

В. В. ВИТКЕВИЧ

НОВЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ КОРОНЫ

(Представлено академиком М. А. Леонтовичем 6 II 1951)

Быстро развивающиеся в настоящее время радиометоды астрофизических исследований дают новые возможности для изучения солнечной короны. В литературе имеется ряд данных об эффективной температуре короны, полученных радиометодами, о поляризации излучения, об областях, ответственных за радиоизлучение (¹⁻⁵). Работа советских ученых (⁶) дала возможность впервые экспериментально установить ответственность короны за радиоизлучение метровых волн.

Если провести одновременно систематические наблюдения на нескольких длинах волн дециметрового и метрового диапазона над радиотемпературой Солнца и распределением радиояркости (что может быть осуществлено интерференционными методами с различными базами разнесенных антенн), то можно сделать определенные заключения о распределении по высоте короны электронной концентрации и температуры.

Такого рода массовые наблюдения могли бы дать значительно более полные сведения (чем имеются сейчас) об активных областях радиоизлучения Солнца на различных длинах волн и об их физической природе.

Проведение интерференционных наблюдений с различными базами над лево- и правополяризованными волнами дало бы возможность получить сведения о магнитном поле короны и о магнитном поле отдельных областей короны. Это — активный метод исследования, в основу которого положено изучение собственного радиоизлучения солнечной короны.

Может быть предложен другой — пассивный — метод исследования короны путем просвечивания ее радиоволнами. В качестве источника радиоволн может быть использован один из дискретных источников радиоизлучения, которые сейчас в большом количестве обнаружены на небесной сфере (⁷); эти источники мы будем далее, для краткости, называть радиозвездами.

Для практического использования этого метода необходимы по крайней мере два условия.

Во-первых, необходимо найти радиозвезду в зодиакальном созвездии; координаты ее должны быть такие, чтобы ежегодно было несколько дней, в течение которых солнечная корона, наблюдаемая с Земли, проектировалась на радиозвезду.

Во-вторых, должен быть применен такой метод наблюдения радиозвезды, который позволит надежно выделить ее радиоизлучение на фоне радиоизлучения Солнца и Галактики.

Покажем, каким образом могут быть решены эти два вопроса.

Среди радиозвезд, имеющих достаточную интенсивность и подходя-

шие координаты, можно указать на радиозвезду в созвездии Тельца, о радиоизлучении которой было недавно сообщено в литературе ⁽⁸⁾. Координаты ее: RA: $5^{\text{h}}31^{\text{m}}20^{\text{s}} \pm 30^{\text{s}}$; Dec.: $+22^{\circ}02' \pm 8'$.

Эффективная температура ее при угловых размерах $5' \cdot 5'$ на волне $\lambda = 3$ м равна $2 \cdot 10^6$. Пересчет на телесный угол Солнца дает эквивалентную температуру $50 \cdot 10^3$.

Сравнение указанных координат с координатами Солнца показывает, что 15 июня Солнце имеет такое же прямое восхождение, как и указанная звезда, а склонение его равно $23^{\circ}16'$, так что угловое расстояние между краем диска и радиозвездой составляет $58'$. На таком большом расстоянии корона имеет электронную плотность приблизительно в тысячу раз меньшую, чем вблизи от диска. Поэтому указанная радиозвезда может быть использована только для изучения этих весьма разреженных частей короны. Но постановка наблюдений даже с указанным источником может привести к важным результатам.

В работе ⁽⁶⁾ есть указания о том, что вблизи от упомянутой радиозвезды есть еще две другие, хотя и менее интенсивные. Возможно, что они окажутся пригодными для исследования и внутренней короны.

Во всяком случае, можно надеяться, что дальнейшие открытия радиозвезд дадут большие возможности для использования предлагаемого метода. С другой стороны, большие возможности исследования Солнца методом радиопросвечивания ставят задачи о поисках радиозвезд в зодиакальных созвездиях.

Обратимся к вопросу о выделении радиозвезды на фоне радиоизлучения Солнца.

По литературным данным, «спокойное» Солнце на метровых волнах, на которых наиболее интересно проведение измерений, имеет эффективную температуру порядка миллиона градусов и даже больше. Следует, однако, отметить, что эти сведения основываются на измерениях, относящихся к годам значительной солнечной активности. В ближайшие один-два года можно ожидать снижения интенсивности радиоизлучения на метровых волнах. Тем не менее, и в этом случае следует считать, что интенсивность радиоизлучения Солнца будет в несколько раз выше интенсивности радиоизлучения наблюдаемой радиозвезды. Если, кроме того, учесть, что радиоизлучение Солнца может несколько меняться, то ясно, что для выделения радиозвезды обычный метод компенсации радиоизлучения мешающего объекта — в данном случае Солнца — мало пригоден. С большим успехом может быть применен интерференционный метод, которым можно воспользоваться для выделения источника, имеющего малый телесный угол.

Ширина одного лепестка (в радианах) интерференционной картины двух антенн, как известно, приближенно определяется выражением

$$\varphi = \frac{\lambda}{D}, \quad (1)$$

где λ — длина волны, D — база. Если базу взять $D = (200 \div 400) \lambda$ таким образом, чтобы угол раствора лепестка был в 3—4 раза меньше радиодиаметра Солнца, т. е. чтобы $\varphi = 10' \div 20'$, то, изменяя в некоторых пределах базу D , можно подобрать такое расстояние между антеннами, при котором от Солнца модуляции практически не будет. Тогда радиоизлучение Солнца создаст некоторый общий фон, на котором будет видна интерференционная картина от радиозвезды. Общий фон будет создавать также излучение Галактики.

Разумеется, если в дни наблюдений на Солнце будут всплески или локальные источники мощного радиоизлучения, то это затруднит или исключит возможность получения результатов. Однако известно, что

многие дни соответствуют весьма спокойному равномерному радиоизлучению Солнца, при котором проведение указанных наблюдений будет вполне возможным.

На рис. 1 приведена схема постановки опыта.

В зависимости от характера изменения интерференционной картины при прохождении волн через корону могут быть получены определенные выводы относительно ее строения. Проведение соответствующих количественных расчетов будет выполнено в другом месте; сейчас мы остановимся на принципиальных возможностях получения различных результатов.

1. Если интерференционная картина от радиозвезды при прохождении волн через корону будет сдвигаться, т. е. будет меняться кажущееся положение источника, то по величине смещения можно будет определить рефракцию в короне. При нескольких наблюдениях в разное время окажется возможным определить значение рефракции для различ-

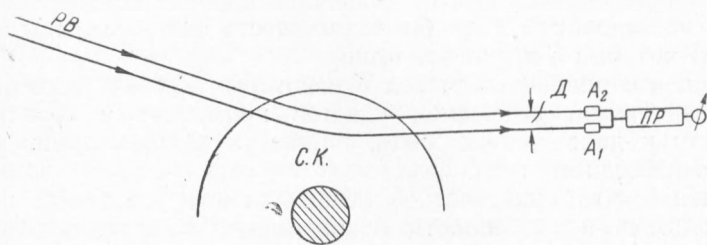


Рис. 1. Схема исследования солнечной короны посредством просвечивания ее радиоволнами. *PB* — радиоволны от радиозвезды, *СК* — солнечная корона, *A₁*, *A₂* — антенны приемного устройства, *ПР* — радиоприемное устройство

ных участков короны. По этим данным можно будет сделать выводы о величине показателя преломления в короне и, следовательно, об электронной концентрации. Указанные измерения, в частности, могут быть весьма полезны для исследования электронной концентрации полярных лучей короны. Различная ориентация базы даст возможность измерить рефракцию в короне как в направлении радиуса Солнца, так и в касательном направлении.

2. Изменение интенсивности при неизменной глубине модуляции даст возможность определить затухание радиоволн в короне. Если известно затухание и коэффициент преломления, то по обычному соотношению

$$\kappa = \frac{\nu(1 - n^2)}{cn} \quad (2)$$

может быть вычислено эффективное число соударений электронов ν , по значению которого можно судить об электронной температуре короны.

3. Если окажется возможным установить изменение глубины модуляции интерференционной картины, то можно будет сделать заключение о кажущемся увеличении угловых размеров радиозвезды и о неоднородностях в короне. Действительно, для отчетливой интерференции, при базе D , необходимо, чтобы разность оптических длин путей от источника до каждой из антенн: $\Delta L = L_1 - L_2$ изменялась во времени на много меньше, чем длина волны λ . Степень уменьшения глубины модуляции даст возможность судить о непостоянстве разности оптических путей, а следовательно, и о среднем значении непостоянства электронной концентрации короны.

4. Если проводить наблюдения на разнесенных антеннах, принимающих волны с круговой поляризацией, и определять степень круговой поляризации радиоволн от радиозвезды, то можно сделать заключение о магнитном поле короны в просвечиваемой области.

Таковы основные характеристики короны, которые могут быть получены при проведении измерений подобного рода.

Вполне возможно, что какое-нибудь из указанных явлений будет настолько ярко выражено, что сделает невозможным наблюдение всех остальных эффектов. В этом случае ценность результатов может быть существенно увеличена путем одновременного наблюдения на различных базах и базах различной ориентировки, а также путем проведения наблюдений одновременно на нескольких волнах, например, для рассмотренного выше примера, на волнах 3, 5 и 7 м.

Сделаем еще одно замечание по поводу возможного эффекта отражения радиоволн от короны. При приближении проекции Солнца к радиозвезде может оказаться, что мы сможем наблюдать не только прямые, но и отраженные волны; условия для этого в короне при малых углах падения могут быть легко выполнены для метровых волн. Поэтому, если отраженные волны заметно не поглотятся, то можно будет наблюдать отражение радиозвезды от солнечной короны. Проведение соответствующих исследований дало бы возможность еще более полно изучить вопросы, о которых говорилось выше.

Отметим, что описанный метод в некоторых случаях с соответствующими изменениями, возможно, удастся применить к изучению атмосферы Луны и даже, может быть, планет, а также для исследования облаков межзвездного газа.

Несомненно, что практическое осуществление указанных исследований, проводимых в особенности одновременно с активными методами изучения радиоизлучения Солнца, даст много новых сведений о солнечной короне.

Физический институт
им. П. Н. Лебедева
Академии наук СССР

Поступило
31 I 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ M. Ryle and D. D. Vonberg, Proc. Roy. Soc., A, 193, 98 (1948).
² И. С. Шкловский, Астр. журн., 23, 333 (1946). ³ В. Л. Гинзбург, ДАН, 52, 491 (1946). ⁴ W. N. Christiansen, D. E. Yabsley and B. Y. Mills, Austr. Journ. Sci. Res., A, 2, No. 4 (1949). ⁵ J. L. Pawsey and D. E. Yabsley, ibid., A, 2, No. 2 (1949). ⁶ С. Э. Хайкин и Б. М. Чихачев, ДАН, 58, 1923 (1947). ⁷ J. G. Bolton, G. J. Stanley and O. B. Slee, Nature, 164, 101, No. 4159 (1949). ⁸ J. G. Bolton and G. J. Stanley, Austr. Journ. Sci. Res., A, 2, No. 2, 139 (1949).