

ЗОНД «ПАРКЕР» И ТАЙНА СОЛНЕЧНОЙ КОРОНЫ

*Там огненные валы стремятся
И не находят берегов,
Там вихри пламенные крутятся,
Борющиеся множество веков;
Там камни как вода кипят,
Горящи там дожди шумят.*

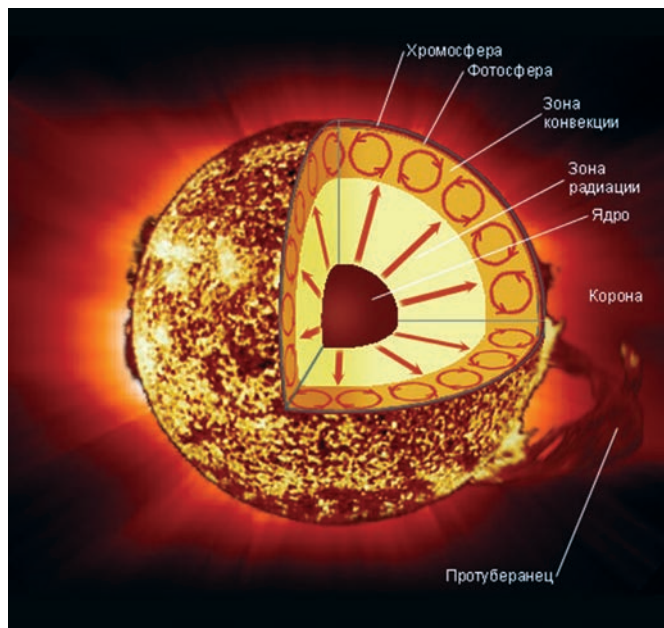
Так представлял себе солнечный ландшафт Михайло Васильевич Ломоносов. Великий русский ученый и стихотворец жил и творил во второй половине XVIII в., но нарисованная им поэтическая картина не слишком противоречит современным научным представлениям. Физические условия на небесном теле, вокруг которого вертится наша Земля, не допускают наличия на нем твердой поверхности. Температуры там, по земным меркам, запредельные. Солнце даже вращается не так, как твердое тело, зоны у полюсов перемещаются гораздо медленнее, чем у экватора, а поверхностные слои — медленнее глубинных.

Притом с температурой Солнца все обстоит очень непросто. На видимой поверхности (в верхних слоях так называемой фотосферы) она составляет приблизительно 4 500 кельвинов. Предполагают, что ближе к центру, где происходят ядерные реакции, температура может достигать 15 млн кельвинов, но это как раз ожидаемо и ничего контринтуитивного в таком выводе нет. Все привычно: источник нагрева в центре, чем от него дальше, тем холоднее. Куда больше удивили ученых сведения, которые они получили при изучении солнечной короны и хромосферы.

О солнечной короне — жемчужном сиянии, которое окружает Солнце и становится видимым во время затмения, когда Луна закрывает основной диск, слышали все. Не такая знаменитая хромосфера может быть видна при тех же условиях в виде узкого красноватого венчика по краям темного диска. Так вот, фотосфера — самая холодная часть Солнца. Уже в хромосфере температура начинает резко повышаться, на десятки тысяч градусов. А в короне и вообще творятся чудеса.

Плотность короны очень невелика, она состоит из ионизированных газов и при этом простирается очень далеко в космос. Так называемая внутренняя корона — на расстояние, примерно равное радиусу солнечного диска (695 700 км), а внешняя корона прослеживается на десятки радиусов. При этом в ней фиксируют участки, где ионы разогреваются до миллиона кельвинов!

Как такое может быть — загадка, ставившая в тупик не одно поколение астрономов. В каком направлении искать ответ, ученые представляли. Вероятно, поверхностные выбросы Солнца приносят в корону колоссальную массу энергии, которая распределяется весьма причудливо, образуя «петли» и «арки». Свою роль должно было сыграть и воздействие магнитных полей. Но показать механизм нагрева в деталях не удавалось.



Строение Солнца



Солнечная корона

4 июня 2019 г. в журнале *Astrophysical Journal Letters* была опубликована работа, проливающая свет на некоторые стороны проблемы. Группа ученых из Мичиганского университета (США) во главе с Джастином Каспером (Justin Kasper) решила использовать для проверки одной ранее выдвинутой теории информацию, собранную за много лет работы зонда GGS WIND. Этот космический аппарат стартовал с мыса Канаверел в ноябре 1994 г. и был выведен в точку Лагранжа L1 системы Земля — Солнце. То есть, благодаря равновесию действующих на него гравитационных сил, он всегда находится в одинаковом положении относительно Солнца и Земли, строго между ними, в потоке солнечного ветра. Оборудование спутника позволяет определять количество, скорость, спектр, температуру и тепловые скорости ионов солнечного ветра.

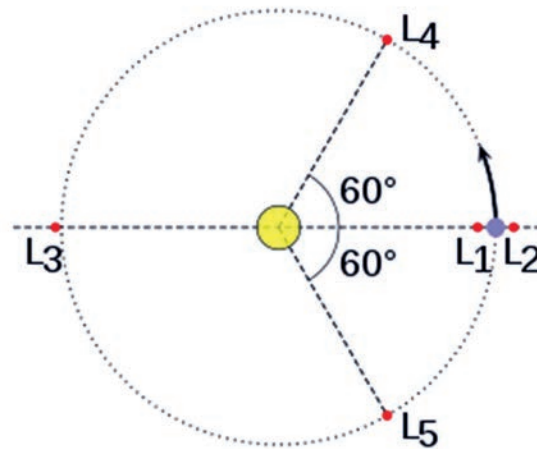
Астрономы давно рассматривают гипотезу, согласно которой в нагреве солнечной короны играют важную роль так называемые альвеновские волны, поперечные магнитогидродинамические волны, распространяющиеся вдоль силовых линий магнитного поля. Они получили свое имя в честь шведского астрофизика Х. Альвена, который предсказал их существование еще в 1942 г. Особенностью альвеновских волн является то, что в колебаниях участвует не только электромагнитное поле, но и частицы проводящей среды, т. е. их возникновение возможно только при наличии магнитного поля и проводящей среды, ведущей себя как единая жидкость или газ. Эти волны низкочастотные, соответственно имеют большую длину волны, и поэтому создать их в лабораторных условиях непросто, а вот наблюдать в космических масштабах вполне возможно. Возникнув в результате, например, конвективных движений проводящей среды в некоторой области и затухая в другом месте, альвеновские волны способны осуществлять обмен энергией между удаленными областями космического пространства. При определенных условиях их энергия может переходить в другие виды энергии, в том числе и в тепловую.

Солнечная корона — благоприятная среда для такого явления, и ученые уже моделировали зоны избирательного нагрева ионов, которые должны были возникнуть под действием альвеновских волн. Но команда Каспера решила выяснить, насколько далеко от фотосферы Солнца простирается зона нагрева, иным, независимым от прежней модели способом, анализируя данные, полученные при изучении солнечного ветра спутником Wind. В итоге авторы сделали вывод, что зона перегрева лежит ниже так называемой альвеновской поверхности, именно там, где предсказывала ранее выдвинутая теория. Притом этот результат был получен совершенно независимым от нее способом.

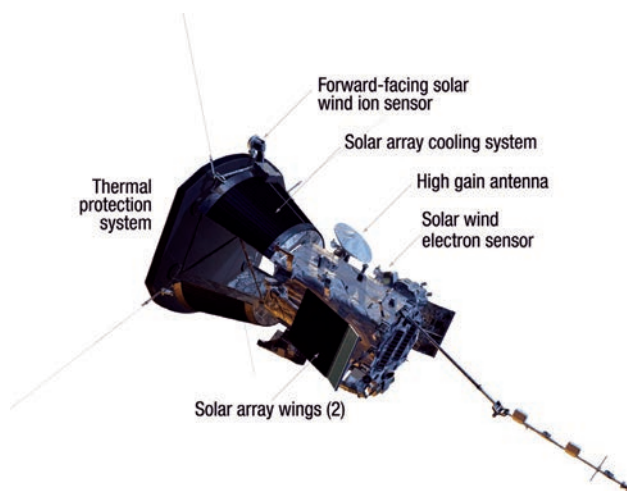
Таким образом, имеется веское подтверждение причастности альвеновских волн к загадочному поведению солнечной короны. Окончательно же точку в научном споре должен поставить космический зонд «Паркер», покинувший Землю и устремившийся к Солнцу 12 августа 2018 г. При запуске аппарата присутствовал его «крестный» — астрофизик Юджин Паркер, более полувека назад предсказавший существование солнечного ветра. Миссия также известна под названием *Solar Probe Plus*.

Предыдущий рекорд приближения космического аппарата к Солнцу был поставлен в 1976 г. американским зондом *Helios 2* (не путать с одноименным европейским спутником военного назначения). До центрального светила оставалось всего 43.432 млн км, около 70 солнечных радиусов. «Паркер» побил этот рекорд 29 октября 2018 г. Также он стал новым рекордсменом скорости для космических аппаратов (более 95 км/с). Но «Паркер» не останавливается на достигнутом, подбираясь к грозному светилу все ближе и ближе. Предполагается, что в конце концов он приблизится к границе фотосферы на 8,86 солнечных радиуса! Его создатели вовсе не преувеличивают, называя эту миссию нашим первым посещением звезды.

Корпус «Паркера» укрыт от всяческих невзгод щитом из углепластика толщиной 11,43 см. Этот панцирь должен выдерживать температуру 1 337 градусов Цельсия, а под ним прячутся приборы которые позволят оценить характеристики материала солнечной короны прямо на месте, в непосредственной близости от горячих участков.



Точки Лагранжа



Космический зонд «Паркер»