Содержание

1. Введение

2. Общие сведения о Солнце

а) Характеристики Солнца

б) Вид Солнца в телескоп

в) Вращение Солнца

г) Положение Солнца в Галактике

д) Эволюция Солнца и Солнечной системы

е) Химический состав Солнца

3. Строение Солнца

а) Внутреннее строение Солнца

б) Атмосфера Солнца

1. Фотосфера

2. Хромосфера

3. Корона

4. Солнечная активность. Циклы солнечной активности.

5. Солнце – источник энергии

6. Солнечные затмения

7. Солнце и жизнь на Земле. Проблема: “ Солнце - Земля ”

8. Солнце и человек

9. Библиография

Еще задолго до наступления нашего научно-технического века люди наблюдали Солнце. Они знали его животворную силу, почитали и поклонялись ему как богу. Наше Солнце светит уже много миллиардов лет. Оно решающим образом повлияло на образование всех тел Солнечной системы и создало те условия, которые привели к возникновению и развитию на Земле жизни. Изучение физических процессов, происходящих на Солнце, имеет важное значение для астрофизики, поскольку эти процессы свойственны, очевидно, и другим звездам, но только на Солнце мы можем наблюдать их достаточно близко.

**Основные характеристики Солнца**

Радиус (фотосфера) R = 696 000 км ~ 109 радиусов Земли или 9.7 радиусов Юпитера

Масса М = 1.9891·1033 г ~ 333000 масс Земли или 1048 масс Юпитера ~ 99.8% от общей массы Солнечной системы

Средняя плотность 1.408 г/cм3 ~ 25.5% от ср. плотности Земли или 106% от Юпитера плотность в центре ~ 160 г/cм3

Сидерический период вращения 25.38 суток на экваторе, ~ 36 суток у полюсов, линейная скорость вращения на экваторе ~ 2 км/с

Направление северного полюса оси вращения: α = 286o.13, δ = 63o.87

Наклонение экватора к плоскости эклиптики 7o15'

II космическая скорость для радиуса фотосферы 617.7 км/с

Ускорение силы тяжести 274.0 м/c2 ~ в 28 раз больше, чем на поверхности Земли

Солнечная постоянная (поток на расстоянии 1 а.е.) 1367.6 Вт/м2 Общая мощность излучения 3.846·1026 Вт

Светимость L = 3.846·1033 эрг/с

Эффективная температура 5778 K

Температура поверхности (фотосфера) от 4400 K до 6600 K

Температура в центре Солнца ~ 1.6·107 К

Глубина фотосферы ~400 км

Глубина хромосферы ~2500 км

Период цикла солнечных пятен 11.4 года

Минимум 22 цикла солнечной активности - в 1991 г.

Химический состав по массе 75% водорода и 25% гелия по количеству атомов 92.1% водорода, 7.8% гелия и 0.1% остальных элементов

Примерный возраст 4.5·109 лет

**Солнце** – центральное тело Солнечной системы – представляет собой очень горячий плазменный шар. Солнце – ближайшая к Земле звезда. Свет от него доходит до нас за 8 с1/3 мин. Солнце огромно как по размерам, так и по массе. Его диаметр в 109 раз превосходит диаметр Земли, а объем – в 1306000 раз. Масса Солнца в 333000 раз больше массы Земли и потому средняя плотность вещества равна 1,4 г/см3, что почти в четыре раза меньше средней плотности Земли. Температура поверхности Солнца близка к 5800 К.

**Вид Солнца в телескоп**

Для исследования Солнца используются солнечные телескопы. Поскольку Солнце дает

много света, солнечные инструменты делают длиннофокусными для получения его изображения большого диаметра, вплоть до целого метра! При этом длина телескопа

должна достигать сотни метров. Такой инструмент трудно наводить на Солнце, да еще оснастить его дополнительной аппаратурой, часто тоже весьма длинной. Поэтому крупные солнечные телескопы делают неподвижными, освещая их солнечными лучами при помощи специальных вращающихся зеркал - целостатов. Часовой механизм поворачивает зеркало целостата вокруг оси, параллельной оси вращения Земли Если скорость этого вращения вдвое медленнее, чем у Земли, то солнечный луч всегда будет отражаться от целостата в одном и том же направлении.

Во время наибольшего спокойствия земной атмосферы в телескоп можно наблюдать резко очерченный диск Солнца, покрытый “ рябью ”. Создается впечатление белоснежной скатерти, на которой густым слоем рассыпаны рисовые зерна. Яркие “ зерна ”, имеющие поперечники, достигающие нескольких сотен километров, быстро в течении нескольких минут возникающие и исчезающие, называются гранулами. Это поднимаются и опускаются в солнечной атмосфере потоки горячих и охлажденных газов. Кое-где между гранулами видны темные пятнышки – поры, которые также изменчивы. С течением времени пора может или исчезнуть или развиться в солнечное пятно.

Кроме пятен, вблизи краев солнечного диска наблюдаются светлые области – факелы. Это облака более нагретых газов, взвешенные в более высоких слоях солнечной атмосферы. Очень часто, когда пятно находится на краю диска, мы видим окружающие его группы факелов – факельные поля. Факелы, также как и пятна, очень изменчивы и по форме и по размерам.

**Вращение Солнца**

Наблюдения солнечных пятен, состоящие в нанесении их положения на солнечном диске, позволяют обнаружить осевое вращение Солнца. Ось вращения наклонена к плоскости эклиптики под углом, равным 820 45´. Проходящая через центр Солнца перпендикулярно к оси его вращения плоскость пересекает поверхность Солнца по солнечному экватору, который наклонен к эклиптике под углом 7 015´ . Внешние слои Солнца испытывают дифференциальное вращение: на экваторе поверхность вращается со скоростью один оборот за 25.4 дня; а около полюсов скорость вращения медленнее и составляет примерно 36 дней. Такое поведение объясняется тем, что Солнце не является твердым телом, как Земля. Сходное вращение наблюдается у газовых планет гигантов (Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна). Дифференциальное вращение распространяется и вглубь Солнца, однако его ядро вращается, по-видимому, как твердое тело.

**Положение Солнца в Галактике**

Солнце расположено несколько севернее плоскости симметрии Галактики. Диаметр Галактики – около 1000 тысяч световых лет. Солнце движется вокруг ядра ее со скоростью около 240 км/с и совершает полный обход по галактической орбите примерно за 180 миллионов лет! В своем орбитальном движении оно перемещается в направлении созвездия Лебедя. По отношению же к окрестным звездам движется Солнце направлено к созвездию Геркулеса, и его скорость близка к 20 км/с. Вдоль плоскости Галактики расположено несколько спиральных ее рукавов, в которых сконцентрирован газ. Ближайший к центру Галактики звездный рукав называется рукавом Стрельца, следующий, более далекий рукав, - это Орионов рукав, на краю которого находится Солнечная система, и, наконец, третий, Персеев рукав, расположен за Солнцем, на расстоянии около 4000 пк от него. Наше Солнце находится в промежутке между двумя спиральными рукавами. По современным представлениям, эти спиральные рукава являются своеобразными волнами уплотнения ( наподобие звуковых волн ), распространяющимися в диске Галактики и сжимающими на своем пути как звездную, так и еще в большей степени газовую составляющую.

**Эволюция Солнца и Солнечной системы**

Солнце, веротно, возникло вместе с другими телами Солнечной системы из газопылевой туманности примерно 5 млрд. лет назад. Сначала вещество Солнца сильно разогревалось из-за гравитационного сжатия, но вскоре температура и давление в недрах настолько увеличились, что произвольно начали происходить ядерные реакции. В результате этого очень сильно поднялась температура в центре Солнца, а давление в его недрах выросло настолько, что смогло уравновесить силу тяжести и остановить гравитационное сжатие. Так возникла современная структура Солнца. Эта структура подддерживается происходящим в его недрах медленным превращением водорода в гелий. За 5 млрд. лет существования Солнца уже около половины водорода в его центральной области превратилось в гелий. Оно будет продолжать "мирно" излучать следующие 5 миллиардов лет или около того (хотя его светимость возрастет примерно вдвое за это время). Но, в конце концов, оно исчерпает водородное топливо, что приведет к радикальным переменам, что является обычным для звезд, но увы приведет к полному уничтожению Земли (и созданию планетарной туманности).

На рис. 1 изображена диаграмма температура-светимость для нашего Солнца, иначе ее еще называют диаграммой Герцшпрунга-Рассела, по именам двух астрономов, которые построили ее. На этой диаграмме можно видеть изменение температуры и светимости (это количество излученного света) за время жизни Солнца.

1. На Солнце начинают идти ядерные реакции в ядре. Это называется рождением звезды, до начала ядерных реакций объект называют протозвездой, и в ядре еще слишком низкая температура для того, что бы началось ядерное горение.
2. К этому времени, примерно половина водорода в ядре будет преобразована в гелий. Это та ситуация в которой Солнце находится сейчас (с момента рождения Солнца прошло примерно 4.5 миллиарда лет).
3. Водород в ядре практически полностью переработан, и начинается горение водорода в слоевом источнике вокруг ядра. Это заставляет Солнце раздуваться. Его радиус становится примерно на 40% больше, а светимость удваивается.
4. Через полтора миллиарда лет, поверхность Солнца станет в 3.3 раза больше чем сейчас, а температура опустится до 4300 градусов Кельвина. Если глядеть с Земли, то Солнце будет выглядеть как большой оранжевый шар. Однако главная проблема в том, что температура Земли при этом поднимется на 100 градусов и все моря испарятся, так что не останется наблюдателей этой грандиозной картины. В последующие 250 миллионов лет радиус Солнца вырастет в 100 раз, и его светимость возрастет более чем в 500 раз. Оно займет практически пол неба на планете, которая когда-то была Землей.
5. Температура ядра возрастет так высоко, что начнет протекать реакция превращения гелия в углерод. Возможно, этот процесс будет носить взрывной характер и одна треть солнечной оболочки будет рассеяна в космосе.

Что случится после этого в настоящее время неизвестно. Солнце станет ярче, и все внешние слои будут унесены в космос очень сильным солнечным ветром. Это явление называют образованием планетарной туманности; примеры таких объектов часто наблюдаются в космосе (внутри планетарной туманности всегда есть звезда, ее породившая) рис. 2.

После этого останется практически только ядро бывшего Солнца, так называемый белый карлик, имеющий массу в два раза меньшую, чем масса современного Солнца, но с ненормально высокой плотностью вещества: 2 тонны на кубический сантиметр. Этот белый карлик будет медленно остывать, превращаться в черный карлик и это будет конец Солнца.

**Химический состав Солнца**

Своеобразным “ паспортом ” каждой звезды, в том числе и Солнца, является ее спектр. В солнечном спектре зарегистрировано более 30000 линий, принадлежащих 72 химическим элементам. Конечно, на Солнце “ присутствуют ” и остальные 20 элементов. Просто их линии очень слабые и заметить их на общем фоне нелегко. В настоящее время Солнце состоит примерно из 75% водорода и 25% гелия по массе (92.1% водорода и 7.8% гелия по числу атомов); все остальные химические элементы (так называемые "металлы") содержат только 0.2% общей массы. Это соотношение медленно меняется со временем, по мере того, как в ядре Солнца водород превращается в гелий.

**Внутреннее строение Солнца**

Солнце представляет собой сферически симметричное тело, находящееся в равновесии. Всюду на одинаковых растояниях от центра этого шара физические условия одинаковы, но они заметно меняются по мере приближения к центру. . Солнце можно разделить на несколько концетрических слоев, постепенно переходящих друг в друга ( рис.3). В центре Солнца температура и плотность достигают наибольших значений. Условия в солнечном ядре (которое занимает примерно 25% от его радиуса) чрезвычайно экстремальные. Температура достигает 15.6 миллионов градусов Кельвина, а давление - 250 миллиардов атмосфер. Газ в ядре более чем в 150 раз плотнее воды. Ядерные реакции и сопровождающее их энерговыделение наиболее интенсивно происходят близ самого центра Солнца. По мере удаления от центра Солнца температура и плотность становятся меньше, выделение энергии быстро прекращается и вплоть до расстояния 0,2-0,3 радиуса от центра. На расстоянии от центра больше 0,3 радиуса температура становится меньше 5 млн. градусов. В результате ядерные реакции здесь практически не происходят. Эти слои только передают наружу излучение, возникшее на большей глубине, поглощаемое и переизлучаемое вышележащими слоями. Последние 20% пути к поверхности энергия переносится конвекцией, а не излучением. Конвекция - это перемещение вещества в целом, потоками или пузырями, наподобие того, как ведет себя кипящая вода. Огромные потоки горячего газа поднимаются вверх, где отдают свое тепло окружающей среде, а охлажденный солнечный газ опускается вниз.

**Атмосфера Солнца**

Все расмотренные выше слои Солнца фактически не наблюдаемы. Над конвективной зоной располагаются непосредственно наблюдаемые слои Солнца, называемые его атмосферой. Солнечная атмосфера также состоит из нескольких различных слоев. В строении внешних слоев Солнца выделяют фотосферу ( “ сферу света ”, если перевести с греческого), хромосферу ( “ сферу света ”) и корону.

Видимая солнечная поверхность - **фотосфера** – это слой газа толщиной около 700 км, в котором формируется приходящее к Земле излучение Солнца. Как раз через середину этого слоя и “ проведена ” условная поверхность нашей звезды, используемая для различных расчетов, конкретно – отсчета высот ( вверх ) и глубин ( вниз ). Во внешних, более холодных, разряженных слоях фотосферы на фоне непрерывного спектра возникают фраунгоферовы линии поглощения. Производя анализ солнечного спектра, содержащего свыше 300 тысяч линий поглощения, устанавливают химический состав не фотосферы, а расположенных над ней слоев. Распространяясь в верхние слои солнечной атмосферы, волны, возникшие в конвективной зоне и в фотосфере, передают им часть механической энергии конвективных движений и производят нагревание газов последующих слоев атмосферы- хромосферы и короны. В результате верхние слои фотосферы с температурой около 4500K оказываются самыми "холодными" на Солнце. Как вглубь, так и вверх от них температура газов быстро растет.

**Хромосфера** – слой толщиной около 10000 км, лежащий над фотосферой. Ее можно видеть в моменты полнйх солнечных затмений в виде окружающего Солнца кольца ярко- красного цвета. Именно благодаря наличию этого разряженного слоя газа мы наблюдаем в спектре Солнца темные линии: идущие “ снизу ”, из более плотных слоев, фотоны света поглощаются в хромосфере и сразу же (!) переизлучаются. Но ( вот в чем “ соль”) с одинаковой вероятностью – в любом направлении, в том числе в 50 % случаев обратно в сторону Солнца. А это значит, что в какой-то определенной частоте к Земле ( и к наблюдателю ) приходит меньше энергии – образуется темная линия в спектре. Так поглощаются и переизлучаются лишь определенные порции энергии, соответствующие переходам электронов в атомах на высшие энергетические уровни. Быстрые конвективные движения газов, поднимающихся и опускающихся вниз, объясняют струистое строение хромосферы. Быстро движущиеся кратковременные выступы из хромосферы –это спикулы, существующие несколько минут. Cпектр хромосферы, так называемый спектр вспышки, состоит из ярких эмиссионных линий водорода, гелия ионизированного кальция и других элементов, которые внезапно вспыхивают во время полной фазы затмения. Выделяя излучение Солнца в этих линиях, можно получить в них его изображение.

Над хромосферой расположена простирающаяся на расстояния до 2000000 км солнечная корона. **Корона** - изумительно красивый объект для наблюдений. К сожалению, ее можно видеть только во время полной фазы солнечного затмения, когда Луна закрывает от нас диск Солнца. Солнечная корона состоит из двух частей – внутренней и внешней. Внутренняя корона – это желтоватый бесструктурный ободок, который окружает хромосферу. Внешняя корона – длинные струи серебристого цвета, “ лучи ” неправильной формы, отходящие от Солнца на очень большие расстояния. Вид солнечной короны не всегда одинаков. Это связано с периодическим изменением солнечной активности. Наиболее вытянутая форма короны наблюдается во время минимума солнечной активности. В годы максимума корона почти сферична.

Корона представляет собою сильно разряженную высокоионизированную плазму с температурой 1-2 млн. градусов. Причина столь большого нагрева солнечной короны связана с волновыми движениями, возникающими в конвективной зоне Солнца. В ней содержатся атомы различных химических элементов и свободные электроны, движущиеся с очень большими скоростями. И те, и другие, освещенные солнечными лучами, рассеивают падающий на них солнечный свет. Из-за огромной температуры частицы движутся так быстро, что при столкновениях от атомов отлетают электроны, которые начинают двигаться как свободные частицы. В результате этого легкие элементы полностью теряют все свои электроны, так что в короне практически нет атомов водорода и гелия, а есть только протоны и альфа - частицы. Тяжелые элементы теряют до 10-15 внешних электронов. По этой причине в спектре солнечной короны наблюдаются необычные спектральные линии, которые долгое время не удавалось отождествить с известными химическими элементами. Так, например, одна из наиболее ярких корональных линий (зеленая ) принадлежит атому железа, лишенному 13 электронов. Однако не все излучение внутренней короны обязано эмиссионному свечению ионизованных атомов. Внутренняя корона испускает также и непрерывный спектр в результате рассеивания солнечного излучения.

Внешняя корона состоит из ионизованного водорода и свободных электронов. Электроны, как более подвижные, менне массивные частицы, способны расссеивать падающий на них солнечный свет гораздо эффективнее фотонов. Эти потоки электронов мы и наблюдаем в лучах внешней солнечной коры.

Солнечная корона испускает также радиоволны, причем радиоизлучение Солнца может быть спокойным и возмущенным. Источником и того и другого излучений является торможение электронов в короне. Как известно, равномерно движущийся электрон электромагнитного излучения не испускает ( если он движется со скоростью, много меньшей скорости света ). Он испускает электромагнитное излучение, в данном случае радиоволны, если он тормозится. Такое торможение должно происходить в солнечной короне, так как электроны обязательно проходят около атомных ядер и под действием их притяжения тормозятся, а торможение сопровождается излучением. В ”спокойной ” короне электронная температура достигает 1-2 млн. градусов. Однако бывают случаи, когда сквозь корону пролетают быстрые потоки наэлектризованных частиц. Тогда корона становится на время “ неспокойной ”, она испускает более мощные радиоволны, а ее электронная температура временно поднимается до 2 млрд. градусов.

**Солнечная активность**

В возникновении явлений, происходящих на Солнце, большую роль играет магнитное поле, которое сильнее земного в 6000 раз. Вещество на Солнце всюду представляет собой намагниченную плазму, смесь электронов и ядер водорода и гелия. Иногда в отдельных областях напряженность магнитного поля быстро и сильно возрастает. Этот процесс сопровождается возникновением целого комплекса явлений солнечной активности в различных слоях солнечной атмосферы. В соответствующих местах хромосферы наблюдается увеличение яркости в линиях водорода и кальция. Такие места называются **флоккулами**. Примерно в тех же участках на Солнце в фотосфере (т.е. несколько глубже) при этом также наблюдается увеличение яркости в белом ( видимом )свете – **факелы.** Увеличение энергии, выделяющейся в области факела и флоккула, является следствием увеличевшейся до нескольких десятков эрстед напряженности магнитного поля. Через 1-2 дня после появления флоккула в активной области возникают солнечные пятна в виде маленьких черных точек – пор. Многие из них вскоре исчезают, и лишь отдельные поры за 2-3 дня превращаются в крупные темные образования. Типичное солнечное пятно имеет размеры в несколько десятков тысяч километров и состоит из темной центральной части – тени и волокнистой полутени. Важнейшая особенность пятен – наличие в них сильных магнитных полей, достигающих в области тени наибольшей напряженности, в несколько тысяч эрстед. **Солнечное пятно** – это углубление в фотосфере, имеющее форму воронки; вещество солнечного пятна движется, втекая в него в верхних слоях и растекаясь от центра к краям в глубоких нижних слоях. Полное, суммарное давление в пятне включает в себя давление магнитного поля и уравновешивается давлением окружающей фотосферы, поэтому газовое давление в пятне оказывается меньшим, чем в фотосфере. Магнитное поле как бы расширяет пятно изнутри. Кроме того, магнитное поле подавляет конвективные движения газа, переносящие энергию из глубины вверх. Вследствии этого в области пятна температура оказывается меньше примерно на 1000 К. Пятно как бы охлажденная и скованная магнитным полем яма в солнечной атмосфере. Большей частью пятна возникают целыми группами, в которых, однако, выделяются два больших пятна. Одно, небольшое, - на западе, а другое, чуть поменьше, - на востоке. Вокруг и между ними часто бывает множество мелких пятен. Такая группа пятен называется биполярной, потому что у обоих больших пятен всегда противоположная полярность магнитного поля. Они как бы связаны с одной и той же трубкой силовых линий магнитного поля, которая в виде гигантской петли вынырнула из–под фотосферы , оставив концы где-то в ненаблюдаемых, глубоких слоях. То пятно, которое соответствует выходу магнитного поля из фотосферы, имеет северную полярность, а то, в области которого силовые линии входят обратно под фотосферу, - южную.

Самое мощное проявление солнечной активности – это **вспышки**. Они происходят в сравнительно небольших областях хромосферы и короны, расположенных над группами солнечных пятен. По своей сути вспышки – это взрыв, вызванный внезапным сжатием солнечной плазмы. Сжатие происходит под давлением магнитного поля и приводит к образованию длинного плазменного жгута или ленты. Длина такого образования составляет десятки и даже сотни тысяч километров. Общее количество энергии, выделяюшееся в результате взрыва, может составлять в зависимости от его силы от 10 в23 до 10 в25 Дж. Продолжается вспышка обычно около часа. Мощность энерговыделения 1г вещества в области вспышки в среднем в 10 в12 раз больше, чем мощность энерговыделения 1г вещества всего Солнца. Это говорит о том, что источник энергии вспышек отличается от источника энергии всего Солнца. Хотя детально физические процессы, приводящие к возникновению вспышек, еще не изучены, ясно, что они имеют электромагнитную природу. Основной жгут вспышки обычно располагается вдоль нетральной линии магнитного поля – направления, разделяющего области различной полярности. При некоторых условиях возникает неустойчивость,магнитные поля вблизи нейтральной линии сильно сближаются, сливаются и нейтрализуются (аннигилируют). При этом энергия магнитного поля переходит в другие формы: в излучение, тепло и кинетическую энергию движущихся газов. В электромагнитное излучение переходит примерно половина всей энергии. Другая половина энергии вспышки идет на ускорение элементарных частиц, главным образом электронов и протонов. Поток таких частиц добавляется во время вспышек к общему потоку космических лучей, наблюдаемых вблизи Земли. Сталкиваясь с другими атомами, энергетические ядра вызывают их необычайно сильную ионизацию, а в некоторых случаях проникают даже через электронные оболочки атомов и приводят к ядерным превращениям, сопровождающимся испусканием гамма- квантов. Как и всякий сильный взрыв, вспышка порождает взрывную волну, распространяющуюся как вверх в корону, так и горизонтально вдоль поверхностных слоев солнечной атмосферы. Излучение солнечных вспышек оказывает особо сильное воздействие на верхние слои земной атмосферы и ионосферу и приводит к возникновению целого комплекса геофизических явлений. Наиболее грандиозными образованиями в солнечной атмосфере являются **протуберанцы-** сравнительно плотные облака газов, возникающие в солнечной короне или выбрасываемые в нее из хромосферы. Типичный протуберанец имеет вид гигантской светящейся арки, опирающийся на хромосферу и образованной струями и потоками более плотного и холодного, чем окружающая корона, вещества. Иногда это вещество удерживается прогнувшимися под его тяжестью силовыми линиями магнитного поля, а иногда медленно стекает вдоль магнитных силовых линий. Имеется множество различных типов протуберанцев. Некоторые из них связаны с взрывоподобными выбросами вещества из хромосферы вверх в корону. Области на Солнце, в которых наблюдаются интенсивные проявления солнечной активности, называются центрами солнечной активности.

**Пояснение.** Поверхность Солнца на этом снимке довольно-таки темная. Запечатлены корональные магнитные петли, перекинувшиеся через активную область на Солнце. Ярко сверкающая в жестком ультрафиолете горячая плазма, поднятая над Солнцем вдоль арок силовых линий магнитного поля, остывает и проливается обратно на поверхность светила.

**Циклы солнечной активности**

Количество пятен на Солнце не является постоянной величиной. В дополнению к вполне очевидным вариациям, связанным с вращением Солнца (пятна появляются в поле зрения и исчезают за краем), в течение времени новые группы пятен формируются, а старые исчезают. При наблюдении в течении короткого периода времени (несколько недель или месяцев) эта вариация в числе пятен выглядит случайной. Однако наблюдения за много лет привели к открытию значительной особенности Солнца: количество пятен меняется периодически, что обычно описывается как 11 - летний цикл (в действительности период меняется и находится ближе к 10.5 годичному циклу в нашем столетии). В 1848 году Иоган Рудольф Вольф изобрел методику подсчета солнечных пятен на диске, получаемое число называют числом Вольфа: W=k(f+10g), где f - число всех отдельных пятен, в данный момент наблюдаемых на солнечном диске, а g - число образованных ими групп. Этот индекс очень удачно отражает вклад в солнечную активность не только от самих пятен, но и от всей активной области, в основном занятой факелами. Поэтому числа W очень хорошо согласуются с более современным и точнее определяемым индексом, обозначаемым F10.7 - величиной потока радиоизлучения от всего Солнца на волне 10,7 см.

Сегодня числа Вольфа (осредненные по многим наблюдениям) используют для характеристики солнечной активности. На рис.6 изображены числа Вольфа почти за 500 лет.

Во время солнечного цикла пятна мигрируют от полюса к экватору, и распределение пятен по широте дает так называемую, очень эффектную, диаграмму бабочки Рис. 7.

В то время как продолжительность цикла была практически одинакова в этом столетии, в прошлом наблюдались значительные отклонения. Примерно с 1645 по 1715 годы (период, известный как Маундеровский минимум) на Солнце практически не наблюдались пятна, что имело, по-видимому, влияние на земной климат.

Особенно длительный период истории солнечной активности скрыт в данных о распространенности в прошлом углерода-14 (радиоактивного изотопа обычного углерода-12). Интенсивность образования С-14 в земной атмосфере зависит от потока частиц высоких энергий, известных как галактические космические лучи, которые рождаются в высокоэнергичных процессах вне Солнечной системы. Способность этих космических лучей проникать в Солнечную систему зависит от величины и геометрии магнитных полей, уносимых от Солнца солнечным ветром в периоды высокой активности. В процессе фотосинтеза растения поглощают С-14 вместе с другими изотопами углерода и включают его в свою структуру. Уровни солнечной активности за прошедшие 2000 лет могут быть оценены путем измерения распространенности С-14 в годовых кольцах старых деревьев. Возраст таких колец может быть легко найден обратным счетом от внешнего кольца. Сведения из древних источников о наблюдении солнечных пятен и полярных сияний, а также данные о распространенности С-14 были обобщены Эдди в 1976 г. Он установил, что Маундеровский минимум совпадает с очень резким понижением солнечной активности, о чем свидетельствуют перерыв в появлении полярных сияний и высокий уровень С-14. Впоследствии Эдди и другие ученые показали, что такие периоды аномально низкой солнечной активности продолжаются в течение нескольких десятилетий и типичны для Солнца. Аналогичный эпизод, Шпуреровский минимум, имел место в период примерно от1450 до 1550 гг. Однако протяженный период высокой солнечной активности приблизительно между 1100 и 1250 гг. совпал с относительно теплой погодой, которая, по-видимому, сделала возможной миграцию викингов в Гренландию и Новый Свет. Возможно, что очередное затухание солнечной активности можно ожидать в следующем веке.

Почему существует солнечный цикл? До конца никто не знает окончательного ответа на этот вопрос. Детальное объяснение природы солнечного цикла является фундаментальной проблемой солнечной физики, которую еще предстоит решить.

**Солнце – источник энергии**

Излучаемая Солнцем энергия вырабатывается в ядерных реакциях ( эрг/сек или 386 миллиардов миллиардов мегаватт). Каждую секунду около 700,000,000 тонн водорода превращается в 695,000,000 тон гелия и 5,000,000 тонн (=эрг) энергии в форме гамма лучей. Пока эта энергия (излученная в виде гамма квантов) путешествует наружу по направлению к поверхности, она постепенно поглощается и переизлучается в виде волн все большей длины так, что когда она достигает поверхности, она превращается в видимый свет. Последние 20% пути к поверхности энергия переносится конвекцией. Огромные потоки горячего газа поднимаются вверх, где отдают свое тепло окружающей среде, а охлажденный солнечный газ опускается вниз. Физические условия во внутренних слоях Солнца определяются с помощью теоретических расчетов и проверяются на основании изучения распространения волн в недрах Солнца, а также путем регистрации солнечных нейтрино, возникающих в результате ядерных реакций в центральных его слоях. При температурах существующих в центре Солнца атомы движутся с огромными скоростями, достигающими, например, для протонов, сотен километров в секунду. Поскольку плотность вещества очень велика, весьма часто происходят взаимодействия частиц с квантами (фотонами), а также и между собою. В результате этих процессов внешние электронные оболочки атомов полностью разрушаются, от атомов остаются лишь "голые" атомные ядра. Иными словами, все атомы находятся в состоянии очень высокой степени ионизации. Это означает, что размеры частиц уменьшаются от обычных (порядка 10-10 м) до ядерных (порядка 10-15 м). Поэтому сильно ионизованный газ остается газом даже при очень высоких плотностях порядка 1,5· 105 кг/м3 (150 г/см3). Вследствие частых и сильных столкновений и сближений между частицами в "горячей" и плотной плазме, в ней возрастает вероятность взаимодействия между элементарными частицами и атомными ядрами, и происходят ядерные реакции. При обычных столкновениях сближению одинаково заряженных частиц препятствует электростатическое отталкивание, происходящее по закону Кулона (кулоновский барьер). Именно для его преодоления частицы должны иметь огромные энергии, т.е. температура плазмы должна быть очень высокой. Возникающие при этом ядерные реакции называют термоядерными. Взаимные столкновения протонов обладают наименьшим кулоновским барьером, поэтому в первую очередь в недрах звезд возникают реакции синтеза легких ядер, а эволюция звезд начинается с выгорания водорода и других наиболее легких химических элементов. В недрах Солнца каждый протон ежесекундно испытывает миллионы столкновений, но только малое их число заканчивается его объединением с другим протоном. Однако, благодаря огромному общему числу протонов, "выгорание" водорода оказывается длительно эффективным. Во время ядерных реакций синтеза выделяются огромные энергии (несколько МэВ в расчете на один нуклон 1Мэвэрг), что значительно превосходит энерговыделение, обусловленное другими известными механизмами (например, химическим горением). При этом масса образующихся ядер не равна сумме масс входящих в них нуклонов, но несколько меньше нее на величину так называемого дефекта массы. Это объясняется наличием сильной связи между нуклонами в ядре, так что для их освобождения необходимо затратить энергию, равную энергии этой связи. При обратном процессе синтеза ядер из свободных нуклонов в центре Солнца выделяется такая же энергия. Ее величина, согласно известному соотношению Эйнштейна, равна дефекту массы, умноженному на квадрат огромной величины - скорости света!



Основным источником энергии в недрах Солнца является последовательность реакций с участием протонов - водородный цикл, или протон - протонная цепочка термоядерных реакций. В конечном счете, она приводит к превращению водорода в гелий. Примерно в 70 % случаев она состоит из трех основных реакций.

Первая из них начинается с распада протона 1H, который в свободном состоянии необычайно устойчив. Распад может произойти в краткий миг исключительно тесного сближения (столкновения) двух протонов. Тогда возможно превращение одного из них в нейтрон с испусканием позитрона e+ и нейтрино  . Объединяясь со вторым протоном, этот нейтрон образует ядро тяжелого водорода - дейтерия 2D. На языке ядерных реакций это выглядит так:

**1H + 1H  2D + e+ +  + 1,442 Мэв**

В конце этой строки указаны выделяющаяся при этом энергия. Нейтрино, движущееся со скоростью света, крайне слабо взаимодействует с веществом и практически беспрепятственно проходит через все Солнце, покидая его. Позитрон же, возникший при распаде протона, немедленно аннигилирует с первым встречным электроном, испуская пару гамма-квантов.

Поскольку для каждой пары протонов первый этап водородной реакции осуществляется за 14 млрд. лет, она и определяет медленность термоядерных реакций на Солнце и общее время его эволюции.

Во второй реакции дейтроны, возникшие в результате первой реакции, за считанные секунды захватывают новые протоны, испуская  кванты и образуя ядра изотопа 3He:

**2D + 1H  3 He +  + 5,494 Мэв**

Благодаря третьей реакции, в течение времени порядка миллиона лет ядра изотопа 3He могут слиться и, высвободив два протона, образовать ядро обычного гелия 4He ( - частицу):

**3He + 3He  4He + 21H + 12,860 Мэв**

Очевидно, что для полного завершения описанной цепочки реакций первые две из них должны произойти дважды. С учетом этого можно подсчитать, что слияние четырех протонов в одну -частицу сопровождается выделением энергии 26,732 МэВ, из которой около 0,5 МэВ уносится двумя нейтрино, свободно покидающими Солнце, а остальная часть переходит в  кванты и тепловую энергию газа. Источником этой энергии является энергия связи ядра 4He, соответствующая дефекту массы, равному 0,73 % массы четырех свободных протонов.

**Солнечные нейтрино**

Помимо энергии, выделяющейся во время термоядерных реакций в форме  квантов, а также и непосредственно в виде кинетической энергии возникающих частиц, важную роль играет образование нейтрино, поток которых должен буквально пронизывать всю Землю. Нейтрино - частицы, чрезвычайно слабо взаимодействующие с веществом. Поэтому они свободно выходят из недр Солнца и со скоростью, очень близкой к световой, распространяются в космическом пространстве, почти не поглощаясь веществом на их пути. Возникновение на Солнце каждой частицы связано с выделением по крайней мере 26,7 МэВ энергии, поддерживающей наблюдаемую светимость Солнца. Каждый такой акт сопровождается излучением двух нейтрино. Отсюда можно подсчитать, что полная нейтринная "светимость" Солнца, независимо от деталей термоядерных процессов, состовляет 1038 нейтрино за 1 секунду, а поток солнечных нейтрино на Земле порядка 1011 нейтрино за секунду через площадку в 1 см2. Важно, что нейтрино от разных реакций обладают неодинаковыми энергиями. Скорости отдельных ядерных реакций и тем самым величина соответствующих потоков нейтрино сильно зависят от температуры и параметров химического состава и, в первую очередь, от содержания гелия. Поэтому, регистрируя потоки солнечных нейтрино различных энергий, можно получить прямые экспериментальные данные об условиях в недрах Солнца.

В настоящее время в различных лабораториях мира проводятся сложные эксперименты по регистрации солнечных нейтрино. Они основаны на относительно большой вероятности захвата нейтрино некоторыми атомными ядрами (Cl, Ga, Li, Br, I и т.д.), а также на регистрации специального вида излучения (называемого черенковским), возникающего при рассеянии нейтрино на электронах. В конце столетия наиболее успешными оказались три важных эксперимента.

**Хлор-аргонный эксперимент** был предложен Бруно Понтекорво в 1946 г. и впервые осуществлен в 1967 г. Раймондом Дэвисом в Южной Дакоте (США). Он основан на реакции поглощения нейтрино изотопом хлора с атомным весом 37:

37Cl +  = e + 37Ar.

Рабочим веществом в этом процессе является богатый хлором перхлорэтилен C2 Cl4. Ядра хлора этого вещества способны поглощать нейтрино с энергиями больше 0,814 МэВ, испуская электрон и образуя радиоактивный изотоп 37Ar с периодом полураспада 35 дней. Поэтому достаточно долго (в течение трех-четырех месяцев) можно накапливать продукт реакции и применять физико-химические методы его извлечения. Сосуд с 615 тоннами жидкого перхлорэтилена был установлен на дне шахты глубиной 1455 м, куда почти не достигают космические лучи, которые могут порождать нейтрино при столкновениях с ядрами различных атомов.

Результаты двадцатилетних наблюдений Р.Дэвиса, показывают, что наблюдаемый поток солнечных нейтрино с энергиями более 0,814 МэВ в среднем соответствует 0,420 0,045 захватов в сутки или 2,55 0,25 специальных "солнечных нейтринных единиц" вместо теоретически ожидаемых 8,0 1,0 SNU.

**Солнечная нейтринная единица** (SNU = Solar Neutrino Units): 1 SNU соответствует потоку нейтрино, при котором в детекторе с 1036 ядерами 37Cl за 1 с образуется одно ядро 37Ar. Таким образом, в эксперименте Дэвиса фактически (после учета фона, создаваемого космическими лучами) регистрируется одна солнечная частица нейтрино в течение 2 -- 3 дней. Теоретически ожидаемый поток солнечных нейтрино в хлорном эксперименте соответствует 8,0 1,0 SNU, а для галлиевого детектора он составляет 132 7 SNU.

**Галлиевый эксперимент** был предложен в 1964 г. российским астрофизиком В.А.Кузьминым. В его основе лежит возможность взаимодействия нейтрино с ядром изотопа галлия 71Ga с образованием радиоактивного изотопа германия 71Ge:

71Ga +  = e + 71Ge.

Важным преимуществом этого метода является относительно большая вероятность взаимодействия нейтрино с галлием и и низкий порог энергии (0,233 МэВ), позволяющий регистрировать нейтрино от основной реакции позитронного распада протона. Период полураспада радиоактивного германия 11,4 дня. Для регистрации одного захвата нейтрино в сутки достаточно 20 т галлия. В 1990 г. начал функционировать российский детектор SAGE (Soviet-American Gallium Experiment), использующий 57 т галлия в Баксанском ущелье на Северном Кавказе, а в следующем году -- в Итальянских Альпах (GALLEX, 30 т галлия). Предварительные результаты SAGE дали скорость счета 73 19 SNU, а GALLEX дал 79 12 SNU при теоретически ожидаемом значении 132 7 SNU.

**Результаты экспериментов** по регистрации солнечных нейтрино приводят к значениям меньше ожидаемых в несколько раз. Особенно велико различие в 4 раза для хлорного детектора, для которого имеются наиболее длительные ряды наблюдений. Основная трудность интерпретации этих расхождений связана с тем, что между данными различных экспериментов нет внутреннего согласия. Последние два десятилетия велась упорная работа, как по совершенствованию методики самого эксперимента, так и по уточнению стандартных теоретических моделей внутреннего строения Солнца. Несмотря на эти усилия, расхождения остаются почти на прежнем уровне. Это наводит на мысль о том, что истинная причина расхождений связана с недостаточностью наших знаний о самой физической природе нейтрино. Одна из гипотез (возможно, подтверждаемая некоторыми опытами) предполагает наличие у нейтрино способности самопроизвольно переходить в нейтрино других видов, в то время как все эксперименты регистрируют лишь электронные нейтрино, возникающие при бета распадах.

**Солнечные затмения**

Полное солнечное затмение – интереснейшее явление природы, знакомое человеку с глубокой древности. Оно бывает сравнительно часто, но видно не из всех местностей земной поверхности и поэтому многим кажется редким. Солнечные затмения происходят в новолуния, когда Луна, обращаясь вокруг Земли, оказывается между Землей и Солнцем и полностью или частично заслоняет его. Луна расположена ближе к Земле, чем Солнце, почти в 400 раз, и в то же время ее диаметр меньше диаметра Солнца также приблизительно в 400 раз. Поэтому видимые размеры Луны и Солнца почти одинаковы, и Луна может закрыть собой Солнце. Если во время солнечного затмения Луна находится в наибольшем удалении от Земли, то лунный диск будет немного меньше солнечного, и лунная тень не доходит до Земли. Вокруг темной Луны видно яркое кольцо незакрытой поверхности Солнца, т.е. произойдет кольцеобразное солнечное затмение, которое может продолжаться до 12 минут. Полное и кольцеобразное солнечные затмения начинаются с частных фаз. Во время кратковременной полной фазы мы получаем возможность увидеть солнечную корону во всей ее красе и обстоятельно ее исследовать. Для выполнения этих исследований астрономы совершают экспедиции в полосу полного затмения, туда, где тень Луны пробежит по земной поверхности. Частные солнечные затмения происходят чаще полных, но они гораздо менее информативны; их также стараются не пропустить усердные наблюдатели небесных явлений, выполняя более ограниченную программу. Солнечное затмение начинается с первого контакта, когда диск Луны касается диска Солнца. Прикосновение происходит на правом краю солнечного диска. Момент первого контакта очень трудно уловить; следует заранее знать, в каком месте солнечного диска должно произойти касание. Соответствующий позиционный угол точки касания сообщается в астрономических календарях. Второй контакт – начало полной фазы затмения, третий – ее конец, а четвертый – это окончание частных фаз, когда лунный диск сходит с солнечного. При частном затмении второго и третьего контакта быть не может. После первого контакта диск Луны все больше закрывает диск Солнца, и фаза затмения нарастает. В момент наибольшей фазы частного затмения солнечный серп быстро поворачивается. Если до этого момента он был повернут рожками вправо, то после него он обращен рожками влево. Уловив момент поворота солнечного серпа, можно определить то время, когда произошла максимальная фаза затмения. Чаще всего за год бывает 2-3 солнечных затмения, причем одно из них, как правило, полное или кольцеобразное. Наблюдения за солнечным затмением полезны для уточнения теории движения Луны.

**Солнце и жизнь на Земле. Проблема: “ Солнце – Земля ”**

Солнечное излучение, падающее на Землю, в общем-то очень стабильно, иначе жизнь на Земле подвергалась бы слишком большим температурным перепадам. В настоящее время спутники очень тщательно измерили энергию, излучаемую Солнцем, и показали, что солнечная постоянная не постоянна, а подвержена вариациям в пределах десятых долей процента, причем долгопериодические вариации связаны с солнечным циклом (рис. 8) (Солнечная постоянная - количество солнечной энергии, приходящей на поверхность площадью 1 кв.м, развернутую перпендикулярно солнечным лучам в космосе) От максимума к минимуму солнечная постоянная уменьшается примерно на 0.1%, т.е. во время максимума активности (много пятен на Солнце) оно излучает как бы больше. Такие изменения также могут иметь влияние на земной климат. В Маундеровский минимум (1645-1715) было очень мало пятен. Этот период известен на Земле как малый ледниковый период: в это время было намного холоднее, чем сейчас. В принципе это может быть простым совпадением, но скорее всего, эти события имеют причинную связь.

Глубина проникновения солнечной радиации в атмосферу Земли зависит от длины волны его излучения. К счастью для жизни, оксид азота в тонком слое атмосферы на высоте выше 50 км над поверхностью Земли блокирует очень переменное коротковолновое ультрафиолетовое излучение Солнца. На меньших высотах озон и молекулярный кислород поглощают длинноволновую часть ультрафиолетового излучения, которое также вредно для жизни. Изменения солнечного ультрафиолетового излучения влияют на структуру озонового слоя.

На Землю оказывает воздействие также так называемый солнечный ветер, обусловленный спокойным испусканием коронарной плазмы. Солнечный ветер очень сильно влияет на хвосты комет и даже имеет измеряемые эффекты влияния на траекторию спутников. Заряженные частицы из солнечного ветра ответственны за северные и южные полярные сияния, когда они пронизывают земную атмосферу на высокой скорости и заставляют ее светиться. На рис. 9 изображено северное сияние на Земле (авроральный овал), как оно видно из космоса, снимок сделан с корабля "Space Shuttle". На рис. 10 то же самое явление свечения северного и южного аврорального овала можно наблюдать на Сатурне.

Испускание Солнцем заряженных частиц, которое зависит в основном от условий в слоях, расположенных выше фотосферы, также меняется в цикле солнечной активности. Наибольшее значение среди этих частиц с точки зрения влияния на земные процессы имеют высокоэнергичные протоны, которые выбрасываются при взрывах в солнечной короне (одновременно выбрасываются также высокоэнергичные электроны).

Приходящие к Земле высокоэнергичные солнечные протоны имеют энергии от 10 млн. до 10 млрд. эВ (для сравнения энергия фотона видимого света составляет около 2 эВ). Наиболее энергичные протоны движутся со скоростью, близкой к скорости света, и достигают Земли приблизительно через 8 мин после самых мощных солнечных вспышек. Такие вспышки связаны с колоссальными извержениями в активных областях Солнца, которые резко увеличивают свою яркость в рентгеновском и крайнем ультрафиолетовом диапазонах. Считается, что источником энергии вспышек является быстрое взаимоуничтожение (аннигиляция) сильных магнитных полей, при которой происходит разогрев плазмы и возникают мощные электрические поля, ускоряющие заряженные частицы. Эти частицы способны оказать разнообразное влияние на людей находящихся в этот момент не под защитой земного магнитного поля.

Мощные протонные вспышки являются важным фактором для планирования полетов на гражданских авиалиниях, особенно проходящих в полярных широтах, где силовые линии земного магнитного поля направлены перпендикулярно поверхности Земли и поэтому позволяют заряженным частицам достигать нижних слоев атмосферы (см. рис. 9 и 10 с авроральными овалами на Земле и Сатурне).

Пассажиры в этом случае подвергаются повышенному радиационному облучению. Еще более сильное воздействие такие явления могут оказывать на экипажи космических аппаратов, особенно тех, которые летают на орбитах, проходящих через полюсы. Наблюдалось также влияние протонных вспышек на функционирование вычислительных систем. Так, в августе 1989 года одно такое событие парализовало работу вычислительного центра фондовой биржи в Торонто. В течение солнечного цикла происходит лишь несколько десятков таких мощных вспышек, и их частота значительно выше в его максимуме, чем в минимуме..

Изменения потока плазмы солнечного ветра, обтекающего Землю, приводят к воздействию совсем иного вида. Эта относительно низко энергичная плазма как бы убегает из солнечной короны, преодолевая из-за высокой температуры гравитационное притяжение Солнца. Магнитное поле Земли воздействует на заряженные частицы солнечного ветра и не позволяет им приблизиться к поверхности планеты. Пространство вокруг Земли, в которое в основном не могут проникать частицы солнечного ветра, называют земной магнитосферой. Вспышки и другие резкие изменения магнитных полей на Солнце приводят к возмущениям в солнечном ветре и изменяют давление плазмы на земную магнитосферу. Связанные с воздействием солнечного ветра изменения геомагнитного поля составляют лишь около 0,1% его напряженности, равной приблизительно 1 Гс. Однако индуцируемые даже столь малыми изменениями геомагнитного поля электрические токи в длинных проводниках на поверхности Земли (таких как высоковольтные линии или трубы нефтепроводов) могут приводить к драматическим последствиям. Например, 13 марта1989 г. сильная магнитная буря, вызванная вспышками, связанными с одним из крупнейших, когда либо наблюдавшихся пятен на Солнце, вывела из строя систему электроснабжения всей провинции Квебек.

Часть сильных геомагнитных бурь связана со вспышками, происходящими в активных областях Солнца, и поэтому частота таких бурь возрастает с ростом числа солнечных пятен в магнитном цикле.

**Солнце и человек**

Долгое время предпринимались многочисленные попытки найти связь между солнечной активностью и погодой, Выдающийся английский астроном Уильям Гершель предположил (совершенно правильно!), что Солнце наиболее ярко светит при максимуме солнечных пятен, а повышение температуры в этот период должно было бы приводить к увеличению урожая пшеницы и соответственно падению цен на нее. В 1801 г. он заявил, что цена на пшеницу действительно коррелирует с циклом солнечных пятен. Корреляция, однако, оказалась недостоверной, и Гершель стал заниматься другими проблемами. Многие такие кажущиеся связи оказались недолговечными, и все они имели тот недостаток, что были скорее статистическими, чем причинными. Никто еще не предложил разумного механизма, посредством которого столь малые изменения солнечной постоянной могли бы ощутимо влиять на земные процессы.

Однако поиск продолжается. В 1987 г. Карин Лабицке из Свободного университета в Берлине сообщила о наиболее убедительной из всех ранее найденных связей. Она обнаружила, что в течение последних 40 лет оттепели зимой в США и Западной Европе очень хорошо коррелируют с солнечным циклом, если принимать во внимание изменение направления стратосферных ветров, происходящее приблизительно каждые два года. Найденное соответствие выдержало многочисленные статистические проверки и объяснило очень мягкую зиму 1988/89 г. в Англии и Западной Европе. Установление физически разумной связи между вариациями солнечной активности и климата явилось бы громадным шагом вперед в понимании взаимосвязи Земли с ее звездой.

Это все показывает, что Солнце имеет огромное влияние на Землю. Однако, тем не менее, это совершенно ничтожное влияние, по сравнению с тем, что случится с Солнцем и Землей через несколько миллиардов лет (см. эволюция Солнца и солнечной системы)...

В России солнечно–земными связями впервые начал заниматься Чижевский А.Л. **Чижевский Александр Леонидович** (1897-1964) выдающийся и многосторонний ученый, один из основоположников гелиобиологии, активный исследователь влияния солнечной активности на самые различные явления, происходящие на Земле.Именно ему и удалось сделать вполне определенные выводы о тесной взаимосвязи организма человека с окружающей средой, и прежде всего с процессами, происходящими на Солнце. Однако следует отметить, что предпринятые им попытки связать события земной истории (войны, конфликты) с солнечным циклом, не считаются в настоящее время достоверными.

Александр Леонидович Чижевский родился 7 февраля 1897 года. Жил в Калуге и был знаком с К.Э.Циолковским, дружба с которым оказала огромное влияние на его формирование как ученого.

В результате дискуссий с Циолковским Чижевский начинает исследовать проблемы солнечно-земных связей. Уже в 1915 году он выступает с докладом “Периодическое влияние Солнца на биосферу Земли” на заседании калужского общества по изучению природы.

Нестандартные научные взгляды Чижевского вызывали противодействие многих влиятельных ученых, что приводило к его отстранению от работы. В 1942 году ученый был репрессирован и отбывал наказание в лагере на Урале и в Казахстане (1942-50 гг.), где работал в клинических лабораториях над проблемами практической гематологии и гидродинамики крови.

Умер А.Л.Чижевский 20 декабря 1964 года.

Уже после смерти ученого издаются его монографии: “В ритме Солнца” (1969 г.), “Электрические и магнитные свойства эритроцитов” (1973 г.), “Земное эхо солнечных бурь” (1976 г.), “Теория гелиотараксии” (1980 г.).

В прошлые годы тяжелым несчастьем для людей были эпидемии чумы, холеры, тифа. Чума, названная “ черной смертью ”, вихрем проносилась 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 2000 лет. Оказалось, что вспышки этого заболевания приходились преимущественно на годы высокой активности Солнца.

На протяжении всей первой половины второго тысячалетия холера свирепствовала лишь в Юго-Восточной Азии. Однако в ХIХ веке 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. Сейчас, конечно, благодаря прививкам эта картина выглядит не столь отчетливо. Примерно такова же динамика заболеваний скарлатиной и дифтеритом.

Как заметил В.М.Ягодинский в своей книге “ Космически путь биосферы ” (М.: Знание, 1975 г.), крайне загадочной является история проказы. В Европе в ХIII 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 активности, то приходится ожидать, что количество больных ею со временем будет увеличиваться.

Механизмы влияния окружающей среды на человеческий организм несомненноразнообразны. В целом можно утверждать, что в ритме с прцессами, происходящими, скажем, на Солнце, в определенной степени изменяются функции отдельных его систем, изменяются защитные свойства организма, иногда понижаются барьеры, которыми организм зашищает 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 числот 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…

Конечно, все это требует проверки и перепроверки, ведь на человеческий организм одновременно действуют сотни самых различных факторов. Нет сомнения, однако, что возникшее в глубокой древности представление о воздкействии на человека процессов, происходящих, образно говоря, далеко от его жилища, содержат крупицу истины.

**Литература и информация в сети**

**Сайты**

http://www.sai.msu.ru/apod

http://www.seds.org/nineplanets/nineplanets/sol.html

http://www.windows.umich.edu

http://sohowww.nascom.nasa.gov

http://stardust.jpl.nasa.gov/comets/ulysses.html

**Книги и статьи**

1. Б.А.Воронцов- Вельяминов. Астрономия 11. Учебник для общеобразовательных учебных заведений. Москва. Дрофа, 2001
2. В.П.Цесевич. Что и как наблюдать на небе. Москва. “ Наука ”, 1984.
3. П.И.Бакулин, В.И.Мороз, Э.В.Кононович, Курс общей астрономии.
4. Москва. Наука, 1977.
5. И.А.Климишин. Элементарная астрономия. Москва. “ Наука ”, 1991.
6. Э.Гибсон. Спокойное Солнце. Москва. “Мир”. 1977
7. Энциклопедический словарь юного астронома. Сост. Н.П.Ерпылев. Москва.”Педагогика”. 1997.
8. П.Фоукал. Переменное Солнце. В мире науки. 4, 1990
9. А.Азимов. Вселенная. “Мир”. 1969.
10. К.У.Аллен. Астрофизические величины. Москва, Мир, 1977.