

ные ниж. слои (т. н. внутр. корона). Это излучение горячей разреженной оптически тонкой плазмы с темп-рой $\approx 2 \cdot 10^6$ К. Диапазон рентг. излучения спокойной короны от 1 нм до неск. десятков нм. Поток рентг. излучения на орбите Земли $1-3$ эрг/см²·с, или $5 \cdot 10^{-8}$ среднего солнечного потока в видимой области спектра. Рентг. излучение состоит из 2 компонентов — линейчатого и непрерывного. Многочисл. спектральные линии ионов высокой кратности (железа, кремния, кислорода и др.) обусловлены возбуждением ионов электронным ударом и последующими спонтанными переходами (свободно-связанное излучение). Непрерывное излучение связано с изменениями энергии свободных электронов в электрич. поле ионов (свободно-связанное излучение). Вклад линейчатого излучения в суммарное излучение в неск. раз больше, чем непрерывного, однако на КВ-конце (ок. 1 нм) вклады обоих типов излучения становятся сравнимы.

Активные области в короне — корональные конденсации излучают более интенсивно. Это вызывает флуктуации рентг. излучения при возникновении и развитии активных областей на видимой стороне С., появлении 27-дневной периодичности в регистрируемом потоке, связанной с вращением С. В зависимости от уровня солнечной активности суммарная мера эмиссии изменится от $3 \cdot 10^{48}$ см⁻³ до 10^{50} см⁻³ при незначит. изменениях темп-ры. Изменения рентг. излучения сильнее выражены в КВ-части диапазона. Нек-рые мощные центры активности вызывают появление заметных потоков излучения даже в диапазоне 0,3—1 нм, что связано с нагревом плазмы до темп-р, в неск. раз превышающих её ср. значение в источниках внутр. короны.

Рентг. излучение С. возрастает и далеко простирается в область высоких энергий при любых нестационарных процессах, особенно вспышках. По величине потока излучения вблизи орбиты Земли в диапазоне 0,1—0,8 нм вспышки делятся на 3 класса: С, М и Х [соответственно потоки $(1-9) \cdot 10^{-3}$, $(1-9) \cdot 10^{-2}$ и более 10^{-1} эрг/см²·с]. Тепловое излучение вспышек, длящееся всё время вспышки (от минут до часов), связано с образованием плазмы с $T \leq 3 \cdot 10^7$ К. В спектре наблюдаются линии ионов, у к-рых остались только 1—2 электрона (Fe XXV и др.). Кроме теплового излучения горячей плазмы при нек-рых вспышках генерируется нетепловое излучение электронов, ускоренных до энергий, превышающих 10 кэВ (иногда 100 кэВ и более). Как правило, эти вспышки продолжаются не более 100 с.

Детально изучена структура источников рентг. излучения С. Излучающая плазма заключена в систему петель — арок, являющихся пучками силовых линий магн. поля, проникающего из фотосферы во внутр. корону. Физ. условия в петлях — темп-ра $\approx 2 \cdot 10^6$ К и концентрация электронов $n_e \approx 10^9$ см⁻³ — незначительно изменяются как в самой петле, так и при переходе от одной петли к другой. Длины петель составляют 10^9-10^{10} см. Газ вне петлю (там, где силовые линии магн. поля уходят на большие расстояния от С.) из-за своей малой плотности и меньшей темп-ры слабее излучает в рентг. диапазоне (корональные дыры).

Источник теплового рентг. излучения при вспышках — система петель, заполненных плазмой с $T \approx 3 \cdot 10^7$ К и $n_e \leq 10^{11}$ см⁻³. Пучки нетепловых электронов бывают в начале нек-рых вспышек весьма плотными, до 10^{-4} тепловых электронов может ускоряться до энергий, превышающих 15 кэВ.

М. А. Лышчи.

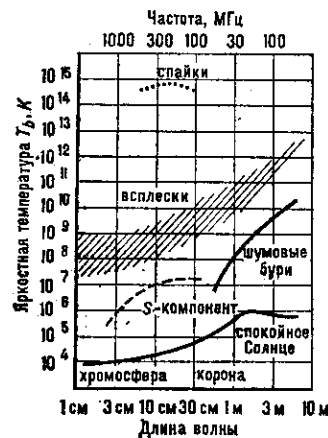
Радиоизлучение. Плотность потока радиоизлучения С. на орбите Земли в спокойных условиях от 10^7 Ян на сантиметровых волнах до 10^9 Ян в метровом диапазоне. Она возрастает во время вспышек, связанных с крупными вспышками, до 10^8 и 10^{10} Ян соответственно.

Регистрация радиоизлучения С. на разных волнах позволяет получать информацию о параметрах, струк-

туре и динамич. явлениях в разл. слоях атмосферы С. Сантиметровые и дециметровые волны исходят из хромосферы, переходного слоя и ниж. короны (расстояние от фотосферы $r < 10-20$ тыс. км), излучение метрового и декаметрового диапазонов генерируется в короне ($r \sim 0,2-4 R_{\odot}$), а гектометровые и километровые волны — в самых внеш. слоях короны и в межпланетной среде (фиксируются при помощи спутников и космич. аппаратов).

Невозмущённый, наиб. низкий (фоновый) уровень радиоизлучения С. — т. н. осн. компонент, или излучение «спокойного» С. (рис. 6). Это тепловое излучение, яркостная темп-ра T_b к-рого соответствует кинетич. темп-ре того слоя, где оптич. толщина $\tau_{\lambda} \sim 1$. При переходе от милли-

Рис. 6. Зависимость яркостной температуры основных компонентов радиоизлучения Солнца от длины волны (частоты).



метровых к метровым волнам T_b возрастает от $5 \cdot 10^3$ до 10^6 К.

При наличии активных областей на диске над фоновым уровнем выделяются также локальные источники повышенной радиоизлучения, существующие в течение мн. дней. В сантиметровом и дециметровом диапазонах регистрируется медленно меняющаяся компонента (S-компонента). Она включает в себя неск. составляющих.

Одна из них охватывает всю активную область (неск. минут дуги) и представляет собой слабо поляризованное тормозное излучение корональной конденсации, в к-рой темп-ра и плотность повышены в неск. раз. Непосредственно над пятнами на $\lambda \sim 2-4$ см доминируют компактные ($\sim 20''$) и яркие [$T_b \approx (1,5-2) \cdot 10^6$ К] источники поляризованного магнитотормозного радиоизлучения, исходящего из оптически толстых гирорезонансных слоёв (т. е. слоёв, для к-рых частота принимаемого радиоизлучения кратна ω_n) $2 \omega_n$ (обыкновенные волны) и $3 \omega_n$ (необыкновенные волны), где ω_n — гиромагнитная частота электронов. Существенно, что в источниках, связанных с пятнами, темп-ра достигает корональных значений уже на высотах $r \sim 1-2$ тыс. км, где магн. поле $H \sim 1000-1500$ Гс. Поляризация, знак к-рой соответствует необыкновенной волне, возникает в таких источниках вследствие того, что для определ. длины волны слой $3 \omega_n$ располагается в переходной области между хромосферой и короной на больших высотах, т. е. в области с большей темп-рой, чем уровень $2 \omega_n$.

Две др. составляющие S-компоненты имеют нетепловую природу и свидетельствуют о непрерывном ускорении электронов в активных областях. Это прежде всего межпятенная составляющая — компактные ($\sim 10''$), яркие ($T_b \geq 5 \cdot 10^6$ К) радиоисточники, к-рые особенно хорошо наблюдаются на $\lambda \sim 6$ см и располагаются над линией раздела поляриностей фотосферного магн. поля, в верх. части корональных петель. Другая нетепловая составляющая имеет вид протяжённого ($1-2'$) гало и характеризуется максимумом плотности потока на $\lambda \sim 10-15$ см.

Явно нетепловую природу имеет также НЧ-аналог S-компоненты — шумовые бури. Они фиксируются над крупными развивающимися активными областями, характеризуются сильной поляризацией и состоят из усиленного непрерывного фона (континуума) с $T_b \sim$