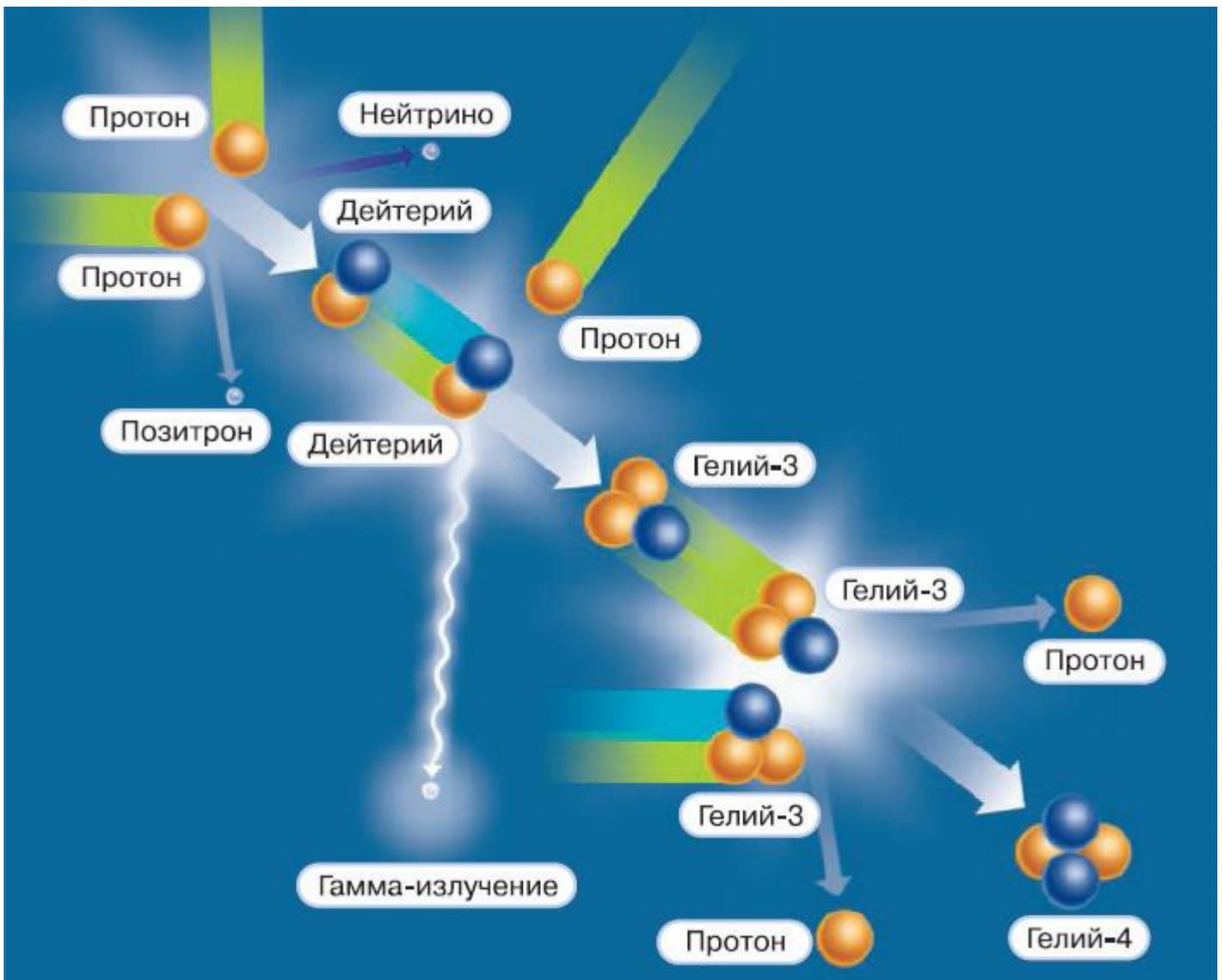


11. Солнце

11.1. Общие сведения о Солнце

Солнце – ближайшая к нам звезда Вселенной, относится к разряду желтых карликов. Солнце представляется кругом с резко очерченным краем – лимбом. Видимый диаметр Солнца в течение года изменяется из-за эллиптичности орбиты. Среднее расстояние от Земли до Солнца – 149 600 000 км – принято называть **астрономической единицей (1 а.е.)**. Солнце – это раскаленный светящийся с поверхности плазменный шар, состоящий на 70% из водорода и на 27% из гелия. Масса Солнца составляет $2,25 \cdot 10^{27}$ т, что в 329400 раз больше массы Земли ($5,98 \cdot 10^{21}$ т), а его объем приблизительно в 1300 тыс. раз больше объема Земли. Средняя плотность вещества Солнца составляет $1,41 \text{ г/см}^3$, тогда как средняя плотность Земли в 4 раза больше – $5,52 \text{ г/см}^3$, давление в его центре достигает 300 млрд. атмосфер, а температура – более 20 млн. градусов. Под действием гравитации Солнце, как и любая другая звезда, стремится к сжатию, но этому препятствуют силы, возникающие из-за сверхвысоких давлений и температур в центральной области. В этих условиях ядра атомов водорода – протоны – движутся с огромными скоростями – сотни км/сек, а так как плотность вещества в центре Солнца достигает 150 г/см^3 , то между ними нередко столкновения, которые становятся началом ядерных реакций. Течение ядерных реакций, или протон-протонного цикла (см. рис.), выражается в превращении водорода в гелий. Реакция начинается с крайне редкого явления β -распада одного из двух протонов в момент особой близости их. При β -распаде протон превращается в нейтрон с испусканием позитрона и нейтрино. Объединяясь со вторым протоном, нейтрон дает ядро тяжелого водорода (дейтерия), который при столкновении с третьим протоном образует ядро неустойчивого изотопа He³. Два ядра такого гелия, объединяясь, образуют He⁴ и испускают 2 протона.



Важнейшим моментом протон-протонного цикла является то, что масса ядра гелия почти на 1% меньше суммы масс четырех протонов, то есть масс ядер водорода. Эта кажущаяся потеря называется дефектом массы и

является причиной выделения огромного количества энергии при ядерных реакциях. Эта энергия выделяется в виде γ -квантов.

Большой интерес вызывают нейтрино, выделяющиеся при ядерной реакции, которые имеют ничтожную массу покоя и почти не взаимодействуют с веществом, свободно проникают из глубин Солнца к поверхности Земли, пересекая межпланетное пространство со скоростью света. Если регистрировать поток нейтрино на Земле, то можно получить важнейшие сведения о глубинном строении Солнца и об интенсивности ядерных реакций. Для такой звезды, как Солнце, нормальный поток нейтрино, покидающих 1 см^2 солнечной поверхности, должен составлять 100 000 000 000 (сто триллионов) частиц в 1 сек.

Ядерные реакции могут происходить только в самых глубинных частях Солнца, так как к поверхности температура и давление понижаются. Верхние слои только передают энергию, выделившуюся в виде γ -квантов. Важно то, что вместо каждого поглощенного кванта большой энергии передающие частицы-атомы, как правило, излучают несколько квантов, но меньшей энергии. Происходит это по следующей причине. Поглощая энергию, атом ионизируется, сильно возбуждается (электроны при этом соскакивают со своих оболочек) и приобретает способность излучать энергию. Однако возвращение электрона на прежний энергетический уровень происходит не сразу, а через какие-то промежуточные состояния, при этом выделяются кванты меньших энергий. Таким образом, первоначальная, большая порция энергии «дробится», поэтому вместо γ -лучей излучаются рентгеновские, вместо рентгеновских – ультрафиолетовые. Ультрафиолетовые лучи в более высоких слоях Солнца дробятся на кванты видимых и тепловых лучей, которые окончательно излучаются в окружающее пространство. Таким образом, по мере продвижения энергетического потока к поверхности Солнца длина волны электромагнитного излучения увеличивается, а температура понижается.

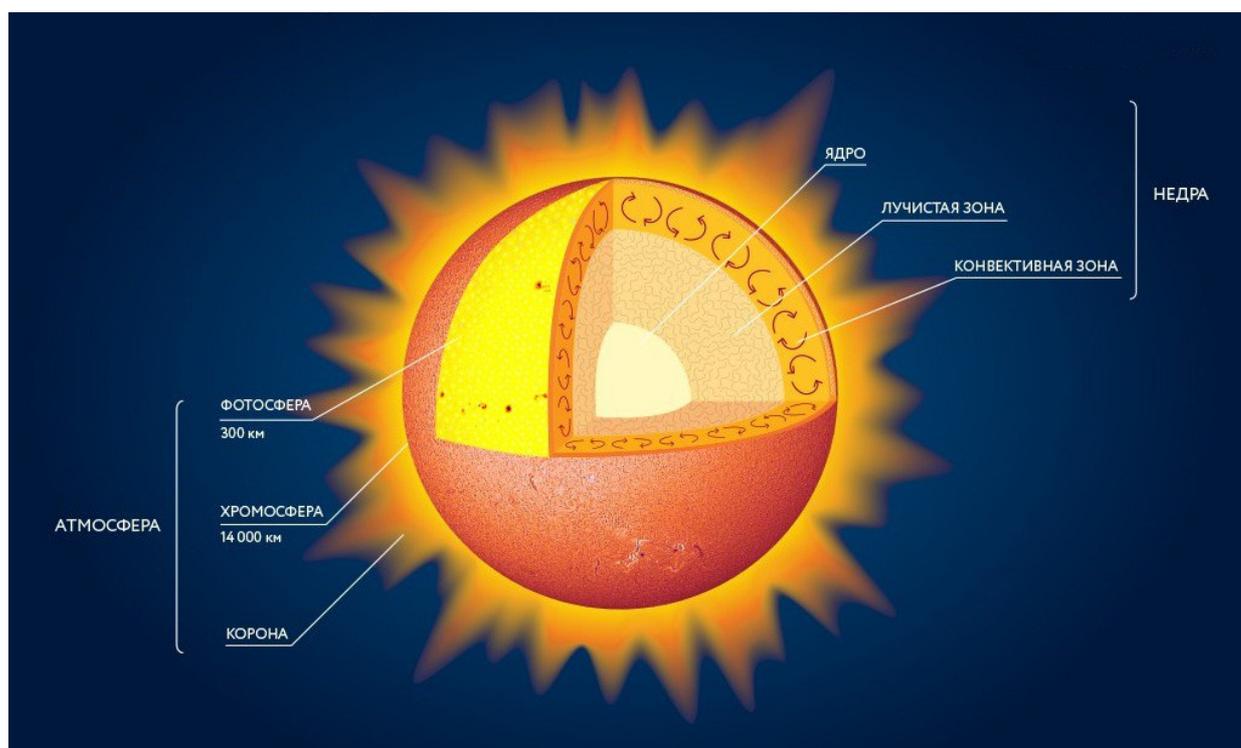
11.2. Внутреннее строение Солнца

По современным представлениям Солнце делят на ряд концентрических сфер, или областей, каждая из которых обладает специфическими особенностями (см. рис.). Схематический разрез Солнца показывает его внешние особенности вместе с гипотетическим внутренним строением.

В центре находится ядро, затем область лучевого переноса энергии, далее конвективная зона и, наконец, атмосфера. К ней относят три внешние области: фотосферу, хромосферу и корону.

Ядро – центральная область Солнца со сверхвысокими давлением и температурой, обеспечивающими течение ядерных реакций. Они выделяют огромное количество электромагнитной энергии в предельно коротких диапазонах волн.

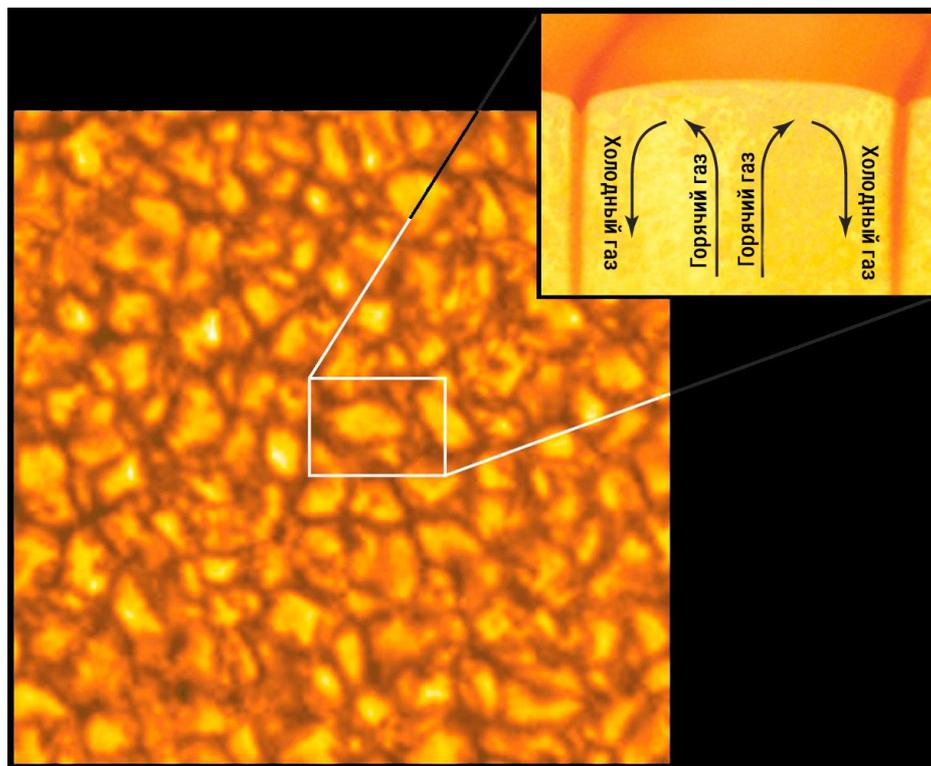
Область лучевого переноса энергии находится над ядром. Она образована практически неподвижным и невидимым сверхвысокотемпературным газом. Передача через него энергии, генерируемой в ядре, к внешним сферам Солнца осуществляется лучевым способом, без перемещения газа.



Конвективная область располагается над предыдущей. Она образована также невидимым раскаленным газом, находящимся в состоянии конвективного перемешивания. Конвекция (вертикальные движения) обусловлена положением области между двумя средами, резко различающимися по господствующим в них давлению и температуре. Перенос тепла из солнечных недр к поверхности происходит в результате локальных поднятий сильно нагретых масс газа, находящихся под высоким давлением, к периферии светила, где температура газа меньше и где начинается световой диапазон излучения Солнца. Толщина конвективной области оценивается приблизительно в 1/10 часть солнечного радиуса.

Фотосфера – это нижний из трех слоев атмосферы Солнца, расположенный непосредственно на плотной массе невидимого газа конвективной области. Фотосфера образована раскаленным ионизированным газом, температура которого у основания близка к 10 000 К, а у верхней границы, расположенной примерно на 300 км выше, – порядка 5000 К. Средняя температура фотосферы принимается в 5700 К, т.е. $\approx 6\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$. При такой температуре раскаленный газ излучает электромагнитную энергию преимущественно в оптическом диапазоне волн. Именно этот нижний слой атмосферы, видимый как желтовато-яркий диск, зрительно воспринимается нами как Солнце.

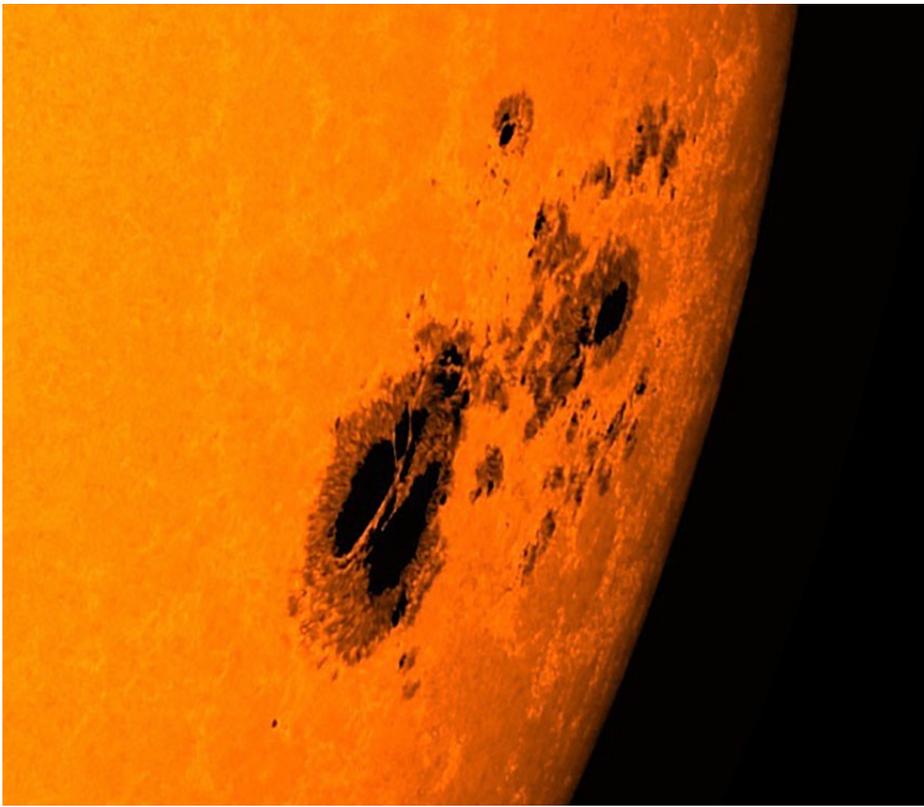
Через прозрачный газ фотосферы в телескоп отчетливо просматривается ее основание – контакт с массой непрозрачного воздуха конвективной области. Поверхность раздела имеет зернистую структуру, называемую **грануляцией** (см. рис.). Зерна, или гранулы, имеют поперечники от 700 до 2000 км. Положение, конфигурация и размеры гранул меняются. Наблюдения показали, что каждая гранула в отдельности выражена лишь какое-то короткое время (около 5–10 мин.), а затем исчезает, заменяясь новой гранулой. На поверхности Солнца гранулы совершают нерегулярные движения со скоростью примерно 2 км/сек. В совокупности светлые зерна (гранулы) занимают до 40% поверхности солнечного диска.



Процесс грануляции представляется как наличие в самом нижнем слое фотосферы непрозрачного газа конвективной области – сложной системы вертикальных круговоротов. Светлая ячея – это поступающая из глубины порция более разогретого газа по сравнению с уже охлажденной на поверхности, а потому и менее яркой, компенсационно погружающейся вниз. Яркость гранул на 10–20% больше окружающего фона указывает на различие их температур в 200–300 $^{\circ}\text{C}$.

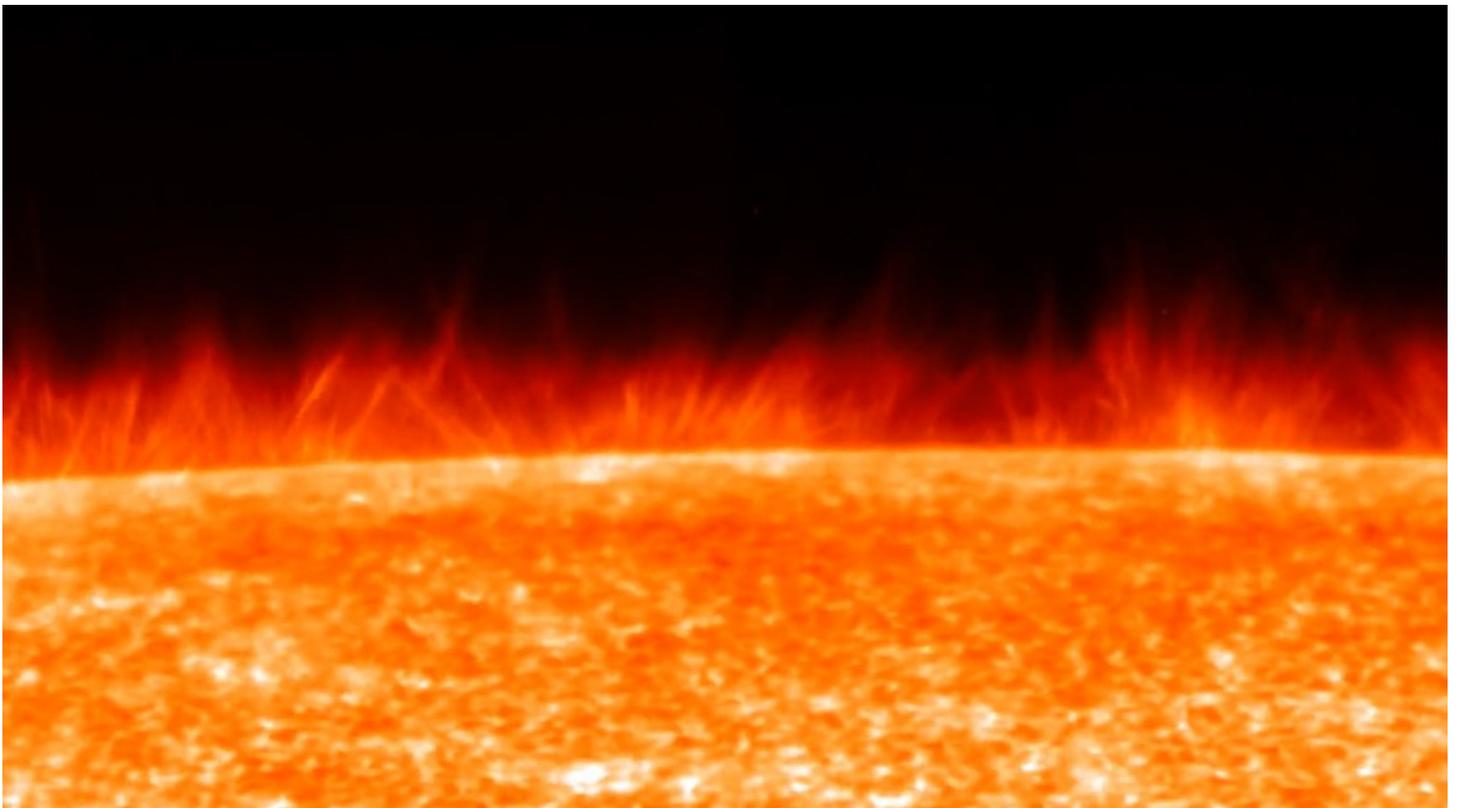
Самые приметные объекты на Солнце – это **тёмные пятна** (см. рис.). Диаметры пятен иногда достигают 200 тыс. км. Совсем маленькие пятна называют порами.

Поверхность Солнца, излучающая энергию в космическое пространство в световом диапазоне спектра электромагнитных волн, – это разреженный слой газов фотосферы и просматриваемая сквозь нее гранулированная верхняя поверхность слоя непрозрачного газа конвективной области. В целом зернистая структура, или грануляция, признается свойственной фотосфере – нижнему слою солнечной атмосферы.



Хромосфера. При полном солнечном затмении у самого края затемненного диска Солнца видно розовое сияние – это хромосфера. Она не имеет резких границ, а представляет собой сочетание множества ярких выступов или языков пламени, находящихся в непрерывном движении. Хромосферу сравнивают иногда с горячей степью.

Языки хромосферы называют спикулами (см. рис.). Они имеют в поперечнике от 200 до 2000 км (иногда до 10 000) и достигают в высоту нескольких тысяч километров. Их надо представлять себе как вырывающиеся из Солнца потоки плазмы (раскаленного ионизированного газа).



На краю солнечного диска хорошо видны **протуберанцы** (см. рис.) – плотные конденсации вещества, поднятые над поверхностью линиями магнитного поля в виде арок или выступов. Протуберанцы бывают спокойные, активные и эруптивные, выделяются на фоне короны, так как имеют более высокую плотность. Скорость движения вещества активных протуберанцев достигает 200 км/с, а высота подъёма – до 40 радиусов Земли.

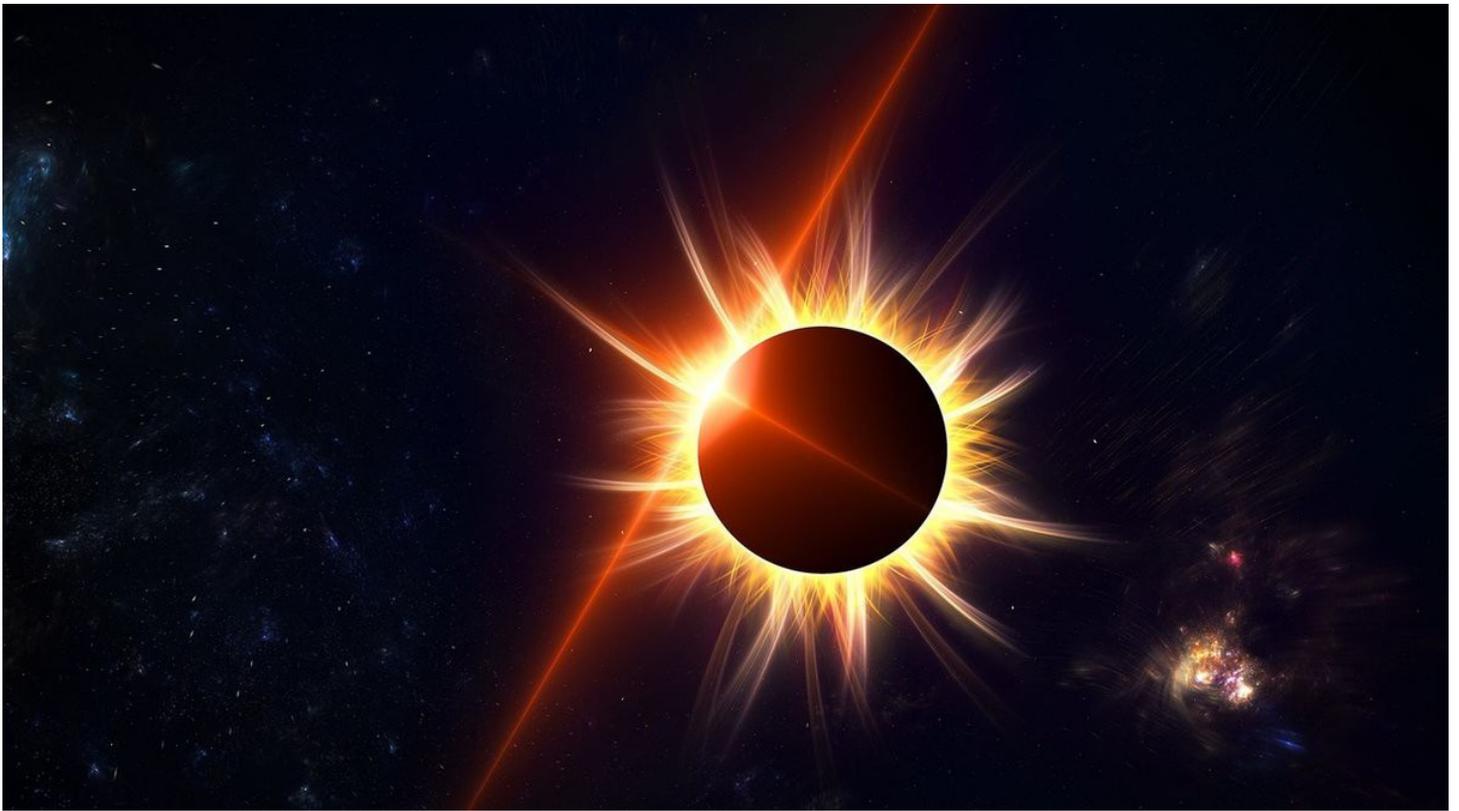


На Солнце наблюдаются взрывные выбросы энергии и вещества (со скоростью до 100 тыс. км/с), охватывающие значительные области поверхностного слоя – вспышки (см. рис.). Эти яркие образования существуют от нескольких минут до 3 часов. Обычно солнечные вспышки проходят вблизи быстро развивающихся групп солнечных пятен.



Установлено, что переход от фотосферы к хромосфере сопровождается скачкообразным повышением температуры от 5700 К до 8000 – 10000 К. К верхней границе хромосферы, находящейся приблизительно на высоте 14000 км от поверхности Солнца, температура повышается до 10000 – 15000 К. Плотность вещества на таких высотах составляет всего 10-12 г/см³, т. е. в сотни и даже тысячи раз меньше, чем плотность нижних слоев хромосферы.

Солнечная корона – внешняя атмосфера Солнца. Она образована наиболее разреженным ионизированным газом. Простирается примерно на расстояние 5 диаметров Солнца, имеет лучистое строение, слабо светится. Ее можно наблюдать только во время полного солнечного затмения. Яркость короны примерно такая же, как у Луны в полнолуние, что составляет лишь около 5/1000000 долей яркости Солнца.

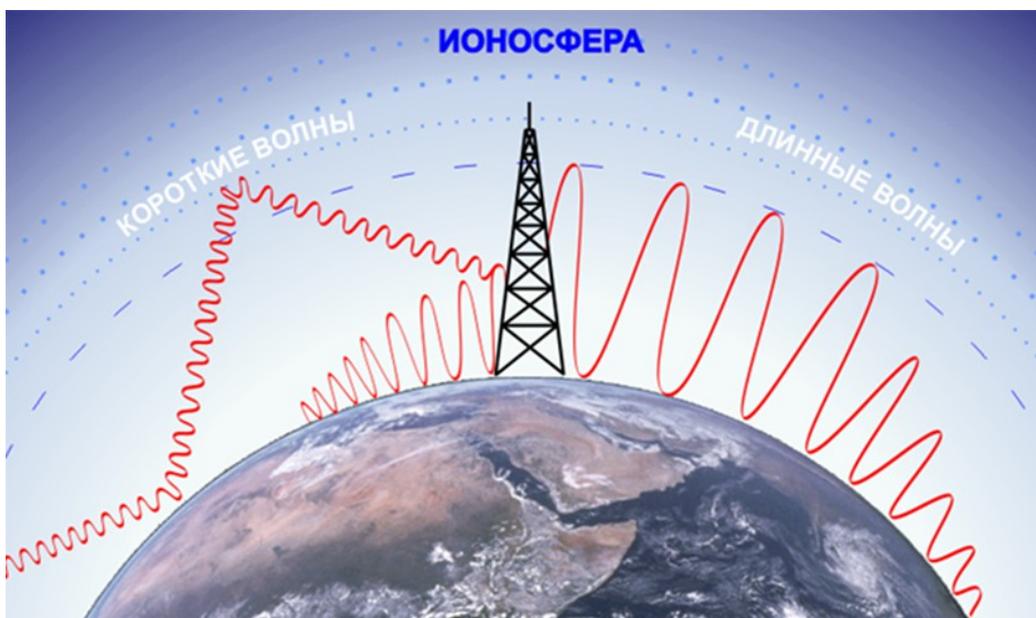


11.3. Интенсивность солнечного излучения вне оптического диапазона

Электромагнитное излучение Солнца, максимум которого приходится на видимую часть спектра, проходит строгий «отбор» в земной атмосфере.

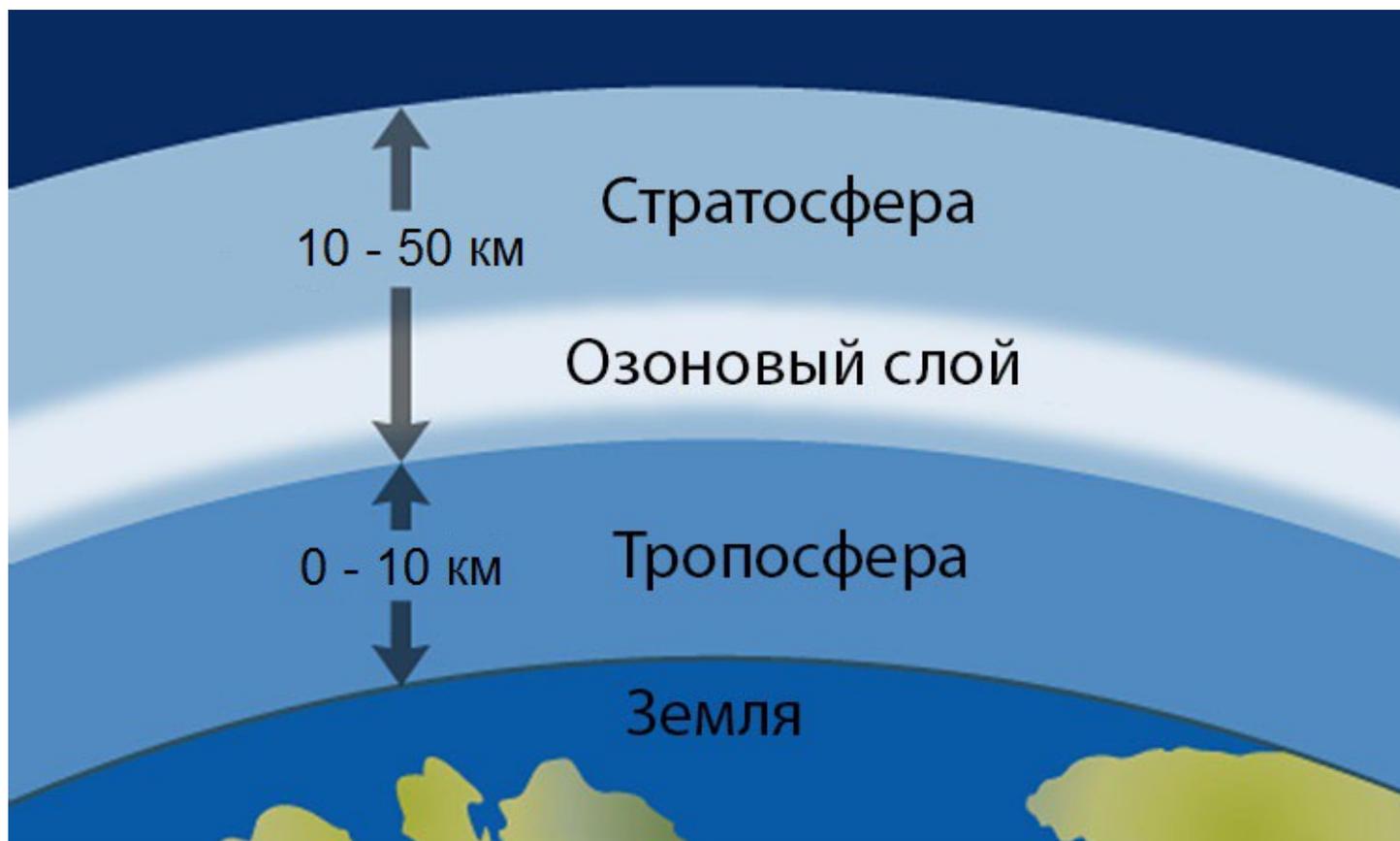
В ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах (относящихся к коротковолновому излучению) мощность солнечного излучения резко уменьшается – в сотни тысяч раз по сравнению с мощностью излучения в оптическом диапазоне. Но если в оптическом диапазоне Солнце является постоянной звездой, то интенсивность излучения в коротковолновой области спектра может меняться со временем: ультрафиолетовое – в 2 раза, а рентгеновское в десятки и сотни раз. Ультрафиолетовое излучение исходит из нижних слоёв хромосферы, а основное рентгеновское излучение – от короны Солнца.

Рентгеновское и ультрафиолетовое излучение Солнца поглощается в верхних слоях атмосферы Земли. Оно ионизирует газы земной атмосферы. Ионизированный слой верхней атмосферы Земли называется ионосферой. Отражение коротких радиоволн от ионосферы Земли используется в радиосвязи (см. рис.). При сильных всплесках солнечного рентгеновского излучения из-за солнечных вспышек нарушается связь на коротких радиоволнах.

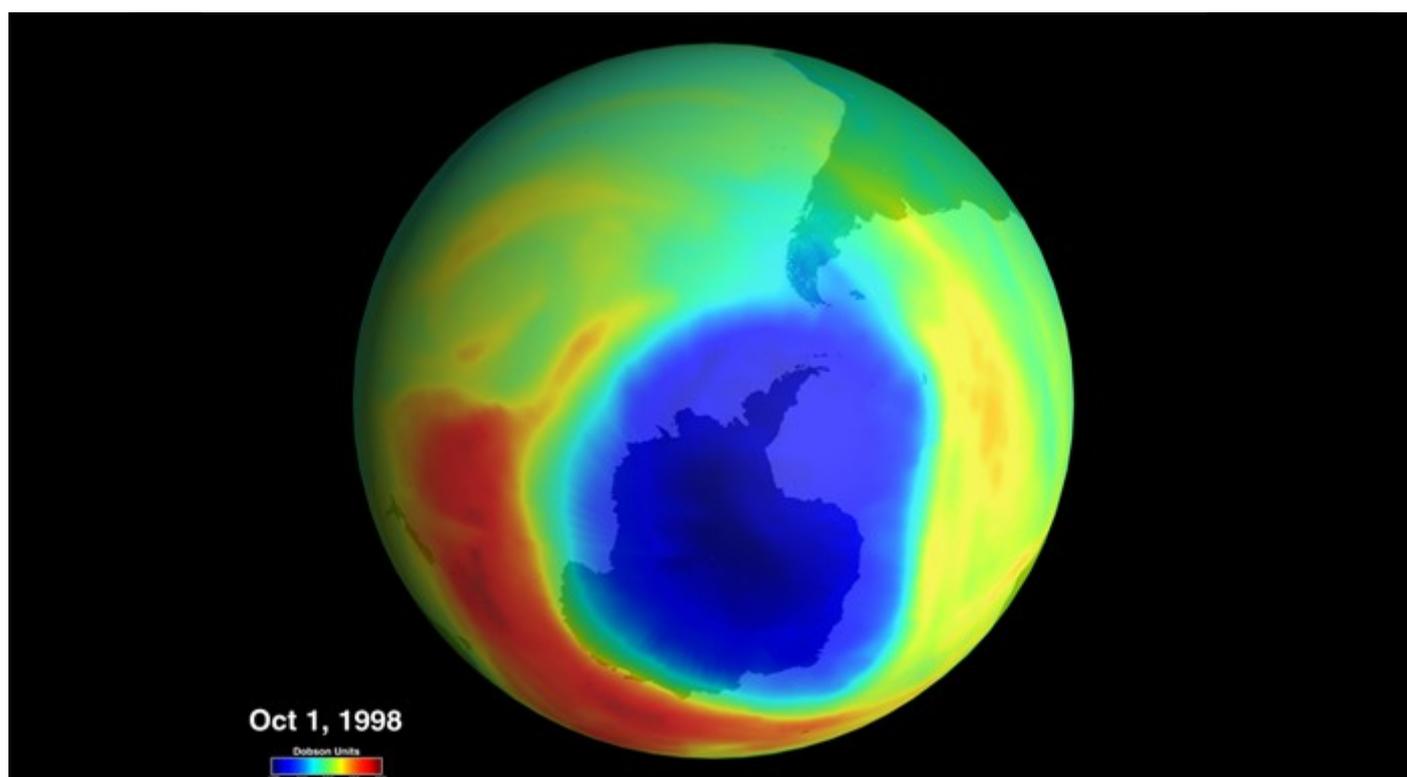


Часть ультрафиолетового излучения (мягкое ультрафиолетовое излучение) Солнца способно проникать до высоты 30–35 км в атмосферу Земли. Там оно разделяет молекулу кислорода на два составляющих её атома. Свободные атомы, соединяясь с молекулами кислорода, образуют новое вещество – озон, каждая молекула которого состоит из трёх атомов кислорода.

Озоновый слой (см. рис.) поглощает практически всё ультрафиолетовое излучение Солнца, оставляя лишь малую долю, достигающую поверхности Земли и вызывающую у людей ожоги кожи, которые называются «загар».



Когда толщина озонового слоя уменьшается (см. на рис. фото озоновой дыры над Антарктидой), солнечное ультрафиолетовое излучение может возрасти в 1,5–2 раза. Тогда это излучение становится очень активным и может вызывать заболевание раком кожи.

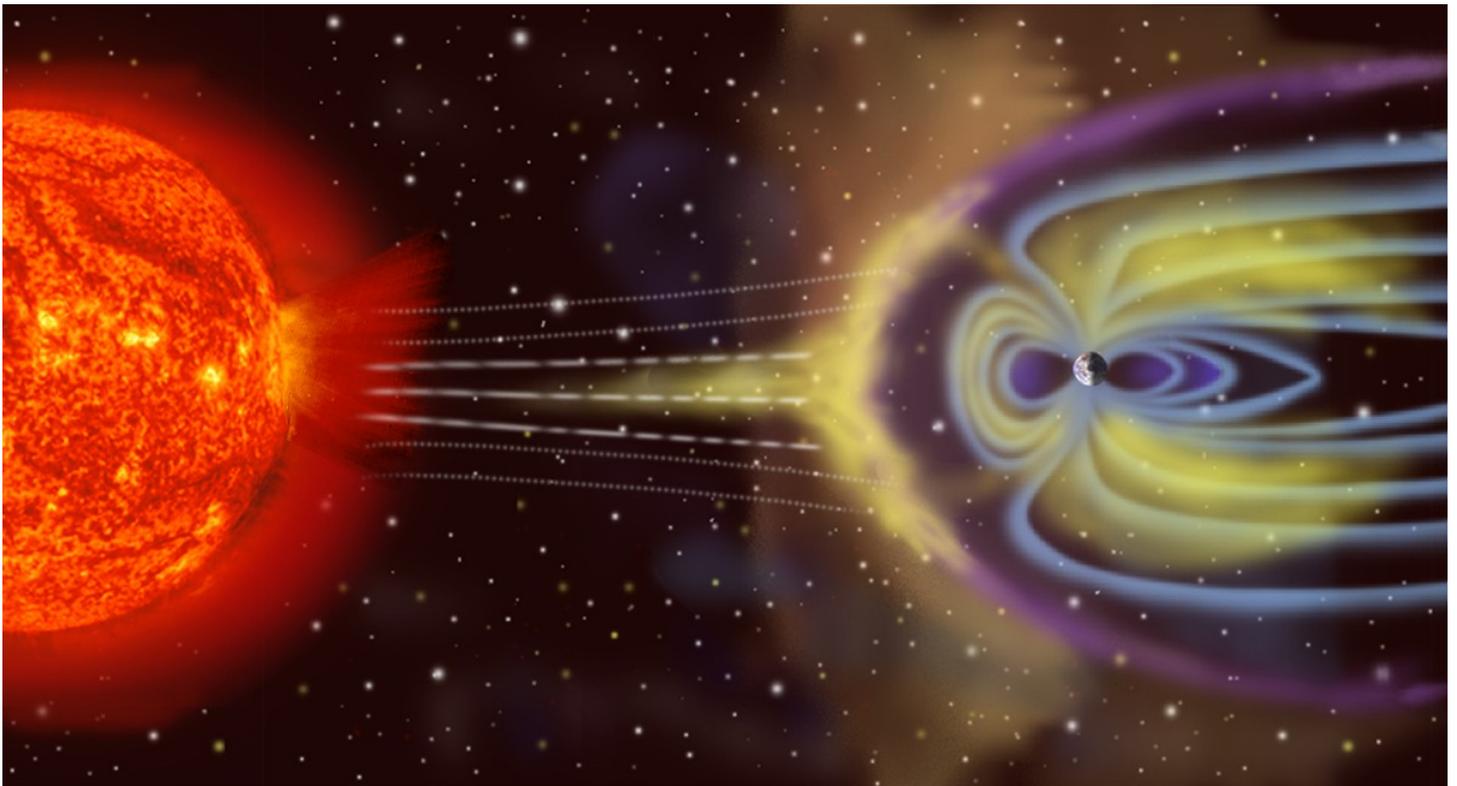


11.4. Солнечный ветер

Непрерывный расширяющийся поток разреженной плазмы, радиально исходящий от Солнца вдоль линий напряжённости магнитного поля и заполняющий собой межпланетное пространство, называется солнечным ветром. В его состав входят протоны, электроны, а также α -частицы и, в незначительных количествах, ряд высокоионизированных атомов (кислород, кремний, сера, железо). Скорость частиц солнечного ветра увеличивается по мере удаления от Солнца. Вблизи Земли средняя скорость солнечного ветра достигает 450 км/с, а плотность составляет 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 (см. рис.). Со стороны Солнца она сжата давлением солнечного ветра. Граница магнитосферы, обращённая к Солнцу, находится на расстоянии, равном в среднем 10–12 радиусов Земли. С противоположной (ночной) стороны магнитосфера вытянута подобно хвосту кометы и растягивается на 6000 радиусов Земли.

С изменением скорости и плотности частиц солнечного ветра изменяется и форма магнитосферы.

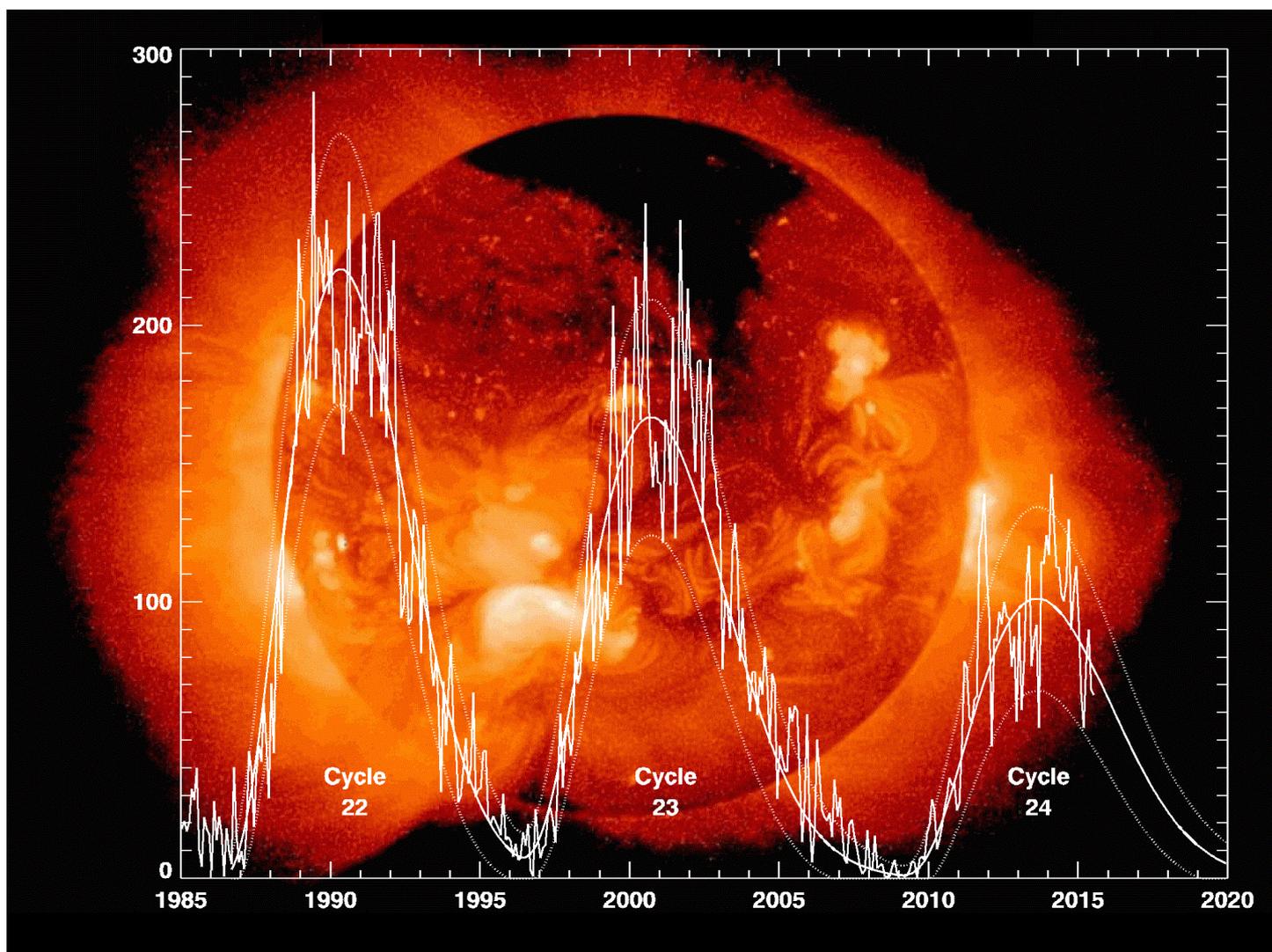


11.5. Цикличность активности Солнца

Солнечные пятна – одно из проявлений солнечной активности. Уже в середине XIX в. было установлено, что число пятен на Солнце в различные годы неодинаково: в одни – пятен очень много, в другие, на протяжении многих месяцев, на диске Солнца нет ни одного пятнышка. Средний промежуток времени между двумя максимумами солнечной активности равен 11,1 года. Установил это в 1852 г. швейцарский астроном Рудольф Вольф (1816–1893). Он же ввел число Вольфа как количественную характеристику солнечной активности:

$$W = 10g + f$$

Здесь **g** – количество групп солнечных пятен, **f** – полное число всех пятен во всех группах. Усредняя числа Вольфа по месяцам и используя далее их среднее значение за год, получают график зависимости солнечной активности от времени (см. рис.).



11.6. Солнечные вспышки

Одним из наиболее мощных проявлений солнечной активности являются солнечные вспышки. В годы максимума солнечной активности их может быть около 10 в сутки!

Обычно вспышки возникают в областях между пятнами, у которых магнитное поле имеет противоположное направление. При сближении этих пятен происходит уничтожение (аннигиляция) поля, вследствие чего выделяется энергия (буквально за несколько секунд!), эквивалентная взрыву нескольких миллионов водородных бомб. Процесс развития вспышки продолжается около 5–10 минут, размер области, охваченной вспышкой, всего около 1000 км.

Во время вспышки возникает мощное излучение в ультрафиолетовом, рентгеновском и радиодиапазоне.

При этом появляются также весьма энергичные протоны, электроны, более тяжелые ядра различных химических элементов, которые движутся от Солнца со скоростью до 30 000 км/с – это уже упоминавшийся солнечный ветер.

Что же происходит на Земле, если на Солнце в результате вспышки интенсивность рентгеновского излучения возрастает в несколько сотен раз? Об этом уже «кое-что» известно. Через 8 мин 20 с рентгеновские кванты достигают земной атмосферы, дополнительно «разбивают» на ионы молекулы, ионизуют атомы, в итоге происходит появление большого количества заряженных частиц, которые движутся, создают электрические токи и, соответственно, магнитные поля. Тем самым происходит возмущение общего магнитного поля Земли (стрелка компаса хаотически изменяет свое направление). Возмущения же магнитного поля, как оказалось, заметно влияют на человеческий организм (точнее, на всю биосферу). В частности, происходит спазм кровеносных сосудов, из-за чего уменьшается приток крови к мозгу. Одновременно из-за этого повышается кровяное давление. Человек становится вялым, его внимание притупляется.

Итог всего этого таков: когда на Солнце много пятен и происходят вспышки, в несколько раз возрастает число инфарктов и инсультов, случаев травматизма на производстве, происшествий на автодорожных магистралях. (см. рис.)



Реакция социума на минимумы солнечной активности показана на рисунке.

Реакция социума на глобальные солнечные минимумы

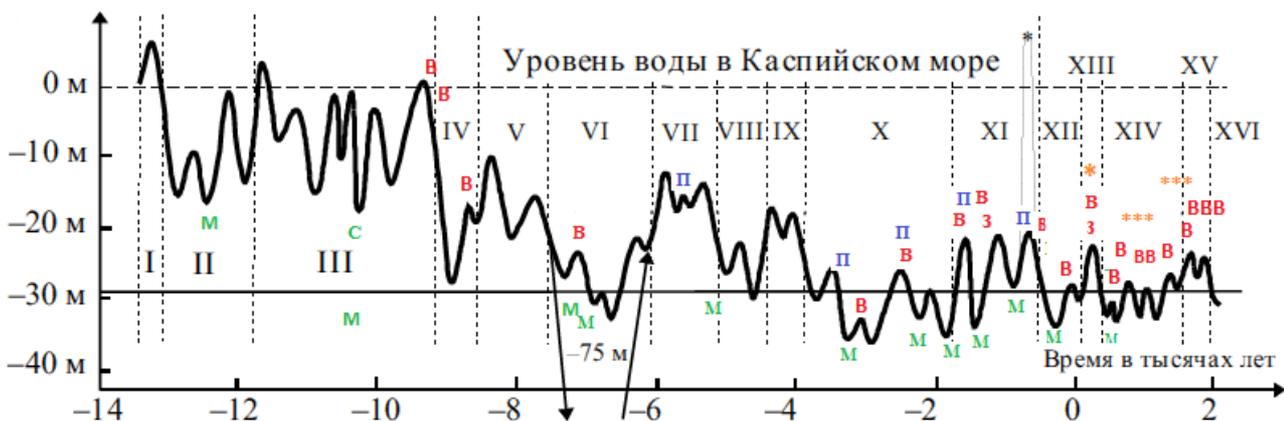


11.7. Солнце – климат – биосфера

Возвратимся еще раз к вопросу о климате нашей планеты и посмотрим, как, по всем имеющимся данным, он зависит от процессов, происходящих на Солнце. Доказано существование 11-летнего цикла солнечной активности, а также и большего (векового) периода в 80–90 лет: число *W* в максимуме активности меняется от цикла к циклу. По всей видимости, существует также цикл в 1800–2000 лет. Этот последний существенно влиял на условия жизни в масштабах всей нашей планеты.

Так, сегодня Сахара – каменистая и песчаная пустыня. Но в ее пещерах найдены изображения гиппопотамов, слонов, жирафов, страусов, плывущих на челнах людей. Из этого следует, что каких-нибудь четыре тысячи лет назад в Сахаре были полноводные реки, богатая растительность, самый разнообразный мир животных. Окончательное превращение Сахары в пустыню произошло в первом тысячелетии нашей эры.

С периодом ~ 1900 лет существенно колеблется уровень воды в озерах и морях, что четко прослеживается на примере Каспийского моря (см. рис.). Как известно, в V в. н. э. на его берегу был построен порт Дербент и крепость. Сейчас останки ее стен находятся на глубине около 5 м. Следовательно, во время строительства крепости уровень моря был, по крайней мере, на 4 м ниже сегодняшнего. В XI–XIV вв. она находилась на глубине 7–8 м. Такова амплитуда колебания уровня Каспийского моря на протяжении 1900 лет... Все еще скрыты под водой и руины столицы Хазарского каганата Итиль, располагавшейся с VIII в. в низовьях Волги, на обоих ее берегах.



Примечательна и история колонизации Исландии и открытия Америки норманнами в IX–X вв. В момент открытия Исландии в 860 г. климат этого острова был гораздо мягче сегодняшнего. Плодородные земли и богатые растительностью пастбища были и в Гренландии, где в IX в. существовали два поселения норвежцев с общим числом жителей около 5000 человек.

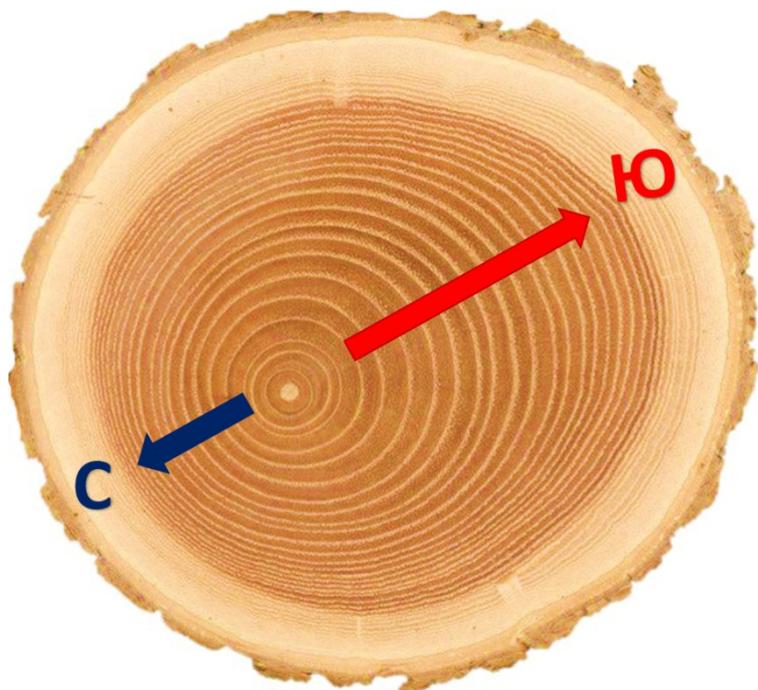
В 999 г. один из норвежских кораблей из-за жестокого шторма вместо Гренландии оказался у берегов новой, ранее неизвестной земли, получившей название Винланд (страна винограда). Так была открыта Америка, куда четыре года спустя на трех кораблях отправились 160 переселенцев.

Однако с XIV в. в северном полушарии, и в частности в Европе, количество осадков существенно увеличилось. Оледенение Арктики достигло значительных размеров, Гренландия была блокирована льдами, и на долгие 200 лет связь с ней прервалась. А когда, наконец, к ней удалось пробиться сквозь льды, там не оказалось уже ни одного человека.

По всем данным влажный период 1900-летнего цикла, который начался в XIV–XV вв., заканчивается. Вскоре снова начнется продолжительный (на 300–400 лет) период засух, потепление Арктики, высыхания степных озер Сибири и западного Казахстана, дальнейшее понижение (еще на 3–4 м) уровня Каспийского моря и т. д.

Причиной же упомянутых тысячелетних колебаний климата, несомненно, является изменение солнечной активности, в частности количества пятен на Солнце. Как показали расчеты (по записям в древних летописях и хрониках), в XIII–XIV вв. солнечная активность была наибольшей за все последние 2000 лет. Установлено, что в средних широтах с увеличением солнечной активности возрастает повторяемость циклонов, что, в свою очередь, ведет к увеличению количества осадков.

Существуют изменения климатического режима и на протяжении 11-летнего цикла. Обнаруживаются они, в частности, путем анализа радиального прироста дерева (см. рис.). Так, в южных областях Европейской части СССР в годы максимумов лето чаще бывает сухим и жарким и упомянутый прирост наименьший. И наоборот, он наибольший в годы минимумов солнечной активности, когда летом выпадает много дождей. Если же дерево росло более ста лет, то в упомянутой зависимости обнаруживается и влияние векового цикла. Опять-таки в годы пониженной активности прирост наибольший, а по мере приближения к вековому максимуму он уменьшается.

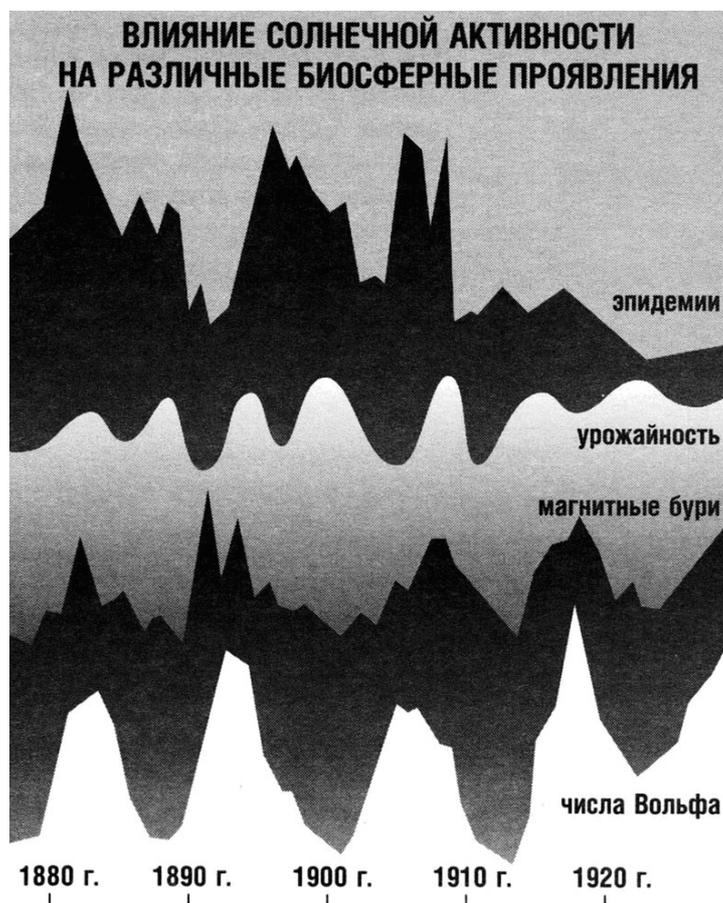


11.8. Влияние Солнца на человека

Влиянием солнечной активности на человека русский ученый А. Л. Чижевский (1897–1964) заинтересовался еще в 1915 г. Именно ему и удалось сделать вполне определенные выводы о тесной взаимосвязи организма человека с окружающей средой, и прежде всего с процессами, происходящими на Солнце (см. рис.).

В прошлые годы тяжелым несчастьем для людей были эпидемии чумы, холеры, тифа. Чума, названная «черной смертью», вихрем пронеслась над нашей планетой, уничтожая миллионы людей. И вот А. Л. Чижевский, изучая исторические документы, сопоставил даты наибольших эпидемий чумы с моментами максимумов солнечной активности за промежуток почти в 2000 лет. Оказалось, что вспышки этого заболевания приходились преимущественно на годы высокой активности Солнца. И что весьма интересно: об этой болезни начали практически забывать в середине XIX в., хотя население Земли увеличивалось и контакты между людьми все усиливались.

На протяжении всей первой половины второго тысячелетия холера свирепствовала лишь в Юго-Восточной Азии. Однако в XIX в. волна заболеваний холерой шесть раз прокатилась почти по всей Земле. Из анализа статистических данных следует, что разгар эпидемии почти всегда совпадал с максимумом солнечной активности.



А. Л. Чижевский обнаружил также, что число заболеваний возвратным тифом наибольшее в первый год после максимума солнечной активности. Примерно такова же динамика заболеваний скарлатиной и дифтеритом.

Как заметил В. М. Ягодинский в своей книге «Космический путь биосферы», крайне загадочной является история проказы. В Европе в XIII в. насчитывалось около 2 млн. больных этой грозной болезнью. Однако в последующие столетия их количество существенно уменьшилось, и до конца XVII в. проказа практически исчезла с территории Европы. Однако сто лет назад она опять здесь появилась, и если это заболевание как-то связано с тысячелетним циклом солнечной активности, то приходится ожидать, что количество больных ею со временем будет увеличиваться.

Обращает на себя внимание тенденция снижения заболеваний туберкулезом, проявившаяся за последние сто лет. Хотя успехи медицины в подавлении этой тяжелой болезни несомненны, все же общая тенденция в уменьшении числа больных определяется в значительной степени и «космическим фактором», природу которого еще предстоит разгадать.

Механизмы влияния окружающей среды на человеческий организм несомненно разнообразны. В целом можно утверждать, что в ритме с процессами, происходящими, скажем, на Солнце, в определенной степени изменяются функции отдельных его систем, изменяются защитные свойства организма, иногда понижаются барьеры, которыми организм защищает себя от несущих ему болезнь микробов.

Например, заражение кишечными и капельными инфекциями происходит через ротовую полость и носоглотку. Здесь важным барьером является слюна, способная довольно быстро растворять микроорганизмы, убивать их. И вот оказалось, что это столь ценное свойство слюны зависит от процессов, происходящих на Солнце: в минимуме солнечной активности оно существенно больше, чем в максимуме.

Определенным образом солнечная активность «регулирует» и кислотность желудочного сока: чем больше число Вольфа W , тем меньше в желудочном соке соляной кислоты. Становится понятным, почему возбудители холеры, которым «по вкусу» щелочная среда, легче попадают в кишечный тракт именно в годы максимума солнечной активности.

Всем известны также бактерицидные свойства крови, обусловленные присутствием в ней лейкоцитов и сложных белковых соединений – антител. По некоторым данным, в максимуме солнечной активности способность сыворотки крови растворять микроорганизмы на 30 % меньше, чем в минимуме.

В ритме с интенсивностью проявлений солнечной активности изменяется способность крови образовывать тромбы и растворять их: с ростом числа пятен активность фибринолиза (способности растворять тромбы) уменьшается...

Вопросы

1. Что такое «астрономическая единица» (1 а.е.), и чему она равна?
2. Опишите основные физические характеристики Солнца.
3. При каких условиях протекают ядерные реакции (протон-протонный цикл) в недрах Солнца?
4. Что является причиной выделения огромного количества энергии при ядерных реакциях?
5. Почему по мере продвижения энергетического потока к поверхности Солнца длина волны электромагнитного излучения увеличивается, а температура понижается?
6. Охарактеризуйте ядро Солнца.
7. Охарактеризуйте область лучевого переноса энергии.
8. Охарактеризуйте конвективную область.
9. Охарактеризуйте фотосферу.
10. Каковы физические процессы, связанные с возникновением грануляции?

11. Охарактеризуйте хромосферу.
12. Что такое спикюлы?
13. Благодаря чему возникают протуберанцы?
14. Когда и где проходят солнечные вспышки?
15. Охарактеризуйте солнечную корону.
16. Как возникает ионосфера в атмосфере Земли?
17. Как возникает озоновый слой в атмосфере Земли?
18. Что такое «солнечный ветер»?
19. Какова роль магнитосферы Земли в защите от солнечного ветра?
20. Какова цикличность активности Солнца?
21. Что характеризует число Вольфа?
22. Как солнечные вспышки влияют на состав атмосферы Земли и на состояния здоровья людей?
23. Приведите примеры влияния Солнца на климат и биосферу Земли.