Доклады Академии наук СССР
1955. Том 101, № 3

АСТРОНОМИЯ

В. В. ВИТКЕВИЧ

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ РАССЕЯНИЯ РАДИОВОЛН НА ЭЛЕКТРОННЫХ НЕОДНОРОДНОСТЯХ СОЛНЕЧНОЙ КОРОНЫ

(Представлено академиком М. А. Леонтовичем 20 XII 1954)

1. В работах ([1], [2]) нами был предложен новый метод исследования солнечной короны. Ежегодно 14—15 VI солнечной короной покрывается локальный источник радиоизлучения, отождествленный с Крабовидной туманностью (NGC 1952; $\alpha = 0{,}5^h\ 31^m\ 40^s$, $\delta = 22°10'$).

Ввиду того что в диапазоне метровых волн угловой размер этого источника около 5′, а радиодиаметр солнца около 1°, представляется возможным интерференционным методом выделить радиоизлучения Крабовидной туманности на фоне радиоизлучения Солнца. Для этого, очевидно, небходимо, чтобы угол одного лепестка интерференционного радиоприема был больше углового размера источника и меньше радиодиаметра Солнца. Тогда от источника мы получим вполне отчетливую интерференционную картину с последовательно чередующимися максимумами и минимумами, в то время как радиоизлучение Солнца не создает интерференционной картины, а будет приниматься в виде подъема общего фона радиоизлучения.

2. Наблюдения радиоизлучения локальных источников (в созвездиях Кассиопеи, Лебедя, Девы и Тельца) автором настоящей статьи впервые в Советском Союзе проводились в 1950 г. Первые наблюдения с целью изучения распространения радиоволн через солнечную корону были проведены в 1951 г. на волне 4 м при помощи морского интерферометра. Эти наблюдения не дали положительных результатов ввиду того, что в июне (с 9 до 22 VI) радиоизлучение Солнца носило бурный характер с повышенной интенсивностью. Эти первые наблюдения показали, что в спокойные дни можно было отчетливо видеть интерференционную картину от Крабовидной туманности на фоне Солнца. Таким образом была проверена предложенная методика.

В 1952 г. были проведены наблюдения на волнах 4 и 6 м с горизонтальными базами с двумя антеннами на каждой из волн, разнесенными на расстояние 700 м. Эти наблюдения показали, что интенсивность радиоизлучения Крабовидной туманности заметно уменьшается не только 15 VI, но также приблизительно за 2 дня до 15 VI и в течение 3 дней после 15 VI. Этот результат был существенно новым, но не вполне надежным, так как были подозрения, что проходившие в это время сильные дожди влияли на чувствительность аппаратуры. Эти результаты были подтверждены во время наблюдения в 1953 и 1954 гг., а также, как выяснилось позднее, получены иностранными авторами ([3]).

3. В 1953 г. наблюдения на волне 6 м проводились с интерференционной базой с расстоянием между антеннами около 670 м, что соответствовало 32′ одного лепестка интерференции. Антенны были расположены приблизительно в направлении восток — запад, время одного лепестка составляет в среднем 2,6 мин. Каждая из антенн имела по 20 полуволновых вибраторов и металлический экран. Антенны были неподвижны и

устанавливались для наблюдений за источником в кульминации. Ежедневно производилась интерференционная запись от Крабовидной туманности, а также для контроля усиления и исправности аппаратуры от источника в созвездии Дева.

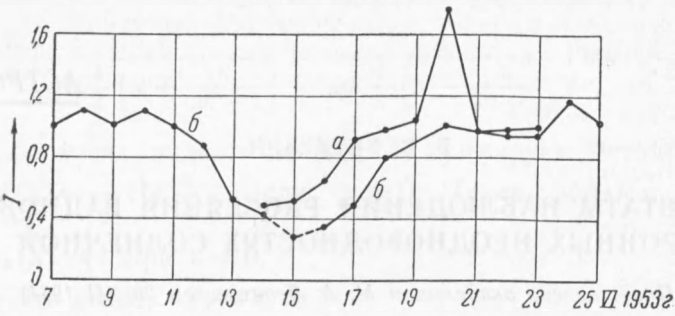


Рис. 1. Изменение интенсивности радиоизлучения Крабовидной туманности при покрытии ее солнечной короной (1953 г.). *а* — волна 3,5 м, *б* — волна 6 м

На рис. 1 приведена кривая хода интенсивности источника на волне 6 м в зависимости от дня наблюдений. Как видно, некоторое уменьшение интенсивности наблюдается уже 12 VI. Затем она уменьшается далее, достигая минимума 15 VI, после чего происходит возрастание интенсивности, и только 20 VI она приобретает прежнее значение.

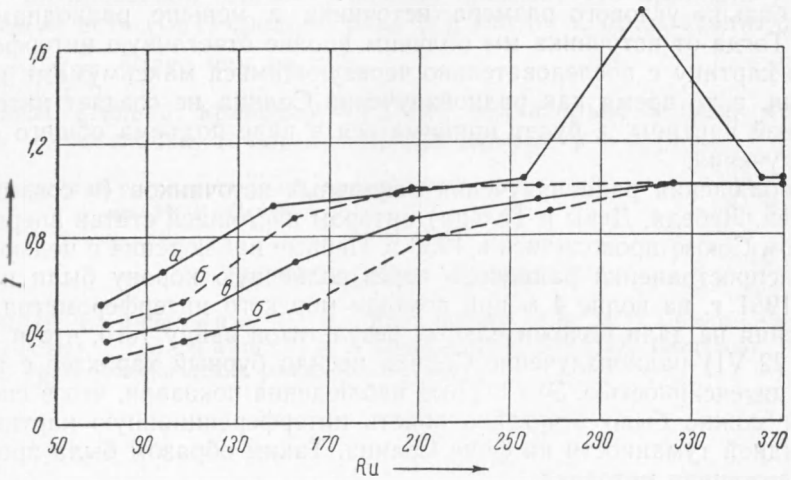


Рис. 2. Изменение интенсивности радиоизлучения Крабовидной туманности в зависимости от расстояния до центра Солнца при покрытии ее солнечной короной. *а* — волна 3,5 м, *б* — волна 6 м, *в* — среднее значение для волны 6 м

Наблюдения на волне 3,5 м в 1953 г. проводились при помощи морского интерферометра с антенной, установленной на высоте 228,5 м над уровнем моря; угловая ширина одного лепестка была равна 26′,2. Наблюдения проводились в течение июня, однако по техническим причинам установка на несколько дней вышла из строя и поэтому результаты приведены с 14 VI. Кривая хода интенсивности (рис. 1) показывает, что после 14—15 VI интенсивность день ото дня возрастала. 17 VI, повидимому, еще можно отметить несколько меньшее значение интенсивности, чем обычно, в то время как 18 VI она приняла обычное значение. 20 VI наблюдалось некоторое возрастание интенсивности.

Если кривые, приведенные на рис. 1, сопоставить с данными об угловом расстоянии между источником и Солнцем, то мы получим рис. 2.

Видно, что солнечная корона уже на расстоянии 12—15 радиусов оказывает заметное влияние на распространение сквозь нее радиоволн длиной 6 м и на расстоянии 9—10 радиусов оказывает влияние на распространение радиоволн длиной 3,5 м.

4. Причина уменьшения интенсивности, наблюдаемого во время этих измерений, может быть двоякая: поглощение или рассеяние.

Наблюдая на одной интерференционной базе локальный источник радиоизлучения, мы получаем его интенсивность I_0 только в том случае, если его угловой размер значительно меньше угла одного лепестка интерференционной диаграммы. В общем же случае интерференционная картина дает амплитуду равную MI_0, где M — глубина модуляции. Наши измерения дают значение этого произведения, но непосредственно разделить и получить отдельно значения M и I_0 не представляется возможным.

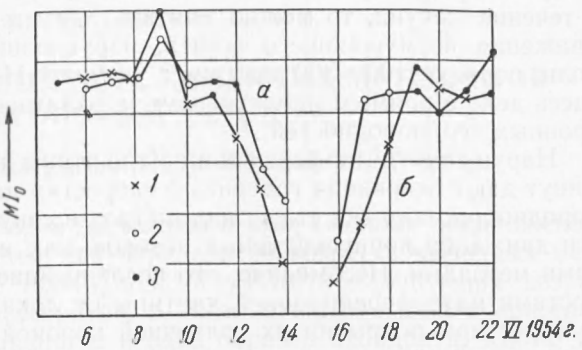


Рис. 3. Изменение MI_0 (M — глубина модуляции, I_0 — интенсивность радиоизлучения Крабовидной туманности) в зависимости от даты наблюдения в 1954 г. Волна 5,8 м; *1* — интерференционная база 700 м, $\Delta\varphi = 28',5$; *2* — интерференционная база 500 м, $\Delta\varphi = 40'$; *3* — ненадежные значения

Исходя из ряда соображений, можно придти к выводу о том, что мы имели дело с рассеянием, однако это можно было проверить только посредством прямых наблюдений с двумя интерференционными базами. Такие наблюдения были проведены в июне 1954 г., предварительный результат их мы приводим ниже.

Одна установка на волну 5,8 м имела расстояние между антеннами 700 м, а вторая установка с этой же длиной волны имела расстояние 500 м, что соответствует ширине лепестков интерференции, соответственно, 28′,5 и 40′.

Результаты наблюдений MI_0 для обеих станций в зависимости от даты приведены на рис. 3. Отчетливо видно, что большее уменьшение этой величины происходит при большей базе. Следовательно, наблюдаемый эффект есть результат увеличения углового размера источника, т. е. результат эффекта рассеяния.

Увеличение наблюдаемого эффекта с ростом длины волны дает основание для вывода о том, что рассеяние происходит на электронных неоднородностях. Таким образом, мы приходим к выводу о том, что внешние области солнечной короны весьма неоднородны. Обработка полученных результатов на различных длинах волн, которая в настоящее время проводится, даст возможность получить ряд сведений относительно размеров и плотностей этих неоднородностей.

5. При наблюдении интерференционной картины в те дни, когда влияние солнечной короны на распространение радиоволн было заметно (13, 14, 16 и 17 VI), при наблюдениях как в 1953 г., так и в 1954 г. были обнаружены случаи нарушений интерференционной картины. Эти нарушения вызваны влиянием солнечной короны, что следует из того, что аналогичные эффекты не наблюдались в другие дни.

Наблюдались случаи двух типов: 1) когда интерференционная картина исчезала или возникала в течение нескольких секунд и 2) когда изменения в характере интерференционной картины происходили в течение нескольких минут.

Таким образом, впервые обнаружено, что во внешних областях солнеч-

ной короны на расстояниях порядка 10 солнечных радиусов происходят динамические процессы, влияющие на условия распространения радиоволн метрового диапазона.

Для того чтобы нарушить условия интерференционного приема от источника, имеющего угловой размер с учетом рассеяния порядка 10—15 угловых минут, необходимо, чтобы эти динамические процессы охватывали области такого же порядка; это соответствует расстояниям порядка 500—700 тыс. км.

Если принять, что изменения в областях такого размера происходят в течение секунд, то можно считать, что мы имеем дело со скоростями движения возмущающего агента, нарушающего интерференцию радиоволн, порядка 100—300 тыс. км в секунду. Не исключено, что мы имеем здесь дело с прямым наблюдением за релятивистскими движениями электронных неоднородностей.

Нарушения интерференционной картины в течение времени порядка минут дают основания говорить о скоростях движения электронных неоднородностей порядка тысяч километров в секунду. Такого порядка скорости движения корпускулярных потоков, как известно, наблюдаются другими методами. Несомненно, что последующие наблюдения за нерегулярностями интерференционной картины от локальных источников радиоизлучения при покрытии их солнечной короной должны дать новые материалы о динамических процессах в самых внешних областях солнечной короны.

В проведении настоящих работ активное участие принимал В. А. Удальцов, которому автор выражает благодарность.

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

Поступило
21 XI 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] В. В. Виткевич, ДАН, **77**, № 4 (1951). [2] В. В. Виткевич, Астр. журн., **29**, № 4 (1952). [3] K. E. Machin, F. G. Smith, Nature, **170**, 519 (1952).