

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## **СОЛНЦЕ И ЖИЗНЬ**

Учебное пособие для вузов

Издательско-полиграфический центр  
Воронежского государственного университета  
2010

*«...современная диалектика учит, что понять любое явление можно лишь во взаимосвязи с окружающим миром. В век космоса наука должна все глубже постигать механизмы связей между Солнцем и живой природой.»*

*А.Л. Чижевский*

## **Солнце и жизнь**

Солнце – основа возникновения и существования жизни на нашей планете, а также причина большинства протекающих на ней физических и химических процессов. При этом, для органического мира Земли существенна не только постоянно излучаемая Солнцем энергия, но и периодически возникающие изменения солнечной активности. Поэтому вопросы определения связи деятельности Солнца и здоровья человека, выяснения механизма влияния солнечных бурь, пятен и вспышек на наше самочувствие являлись всегда актуальными и вызывали всеобщее внимание.

Изучение физики процессов солнечно-земных связей выявило большое прикладное значение этой проблемы для радиосвязи, магнитной навигации, безопасности космических полетов, прогнозирования погоды и так далее. Природа Солнца, его значение для нашей жизни – неисчерпаемая тема. О важности его воздействия на Землю люди догадывались еще в глубокой древности, в результате чего рождались легенды и мифы, в которых Солнце играло главную роль. Оно обожествлялось во многих религиях. Исследование Солнца – особый раздел астрофизики со своей инструментальной базой, со своими методами. Роль получаемых результатов исключительна, как для астрофизики (понимание природы единственной звезды, находящейся так близко), так и для геофизики (основа огромного числа космических воздействий). Постоянный интерес к Солнцу проявляют астрономы, врачи, метеорологи, связисты, навигаторы и другие специалисты, профессиональная деятельность которых сильно зависит от степени активности нашего дневного светила, на котором "также бывают пятна". Первое описание пятен в русских летописях датируется 1371 и 1385 годами, когда наблюдатели заметили их сквозь дым лесных пожаров. История борьбы взглядов на природу процессов на Солнце связана с кажущимися сейчас почти невероятными драматическими коллизиями, отражающими постоянную в науке борьбу идей за ясное понимание.

плазму. Еще одно характерное свойство плазмы: она поглощает электромагнитные колебания, частота которых ниже плазменной частоты. Вследствие этого, если плотность плазмы зависит только от высоты (нет неоднородностей), то более длинноволновые электромагнитные колебания (радиоволны) исходят из более высоких слоев солнечной атмосферы. Аналогичная ситуация существует и в ионосфере Земли, которая также является плазмой.

### **Физика Солнечно – Земных связей**

Система прямых или опосредованных физических связей между гелио- и геофизическими процессами. Земля получает от Солнца не только свет и тепло, обеспечивающие необходимый уровень освещённости и среднюю температуру её поверхности, но и подвергается комбинированному воздействию ультрафиолетового и рентгеновского излучения, солнечного ветра, солнечных космических лучей. Вариации мощности этих факторов при изменении уровня солнечной активности вызывают цепочку взаимосвязанных явлений в межпланетном пространстве, в магнитосфере, ионосфере, нейтральной атмосфере, биосфере, гидросфере и, возможно, литосфере Земли. Изучение этих явлений и составляет суть проблемы Солнечно-Земных связей. Строго говоря, Земля оказывает некоторое обратное (по крайней мере, гравитационное) воздействие на Солнце, однако оно ничтожно мало, так что обычно рассматривают только воздействие солнечной активности на Землю. Это воздействие сводится либо к переносу от Солнца к Земле энергии, выделяющейся в нестационарных процессах на Солнце (энергетический аспект Солнечно-Земные связи), либо к перераспределению уже накопленной энергии в магнитосфере, ионосфере и нейтральной атмосфере Земли (информационный и уровня солнечной активности вызывают цепочку взаимосвязанных явлений в межпланетном пространстве, в магнитосфере, ионосфере, нейтральной атмосфере, биосфере, гидросфере и, возможно, литосфере Земли. Изучение этих явлений и составляет суть проблемы Солнечно-Земных связей. Строго говоря, Земля оказывает некоторое обратное (по крайней мере, гравитационное) воздействие на Солнце, однако оно ничтожно мало, так что обычно рассматривают только воздействие солнечной активности на Землю. Это воздействие сводится либо к переносу от Солнца к Земле энергии, выделяющейся в нестационарных процессах на Солнце (энергетический аспект Солнечно-Земные связи), либо к перераспределению уже накопленной энергии в магнитосфере, ионосфере и нейтральной атмосфере Земли (информационный аспект). Перераспределение энергии может происходить либо плавно (ритмические колебания геофизических параметров), либо скачкообразно (триггерный механизм).

Представления о Солнечно-Земных связях складывались постепенно, на основе отдельных догадок и открытий. Так, в конце XIX в. К.О.Биркелан (Биркеланд; Норвегия) впервые высказал предположение, что Солнце кроме

волнового излучения испускает также и частицы. В 1915 г. А.Л.Чижевский обратил внимание на циклическую связь между развитием некоторых эпидемий и пятнообразовательной деятельностью Солнца. Синхронность многих гелио- и геофизических явлений (а также форма кометных хвостов) наводила на мысль, что в межпланетном пространстве имеется агент, передающий солнечные возмущения к Земле. Этим агентом оказался солнечный ветер, существование которого экспериментально было доказано в начале 1960-х гг. путём прямых измерений с помощью автоматических межпланетных станций. Открытие солнечного ветра вместе с накопленными данными о других проявлениях солнечной активности послужило основой для исследования физики Солнечно-Земных связей.

Последовательность событий в системе Солнце-Земля можно проследить, наблюдая цепочку явлений, сопровождающих мощную вспышку на Солнце – высшее проявление солнечной активности. Последствия вспышки начинают сказываться в околоземном пространстве почти одновременно с событиями на Солнце (время распространения электромагнитных волн от Солнца до Земли – чуть больше 8 минут). В частности, ультрафиолетовое и рентгеновское излучение вызывает дополнительную ионизацию верхней атмосферы, что приводит к ухудшению или даже полному прекращению радиосвязи (эффект Деллинджера) на освещённой стороне Земли. Обычно мощная вспышка сопровождается испусканием большого количества ускоренных частиц – солнечных космических лучей (СКЛ). Самые энергичные из них начинают приходить к Земле спустя чуть более 10 мин после максимума вспышки. Повышенный поток СКЛ у Земли может наблюдаться несколько десятков часов. Вторжение СКЛ в ионосферу полярных широт вызывает дополнительную ионизацию и, соответственно, ухудшение радиосвязи на коротких волнах. Имеются данные о том, что СКЛ в значительной мере способствуют опустошению озонового слоя Земли. Усиленные потоки СКЛ представляют собой также один из главных источников радиационной опасности для экипажей и оборудования космических кораблей. Вспышка генерирует мощную ударную волну и выбрасывает в межпланетное пространство облако плазмы. Ударная волна и облако плазмы за 1.5-2 суток достигают Земли и вызывают магнитную бурю, понижение интенсивности галактических космических лучей, усиление полярных сияний, возмущения ионосферы и так далее. Имеются статистические данные о том, что через 2-4 суток после магнитной бури происходит заметная перестройка барического поля тропосферы. Это приводит к увеличению неустойчивости атмосферы, нарушению характера циркуляции воздуха (развитию циклонов и др. метеоявлений). Мировые магнитные бури представляют собой крайнюю степень возмущённости магнитосферы в целом. Более слабые (но более частые) возмущения, называемые суббурями, развиваются в магнитосфере полярных областей. Ещё более слабые возмущения возникают вблизи границы магнитосферы с солнечным ветром. Причиной возмущений последних двух типов являются

флуктуации мощности солнечного ветра. При этом в магнитосфере генерируется широкий спектр электромагнитных волн с частотами 0,001 – 10,0 Гц, которые свободно доходят до поверхности Земли. Во время магнитных бурь интенсивность этого низкочастотного излучения возрастает в 10-100 раз. Большую роль в геомагнитных возмущениях играет межпланетное магнитное поле, особенно его южный компонент, перпендикулярный плоскости эклиптики. Со сменой знака радиального компонента межпланетного магнитного поля связаны асимметрия потоков СКЛ, вторгающихся в полярные области, изменение направления конвекции магнитосферной плазмы и ряд других явлений.

Статистически установлена связь между уровнями солнечной и геомагнитной возмущённости и ходом ряда процессов в биосфере Земли (динамикой популяции животных, эпидемий, эпизоотий, количеством сердечно-сосудистых кризов и др.). Наиболее вероятной причиной такой связи являются низкочастотные колебания электромагнитного поля Земли. Это подтверждается лабораторными экспериментами по изучению действия электромагнитных полей естественной напряжённости и частоты на млекопитающих. Хотя не все звенья цепочки Солнечно-Земных связей одинаково изучены, в общих чертах картина Солнечно-Земных связей представляется качественно ясной. Количественное исследование этой сложной проблемы с плохо известными (или вообще неизвестными) начальными и граничными условиями затруднено из-за незнания конкретных физических механизмов, обеспечивающих передачу энергии между отдельными звеньями.



Рис. 2 СХЕМА СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫХ СВЯЗЕЙ