

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ

Г. Г. Гетманцев, В. Л. Гинзбург и И. С. Шкловский

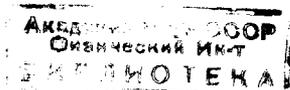
Использование спутников для целей оптической астрономии представляется, как известно, заманчивым в связи с возможностью расширить спектр принимаемых волн. Конкретно, на спутнике могут приниматься близкое и далекое ультрафиолетовое, рентгеновское и далекое инфракрасное излучения, не достигающие земной поверхности в силу их поглощения в атмосфере. В случае радиоастрономии положение аналогично, поскольку диапазон используемых длин волн, с одной стороны, также ограничен поглощением в тропосфере, а с другой, длинноволновой стороны, ограничен рефракцией и поглощением в ионосфере.

Молекулярное (тропосферное) поглощение начинает сказываться для волн с длиной $\lambda < 2$ см и особенно существенно на волнах $\lambda \cong 1,3$ см (водяные пары) и $\lambda \cong 5$ мм (молекулярный кислород). В связи с этим в миллиметровом диапазоне прием внеземного излучения без особых осложнений, связанных с необходимостью учета существенного поглощения, возможен лишь в области окна прозрачности, то есть волн с $\lambda \cong 8$ мм (о поглощении в атмосфере подробнее см. ¹ §§ 84, 120; радиоастрономические измерения в миллиметровом диапазоне освещены в статьях ^{2, 3, 4}). В качестве примера трудностей, с которыми приходится сталкиваться при переходе к более коротким волнам, укажем, что для волн в диапазоне 1–3 мм поглощение в толще атмосферы снижает эффективную температуру солнечного радиоизлучения примерно в 15 раз ².

Если не говорить об использовании очень больших зеркал, в настоящее время, даже при отсутствии поглощения, возможен прием миллиметрового излучения лишь от Солнца (эффективная температура $T_{\text{эфф}} \approx 6000^\circ$) и от Луны ($T_{\text{эфф}} \approx 200^\circ$ К). Исследование такого радиоизлучения хотя и представляет несомненный интерес, но вряд ли может считаться особенно существенным для физики Солнца и Луны. Осуществление же подобных измерений со спутника по целому ряду причин представляется затруднительным (сложность аппаратуры, необходимость ориентировать приемное зеркало на Солнце или Луну с точностью порядка нескольких угловых минут).

Влияние ионосферы начинает сильно сказываться при приеме внеземного радиоизлучения, начиная с длин волн порядка 30 м. Достаточно сказать, что днем критические длины волн для F_2 -слоя достигают даже 20 м, то есть более длинные волны, если не говорить о некоторых тонких эффектах, вообще не могут дойти до Земли. Ночью критические длины волн увеличиваются в несколько раз. Кроме того, в связи с наличием

¹ УФН, т. LXVI, вып. 2



$$T_a \sim 2 \sqrt{\Delta f}$$

широтной зависимости, а также сезонного и одиннадцатилетнего хода критических частот можно подобрать условия, в которых ионосфера пропускает волны до 200—300 м. Наконец, иногда через ионосферу просачиваются и более длинные волны, которые при этом оказываются, вообще говоря, сильно ослабленными. Прием длинноволнового космического радиоизлучения на Земле осложняется также наличием высокого уровня помех земного происхождения. В силу всех этих осложнений количество имеющихся данных о космическом радиоизлучении в области с $\lambda \geq 30$ м является весьма скудным^{5, 6}. В особенности это относится к волнам $\lambda \geq 100$ м—в этой области проведены только отдельные измерения⁷; при этом соответствующие данные позволяют лишь констатировать, что имеется мощное излучение вплоть до $\lambda \cong 600$ м, но установить интенсивность этого излучения пока не удалось. Вместе с тем исследование космического радиоизлучения в диапазоне $\lambda > 30$ м имеет первостепенное значение. Дело в том, что это радиоизлучение представляет собой магнитотормозное излучение космических (релятивистских) электронов, движущихся в межзвездных магнитных полях с напряженностью $\sim 10^{-5}$ эрстед. Частотный спектр радиоизлучения определяется при этом энергетическим спектром излучающих частиц. В результате радиоастрономические измерения позволяют получить ценные сведения об электронной компоненте космических лучей в Галактике (подробнее см. ^{8, 9}). Особо отметим, что как раз в области волн $\lambda > 30$ м спектр космического радиоизлучения, по-видимому, имеет излом^{5, 6}. Это обстоятельство, нуждающееся в дальнейшем уточнении и проверке, весьма важно, так как по месту излома, свидетельствующему о необходимости учета ионизационных потерь, можно оценить плотность межзвездного газа⁸.

Итак, целесообразность исследования длинноволнового космического радиоизлучения не вызывает сомнений. Использование для этих целей искусственных спутников может решить задачу, так как мешающее влияние ионосферы при этом в существенной мере устраняется, а соответствующая аппаратура довольно проста^{*}).

Для того чтобы оценить требования к приемной аппаратуре, укажем, что в диапазоне волн $10 \text{ см} < \lambda < 10 \text{ м}$ эффективная температура нетеплового радиоизлучения $T_{\text{эфф}} = a\lambda^{2,3}$ (интенсивность $I_{\nu} = \frac{2kT_{\text{эфф}}}{\lambda^2}$ пропорциональна $\lambda^{0,9}$). На $\lambda \sim 3 \text{ м}$ $T_{\text{эфф}}$ порядка нескольких тысяч градусов. По данным^{5, 6} на волнах $30 \text{ м} < \lambda < 100 \text{ м}$ $I_{\nu} \cong \text{const}$ и

х

Из-за собственного вращательного движения спутника и связанного с ним изменения ориентации рамочной антенны интенсивность принимаемого космического радиоизлучения может несколько изменяться. Поэтому, вообще говоря, нужно знать ориентацию антенной рамки в каждый момент времени. Однако в силу того, что космическое радиоизлучение в интересующем нас диапазоне примерно изотропно, можно ограничиться использованием максимальных показаний выходного прибора. Весьма существенным преимуществом подобной аппаратуры является