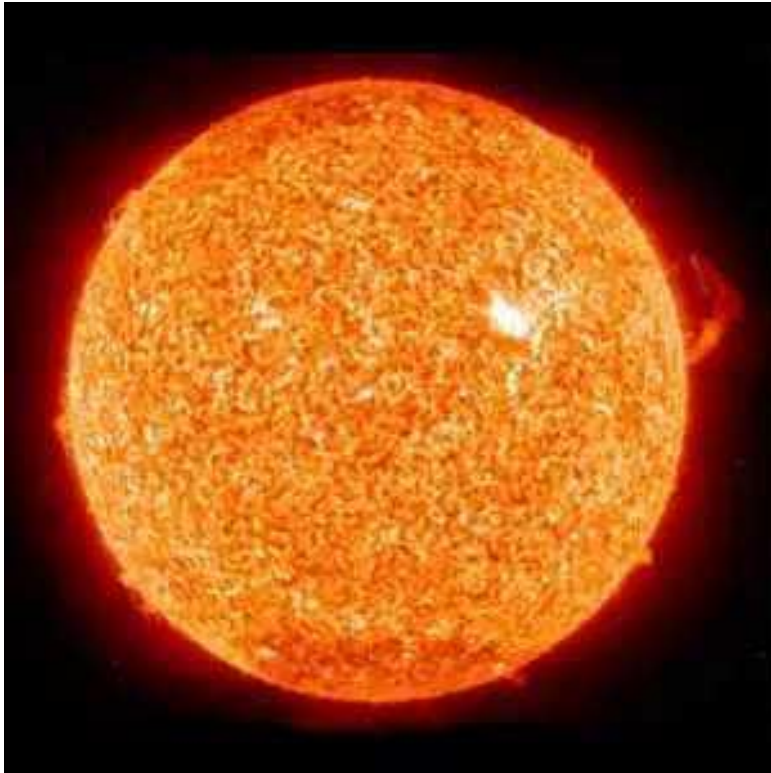




**§ 18. АТМОСФЕРА СОЛНЦА.  
СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ**

# Атмосфера Солнца

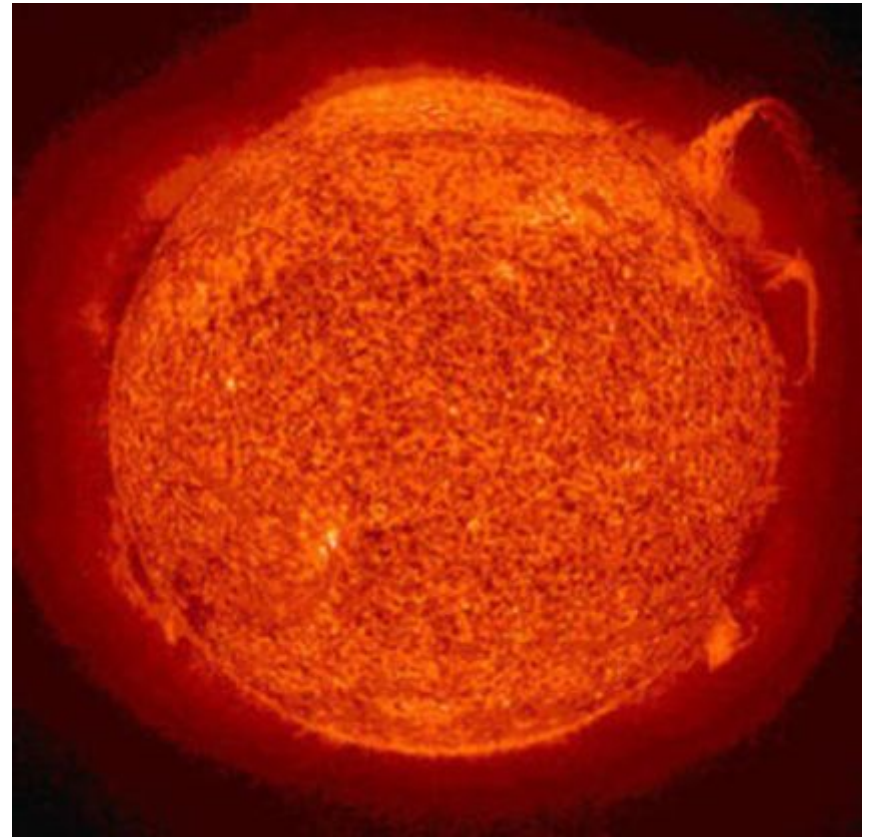
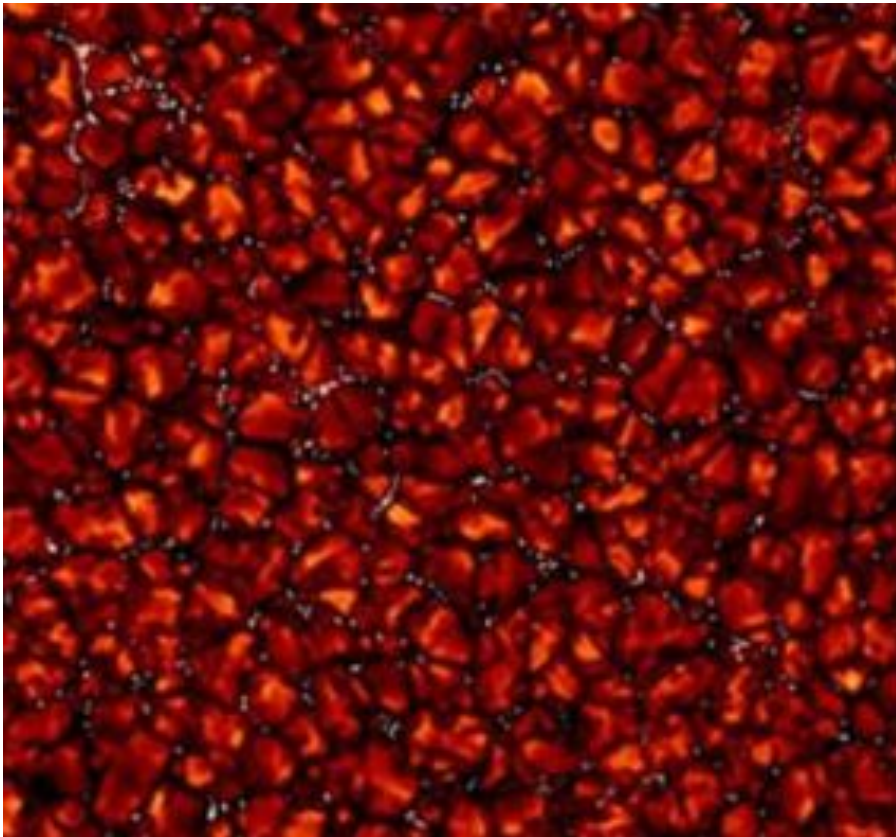


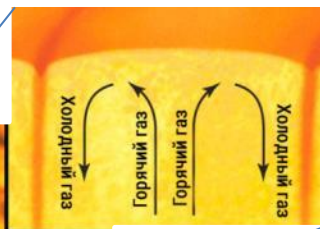
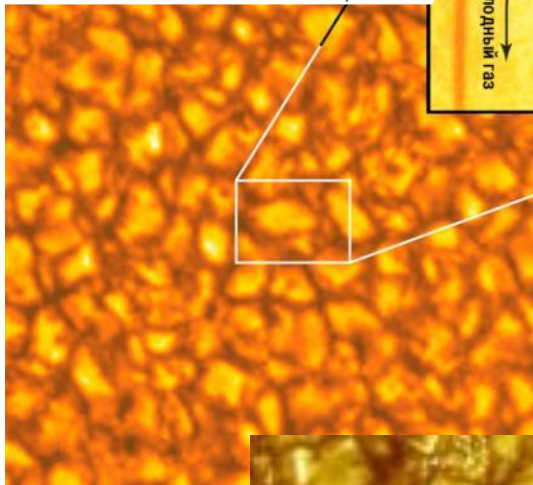
**Фотосфера** – самый нижний слой атмосферы Солнца, в котором температура довольно быстро убывает от 8000 до 4000 К.



Следствием конвективного движения вещества в верхних слоях Солнца является своеобразный вид фотосферы – **грануляция**.

Фотосфера как бы состоит из отдельных зерен – **гранул**, размеры которых составляют в среднем несколько сотен (до 1000) километров.

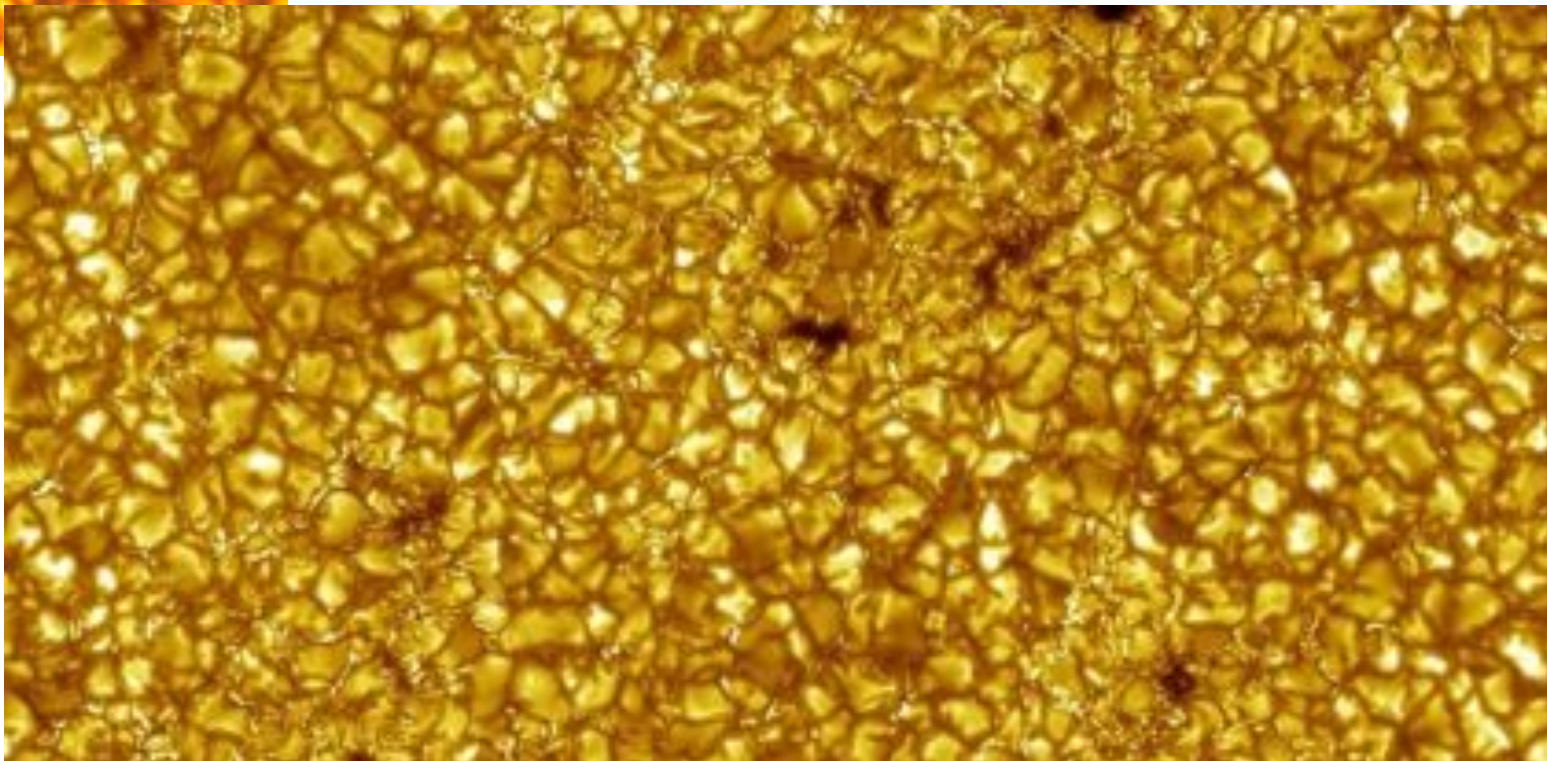




**Гранула** – это поток горячего газа, поднимающийся вверх.

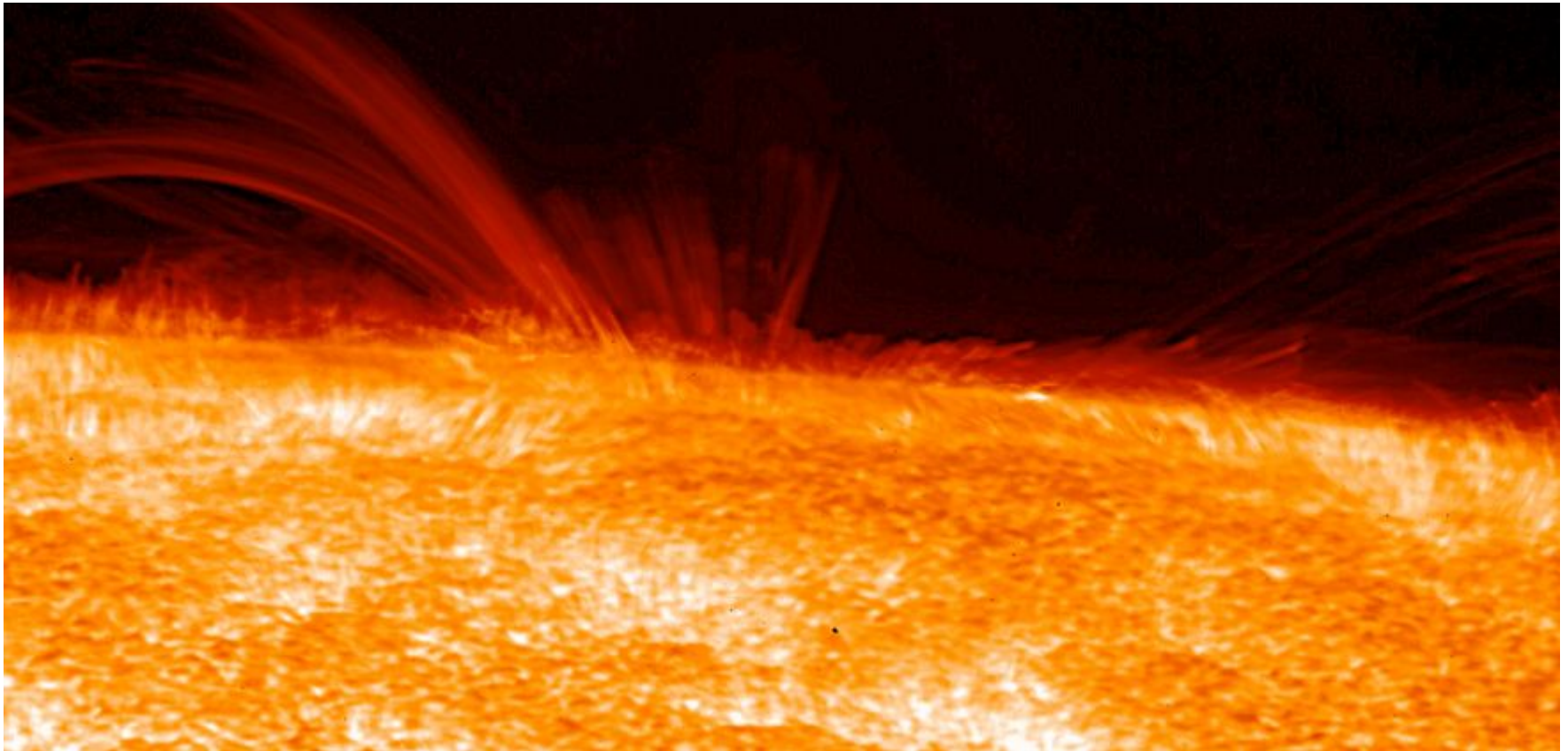
В темных промежутках между гранулами находится более холодный газ, опускающийся вниз.

Каждая гранула существует всего 5–10 мин, затем на ее месте появляется новая, которая отличается от прежней по форме и размерам.



Вещество фотосферы нагревается за счет энергии, поступающей из недр Солнца, а излучение, которое уходит в межпланетное пространство, уносит энергию, поэтому **наружные слои фотосферы охлаждаются**.

В самых верхних слоях фотосферы в условиях минимальной для Солнца температуры оказывается возможным существование нейтральных атомов водорода и даже простейших молекул и радикалов  $H_2$ ,  $OH$ ,  $CH$ .

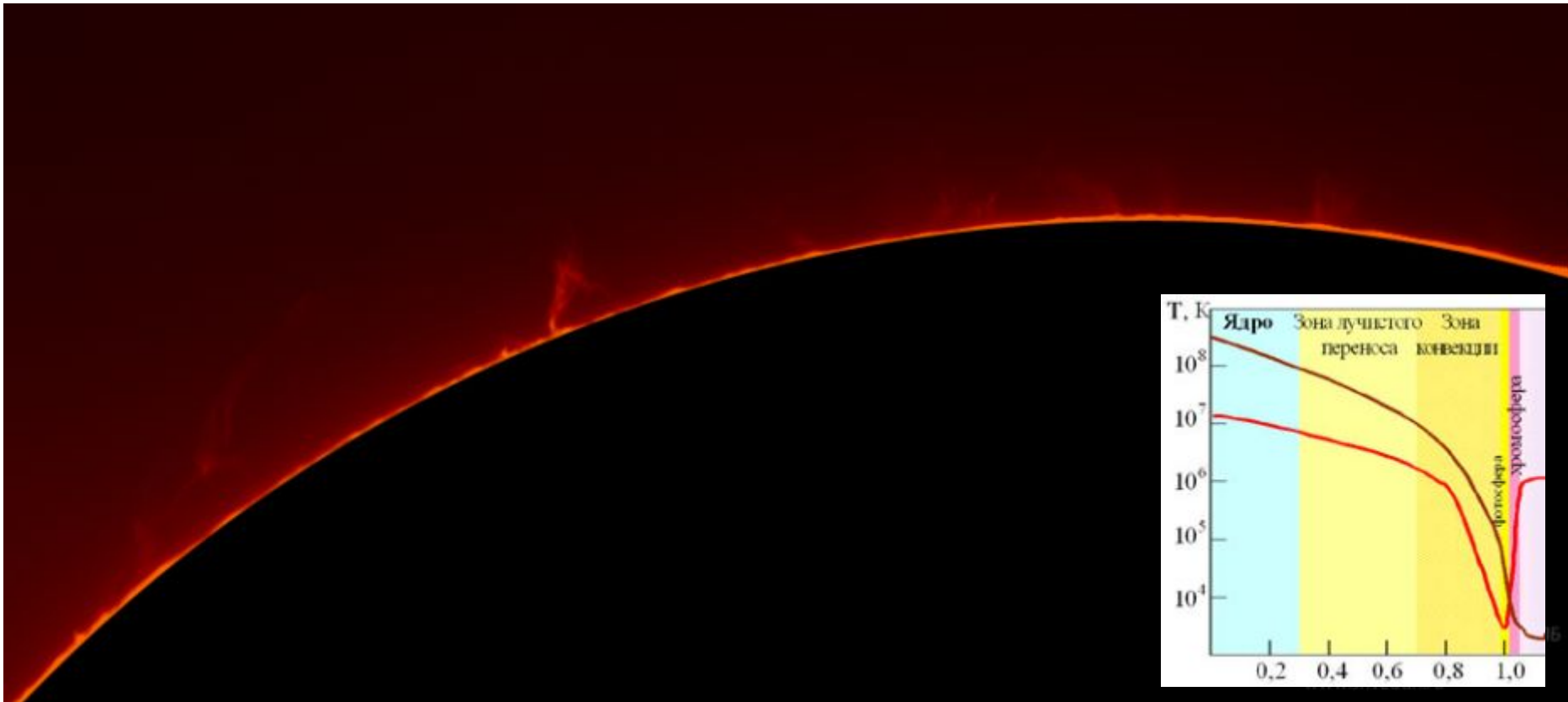




Над фотосферой располагается **хромосфера** («сфера цвета»).

Красновато-фиолетовое кольцо хромосферы можно видеть в те моменты, когда диск Солнца закрыт Луной во время полного солнечного затмения.

В хромосфере вещество имеет температуру в 2–3 раза выше, чем в фотосфере. Здесь, как и внутри Солнца, оно представляет собой плазму, только меньшей плотности.

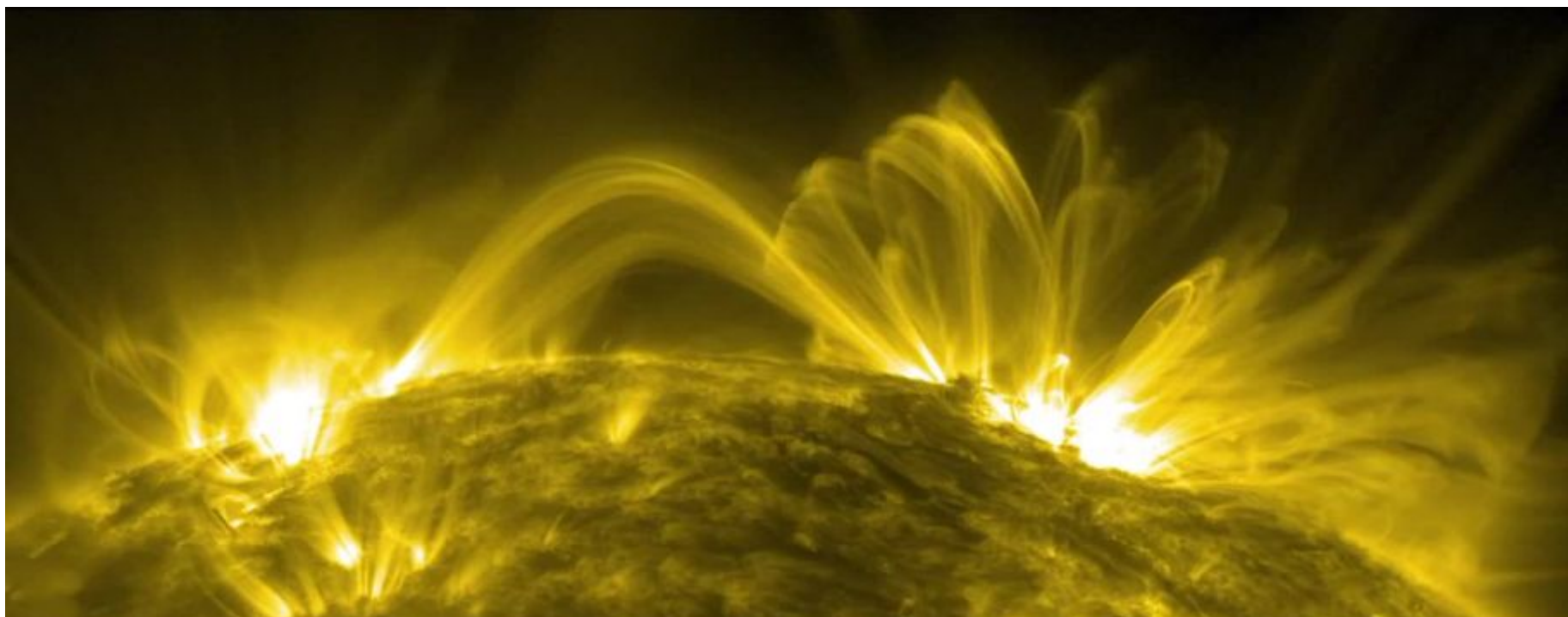




Толщина хромосферы 10–15 тыс. км, а далее на миллионы километров (несколько радиусов Солнца) простирается **солнечная корона**.

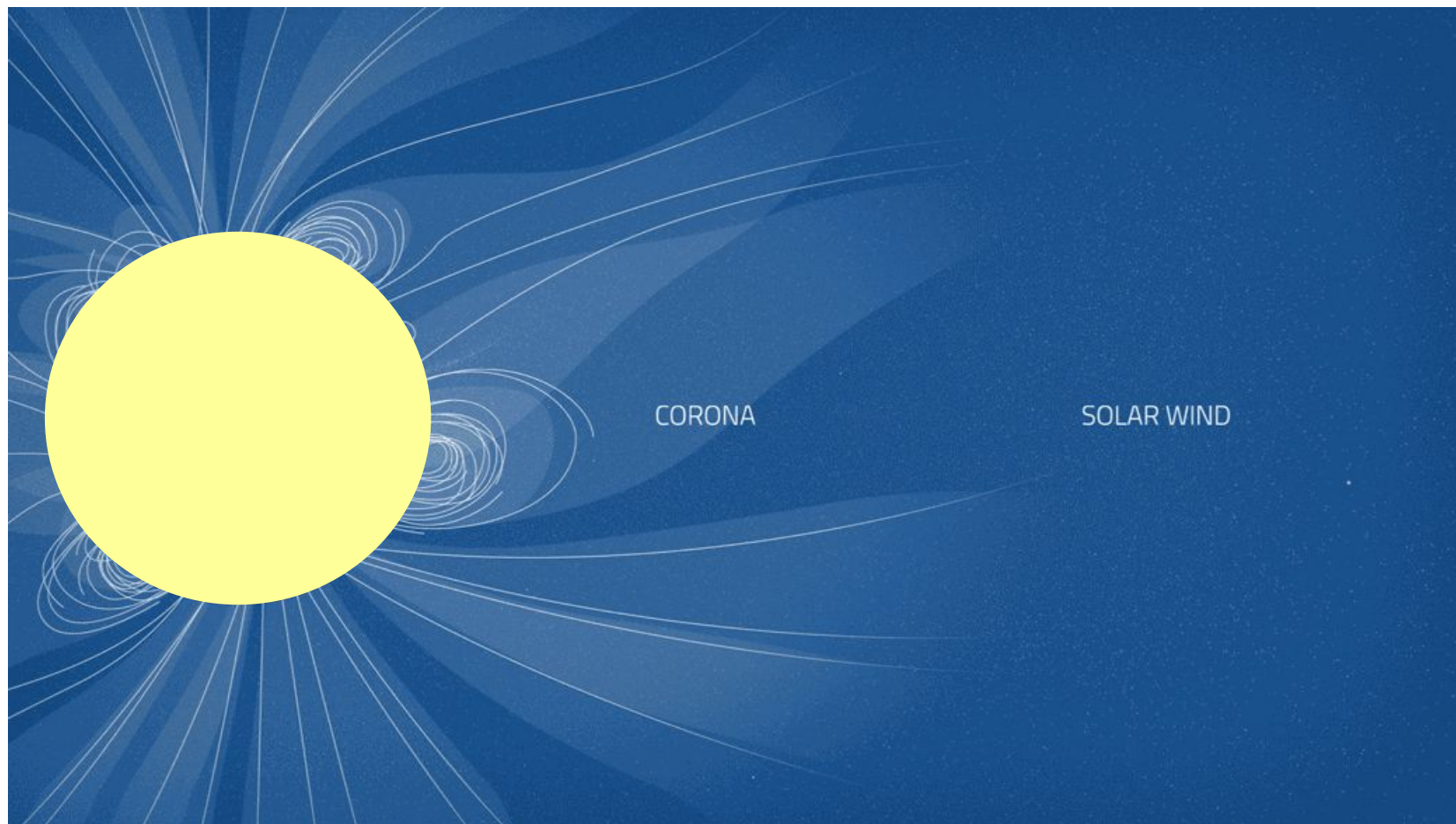
**Температура короны** резко возрастает по сравнению с температурой хромосферы и достигает **2 млн К**.

Для короны, которую можно наблюдать во время полных солнечных затмений как жемчужно-серебристое сияние, характерна лучистая структура с множеством сложных деталей – дуг, шлемов и т. д.





Плотность вещества по мере удаления от Солнца постепенно уменьшается, но потоки плазмы из короны («солнечный ветер») растекаются по всей планетной системе. Скорость этих потоков в окрестностях Земли обычно составляет 400–500 км/с, но у некоторых может достигать 1000 км/с.



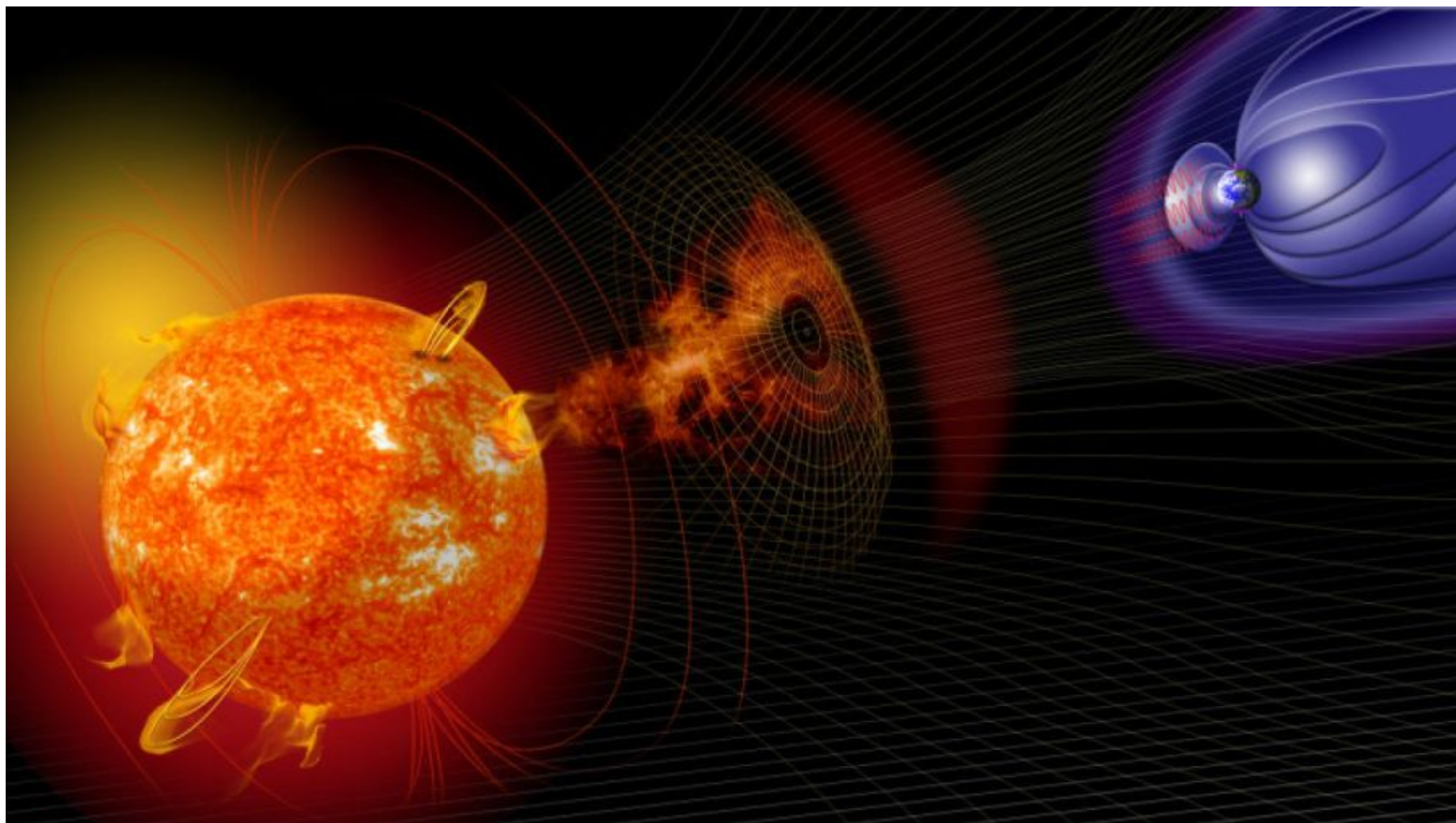
Основными составляющими солнечного ветра являются протоны и электроны, значительно меньше альфа-частиц (ядер гелия) и других ионов.

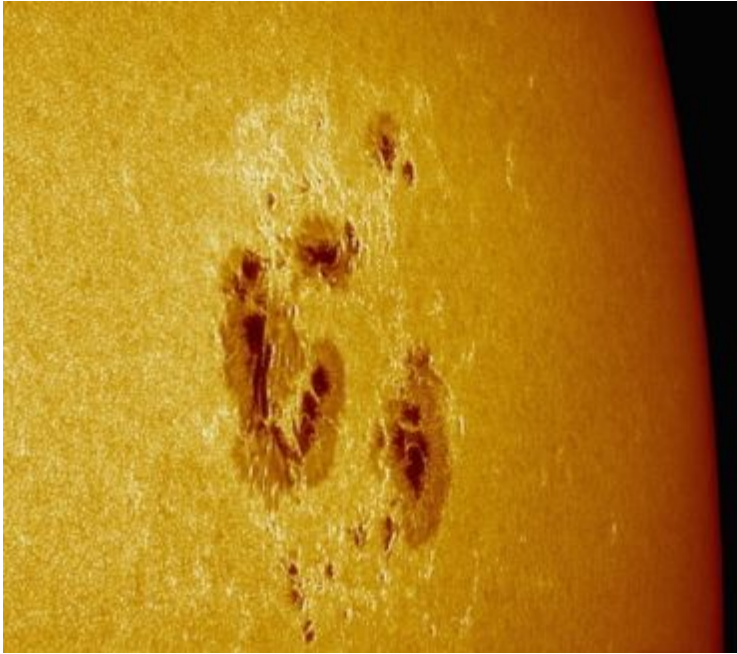
Солнечный ветер порождает не только на Земле, но и на других планетах Солнечной системы, обладающих магнитным полем, такие явления, как **магнитосфера**, **полярные сияния** и **радиационные пояса**.



# Солнечная активность

В атмосфере Солнца наблюдаются многообразные проявления **солнечной активности**, характер протекания которых определяется поведением солнечной плазмы в магнитном поле – **пятна**, **вспышки**, **протуберанцы**, **корональные выбросы** и т. п.

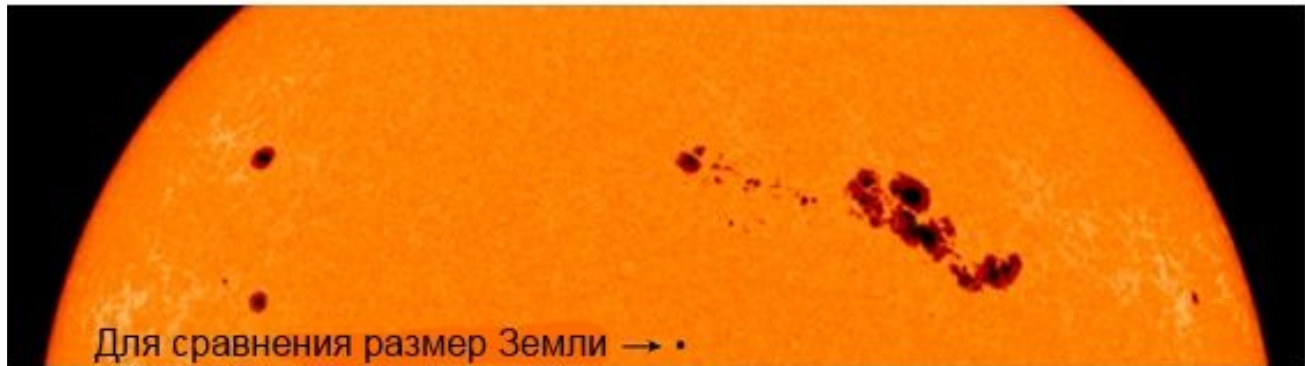
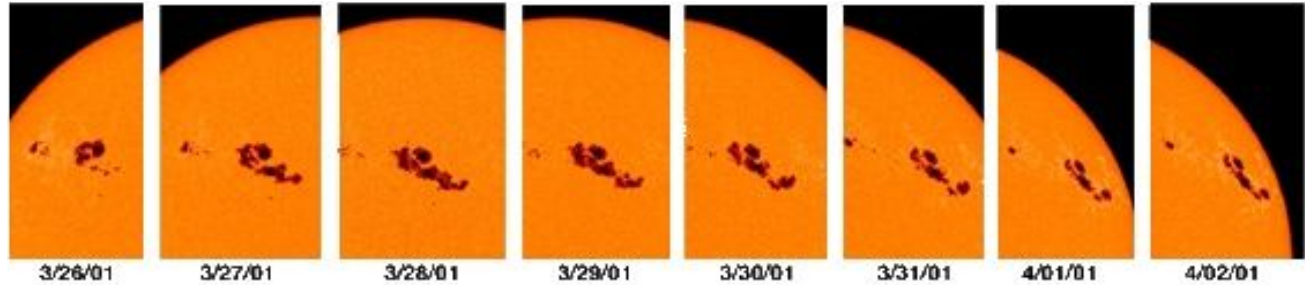
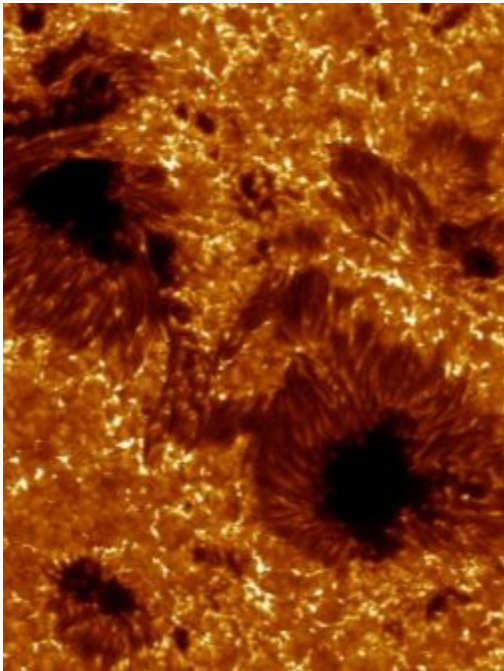


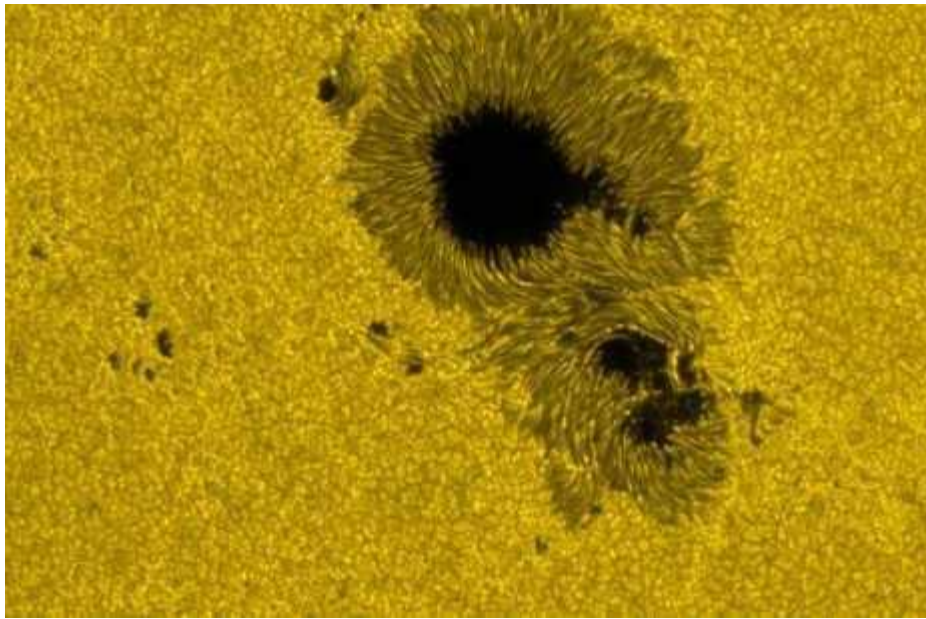


**Солнечные пятна** были открыты в начале XVII в. во время первых наблюдений при помощи телескопа.

По изменению положения пятен на диске Солнца было обнаружено, что оно вращается.

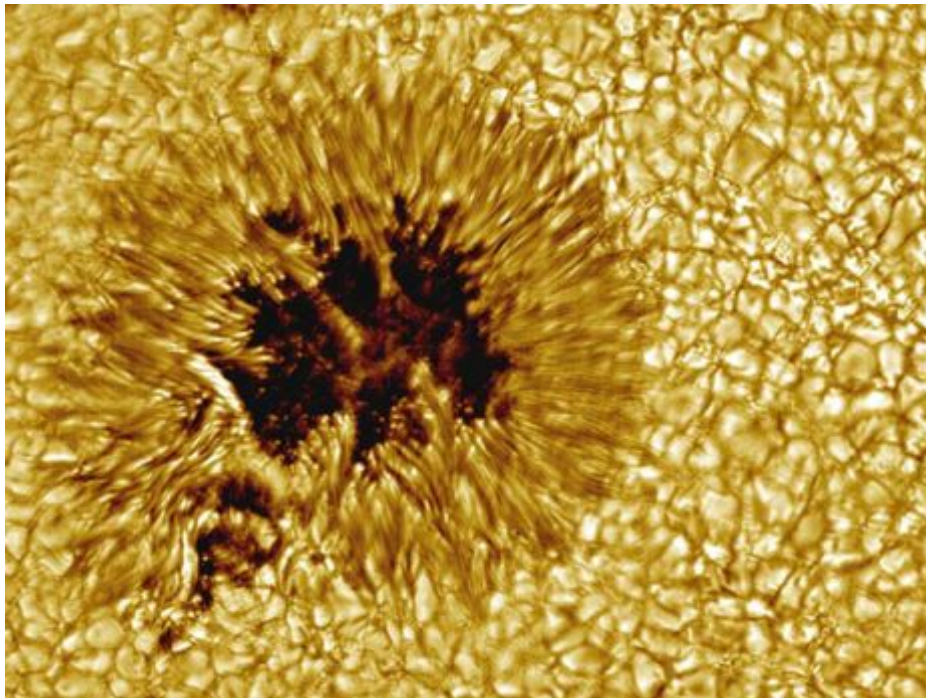
Наблюдения показали, что угловая скорость вращения Солнца убывает от экватора к полюсам, а время полного оборота вокруг оси возрастает с 25 суток (на экваторе) до 30 (вблизи полюсов).





Пятна появляются в тех сравнительно небольших областях фотосферы Солнца, где магнитное поле усиливается в несколько тысяч раз по сравнению с общим фоном.

Сначала пятна наблюдаются как маленькие темные участки диаметром 2000–3000 км.



Большинство из них в течение суток пропадают, однако некоторые увеличиваются в десятки раз.

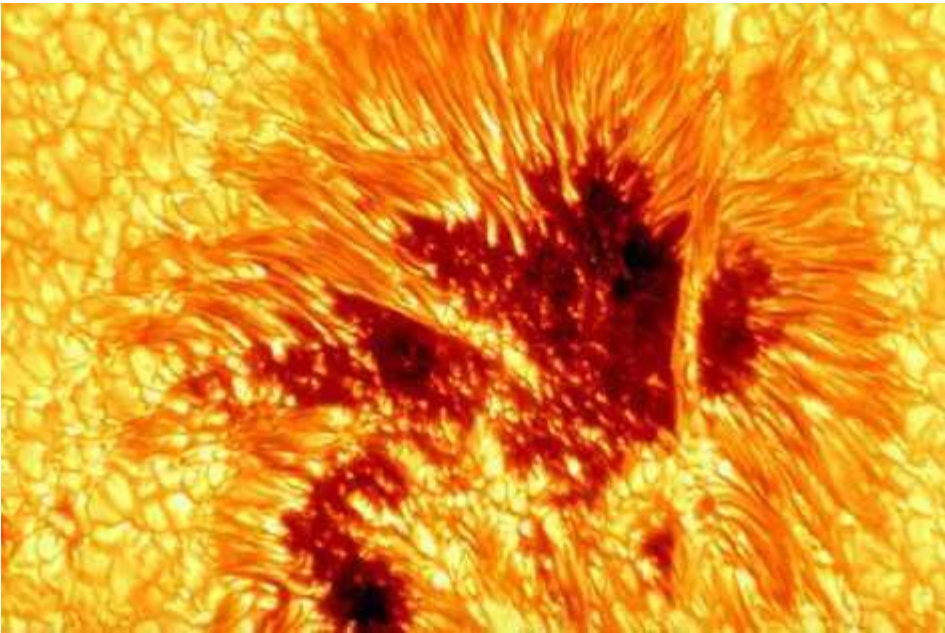
У крупных пятен вокруг наиболее темной центральной части (ее называют **тень**) наблюдается менее темная **полутень**.



В центре пятна температура вещества снижается примерно до 4000 К.

Понижение температуры в районе пятна связано с действием магнитного поля, которое нарушает нормальную конвекцию и препятствует притоку энергии снизу.

Вблизи пятен, где магнитное поле слабее, конвективные движения усиливаются, и появляются хорошо заметные яркие образования – **факелы**.





Наиболее крупными по своим масштабам проявлениями солнечной активности являются наблюдаемые в солнечной короне **протуберанцы** – огромные по объему облака газа, масса которых может достигать миллиардов тонн.

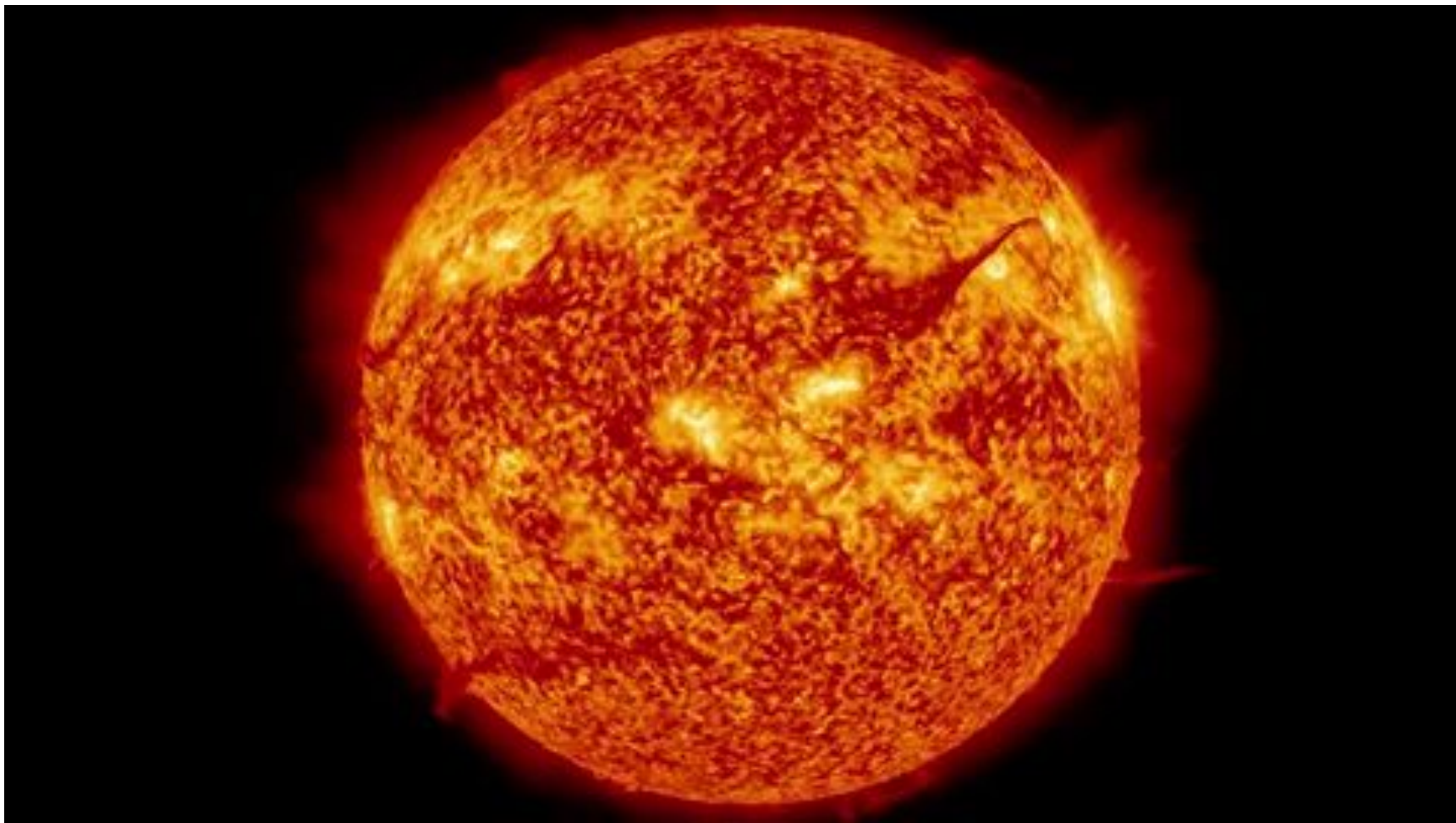
Они медленно меняют свою форму и могут существовать в течение нескольких месяцев.





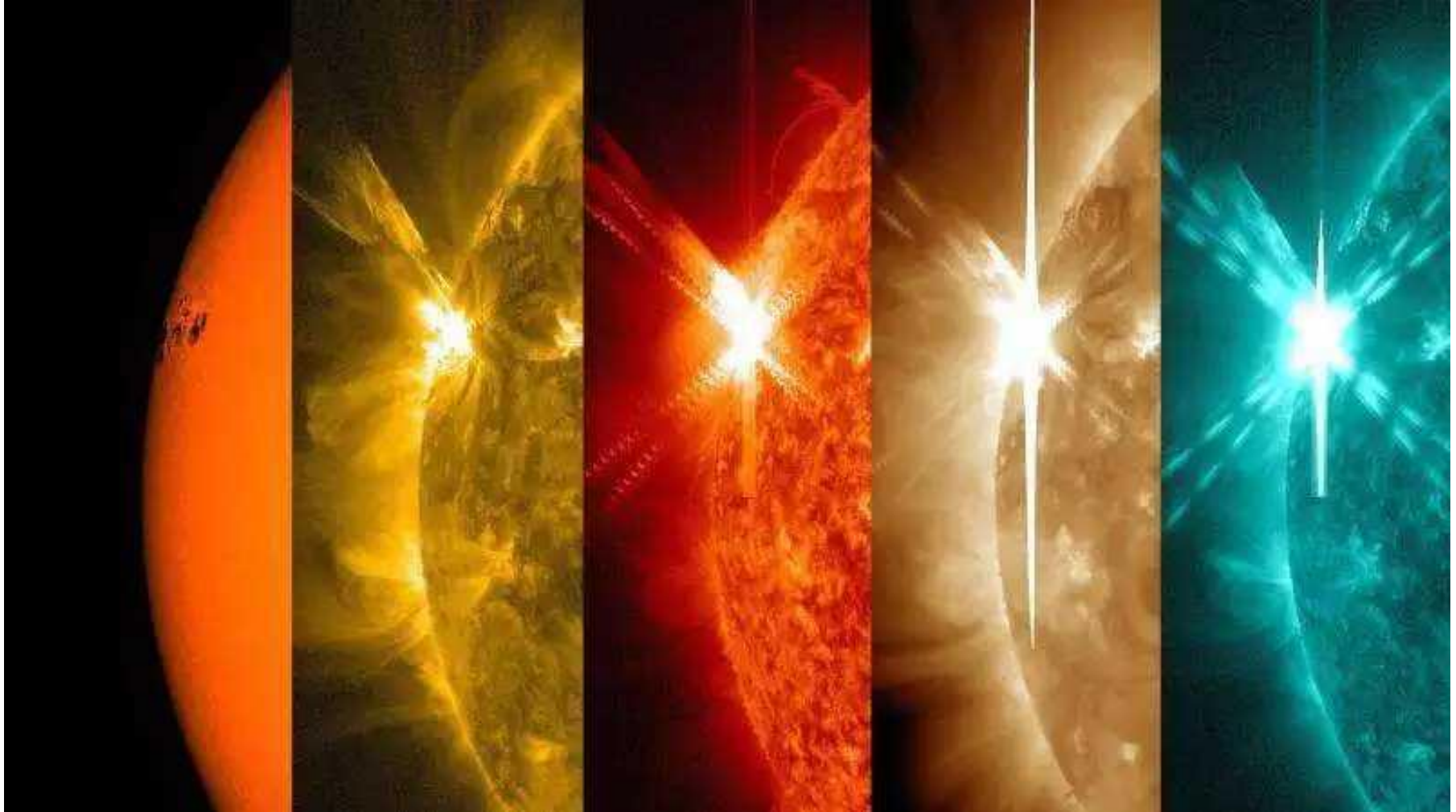
Порой отдельные части протуберанцев быстро устремляются вверх со скоростями порядка нескольких сотен километров в секунду и поднимаются на огромную высоту (до 1 млн км), что превышает радиус Солнца.

Оказалось, что происходит это во время вспышек.



Самыми мощными проявлениями солнечной активности являются **вспышки**, в процессе которых за несколько минут иногда выделяется энергия до  $10^{25}$  Дж (такова энергия примерно миллиарда атомных бомб).

Продолжительность вспышек обычно около часа, а слабые длятся всего несколько минут.





**Вспышка** – это взрыв, вызванный внезапным сжатием солнечной плазмы.

Солнечная плазма в области вспышки может нагреваться до температуры порядка 10 млн К.

Возрастает кинетическая энергия выбросов веществ, движущихся в короне и уходящих в межпланетное пространство со скоростями до 1000 км/с.

Потоки плазмы, обусловленные солнечными вспышками и корональными выбросами, через сутки-двое достигают окрестностей Земли.





Вещество, выбрасываемое из солнечной короны, представляет собой плазму с магнитным полем (так называемые **магнитные облака**).

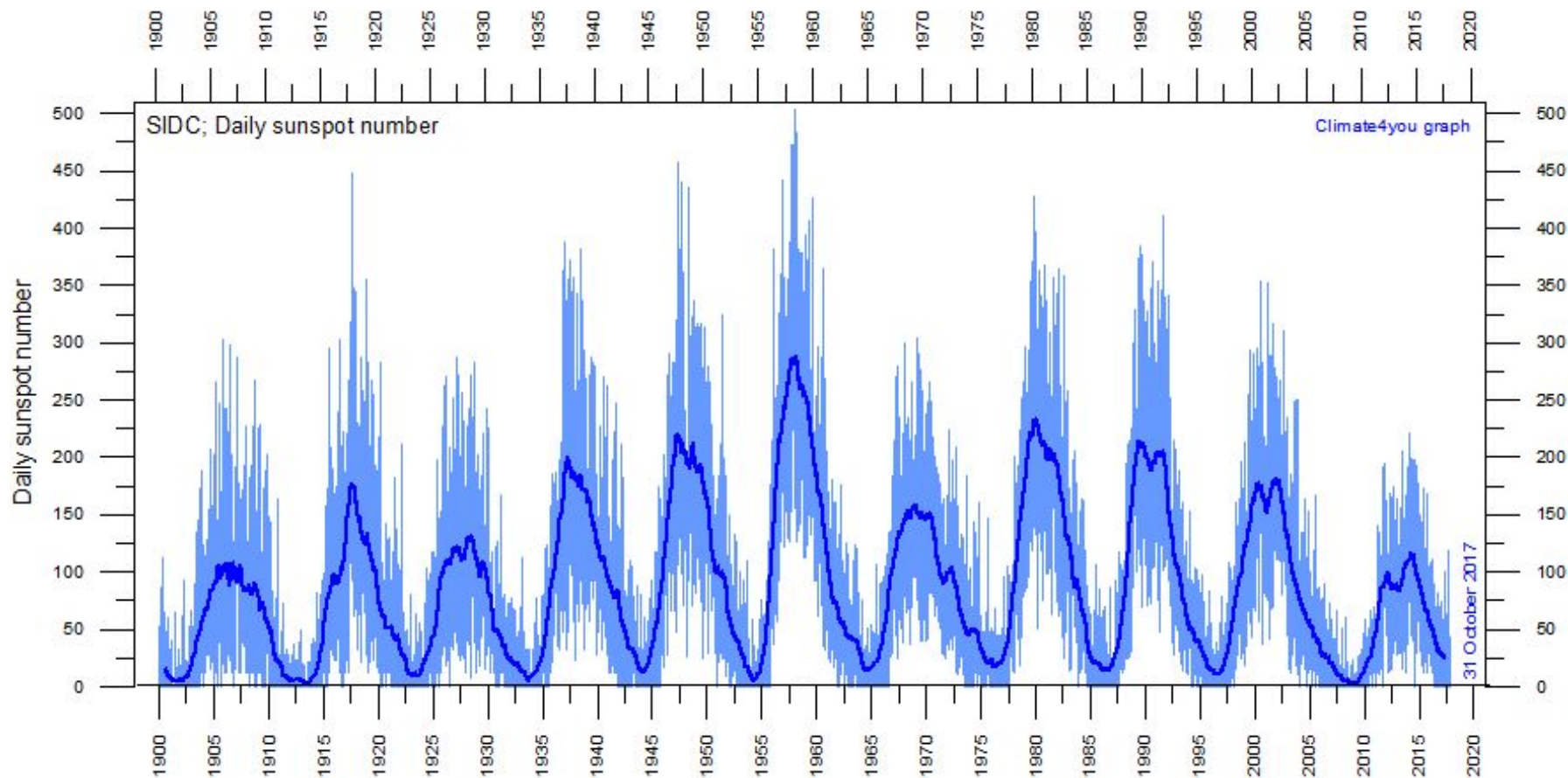
Взаимодействие такого облака с магнитосферой Земли вызывает аномальное возмущение – **магнитную бурю**.

Магнитные бури вызывают **возмущение ионосферы**, что приводит к нарушениям в прохождении радиосигналов, в частности, от навигационных спутников.

Изменение геомагнитного поля приводит к появлению **индуцированных токов** в линиях электропередачи и трубопроводах.



Число пятен и протуберанцев, частота и мощность вспышек на Солнце меняются с определенной, хотя и не очень строгой периодичностью – в среднем этот период составляет примерно 11,2 года.

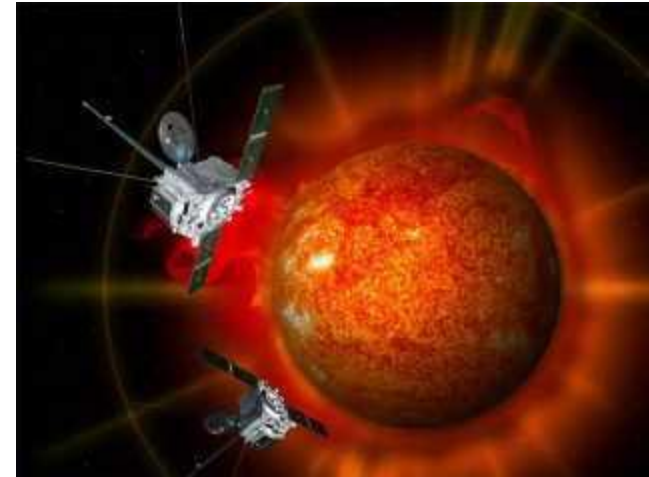


Солнечная активность (количество пятен на Солнце)

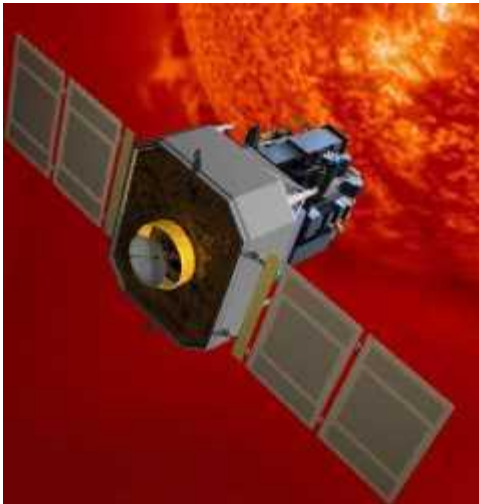
В настоящее время для изучения Солнца используются все средства космической техники.



**Метеоспутники** на геостационарной орбите уже более 30 лет ведут общий мониторинг солнечной активности, измеряя потоки рентгеновского излучения и солнечных космических лучей.



Для мониторинга корональных выбросов массы используется пара **КА СТЕРЕО**.



**КА СОХО** позволяет отслеживать появление пятен, вспышек и корональных выбросов массы и по их местоположению и динамике давать трехдневный прогноз, представляют ли они опасность для Земли.