

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА ВТОРОГО ИЗДАНИЯ

С тех пор, как были обнаружены пятна на Солнце, а также тот факт что они периодически появляются и исчезают, не утихали споры о том, влияет ли это каким-либо образом на Землю. Уже в конце 19-го – начале 20-го века стало окончательно ясно, что на Солнце постоянно протекают сложные динамические процессы, одним из проявлением которых является комплекс явлений, который получил название «солнечной активности». Что это же за комплекс явлений? Оказывает ли солнечная активность влияние на ход процессов на нашей планете? Оказывают ли влияние процессы, протекающие в ближнем космосе, на живые организмы, на человека, на социум и его эволюцию?

На все эти вопросы в очень доступной форме, как принято в научно-популярной литературе, даются ответы на страницах данного издания. Круг вопросов, который тут рассматривают авторы, поражает своей широтой: от физики Солнца и ближнего космоса, через биологию, биоритмологию и этологию, до истории и археологии. Всё это интегрируется системным видением взаимосвязи земных и космических процессов.

Читатель держит в руках второе издание книги. Первое издание вышло в свет почти два десятилетия назад. Однако проблемы, обсуждаемые на страницах первого издания, по-прежнему остаются актуальными и по сей день, а интерес к ним периодически растет, особенно сейчас, когда начался новый 25-й солнечный цикл активности. В новом издании

книги авторами внесены некоторые уточнения, которые касаются нынешнего состояния дел. Учитывая тот факт, что в научно-популярном издании читателя, как правило, интересуют не столько мелкие подробности, сколько главные идеи и мысли, авторы по-прежнему не обсуждают многие детали экспериментов и наблюдений, а сосредотачивают внимание на установленных фактах и гипотезах, объясняющих наблюдаемые феномены. В то же время авторы оставили в книге разделы, которые вызвали дискуссию в среде профессионалов, но содержат ряд смелых идей, которые из-за установившихся идеологических шаблонов все еще не получили широкой поддержки. В частности, речь идет о происхождении астрологии, о спорных до недавнего времени идеях А. Л. Чижевского о влиянии солнечной активности на социальные процессы.

Несомненно, книга посвящена междисциплинарным вопросам современного естествознания и гуманитарных наук. Она будет интересна широкому кругу читателей и может быть рекомендована всем, кто интересуется вопросами связи биологических и социальных процессов с гео- и космофизическими явлениями.

Доктор биологических наук, профессор
Е. Н. Чуян

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА ПЕРВОГО ИЗДАНИЯ

Оказывает ли солнечная активность влияние на ход биологических процессов на нашей планете? Можно ли себе представить, чтобы сложный комплекс явлений, протекающий в замагниченной горячей водородной плазме на удалении 150 млн. км от нас, мог воздействовать на организм человека? Надо сказать, что весь недавно прошедший 20-й век по этим вопросам не стихала полемика. В нее оказались вовлечены врачи и химики, экономисты и энтомологи, метеорологи и физики. Только в самые последние десятилетия ситуация отчасти прояснилась. Было осознано, что продуктивно работать в этой сложной области исследований следует междисциплинарными «бригадами». Именно таким образом было установлено, вне всяких сомнений, что большие магнитные бури и в самом деле влияют неблагоприятным образом на наше здоровье, воздействуя на функциональную активность нашей нервной системы, на систему крови, на устойчивость биологических ритмов. Очень важно, чтобы научные изыскания в этом направлении планомерно развивались. Думается, предлагаемая читателям книга будет содействовать привлечению в новую область исследований молодых талантливых ученых.

Я бы затруднился определить однозначно жанр книги. С одной стороны, она написана серьезно. Не применяя каких-либо литературных приемов, читателю рассказывается о результатах исследований, проведенных в экологии, астрофизике, социологии, различных биологических дисциплинах. С другой стороны,

опущены многие детали экспериментов и наблюдений, все основные понятия разъясняются, нет подробной библиографии, налицо стремление излагать материал доступно и просто, как в научно-популярных книгах.

Думается, предлагаемый читателю иллюстрированный текст обладает, по меньшей мере, двумя достоинствами. Во-первых, авторы книги хорошо известны и как авторы публикаций по рассматриваемым вопросам в специальных научных журналах. Каждый из них — профессионал в своей области: астрофизике-биофизике (Б. М. Владимирский, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Крымской обсерватории), физиологии (Н. А. Темурьянц, профессор Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского); биофизики и биоритмологии (В. С. Мартынюк, доктор биологических наук, професор). Именно по их инициативе в Крыму регулярно проводятся семинары по теме «Космос и биосфера». Многие работы авторы знают во всех деталях, со многими исследователями они общались лично. В общем, материал, предлагаемый читателю, — это сведения «из первых рук».

Во-вторых, книга написана смело, без оглядки на установившиеся взгляды и идеологические шаблоны. Поэтому, когда речь идет о происхождении астрологии, о спорной до недавнего времени брошюре А. Л. Чижевского (посвященной влиянию солнечной активности на социальные процессы), читать книгу интересно, необязательно во всем соглашаясь с ее авторами.

Нет сомнений, научно-популярное издание о космических влияниях на Землю найдет своего читателя. Любители астрономии и врачи, студенты, гуманитарии и естественники, учителя всех специальностей, любознательные школьники старших классов, все, интересующиеся современной наукой, отыщут здесь богатую пищу для размышлений.

Академик НАН Украины,
член-корреспондент РАН
Н. В. Стешенко

*Связь космической реальности с
нами гораздо глубже и обыденнее,
чем мы думаем.*
В. И. Вернадский

ПРЕДИСЛОВИЕ

В новостях уже который раз слышим сообщение о гигантской вспышке на Солнце... В кадре — туманная, не очень понятная картина: фрагмент солнечного диска, небольшое светлое пятно, которое стремительно увеличивает яркость, возрастая по площади. Одновременно нас информируют, что магнитная буря началась в 11 часов ноль шесть минут по мировому времени. Что это за явления? Правда ли, что они оказывают какое-то влияние на нашу жизнь, воздействуют на наше здоровье? Что это за воздействие, представляет ли оно какую-либо опасность? Почему в некоторые годы сообщения о солнечных вспышках следуют одно за другим, а в иные годы их нет совсем? Обнаруживается ли в последовательности этих событий какой-либо период? Можно ли их предсказать заранее?

Дать ясный и четкий ответ на эти и другие подобные вопросы — основная цель этой книги. Современное естествознание накопило в данной области колоссальный материал. И этот совокупный массив разных сведений все время возрастает: десятки обсерваторий исследуют процессы на Солнце, сотни наземных пунктов измерений записывают и анализируют последствия таких процессов в среде обитания.

Люди, работающие в этой хорошо налаженной индустрии добычи знаний, между прочим, ничего не слышали о «кризисе» современной науки, о чем нередко можно прочесть в нашей прессе. Вот почему самое трудное, с чем столкнулись авторы при составлении данной книги, составляет отбор материала.

Конечно, необходимо взять самое основное, опустив несущественные детали. Конечно, желательно добиться в изложении полной ясности, оперируя понятиями школьного курса физики и используя «нематематический» стиль повествования. Однако полностью выдержать такую экономную стратегию изложения, увы, невозможно. В школьном курсе физики отсутствуют некоторые очень важные понятия, без знакомства с которыми здесь обойтись невозможно.

Принятый стиль изложения обладает одним недостатком, с которым авторы заранее должны были примириться. Рассказывая читателям об устройстве Солнца, о структуре космического пространства в окрестностях нашей планеты, о ее защитных оболочках, о биологических часах и других вопросах, мы почти ничего не говорим о том, как были получены все эти сведения. Современные исследовательские технологии довольно сложны. Решительно невозможно доступно и в пределах небольшого объема книги рассказать о способах, которые были использованы исследователями для добычи этих данных. Здесь сообщается только окончательный результат. Но необходимо помнить, что все здесь изложенное появилось в результате длительных измерений с помощью сложной аппаратуры, что такие измерения после их проверки и сопоставления с другими наблюдениями тщательно анализировались с применением изощренных математических методов, чтобы сделаться основой для проверки теоретических гипотез, и что далее эти гипотезы проверялись лабораторным моделированием и дополнительными экспериментами. Указанная технологическая цепочка, включающая в себя труд множества людей в разных лабораториях многих стран, и является тем, что называют научным подходом. Никаких других сведений в этой книге нет.

И последнее. Среди вопросов, которые рассматриваются в тексте книги, многие исследованы глубоко и обстоятельно. Как правило, в таких случаях среди исследователей выработано общее мнение, соответствующие модельные представления надежно обоснованы, в обозримом будущем здесь возможны лишь небольшие изменения, которые будут носить характер уточнений. Имеются, однако, и такие разделы, где пока не удастся полностью разобраться, несмотря на длительные усилия

многих исследователей. По таким вопросам не прекращаются споры, что-то остается неясным, необходимы дополнительные исследования. Авторы в подобных случаях излагают свою точку зрения и, разумеется, обязаны предупредить об этом читателя. В дальнейшем изложении все подобные ситуации специально оговариваются.

Размеры книги не позволяют рассказать о становлении и развитии важнейших идей, которые лежат в основе рассматриваемой проблемы влияния солнечной активности на биологические процессы. Нет возможности упомянуть имена многих исследователей, внесших вклад в ее развитие. Но одно имя должно быть названо обязательно: Александр Леонидович Чижевский. Именно этот щедро одаренный человек выполнил важнейшие работы в этой области, высказал многие важные идеи и дал собирательное название данному направлению исследований: гелиобиология.

А. Л. Чижевский (1897-1964).

Сын кадрового военного, он родился 26 января 1897 г. в Гродненской губернии. Принадлежал к дворянскому роду, ведущему свое начало из Польши. Юные годы Чижевский провел в Калуге, где познакомился (1914) с Циолковским. Получил блестящее образование, печатался как поэт, профессионально рисовал. Принял участие в первой мировой войне (1916). Исследовательскую работу начал как историк, в последующие годы занимался различными вопросами биофизики. Как и многие представители отечественной интеллигенции не миновал ГУЛАГ (1942-1950), находился длительное время в ссылке (Караганда, 1950-1958). Скончался 20 декабря 1964 г. в Москве. В Калуге открыт мемориальный музей Чижевского. В книгах А. Л. Чижевского (см. список литературы) и сейчас можно почерпнуть много интересного.



ГЛАВА 1

МЫ ЖИВЕМ В АТМОСФЕРЕ СОЛНЦА

Солнце — самая близкая к нам звезда: квант света — фотон, покинув Солнце, достигает орбиты Земли за 8 минут. Свет от другой ближайшей к нам звезды затрачивает на подобное путешествие более 4 лет. На поверхности этой другой ближайшей звезды не удастся что-либо разглядеть даже в самые мощные телескопы. Вот почему изучение Солнца важно и интересно не только само по себе: наблюдая Солнце, мы многое узнаем о звездах вообще. Но и исследованные миры звезд очень помогают разобраться в солнечной физике: ведь другие звезды мы наблюдаем на разных стадиях эволюции, в юном и преклонном возрасте, при несколько ином химическом составе, массе, радиусе.

1.1. Как устроено Солнце — «стандартная солнечная модель»

Все, что сейчас известно о строении Солнца, его химическом составе, процессах, протекающих в его недрах, суммировано в так называемой «стандартной солнечной модели». В ней сконцентрирован колоссальный, тщательно проанализированный материал наблюдений Солнца и большого числа звезд. Многие величины, характеризующие солнечные явления, могут быть вычислены с большой точностью. Вот что такое Солнце согласно этой модели — газовый шар, состоящий из водорода с небольшой примесью гелия (и совсем малой примесью более тяжелых элементов); температура от поверхности

(6000° С) возрастает с глубиной, достигая близ центра 14 млн. град.; соответственно возрастает и плотность; электроны оторваны от ядер водорода, так что вещество находится в плазменном состоянии; при температуре и плотности, которые достигаются близ центра, ядра водорода достаточно часто сближаются на малые расстояния, так что оказываются возможны ядерные реакции. При этом в итоге из четырех ядер водорода получается ядро гелия. Выделяемая в этом процессе энергия как раз и обеспечивает светимость Солнца; одновременно с возникновением ядра гелия образуется еще нейтрино — частица, очень слабо взаимодействующая с веществом; нейтрино свободно покидает зону протекания ядерных реакций и может быть зарегистрировано специальной установкой на поверхности Земли. Солнце принадлежит к типу медленно эволюционирующих устойчивых звезд. Оно не может взорваться, солнечные термоядерные реакции идут уже около 5 миллиардов лет и будут продолжаться с той же скоростью еще миллиарды лет.

Зона ядерных реакций, где выделяется энергия, занимает небольшую часть объема Солнца. Это сфера в 0,1 его радиуса. Дальше происходит распространение энергии наружу. В основной массе Солнца этот перенос осуществляется фотонами. Но на глубине 0,3 радиуса, считая от поверхности, включается еще один механизм переноса — конвекция: нагретый газ поднимается к поверхности, охлаждается и опускается вниз за новой порцией тепла. Соответственно в строении Солнца различают зону лучистого равновесия и конвективную зону. Из-за того, что конвекция реализуется на вращающемся шаре, общая картина циркуляции вещества в конвективной зоне очень сложная (в ней полностью до сих пор не удалось разобраться). Очень важно, что циркуляция имеет место для плазмы — любое её движение есть одновременно и электрический ток. Но протекание тока неизбежно сопровождается появлением магнитного поля. Магнитные поля играют очень важную роль в процессах, происходящих на поверхности Солнца. Но они оказывают влияние и на динамику конвективной зоны. Отсюда понятно, почему специалисты по физике Солнца уделяют изучению солнечного магнетизма так много внимания.

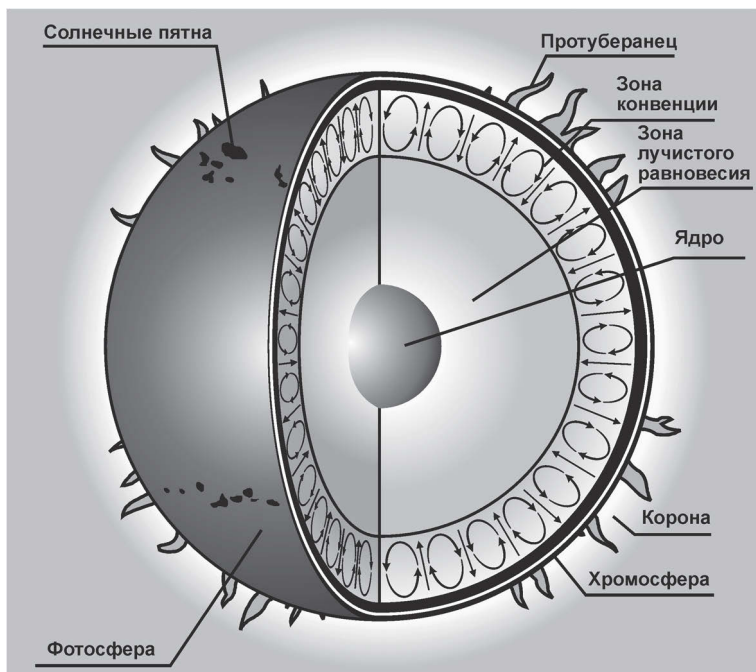


Рис. 1.1. Строение Солнца согласно стандартной солнечной модели. Обозначены ядро, зона лучистого равновесия, конвективная зона. Поверхность называют фотосферой.

Циркуляция солнечного вещества в конвективной зоне, когда часть кинетической энергии превращается в энергию магнитных полей, а эти поля влияют на картину течений, порождает самовозбуждающиеся колебания. Такой тип колебаний называют автоколебаниями. Они возникают спонтанно в системах самой разной природы, и нам придется встречаться с ними на страницах этой книги неоднократно. Основной период колебаний конвективной зоны, как показывают наблюдения, составляет 22 года. Имеются косвенные данные, свидетельствующие о наличии этих колебаний многие десятки миллионов лет назад. Вполне вероятно, что они возникали много раньше, может быть, в эпоху формирования солнечной

системы. Рассматриваемые колебания носят, вообще говоря, сложный характер. Здесь имеются другие периоды, накладывающиеся друг на друга и взаимодействующие друг с другом (более подробно об этом будет рассказано дальше). Наконец, следует упомянуть и о том, что на Солнце существуют колебания, охватывающие глобально все Солнце, не только конвективную зону. О них также пойдет речь ниже.

Самое главное, о чем здесь было рассказано, отражено на схеме строения Солнца (рис. 1.1).

1.2. Процессы на поверхности Солнца — солнечная активность.

Процессы и явления на солнечной поверхности доступны прямым наблюдениям и обстоятельно изучены. Именно они определяют космическую погоду и потому заслуживают здесь более подробного рассмотрения.

Вид солнечного диска в телескопе сильно зависит от того, какой световой фильтр применяется при наблюдениях. Самые первые наблюдатели Солнца в телескоп использовали просто ослабители света. Они сразу же открыли солнечные пятна (и потом долго спорили о приоритете, среди них был Г. Галилей). Сейчас установлено, что пятна — это жгуты силовых линий магнитного поля, мы наблюдаем их сечение, когда они всплывают на поверхность из конвективной зоны. Температура внутри такого жгута силовых линий ниже, чем окружающего по контрасту они кажутся газа, черными (рис. 1.2).

Пятна обычно наблюдаются группами, они, как правило, окружены областями повышенной яркости причудливой формы — факелами. Группы пятен с факелами — активные области (это название будет использоваться в дальнейшем) — образования короткоживущие. Появляются в виде едва различимых пятнышек, затем развиваются в течение нескольких дней (иногда — недель), достигая подчас больших размеров (видны на закате невооруженным взглядом), потом постепенно дробятся, исчезают.

Солнце наблюдается международной сетью обсерваторий почти непрерывно, можно каждый день отмечать, сколько активных областей одновременно присутствует на диске,

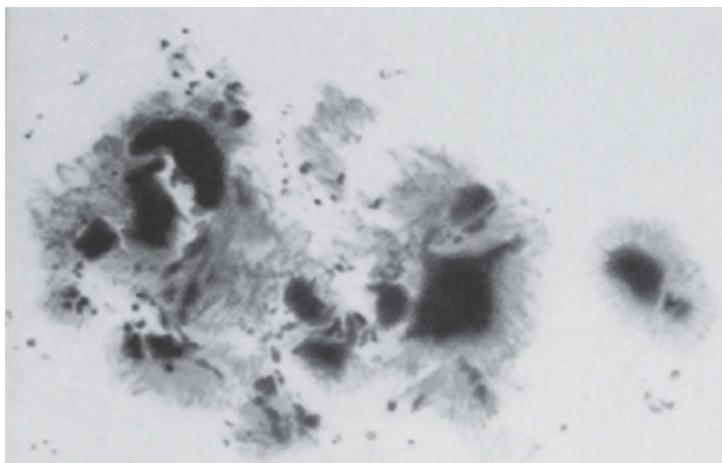


Рис. 1.2. Солнечные пятна. Это просто жгуты силовых линий магнитного поля, в телескоп видны сечения этих жгутов фотосферой.

насколько велика площадь пятен и т. п. Более удобно фиксировать динамику активных областей путем построения специальных индексов. Самый распространенный из них — «относительное число солнечных пятен» (синоним — «числа Вольфа»). Международная служба вычисляет числа Вольфа ежедневно, публикуются также среднемесячные и среднегодовые значения. На рис. 1.3 показано как изменялись среднемесячные значения чисел Вольфа за последнее столетие. Бросается в глаза ярко выраженная цикличность: есть годы, когда индекс составляет всего несколько единиц, в другие годы его значения могут превышать 200.

Ряд чисел Вольфа за большой интервал времени тщательно анализировался. Важнейшие закономерности обнаруженных при этом вариаций таковы:

- основной период, хорошо заметный на рис. 1.3, равен примерно 11 годам; в разные эпохи он может заметно отличаться от этой величины;
- имеются другие (незаметные на глаз) периоды и циклы, например, около двух лет, около 60 лет;
- иногда в колебательной системе происходят странные

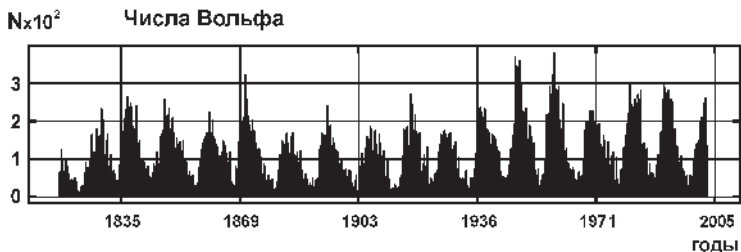


Рис. 1.3. Ход наиболее известного индекса солнечной активности — чисел Вольфа в 19-20 вв.

«сбои»: числа Вольфа резко уменьшаются (или возрастают) на несколько 11-летних циклов; такой эпизод, когда пятна почти не были видны пять 11-летних циклов подряд, случился в 1650-1700 гг. (минимум Маундера).

Много больше всевозможных деталей видно на солнечном диске, когда в наблюдениях используются фильтры, пропускающие какую-нибудь одну спектральную линию. Например, в красной линии водорода с длиной волны 656 нанометров в активной области кроме пятен и областей повышенной яркости видны еще темные вытянутые образования — волокна. Упомянутая спектральная линия образуется на высоте в несколько тысяч километров над видимой в «обычном» свете поверхностью Солнца (фотосферой). Поэтому с таким светофильтром можно изучать явления, происходящие в нижних слоях солнечной атмосферы. Эту область называют хромосферой. В хромосферных наблюдениях с различными фильтрами обнаруживается, что в активных областях происходят не только постепенные изменения, связанные с их эволюцией, но и всевозможные быстропротекающие явления. За время порядка десяти минут может «исчезнуть» волокно. В этой же шкале времени происходят непрерывные изменения в пространственной структуре в районах повышенной яркости. Время от времени в таких районах возникают участки интенсивного свечения, которые могут за несколько минут охватить значительную долю активной области. Так выглядит в оптических наблюдениях хромосферная вспышка — явление, которое играет весьма важную роль в изменениях «космической погоды» (рис. 1.4).

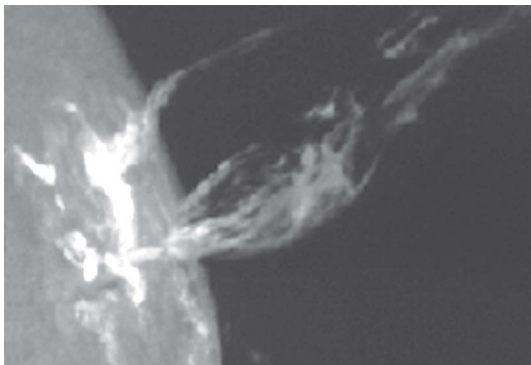


Рис. 1.4. Изображение Солнца в красной линии водорода (длина волны 656 нм). Яркие участки — свечение хромосферной вспышки.

Самый верхний слой солнечной атмосферы называют короной. Ее также можно наблюдать в некоторых спектральных линиях, но в непрерывном свете она лучше всего видна во время полных солнечных затмений (рис. 1.5). Ее вид сильно меняется в зависимости от того, на какую фазу солнечного цикла прихо-

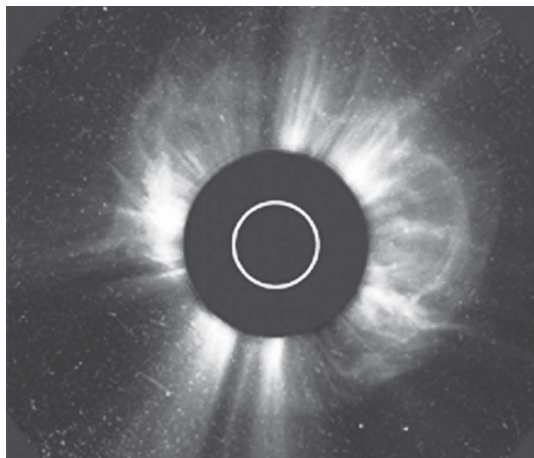


Рис. 1.5. Самые внешние слои атмосферы — корона — хорошо видны, когда солнечный диск закрыт в телескопе специальной маской.

дится затмение. В эпоху максимума чисел Вольфа корона имеет вид чуть асимметричного овала, для эпох минимума характерно наличие структур в виде лучей, простирающихся в космическое пространство на несколько солнечных радиусов. Активные области в короне выглядят как участки интенсивного свечения. Они особенно хорошо выделяются в наблюдениях, проводимых на экстремально коротких длинах волн, в рентгеновском диапазоне спектра (рис. 1.6). В этих наблюдениях не видно фотосферных солнечных пятен: корона нагрета до очень

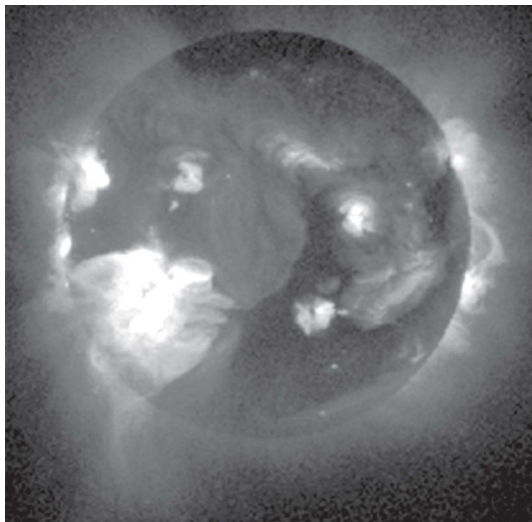


Рис. 1.6. Изображение Солнца в рентгеновском излучении; светятся активные области, пятен не видно.

высокой температуры (много выше 6000°C) и вклад фотосферы в рентгеновское излучение ничтожно мал. Темные области на рентгеновских изображениях солнца называют корональными дырами. Они оказывают заметное влияние на космическую погоду, о чем будет рассказано дальше.

Из хромосферных и корональных наблюдений уже давно было установлено, что фундаментальную роль во всех процессах солнечной активности играют магнитные поля. Относительно большую напряженность солнечные магнитные поля

имеют в пятнах: в большом пятне магнитное поле в тысячи раз больше, чем магнитное поле в нашей среде обитания (геомагнитное поле). Современная наблюдательная технология позволяет получить карты солнечных магнитных полей по всему диску. Анализ огромного массива наблюдений по солнечному магнетизму позволил установить следующие основные закономерности:

- в простейшем варианте пятна можно представить себе как погруженный в фотосферу подковообразный магнит: мы всегда видим два магнитных полюса;

- магнит располагается вдоль параллелей, так что с учетом направления солнечного осевого вращения одно пятно будет ведущим, а второе — последующим. Оказывается, что в разных полушариях полярности ведущих пятен противоположны, и каждый 11-летний цикл эти полярности меняют знак. Рис. 1.7 поясняет схему этих изменений.

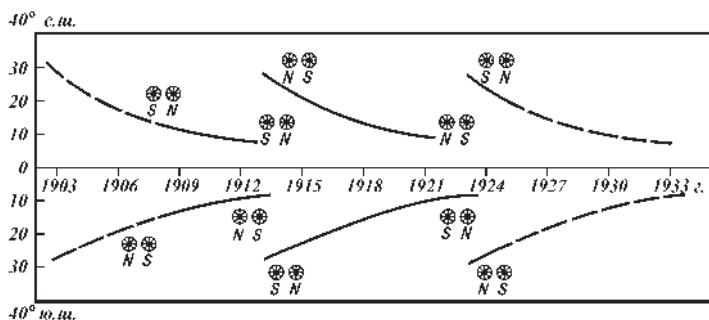


Рис. 1.7. Смена полярности магнитных полей солнечных пятен в циклах солнечной активности. S — южная полярность, N — северная полярность. В начале 11-летнего цикла пятна появляются на относительно высоких широтах, к концу — смещаются к солнечному экватору.

Латинские буквы S и N в соответствии с общепринятыми обозначениями относятся к южной и северной полярностям магнитного поля. В первом случае силовые линии поля направлены к Солнечной поверхности, во втором — от поверхности в межпланетное пространство. По вертикали на рис. 1.7 отложена гелиоширота, так что можно еще видеть собственные пере-

мещения пятен — активных областей в течение цикла: в самом начале цикла пятна, как правило, располагаются в поясе около 30° по обе стороны экватора. С приближением к максимуму и на спаде активности этот пояс смещается к экватору (гелиоширота $\pm 10^\circ$). Таким образом, с учетом смены полярности ведущих (западных) пятен полный цикл солнечной активности составляет 11 лет + 11 лет = 22 года. Это уже упомянутый фундаментальный цикл автоколебаний конвективной зоны. 11-летние циклы солнечной активности для удобства нумеруются. Цикл №1 соответствует подъему активности после минимума активности 1755 г.

Сейчас, когда пишутся эти строки, имеет место эпоха 25-го солнечного цикла, фаза, быстрого подъема активности. Таким образом, полный цикл солнечной активности года и включает в себя составляет 22 два 11-летних цикла: четный и нечетный (по некоторым своим характеристикам четные и нечетные циклы заметно различаются).

У Солнца, как целого, имеется глобальное общее магнитное поле, похожее на магнитное поле Земли (эквивалентно стержневому магниту, располагающемуся вдоль оси вращения; геомагнитное поле в несколько раз слабее). Оказывается:

- в каждый максимум активности этот воображаемый стержневой магнит «прокидывается»: поле меняет знак каждые 11 лет, на северном гелиополюсе наблюдается то южная магнитная полярность, то северная. Таким образом, и для случая общего поля Солнца полный цикл составляет 22 года (инверсии магнитного поля Земли происходят, между прочим, очень редко и нерегулярно);

- одно из самых замечательных взрывоподобных проявлений солнечной активности — хромосферная вспышка — с наибольшей вероятностью происходит в активных областях со сложной конфигурацией магнитных полей. Она обычно и располагается в зоне, где соприкасаются области магнитных полей с противоположной полярностью. Многие исследователи полагают, что само возникновение вспышки обусловлено «быстрым» преобразованием энергии магнитных полей в другие виды энергии: в нагрев и упорядоченное движение плазмы, в ускорение частиц до очень больших скоростей (солнечные космические лучи).

Пятна, факелы, магнитные поля и другие детали, наблюдаемые в фотосфере или хромосфере, перемещаются по солнечному диску с востока на запад из-за солнечного вращения. Картина этого вращения подробно изучена. Оказывается только солнечное ядро (зона ядерных реакций) и область лучистого переноса энергии вращается как твердое тело. На поверхности наблюдается одновременно и вращение и сложный рисунок течений конвективной зоны. В итоге для земного наблюдателя получается так, что экваториальная зона вращается с периодом около 25 суток, полярные зоны — с периодом около 29 суток.

Более столетия тому назад был определен средний период вращения солнечных пятен 27,275 суток. Этот период считается условно периодом вращения Солнца (Керрингтоновое вращение). Обороты для удобства также нумеруются (с ноября 1853 г.). Например, оборот №1636 начался 15 декабря 1975 г.

Определяемое таким образом вращение позволяет ввести систему солнечных долгот, что необходимо для изучения пространственного распределения активных областей. Оказывается, что активные области распределены по Солнцу упорядоченным образом. Чаще всего они возникают в «королевских зонах» — поясах от 5° до 45° по обе стороны экватора. Кроме того, имеется тенденция для более частого появления активных областей в некоторых устойчивых долготных интервалах — на «активных долготах». Некоторые такие активные долготы не изменяют своего расположения на протяжении двух-трех 11-летних циклов солнечной активности.

Наконец, установлено, что северное и южное полушария Солнца могут заметно различаться по числу активных областей. Эта северно-южная асимметрия солнечной активности также подвержена циклическим изменениям — иногда длительное время (годы) активно только одно полушарие.

1.3. Межпланетная среда — область, где формируется космическая погода

Самые внешние горячие слои солнечной короны находятся в состоянии непрерывного расширения. Постепенно, по мере удаления от Солнца, скорость расширения увеличивается, достигая своего «обычного» среднего значения 400 км/сек на рас-

стоянии около нескольких десятков солнечных радиусов. Это грандиозное явление получило название солнечного ветра.

Солнечный ветер «дует» постоянно, во все стороны. Вся межпланетная среда им заполнена, все планеты солнечной системы им «обдуваются». Получается так, что в межзвездной среде образуется гигантская полость — каверна, простирающаяся на несколько десятков астрономических единиц (т. е. расстояний Солнце—Земля, радиус земной орбиты составляет, напомним, чуть меньше 150 млн. км). Химически солнечный ветер — водород с примесью гелия. Атомы ионизированы, так что этот сильно нагретый газ находится в плазменном состоянии. Физически — это движущаяся сплошная среда, в которой могут распространяться акустические волны, возможны газодинамические разрывы (ударные волны). Важная составляющая межпланетной плазмы — магнитное поле, «вытягиваемое» солнечным ветром из короны. Если некоторый объем водородной плазмы покидает Солнце, то, двигаясь по радиусу со скоростью 400 км/сек, он преодолет расстояние до Земли (150 млн. км, астрономическая единица) за 4.5 суток. Солнце за это время успевает повернуться на 60 град. В итоге, если смотреть со стороны северного полюса Солнца на плоскость земной орбиты, получается спиральный узор, показанный на рис. 1.8 (следует учесть, что силовая линия магнитного поля не теряет связь с Солнцем!). Важная особенность этого межпланетного магнитного поля — наличие в нем секторной структуры. В определенных интервалах гелиодолгот силовые линии поля направлены либо от Солнца (северная полярность, «+»), либо — к Солнцу (южная полярность, знак «-»). Секторная структура межпланетного магнитного поля (ММП) — отражение соответствующей структуры общего магнитного поля Солнца (измеряемого оптическими методами). Секторная структура ММП довольно устойчива, может оставаться без изменений месяцами (концентрированные магнитные поля активных областей и пятен ветер «вытянут» в межпланетную среду не может!).

Всякого рода изменения солнечного ветра, обусловленные солнечной активностью, являются одной из важнейших составляющих космической погоды. Эти изменения весьма значительны. Можно привести следующие примеры:

- межпланетное магнитное поле (полный вектор) имеет в среднем индукцию около 7 нанотесла, но иногда может превышать 50 или падать до 0,7 (те же единицы);
- скорость составляет, как уже говорилось, для низких геоширот около 400 км/сек, но были зафиксированы значения 156 км/сек и 1020 км/сек (рис. 1.9);
- плотность плазмы в среднем около 9 частиц в см^3 , но бывает и 0,1 и 140 (те же единицы, рис. 1.9);
- температура плазмы может различаться в 200 раз!

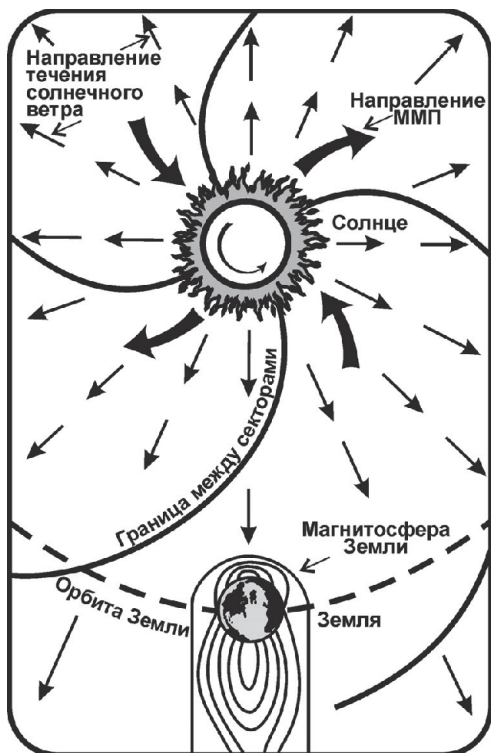


Рис. 1.8. Вид со стороны полюса Солнца на плоскость земной орбиты. Спирали — силовые линии межпланетного магнитного поля, они изображены близ границы смены знака. Большие стрелки — полярность поля в пределах сектора (от Солнца — северная полярность, к Солнцу — южная).

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru