

Конспект урока "Атмосфера Солнца и солнечная активность"

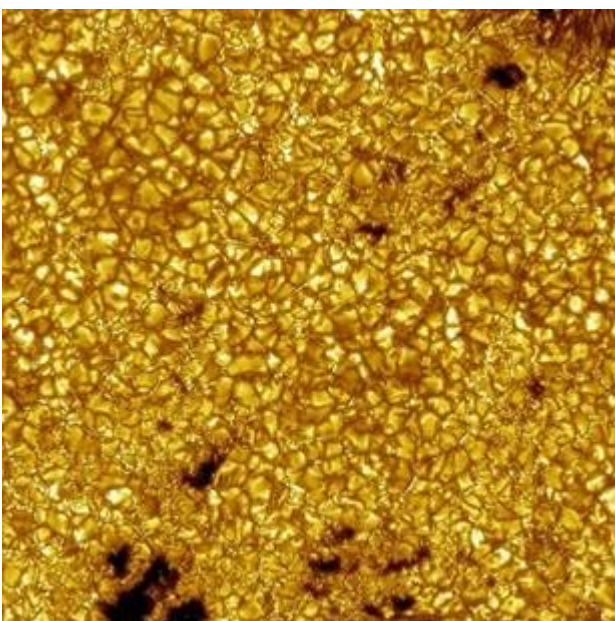
Солнечная атмосфера состоит из нескольких слоёв: фотосферы, хромосферы и короны.

Фотосфера — это самый нижний слой солнечной атмосферы. Её толщина не превышает и 300 километров.



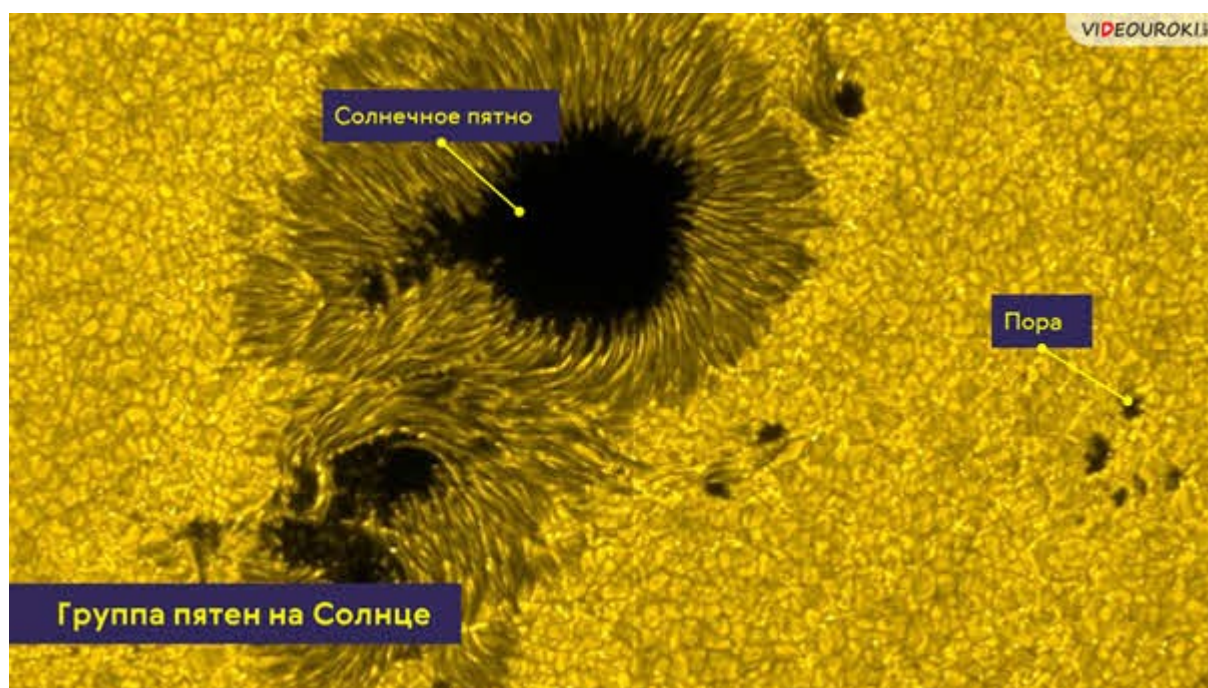
Температура фотосферы по мере приближения к её внешнему краю уменьшается с 6600 К до 4400 К. При таких температурах раскалённый газ излучает энергию преимущественно в оптическом диапазоне волн. Именно этот нижний слой атмосферы, видимый как желтовато-яркий диск, зрительно воспринимается нами как Солнце.

При близком рассмотрении фотосферы можно заметить, что её поверхность состоит как бы из отдельных зёрен — **гранул**. Это огромные пузыри плазмы, диаметр которых может достигать 700—1000 километров.



Существует одна такая гранула недолго — в среднем 5—10 минут. Затем на её месте появляется новая гранула, которая будет отличаться от прежней по форме и размерам. Процесс постоянного возникновения и исчезновения гранул в фотосфере называется **грануляцией**.

Наиболее приметными и самыми известными объектами фотосферы Солнца являются **солнечные пятна**. Их диаметр может достигать 200 000 километров, что существенно больше диаметра нашей планеты. Но есть и маленькие пятна, которые принято называть **порами**.



Интересно, что первые сообщения о пятнах на Солнце относятся к 800 году до нашей эры. А первые зарисовки солнечных пятен найдены в хронике Иоанна Вустерского 1128 года.

Солнечные пятна — это области «холодного» газа. Их температура примерно на 2000—2500 °C меньше, чем температура окружающей фотосферы. Поэтому на общем фоне поверхности Солнца они выглядят темнее.

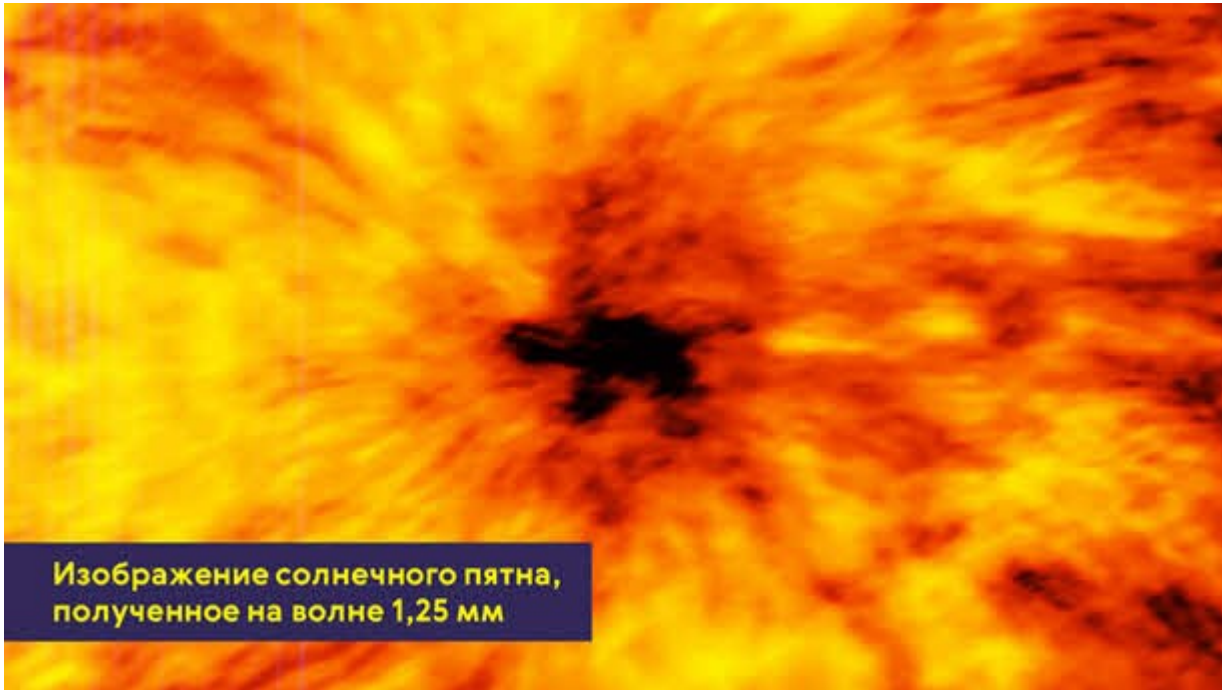
Наблюдение за солнечными пятнами в начале XVII века показали, что их положение на Солнце постоянно меняется. Так было установлено, что наша звезда вращается вокруг своей оси. Причём её вращение совпадает с направлением движения планет. Однако период вращения частей Солнца неодинаков. Так на экваторе время полного оборота вокруг оси составляет 25,05 дней. У полюсов же сидерический период увеличивается до 34,3 дня.

Солнечные пятна — это не статичные объекты. Сначала они наблюдаются как маленькие тёмные участки, диаметр которых не превышает 3000 километров. Большинство таких участков в скором времени исчезает. Однако некоторые из них могут увеличиваться в несколько десятков раз, сливаться в большие группы, менять форму и размеры на протяжении нескольких оборотов Солнца.

Возникновение тёмных пятен на Солнце учёные связывают с колебаниями его магнитного поля. Так, в обычных условиях его индукция лишь в 2 раза превышает индукцию магнитного

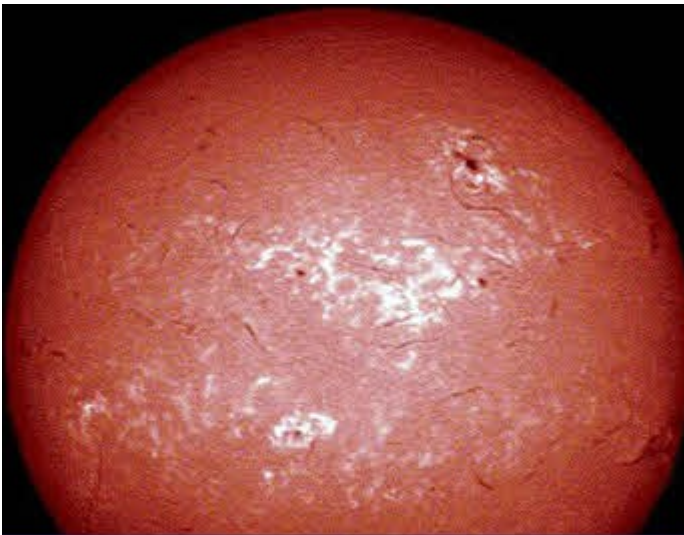
поля Земли. Но иногда в небольшой области возникают концентрированные магнитные поля, индукция которых может достигать 0,5 Тл. Такие мощные поля не дают горячей плазме подняться к поверхности. В результате чего вместо светлых гранул образуется тёмное пятно.

Несмотря на то, что наблюдение за Солнечными пятнами идёт уже не одно столетие, учёные до сих пор не знают механизма и частоту их формирования. 17 января 2017 года стало известно, что учёным Европейской южной обсерватории с помощью самого мощного микроволнового телескопа на Земле «АЛМА» удалось заглянуть «внутрь» солнечного пятна и сделать его снимки на волне 1,25 мм. Они надеются, что в будущем это поможет разгадать тайну этих магнитных структур.



Вместе с тем вблизи пятен, где магнитное поле слабее, конвективные движения усиливаются. И тогда в этих местах появляются хорошо заметные яркие образования — **факелы**. Факелы имеют сложную волокнистую структуру, а их температура на несколько сотен градусов превышает температуру фотосферы.

Во время полного солнечного затмения вокруг диска Луны бывает видна тонкая полоска красновато-фиолетового или розового цвета. Это **хромосфера** Солнца.



Снимок Солнца в линии H_{α} , на которую приходится большая часть излучаемого хромосферой света

Её толщина составляет порядка 10 000 километров. А температура вещества в ней увеличивается с высотой от 4000 К до 20 000 К. Несмотря на такую высокую температуру, яркость хромосферы невелика из-за малой плотности вещества в ней.

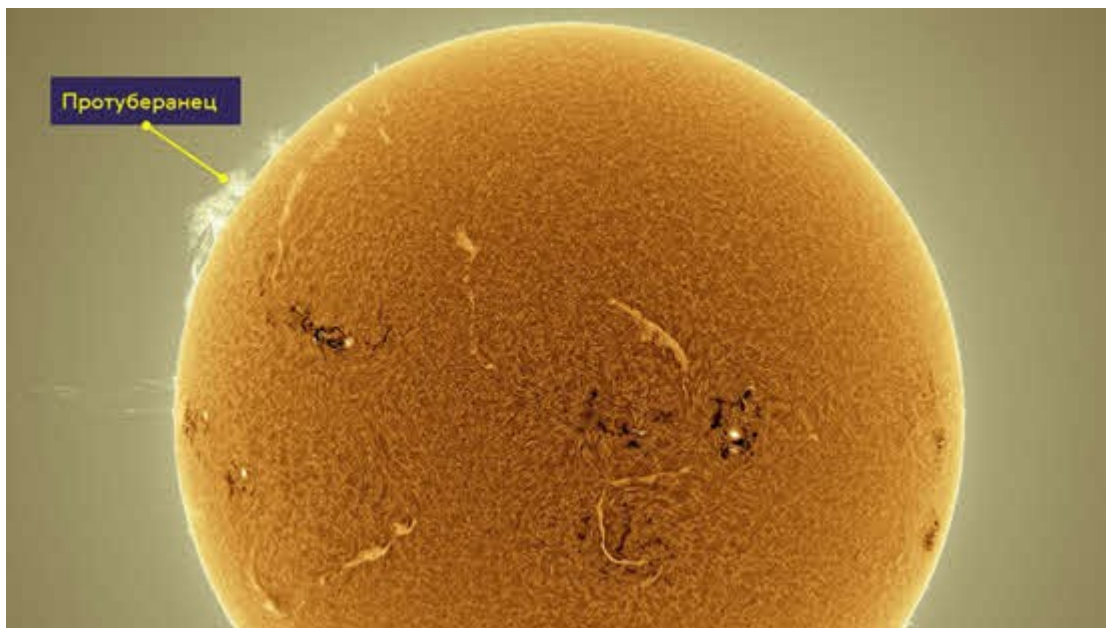
Основным элементом структуры хромосферы Солнца являются **спикулы**. Они представляют собой достаточно тонкие, в масштабах Солнца, столбики светящейся плазмы. Одна такая спикула в среднем живёт около 5—10 минут. А её максимальная длина может достигать 20 000 километров. Из-за этого в конце XIX века итальянский астроном Анджело Секки, наблюдая хромосферу в телескоп, сравнил её с горящими прериями.



Характерная фактура хромосферы, напоминающая «горящие прерии», создаётся спикулами.

Самая разреженная и самая горячая оболочка атмосферы Солнца — это **солнечная корона**. Её толщина составляет несколько радиусов Солнца. А температура плазмы в ней достигает 2 000 000 К.

Корона в основном состоит из протуберанцев и солнечных извержений. **Протуберанцы** наблюдаются на самом краю солнечного диска. Они похожи на гигантские арки, которые опираются на хромосферу Солнца.



Как правило, в большинстве протуберанцев вещество движется медленно, а время их существования может достигать нескольких месяцев. Но иногда потоки вещества в них начинают довольно быстро двигаться. Говорят, что протуберанец стал активным. Активный протуберанец может жить от нескольких десятков минут до нескольких суток. Затем он либо исчезает, либо превращается в эруптивный протуберанец. Они по внешнему виду напоминают гигантские фонтаны, которые в некоторых случаях бьют на высоту до 2 000 000 километров. Скорость вещества в таких образованиях достигает нескольких сотен километров в секунду.

Детальное изучение данного явления показало, что происходит оно в основном во время вспышек. **Вспышки** — это самые мощные проявления солнечной активности, во время которых иногда выделяется энергия, эквивалентная взрыву примерно 160 миллиардов мегатонных атомных бомб ($6 \cdot 10^{25}$ Дж). Для сравнения: это объём мирового потребления электроэнергии за миллион лет.



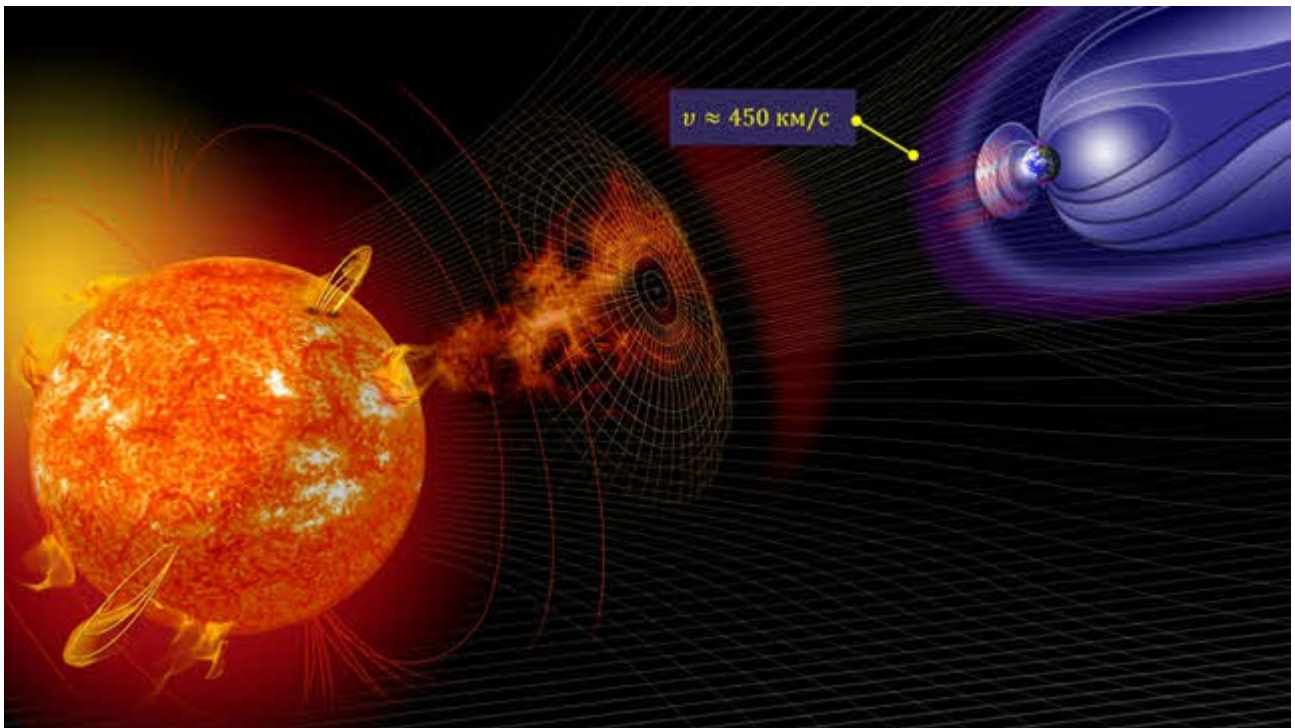
Облака плазмы, обусловленные солнечными вспышками и корональными выбросами, достигают Земли примерно через двое-трое суток. Они приводят к возникновению геомагнитных бурь на Земле, которые определённым образом влияют на технику и биологические объекты (в том числе и человека).

Число пятен и протуберанцев, частота и мощность вспышек на Солнце меняются с определённой, хотя и не очень строгой периодичностью. Эти периодические изменения солнечной активности называют **солнечной цикличностью**.

Наиболее известным и лучше всего изученным является солнечный цикл **Швабе**, длительностью около 11 лет (хотя фактически, колебания циклов происходит в пределах от 7,5 до 16 лет).

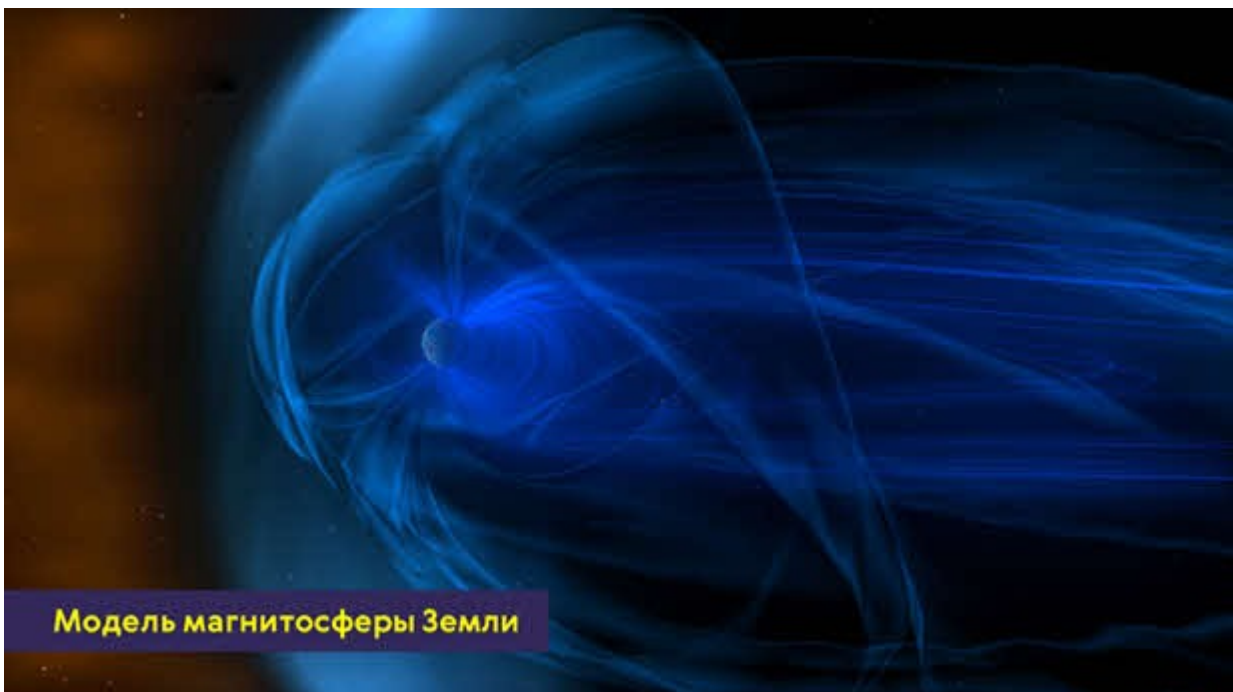
Спустя два цикла Швабе (то есть спустя 22 года) магнитное поле Солнца возвращается в своё исходное состояние. Этот цикл получил название **цикла Хейла** в честь американского астронома Джорджа Эллери Хейла.

Из внешней части солнечной короны истекает **солнечный ветер**. Он представляет собой непрерывный расширяющийся поток разреженной плазмы, радиально исходящий от Солнца вдоль линий напряжённости магнитного поля и заполняющий собой межпланетное пространство.



Вблизи нашей планеты его скорость составляет порядка 450 км/с, и она увеличивается по мере удаления от Солнца. А плотность солнечного ветра вблизи Земли составляет всего несколько частиц в кубическом сантиметре.

Поток солнечной плазмы не может преодолеть противодействие магнитного поля Земли и обтекает его. При этом образуется полость каплеобразной формы — **магнитосфера**. Как мы уже знаем, она имеет сложную форму. Со стороны Солнца граница магнитосферы сжата давлением солнечного ветра. С ночной же стороны она вытягивается длинным цилиндрическим хвостом на значительное расстояние, и где заканчивается — неизвестно (хотя некоторые учёные считают, что длина магнитного хвоста Земли составляет порядка 6000 её радиусов).



Небольшая часть захваченных геомагнитным полем заряженных частиц образует вокруг нашей планеты радиационный пояс. Здесь движутся протоны, ионы и электроны, обладающие самой высокой энергией. Эти частицы, попадая из верхних слоев атмосферы в районе полюсов, заставляют светиться её основные составляющие — азот и кислород, вызывая полярные сияния.

В настоящее время для изучения Солнца, помимо земных солнечных телескопов, активно используются космические аппараты. Так, например, 26 октября 2006 года для изучения солнечной активности НАСА вывела на гелиоцентрическую орбиту два одинаковых космических аппарата «СТЕРЕО». Они находятся в разных точках орбиты Земли и позволяют изучать магнитные облака, летящие к Земле, «со стороны».

А 1 февраля 2010 года была запущена космическая обсерватория солнечной динамики. На её борту находится аппаратура, способная получать 12 различных видов изображений Солнца.



А разрешение снимков таково, что учёные могут наблюдать на поверхности Солнца детали с угловым размером 0,6 угловой секунды. В период с 2010 по 2015 годы космической обсерваторией было собрано около 2600 терабайт данных, в том числе более 200 млн фотографий поверхности Солнца.

И последнее. Знаете ли вы, что Солнце светит почти белым светом? Но из-за рассеяния и поглощения коротковолновой части спектра атмосферой Земли прямой свет Солнца у поверхности нашей планеты приобретает желтоватый оттенок.