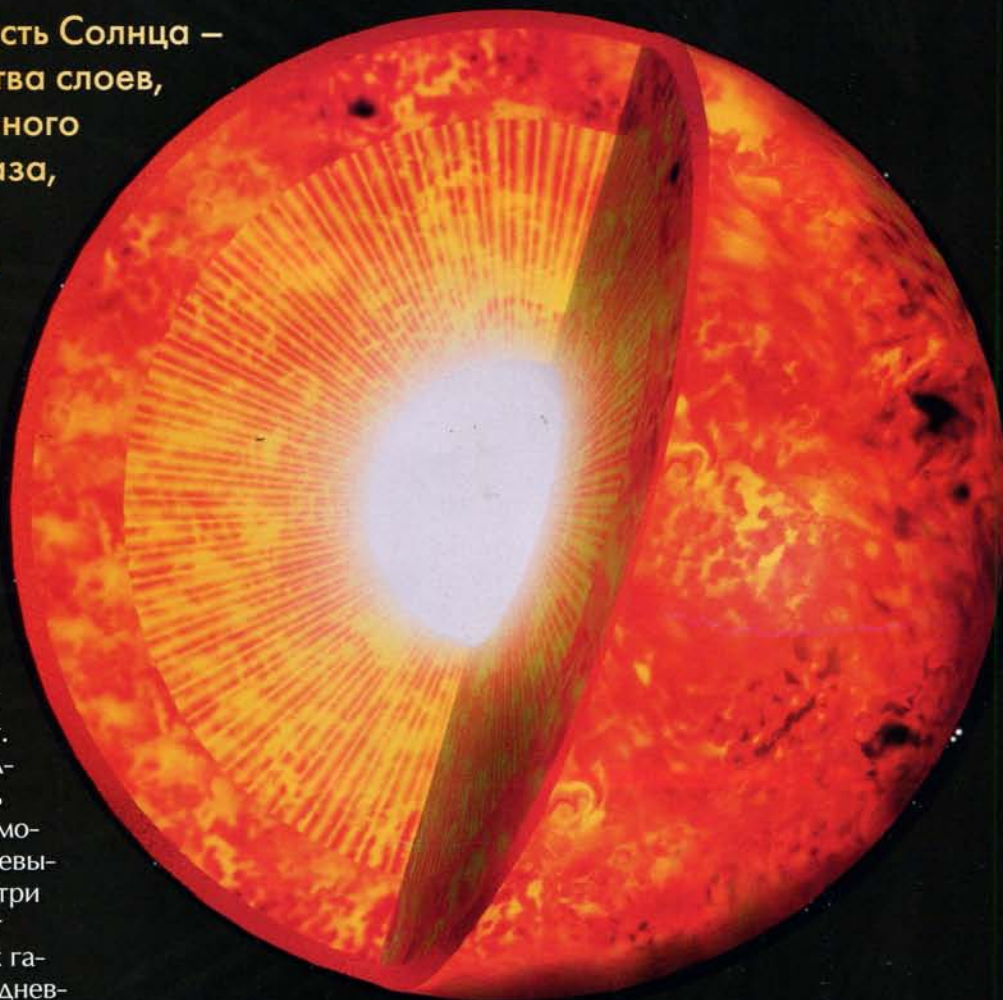


АНАТОМИЯ СОЛНЦА

Яркая, блестящая поверхность Солнца – всего лишь один из множества слоев, от очень плотного раскаленного ядра до тончайших нитей газа, тянущихся в направлении планет Солнечной системы.

Легко поверить, что Солнце является твердым телом, ведь его видимая поверхность кажется четко обозначенной сферой. Даже зная, что оно состоит из газов, вроде бы нет причин полагать Солнце отличным от других газовых гигантов внешней области Солнечной системы, чьи атмосферы глубиной в несколько тысяч километров ничтожно малы по сравнению с размерами самих планет.

Но Солнце уникально. Во время солнечного затмения можно обнаружить огромную постоянно движущуюся атмосферу, покрывающую расстояние, превышающее обычный диаметр Солнца в три или четыре раза. В другое время этот молочно-белый ореол из сверкающих газов не виден из-за яркости Солнца и днев-



НАШИ СВЕДЕНИЯ

СТРУКТУРА СОЛНЦА

Название	Внутренний радиус, км	Внешний радиус, км	Плотность	Температура, °С
Ядро	Нет данных	280 000	150 т/м ³	15 000 000
Радиационная зона	280 000	980 000	Переменная	Переменная
Конвективная зона	980 000	1 392 000	Переменная	Переменная
Фотосфера	1 392 000	1 392 500	0,2 г/м ³	5500
Хромосфера	1 392 500	1 394 500	0,005 г/м ³	Около 10 000
Корона	1 394 500	Не определен	1 г/км ³	2 000 000

НЕДРА СОЛНЦА

В ядре Солнца (выделено белым) температура достигает 15 млн °С. Генерируемая в нем световая энергия излучается наружу (линованный слой), затем выкипает через конвективную зону (пятнистый слой) в фотосферу (тонкий красный слой).

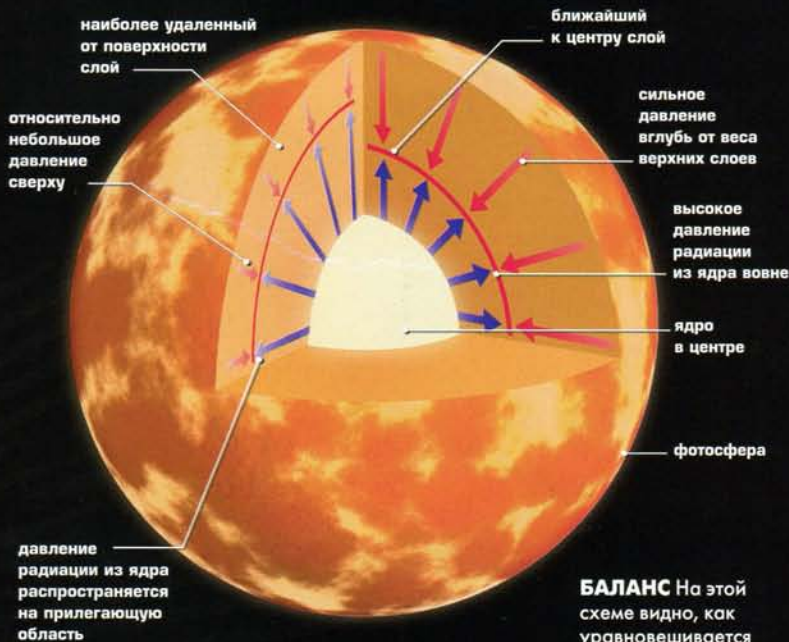


КАК ЭТО РАБОТАЕТ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Что не дает большим объектам разрушаться под действием их собственной силы тяжести? В случае твердого тела, например планеты, ответ прост – внутреннее давление объекта. Но что происходит в недрах Солнца? Если бы от разрушения его спасало лишь внутреннее давление между атомами газа, оно имело бы намного меньшие размеры – лишь слегка превышающие Юпитер.

Оказывается, в нем действует другая сила: внешнее давление радиации ядра. Хотя фотоны радиации не обладают массой, при их поглощении объектами с массой они проявляют своего рода давление.

Недра такой звезды, как Солнце, можно представить в виде нескольких слоев, каждый из которых находится в идеальном равновесии между весом всех верхних слоев и идущим снизу потоком радиации. Поскольку давление радиации распространяется на большее расстояние от ядра, оно уравнивает вес верхних масс.



БАЛАНС На этой схеме видно, как уравнивается встречное давление в недрах Солнца.

ного света земной атмосферы. Однако эта внешняя атмосфера, корона, – один из множества слоев, составляющих сложную структуру нашей ближайшей звезды.

ПУТЬ ИЗ ЯДРА

Солнце – это огромный шар из газов, среди которых преобладает водород (самый легкий газ во Вселенной) и присутствует небольшое количество других элементов,

в частности гелия. Внутри Солнца температура настолько высокая, что молекулы водорода расщепляются на атомы, которые, в свою очередь, расщепляются на положительно заряженные протоны (ядра атомов водорода) и отрицательно заряженные электроны.

Для этих процессов необходимы огромное давление (в 340 млрд раз превышающее атмосферное давление Земли на уровне моря) и температура около 15 млн °С, что обеспечивается ядром Солнца. Ядро испускает радиацию и создает достаточное давление, чтобы погасить естественную тенденцию Солнца разрушиться под действием собственной силы тяжести (см. «Как это работает»).

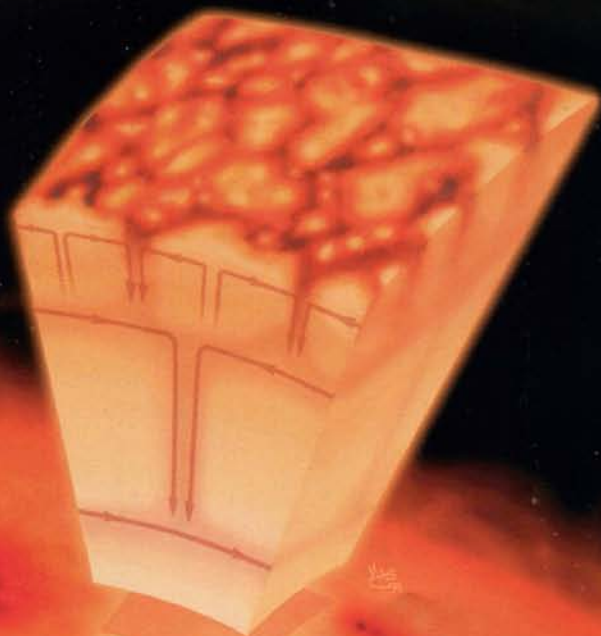
Радиация постепенно пробивается наружу, пока не достигает границ конвективной зоны приблизительно в двух третях пути до поверхности Солнца. Отсюда энергия поднимается вверх посредством конвекции (см. «Глоссарий»). Здесь восходящие и нисходящие потоки газа пронизывают внутренние массы Солнца.

ВИДИМАЯ ПОВЕРХНОСТЬ

Видимую поверхность Солнца, его излучающий слой, называют фотосферой (от

СОЛНЕЧНАЯ КОНВЕКЦИЯ

На рисунке – участки конвекции в фотосфере. Стрелками показано движение поднимающихся горячих и опускающихся холодных газов.





Robert Gendler www.robgendler.com

СОЛНЕЧНЫЕ ПЯТНА

На Солнце, сфотографированном через альфа-водородный фильтр, видны черные более холодные солнечные пятна и белые горячие зоны, известные как факелы.

греческого *phos* – «свет»). Имея диаметр около 1,4 млн км и глубину всего несколько сотен километров, она расположена над конвективной зоной. Из этого слоя радиация может излучаться прямо в космос. Чтобы достичь Земли, ей нужно восемь минут.

В результате тщательных исследований на определенной длине волны света в фотосфере обнаружили ряд структур, от гранул (светлых, горячих конвективных ячеек) до темных солнечных пятен и факелов (ярких участков), в которых проявляется природа мощного и переменчивого магнитного поля Солнца. В фотосфере средняя температура составляет около 5500 °С, но факелы могут быть значительно горячее, а темные солнечные пятна – холоднее (около 2000 °С).

Большинство характерных явлений появляется и исчезает по графику с интервалом от нескольких минут до недель, но общий уровень активности меняется по

мере приближения Солнца к своему циклу активности, длящемуся около 11 лет.

Над фотосферой находится хромосфера (от греческого *chroma* – «цвет»). Ее глубина составляет около 2000 км, она горячее и прозрачнее фотосферы. Наблюдения за Солнцем в линии аш-альфа (см. «Глоссарий») выявили, что хромосфера очень активна. В ней постоянно происходят горячие выбросы, напоминающие столбы пламени и называемые спикулами. Красноватые витки плотного прохладного газа называют протуберанцами, а темные линии, которые на самом деле являются проекцией протуберанцев на фотосферу, – волокнами.

ВНЕШНЯЯ АТМОСФЕРА

Плотность газов во внешних слоях атмосферы Солнца быстро падает, а температура, резко повышаясь в тонком переходном слое, во внешней атмосфере, или короне, достигает 1–2 млн °С, в 200 раз превышая температуру видимой поверхности, фотосферы. Но корона не затмевает фотосферу, поскольку обладает низкой плотностью, равной одной миллиардной плотности атмосферы Земли на уровне моря. Механизм нагрева тонких газов короны до такой огромной температуры остается предметом дискуссии среди изучающих Солнце астрономов.



ВАЖНЫЕ ОТКРЫТИЯ

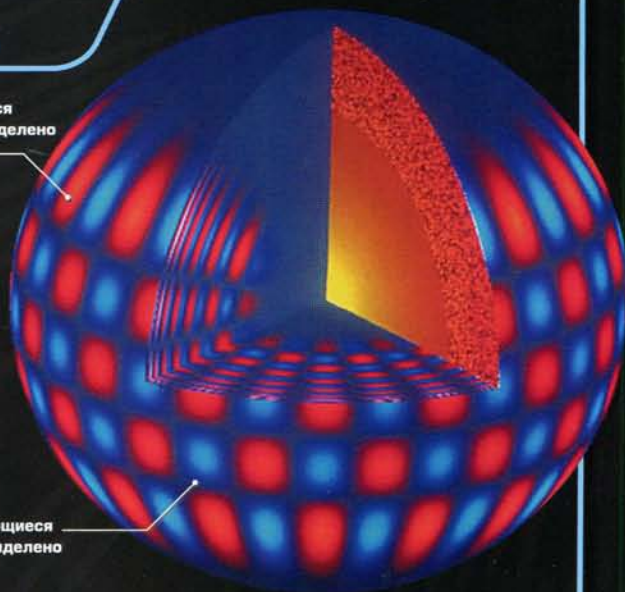
ЗОНДИРОВАНИЕ СОЛНЦА

Многие данные о внутренней структуре Солнца получены благодаря методам гелиосейсмологии – науки-аналога земной сейсмологии. Благодаря конвекции по Солнцу постоянно расходятся ударные волны. Преломляясь и многократно отражаясь, они создают гармонические волны. В результате этих колебаний на Солнце возникают звуковые волны, которые можно прослушивать с Земли.

Составленная астрономами карта структуры волн дает возможность выявлять внутренние особенности Солнца, например равномерное вращение его недр (см. «Ваша модель» в этом выпуске) и глубину перехода между радиационной и конвективной зонами.

удаляющиеся участки (выделено красным)

приближающиеся участки (выделено синим)



ПУЛЬСИРУЮЩИЕ МОДЕЛИ

Теоретическая модель гармонических волн Солнца.

ГЛОССАРИЙ

Конвекция – перенос энергии движением горячих масс вещества с низкой плотностью из внутренних слоев вверх сквозь охлажденные более плотные массы, опускающиеся вглубь.

Аш-альфа (H α) – длина волны света, совпадающая с альфа-излучением водорода. Фильтры, блокирующие любое другое излучение, могут уменьшить яркость Солнца до уровня, позволяющего изучать его поверхность.

NOAO/AURA/NSF



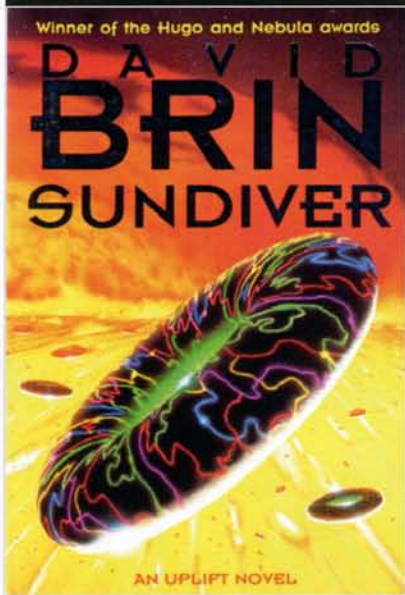
НАУЧНАЯ ФАНТАСТИКА

ЖИЗНЬ НА СОЛНЦЕ?

Согласно всему, что нам известно о зарождении и условиях жизни, Солнце – последнее место, где ее можно искать.

Палящий зной и постоянная турбулентность быстро разрушили бы любые сложные формирования молекул. Однако это не

остановило некоторых писателей-фантастов, размышляющих о возможных формах жизни на Солнце. Консультант НАСА Дэвид Брин написал фантастический цикл «Сага о Возвышении», рассказывающий об общении человечества с солнечными призраками – разумными существами, населяющими хромосферу Солнца.



СКАЗКА О ПРИЗРАКАХ

«Прыжок в Солнце» – первая книга из цикла «Сага о Возвышении». В центре сюжета – миссия людей на Солнце для исследования солнечных призраков.

СОСТАВНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ

На этом снимке объединены фото видимой поверхности Солнца (выделено оранжевым) и его фиолетовая и белая короны. (Последнюю можно увидеть только при блокировании света видимой поверхности, например во время солнечного затмения.)

В течение солнечного цикла значительно меняются размер и яркость короны. На пике активности Солнце теряет из короны огромное количество вещества в виде солнечных вспышек и больших по размеру выбросов коронального вещества.

При этом в космос может выделяться больше миллиарда тонн вещества – в основном электрически заряженных субатомных частиц – со скоростью до 500 км в секунду. Через несколько дней, по достижении Земли, этот солнечный шторм может повредить электросети спутников. Он же вызывает на Земле невероятно красивое полярное сияние.

Считается, что корона растянулась над фотосферой более чем на миллион километров. Однако это расстояние не является границей солнечного влияния. Радиация и свет Солнца распространяются по всей Солнечной системе, а потоки частиц продолжают носиться со сверхзвуковой скоростью и за пределами орбиты Нептуна, самой далекой планеты нашей системы.

В СЛЕДУЮЩЕМ ВЫПУСКЕ: ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ СОЛНЦА ЯВЛЯЕТСЯ ЕГО ЯДРО, ГЕНЕРИРУЮЩЕЕ ЯДЕРНУЮ ЭНЕРГИЮ.

