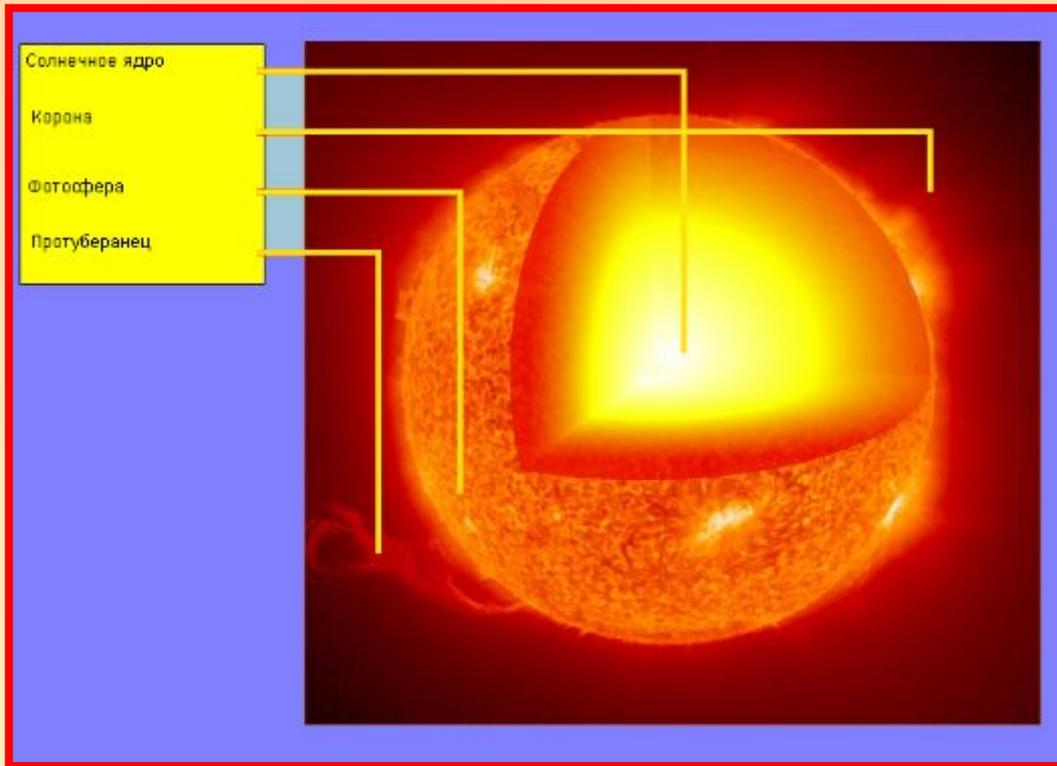


Атмосфера Солнца



**Солнце – раскалённый
плазменный шар**

Строение Солнца



На расстоянии до $1/3$ радиуса от центра Солнца располагается **зона ядерных реакций**. Далее до $2/3$ радиуса располагается **зона переноса лучистой энергии**. А над ней до поверхности – **конвективная зона**. Выше простирается атмосфера Солнца.

Атмосфера Солнца



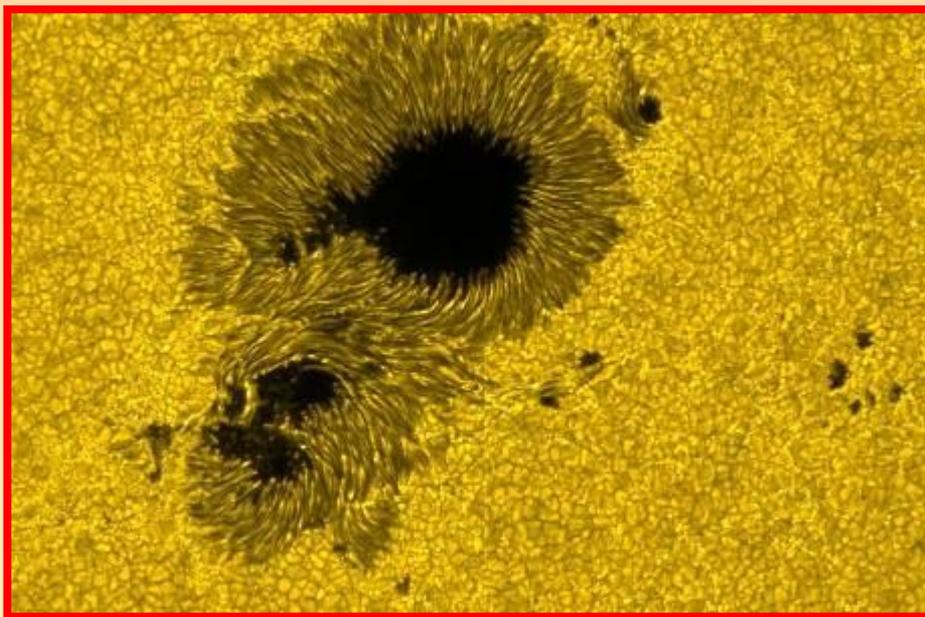
**В атмосфере Солнца
выделяют 3 основных
слоя:**

- Фотосфера
- Хромосфера
- Корона

Фотосфера

Фотосфера (слой, излучающий свет) достигает толщины ≈ 320 км и образует видимую поверхность Солнца. Из фотосферы исходит основная часть видимого излучения Солнца. Температура в фотосфере достигает в среднем 5800 К. Здесь средняя плотность газа составляет $\approx 10^{-4}$ кг/м³, а температура по мере приближения к внешнему краю фотосферы уменьшается до 4800 К. Водород при таких условиях сохраняется почти полностью в нейтральном состоянии. Фотосфера образует видимую поверхность Солнца, от которой определяются размеры Солнца, расстояние от поверхности Солнца и т. д.

Вся фотосфера Солнца состоит из светлых зернышек, которые называют **гранулами**. Размеры гранул невелики, 1000–2000 км, расстояние между ними 300–600 км. На Солнце наблюдается одновременно около миллиона гранул. Каждая гранула существует несколько минут. Гранулы окружены темными промежутками, как бы сотами. В гранулах вещество поднимается, а вокруг них – опускается. Грануляция – проявление конвекции в более глубоких слоях Солнца.



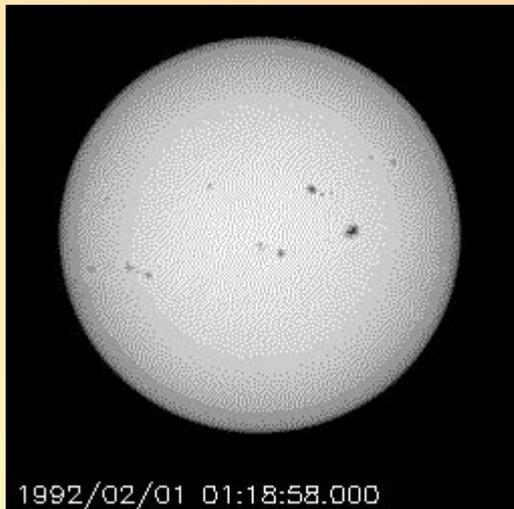
Пятна –это более холодные области фотосферы. Температура пятен около 3500-4000 К, поэтому на ярком фоне фотосферы они кажутся темнее. Образование пятен связано с магнитным полем Солнца. Пятна – это конические воронки глубиной 300–400 км.

Небольшие пятна имеют в поперечнике несколько тысяч километров. Размеры крупных пятен достигают 100 000 км.

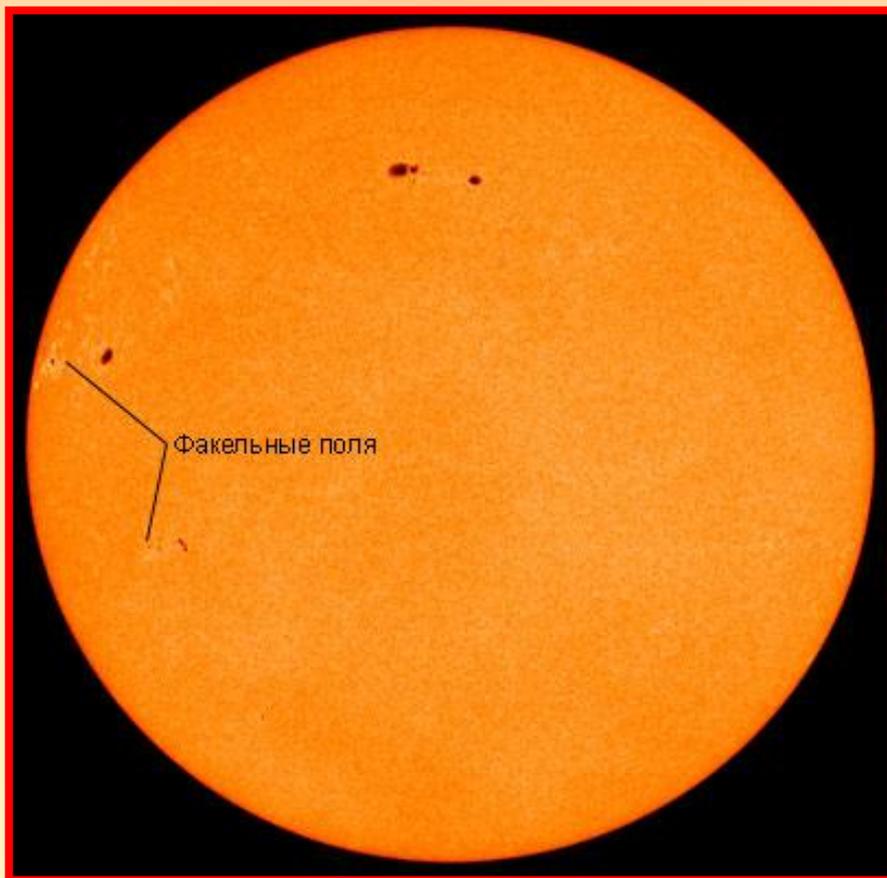
Такие пятна существуют около месяца.



Перемещение пятен по диску Солнца



По положению пятен на Солнце заметили, что оно вращается не как твердое тело. Пятна в области экватора вращаются быстрее, чем пятна области средних широт. Солнце вращается вокруг своей оси в направлении движения планет вокруг него. В области экватора период вращения Солнца составляет около 25 суток, а вблизи полюсов – 32 дня.



Пятна на Солнце часто бывают окружены светлыми зонами, называемыми факелами. **Факелы** – это выбросы более плотного и горячего вещества. Они "горячее" атмосферы примерно на 2000 К и имеют ячеистую структуру (величина каждой ячейки – около 30 000 км). Часто встречаются факельные поля, внутри которых пятен нет.

Хромосфера

Хромосфера – внешняя оболочка Солнца толщиной около 10 000-14 000 км, окружающая фотосферу. Верхняя граница хромосферы не имеет выраженной гладкой поверхности, из неё постоянно происходят горячие выбросы, называемые **спикулами. Температура хромосферы увеличивается с высотой от 4000 до 20–50 000 градусов.**



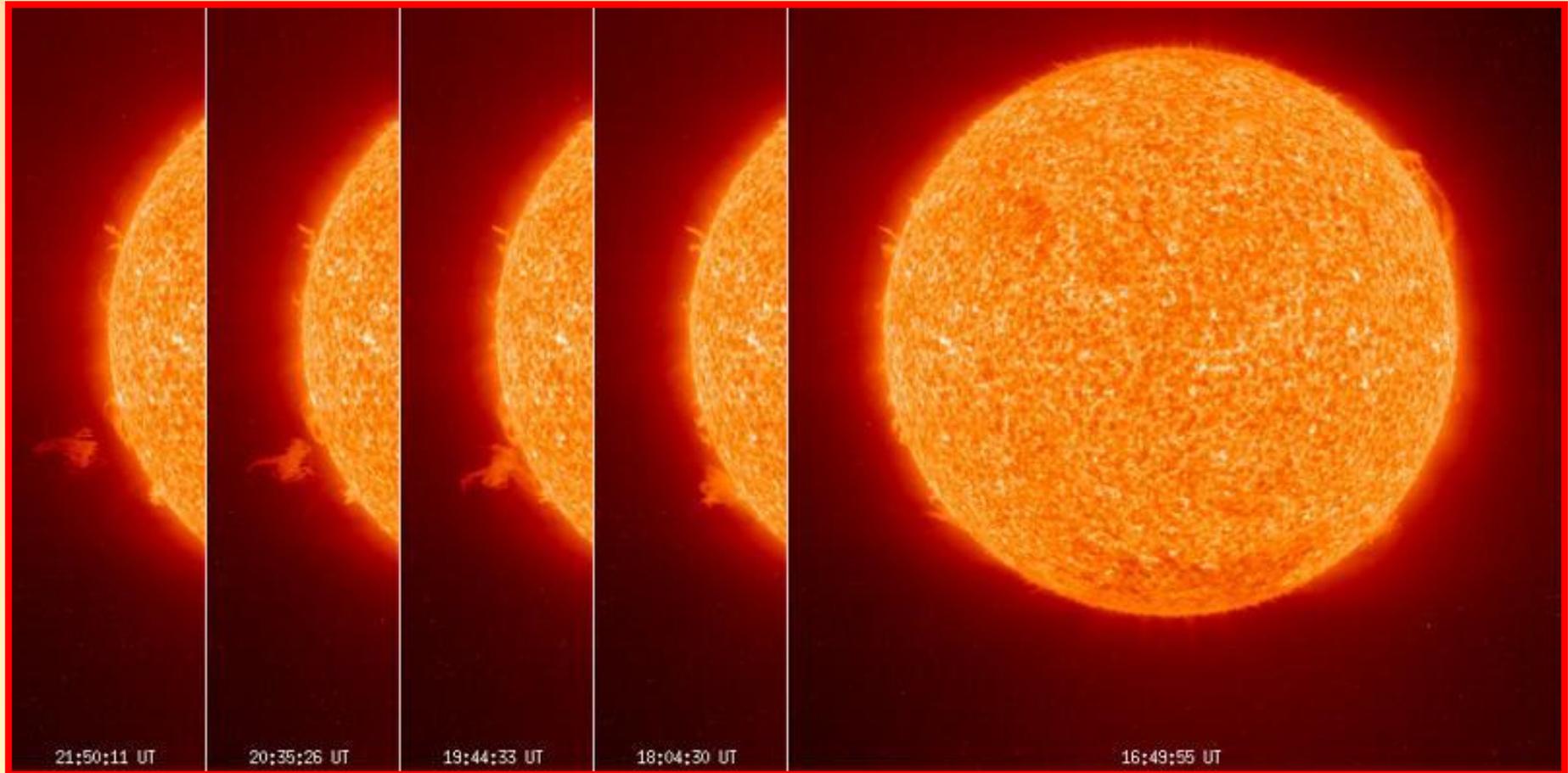
Спикулы в хромосфере. Фотография сделана с использованием фильтра.

Плотность хромосферы невелика, поэтому яркость её недостаточна, чтобы наблюдать её в обычных условиях. Во время полных



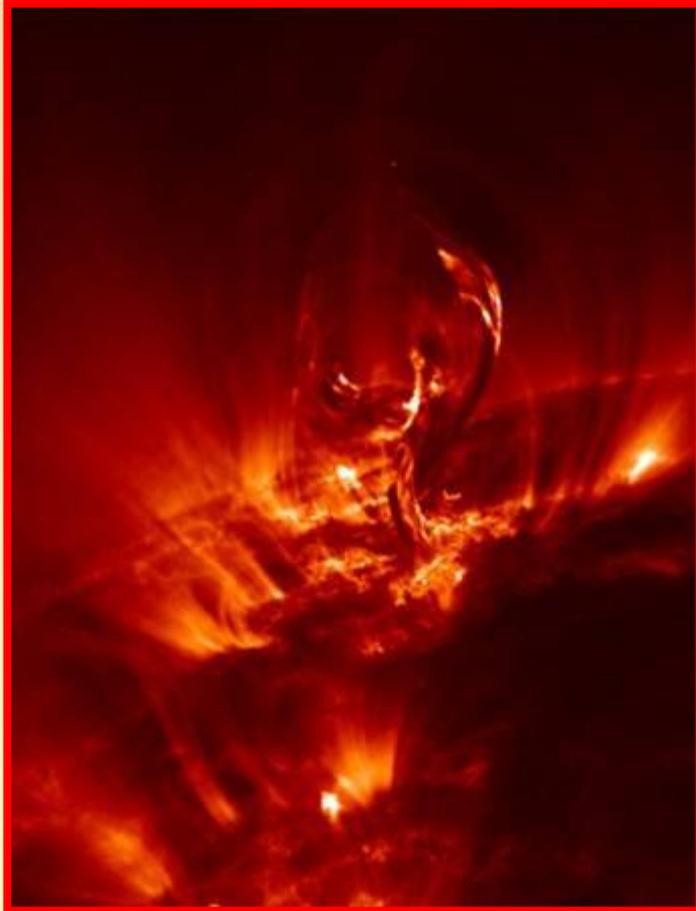
солнечных затмений, когда Луна полностью закрывает фотосферу, хромосфера вспыхивает, как небольшое кольцо ярко-красного цвета, окруженное жемчужно-белой короной. Её можно также наблюдать в любое время с помощью специальных узкополосных оптических фильтров.

Гранулы создают общий фон, на котором можно наблюдать несравненно более масштабные образования, такие, как протуберанцы, факелы, солнечные пятна и др.

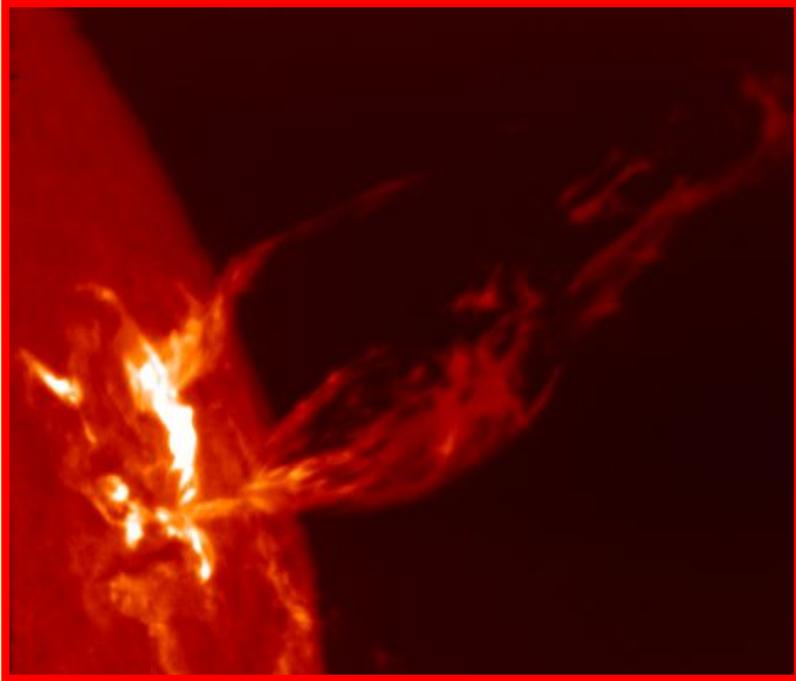


Развитие протуберанца

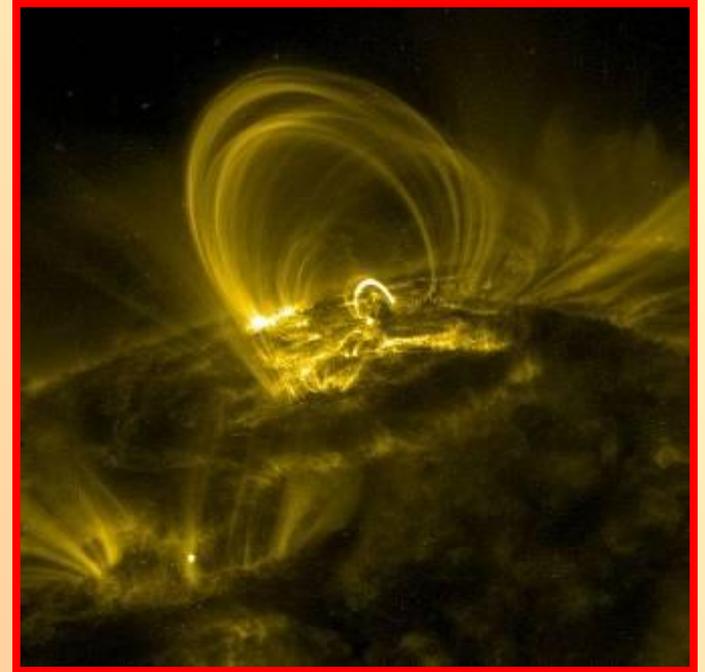
Плотность и температура протуберанцев такая же, как и вещества хромосферы, но на фоне горячей короны протуберанцы – холодные и плотные образования.



Температура протуберанцев около 20 000 К. Некоторые из них существуют в короне несколько месяцев. Другие, появляющиеся рядом с пятнами, быстро движутся со скоростями около 100 км/с и существуют несколько недель. Отдельные протуберанцы движутся с еще большими скоростями и внезапно взрываются; они называются эруптивными.



**Протуберанец
I типа**



**Протуберанец
II типа**



**Протуберанец
III типа**

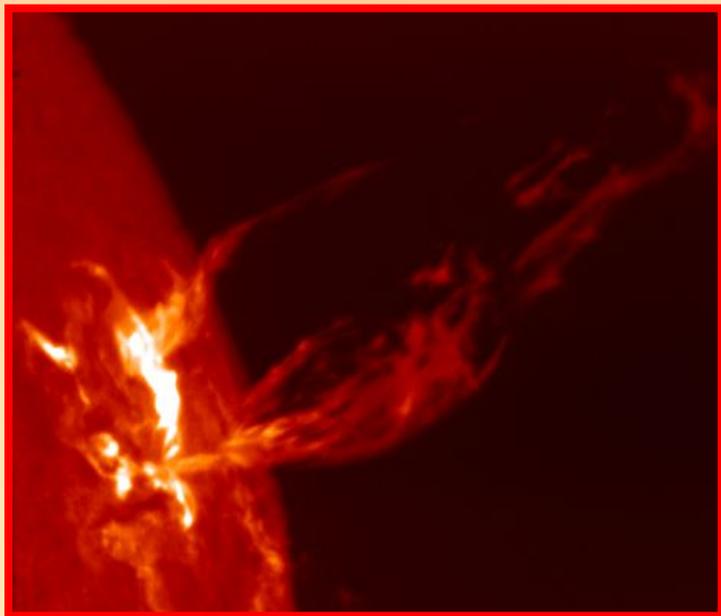
Корона



Корона – последняя внешняя оболочка Солнца. Несмотря на её очень высокую температуру, от 600 000 до 5 000 000 градусов, она видна невооружённым глазом только во время полного солнечного затмения, так как плотность вещества в короне мала, а потому невелика и её яркость. Необычайно интенсивный нагрев этого слоя вызван, по-видимому, магнитным эффектом и воздействием ударных волн. Форма короны меняется в зависимости от фазы цикла солнечной активности: в периоды максимальной активности она имеет округлую форму, а в минимуме – вытянута вдоль солнечного экватора.

Поскольку температура короны очень велика, она интенсивно излучает в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах. Эти излучения не проходят сквозь земную атмосферу, но в последнее время появилась возможность изучать их с помощью космических аппаратов. Излучение в разных областях короны происходит неравномерно. Существуют горячие активные и спокойные области, а также **корональные дыры с относительно невысокой температурой в 600 000 градусов, из которых в пространство выходят магнитные силовые линии. Это позволяет частицам беспрепятственно покидать Солнце, поэтому солнечный ветер испускается в основном из корональных дыр.**

Солнечный ветер



Корональное извержение массы на Солнце. Струи плазмы вытянуты вдоль арок магнитного поля

Из внешней части солнечной короны истекает **солнечный ветер** – поток ионизированных частиц (в основном протонов, электронов и α -частиц), имеющий скорость 300-1200 км/с и распространяющийся, с постепенным уменьшением своей плотности, до границ гелиосферы.

Многие природные явления на Земле связаны с возмущениями в солнечном ветре, в том числе геомагнитные бури и полярные сияния.

Солнечная активность

Комплекс явлений, вызванных генерацией сильных магнитных полей на Солнце, называют **солнечной активностью. Эти поля проявляются в фотосфере как солнечные пятна и вызывают такие явления, как солнечные вспышки, генерацию потоков ускоренных частиц, изменения в уровнях электромагнитного излучения Солнца в различных диапазонах, корональные извержения массы, возмущения солнечного ветра и т. д.**

С солнечной активностью связаны также изменения геомагнитной активности: полярные сияния, магнитные бури, нарушения радиосвязи на коротковолновом диапазоне.

Одним из наиболее распространённых показателей уровня солнечной активности является **число Вольфа**, связанное с количеством солнечных пятен на видимой полусфере Солнца. Общий уровень солнечной активности меняется с характерным периодом, примерно равным **11 годам** (так называемый «**цикл солнечной активности**» или «**одиннадцатилетний цикл**»). Этот период выдерживается неточно и в 20 веке был ближе к 10 годам, а за последние 300 лет варьировался примерно от 7 до 17 лет.

