

С. Э. ХАЙКИН и Б. М. ЧИХАЧЕВ

**ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЦА БРАЗИЛЬСКОЙ
ЭКСПЕДИЦИЕЙ АН СССР ПО НАБЛЮДЕНИЮ СОЛНЕЧНОГО
ЗАТМЕНИЯ 20 МАЯ 1947 г.**

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 28 X 1947)

Вопрос о механизме возбуждения и природе радиоизлучения Солнца, несмотря на большое число работ, посвященных изучению этого явления, до сего времени остается неясным*. Для решения этого вопроса существенно знать, где именно на Солнце лежат источники радиоизлучения.

Из теоретических соображений (²⁻⁴) вытекает, что излучение волн длиннее 1—1,5 м должно исходить из сравнительно высоких слоев солнечной короны. По приблизительной оценке эти слои должны лежать на высоте 0,1—0,4 радиуса Солнца над поверхностью Солнца. Однако до последнего времени не было сделано никаких наблюдений, которые позволили бы проверить упомянутые теоретические соображения и определить высоты слоев, ответственных за радиоизлучение волн от 1 м и длиннее.

Покойный академик Н. Д. Папалекси указал, что наблюдения за радиоизлучением Солнца во время солнечных затмений должны дать сведения о высоте излучающих слоев и распределении интенсивности радиоизлучения по поверхности Солнца. По инициативе Н. Д. Папалекси исследования радиоизлучения Солнца были включены в план работ экспедиции АН СССР по наблюдению полного солнечного затмения 20 мая 1947 г. в Бразилии. Для исследований была выбрана волна длиной 1,5 м.

Для приема радиоизлучения был применен радиоприемник высокой чувствительности с полосой пропускания около 2 Мгц и фактором шумов порядка 6. Интенсивность на выходе приемника измерялась при помощи калиброванного лампового детектора с квадратичной характеристикой и оценивалась в квадратах вольт на выходе приемника. Интенсивность собственных шумов приемника составляла 20 V². Для измерения интенсивности радиоизлучения Солнца применялась компенсация показаний квадратичного детектора, обусловленных собственными шумами приемника. Постоянство компенсации составляло около 5%, от уровня собственных шумов приемника, и с этой точностью возможно было оценивать интенсивность радиоизлучения Солнца.

Основные технические трудности измерения радиоизлучения Солнца обусловлены тем, что интенсивность этого излучения обычно мала по сравнению с интенсивностью собственных шумов приемника. Чтобы

* Состояние вопроса освещено в статье (1). Там же приведена литература

увеличить энергию радиоизлучения, поступающую в приемник, и тем самым сделать более благоприятным соотношение между интенсивностями принимаемого радиоизлучения и собственных шумов, необходимо применять антенны значительных размеров. Из этих соображений была применена антенна, содержащая большое число диполей, расположенных над плоским рефлектором площадью 80 м^2 (коэффициент усиления порядка 100).

Было решено вести наблюдения с борта теплохода „Грибоедов“, который доставил экспедицию в Бразилию*.

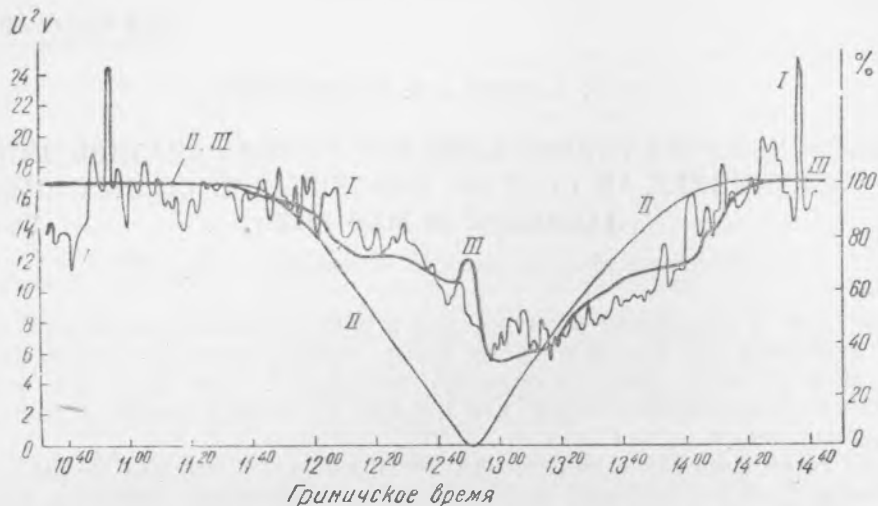


Рис. 1

Регистрация результатов велась визуально. Все необходимые данные (показания прибора квадратичного детектора, положение антенны относительно Солнца, курс корабля) регистрировались наблюдателями каждую минуту по сигналам, подаваемым от судового хронометра.

По результатам наблюдений была построена кривая изменений интенсивности радиоизлучения во время всего хода затмения (кривая I на рис. 1). Небольшие колебания интенсивности — в пределах $\pm 1V^2$ — вполне могут быть объяснены непостоянством уровня компенсации собственных шумов**. Поэтому только средний ход кривой I следует рассматривать как ход интенсивности радиоизлучения во время затмения. Для сопоставления на рисунке приведена кривая II, изображающая ход „геометрического затмения“ — изменения площади открытой части солнечного диска в процентах (правая шкала).

При рассмотрении кривой I и сопоставлении ее с кривой II можно констатировать два факта. Во-первых, интенсивность радиоизлучения

* Место стоянки корабля для выполнения наблюдений было выбрано в глубине Байского залива, вблизи средней линии полосы полного затмения ($\varphi = -12^{\circ}47'$; $\lambda = 38^{\circ}30' \text{ З.}$). Антенна была установлена на судне таким образом, что ее можно было при помощи судовых лебедок поворачивать относительно горизонтальной оси, изменяя ее наклон в соответствии с изменениями высоты Солнца. Для изменения же направления антенны в соответствии с изменениями азимута Солнца было решено поворачивать весь корабль с помощью специальных якорей и заведенных на берег тросов. Несмотря на встретившиеся большие трудности (сильные приливные течения, мели, неблагоприятный для якорей грунт), эти маневры были мастерски выполнены экипажем теплохода „Грибоедов“ под руководством опытного капитана В. С. Гицберга. Благодаря этому удалось полностью осуществить все наблюдения.

** Два больших выброса на кривой I (в начале и конце наблюдений) не могут быть объяснены явлениями в аппаратуре и, повидимому, соответствуют резким „всплескам“ радиоизлучения Солнца.

во время затмения не опускается ниже $7V^2$, т. е. минимальная интенсивность составляет около 40% от интенсивности излучения незатменного Солнца, равной $17V^2$. Во-вторых, ход изменения интенсивности радиоизлучения сдвинут относительно хода „геометрического затмения“, так что одним и тем же положениям Луны относительно Солнца соответствуют большие интенсивности излучения во время первой фазы, чем во время последней.

Первый факт говорит о том, что радиоизлучение исходит из сравнительно высоких слоев солнечной атмосферы, не полностью закрытых Луной во время полной фазы затмения. Второй говорит о том, что интенсивность этого радиоизлучения неравномерно распределена по поверхности излучающей сферы.

При истолковании первого факта может возникнуть подозрение, что радиоизлучение, наблюдаемое во время полной фазы затмения, исходит не от Солнца, а от лежащей в том же направлении области Галактики. Для выяснения этого вопроса были проведены специальные наблюдения через 15 дней после затмения, 4 июня (в порту Ангра-дос-Рейс). Антенна была направлена на ту область Галактики, в которой находилось Солнце в день затмения. Измерения показали, что радиоизлучение Галактики лежит ниже порога чувствительности аппаратуры и что, следовательно, все радиоизлучение, наблюдавшееся в день затмения, имеет своим источником Солнце.

Количественную оценку высоты излучающих слоев можно получить, если предположить, что интенсивность излучения распределена равномерно по поверхности излучающей сферы. При этом предположении нужно считать, что во время полной фазы затмения Луной закрыто 60% излучающей сферы, откуда для радиуса сферы получается значение в 1,35 радиуса солнечного диска.

Однако, как уже указывалось, излучение распределено по поверхности сферы заведомо неравномерно, и поэтому полученную оценку высоты излучающего слоя в 0,35 радиуса Солнца нужно рассматривать как приближенную.

Что касается распределения интенсивности радиоизлучения по поверхности сферы, то из сопоставления кривых I и II вытекает, что та сторона излучающей сферы, которая во время затмения закрывалась позже, излучала более интенсивно, чем другая. Этот вывод качественно согласуется с картиной распределения в день затмения солнечных пятен, большая часть которых была сосредоточена именно в той части диска, которая закрывалась позже. Однако никакого количественного соответствия между ходом интенсивности радиоизлучения и изменением площади открытых пятен установить, очевидно, нельзя, так как во время полной фазы затмения, когда солнечные пятна были полностью закрыты, радиоизлучение оставалось еще весьма интенсивным. Учитывая это последнее обстоятельство, естественно попытаться сопоставить изменения интенсивности радиоизлучения с ходом „затмения“ образований, лежащих в оболочках Солнца, угловые размеры которых больше угловых размеров Луны. Такое сопоставление было проведено научным сотрудником Научно-исследовательского института земного магнетизма Э. И. Могилевским.

Используя данные НИИЗМ'а и обсерваторий Абастуманской, Киевской, Ташкентской и Харьковской, Э. И. Могилевский вычислил суммарную эффективную площадь (т. е. произведение площади на яркость) для всех видимых в каждый момент затмения (не закрытых Луной) протуберанцев и волокон и по этим данным построил кривую хода „затмения“ по протуберанцам и волокнам (кривая III на рис. 1). Суммарная эффективная площадь всех протуберанцев и волокон была принята при этом за единицу. Кривая эта, как оказалось, весьма точно следует за изменениями интенсивности радиоизлучения.

Это указывает на то, что между расположением протуберанцев и волокон и распределением интенсивности радиоизлучения существует тесная связь и что, повидимому, протуберанцы играют существенную роль в механизме возбуждения радиоизлучения солнечной короны.

Поступило
20 X 1947

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. Л. Гинзбург, Усп. физ. наук, 32, 26 (1947). ² В. Л. Гинзбург, ДАН, 52, 491 (1946). ³ И. С. Шкловский, Астр. журн., 83, 383 (1946). ⁴ D. F. Martyn, Nature, 158, 632 (1946).