

## **РАДИОЛОКАЦИЯ ПЛАНЕТЫ ЮПИТЕР**

*В. А. Котельников, Л. В. Апраксин, В. М. Дубровин, М. Д. Кислик,  
Б. И. Кузнецов, Г. М. Петров, О. Н. Ржига, А. В. Францессон,  
А. М. Шаховской*

Доклады Академии наук СССР. 1964. Том 155, № 5

В течение сентября – октября 1963 г. в СССР была произведена радиолокация Юпитера [1]. Для радиолокации было выбрано одно из противостояний, когда Юпитер подходит к Земле на 590–600 млн км. Целью этого эксперимента было изучение отражающих свойств поверхности Юпитера и исследование распространения радиоволн на сверхдальние расстояния.

Во время наблюдений Юпитера радиосигналам приходилось проходить путь в 6–7 раз больший, чем при радиолокации Марса и Меркурия, и в 15 раз больший, чем при радиолокации Венеры в период, когда она ближе всего подходит к Земле. Поэтому, хотя чувствительность приемной установки была увеличена в 2–2,5 раза, обнаружить отраженные сигналы было значительно труднее, чем при наблюдениях Меркурия и Марса, не говоря уже о наблюдениях Венеры.

В сторону Юпитера посылались радиосигналы на частоте около 700 МГц. На всю видимую поверхность планеты приходилось 13 Вт мощности, излучаемой передатчиком. Чтобы пройти весь путь от Земли до Юпитера и обратно к Земле, радиосигналам требовалось в среднем 1 час 06 мин. Спустя это время передатчик выключался и с помощью второй антенны, на которой был установлен приемник, производился прием отраженных сигналов. Принятые сигналы записывались на магнитную ленту.

Передаваемый сигнал имел вид чередующихся посылок и пауз на двух частотах, отличающихся на 62,5 Гц. Длительность посылок и пауз на каждой частоте была равна 4,096 сек. Смещение частоты несущей и частоты манипуляции отраженных сигналов, вызываемое эффектом Доплера из-за движения Юпитера и Земли (с учетом ее вращения), компенсировалось по расчетной программе с помощью специального устройства, линейно менявшего частоту гетеродина приемника. Чтобы ошибки линейной интерполяции не были существенными, полный сеанс разбивался на интервалы длительностью по 16 мин., в каждом из которых устанавливалось новое значение скорости изменения

частоты гетеродина. За астрономическую единицу бралась величина 149 599 300 км.

Распределение энергии в спектре принятых сигналов исследовалось с помощью многоканального анализатора, аналогично тому, как это было описано в [2, 3]. Отраженные сигналы должны были периодически появляться в каналах анализатора в соответствии с манипуляцией передаваемых сигналов. На выходе каналов анализатора определялась энергия сигнала и шума, накопленная в те полупериоды частоты манипуляции, когда должен быть отраженный сигнал, и энергия одного шума, накопленная в те полупериоды, когда отраженный сигнал должен отсутствовать. Разность этих энергий дает энергию сигнала и остаточную энергию шума, накопленных в данном канале. Для устранения возможной ошибки, вызванной помехами, частота следования которых совпадает с частотой манипуляции отраженных сигналов, фаза манипуляции передаваемых сигналов менялась через сеанс на полпериода.

Результаты анализа спектра отраженных от Юпитера сигналов, накапливавшихся в течение 22 час., представлены на рис. 1. На этом графике на оси абсцисс нанесена ширина полосы частот  $\Delta f$ , в которой производилось накопление энергии сигнала, а по оси ординат (справа) — энергия отраженных сигналов в этой полосе в пересчете на плотность потока мощности  $S$  у приемной антенны. Около экспериментальных точек указаны оценки среднеквадратичного значения погрешностей измерений, вызываемых шумом. Рис. 1 показывает, что Юпитер вызывает более сильное размытие спектра отраженных сигналов, чем наблюдалось, например, при радиолокации планет Венера [4] и Марс [5]. Это, по-видимому, следствие быстрого вращения планеты вокруг оси, период которого по астрономическим наблюдениям равен примерно 10 час.

На рис. 1 по оси ординат слева нанесены значения коэффициента отражения  $\rho$ , который показывает, какую долю составляет энергия отраженных сигналов, принимавшаяся в полосе частот  $\Delta f$ , по сравнению с той энергией, которая принималась бы если бы Юпитер был гладким идеально проводящим шаром.

Зная период вращения Юпитера и положение его оси вращения в пространстве, можно рассчитать ширину зоны поверхности планеты, от которой приходили сигналы, соответствующие доплеровскому расширению спектра  $\Delta f$ . Ширина отражающей зоны поверхности Юпитера  $d$  нанесена на рис. 1 внизу. Как видно из рисунка, коэффициент отражения Юпитера в исследовавшейся полосе составляет около 10%. Ввиду того, что полный спектр отраженных сигналов значительно шире полосы частот, в которой производилось накопление энергии, полный коэффициент отражения Юпитера должен быть не меньше этой величины.

Таким образом, к числу планет, от которых были получены радиолокационные отражения, теперь добавлен Юпитер. В проведении радиолокации планеты Юпитер принимал участие большой коллек-

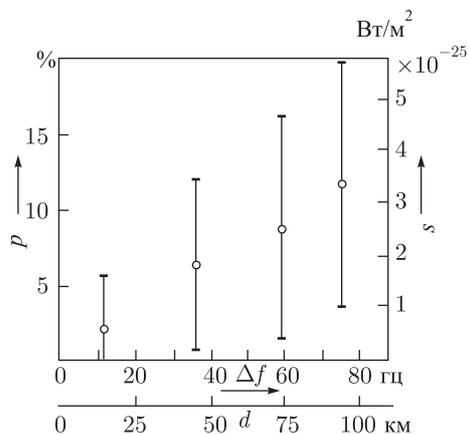


Рис. 1. Величина коэффициента отражения в зависимости от ширины отражающей зоны Юпитера

тив инженеров и техников, возглавляемый Институтом радиотехники и электроники Академии наук СССР.

Авторы выражают благодарность Б. А. Дубинскому, Г. А. Журкиной, Ю. Н. Мараховскому, Г. А. Симонову, Д. М. Цветкову и В. Ф. Чернову, участвовавшим в подготовке и проведении измерений.

Институт радиотехники  
и электроники Академии наук СССР

Поступило 2 II 1964

### Цитированная литература

1. Газета «Правда», 29 XII 1963 г.
2. В. А. Котельников, Л. В. Апраксин и др. Радиотехника и электроника, 7, № 11 (1962).
3. В. А. Котельников, Г. Я. Гуськов и др., ДАН, 147, № 6 (1962).
4. В. А. Котельников, В. М. Дубровин и др., ДАН, 161, № 3 (1963).
5. В. А. Котельников, В. М. Дубровин и др., ДАН, 151, № 4 (1963).