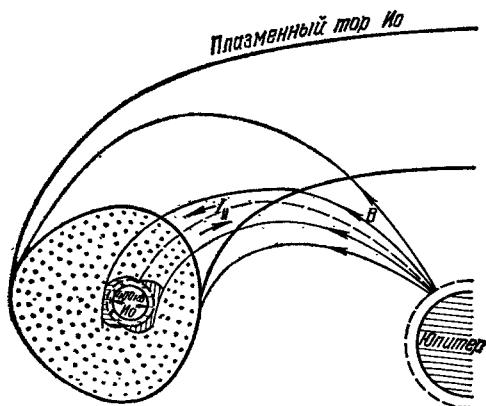


А. А. Галеев, В. В. Красносельских. Плазменные механизмы магнитосферных радиовсплесков Юпитера. Всплески декаметрового радиоизлучения Юпитера, модулируемые его спутником Ио, изучаются с помощью наземных средств около четверти века^{1,2}. Это излучение генерируется в верхней ионосфере Юпитера пучками субрелятивистских электронов, ускоряемых в плазменной оболочке Ио за счет движения ее в магнитном поле Юпитера (см. рисунок). Наиболее предпочтительным механизмом генерации излучения является прямое возбуждение электромагнитных волн этими пучками. Совпадение максимальной частоты излучения с циклотронной частотой электронов на поверхности планеты указывает на циклотронный или синхротронный механизм взаимодействия волн с электронами. Возбуждение необыкновенных электромагнитных мод пучками электронов³ возможно лишь недалеко от поверхности планеты, где плотность ионосферной плазмы достаточно велика ($n_p \sim 10^8 \text{ см}^{-3}$). При этом излучение, генерируемое в Северном полушарии,



является правополяризованным и имеет высокую частоту порядка двадцати мегагерц⁴. Оценки уровня насыщения роста колебаний благодаря бунчировке электронов пучка по фазам их вращения в магнитном поле^{5,6} дают интенсивность излучения порядка наблюдаемой. В более разреженных верхних слоях ионосферы предпочтительным оказывается синхротронный механизм генерации пучками электронов левополяризованной обыкновенной волны, насыщение роста которых ограничивается тем же эффектом бунчировки по фазам^{6,7}. Последнее обстоятельство согласуется с результатами наблюдений, согласно которым высокочастотное декаметровое излучение оказывается правополяризованным, а более низкочастотное — левополяризованным. Вследствие концентрации продольных потоков электронов в тонкие токовые слои, излучение происходит преимущественно вдоль этих слоев.

Открытие километрового излучения Земли позволило сделать заключение о том, что генерация радиоизлучения происходит в окрестности всех планет, имеющих значительное собственное магнитное поле⁸. При этом пучки электронов ускоряются в магнитосферах планет во время суббурь — взрывообразных процессов высвобождения

энергии, накопленной в виде энергии магнитного поля усиленного движением плазмы солнечного или планетарного ветра. В случае юпитерианской магнитосферы это объясняет наличие декаметрового излучения, не зависящего от положения спутника Ио и имеющего максимум на частоте около 8 МГц⁸.

Измерение электромагнитного излучения на космических аппаратах «Вояджер-1,2» привело к открытию новой компоненты радиоизлучения Юпитера в диапазоне километровых длин волн^{9,10}. Частоты этого излучения (от нескольких килогерц до сотен килогерц) настолько низки, что оно не проиникает сквозь ионосферу Земли и поэтому не могло наблюдаться с помощью наземных средств. Естественно было предположить, что это радиоизлучение также генерируется пучками электронов. На наличие пучков указывает обнаружение низкочастотных колебаний с V-образной формой спектрограммы, минимум частоты в которой совпадает с частотой нижнегибридного резонанса¹¹. Как известно из исследований земной магнитосферы, появление таких колебаний, получивших название квироральных шипений, ассоциируется с наличием аврорального пучка электронов с энергией 10 эВ — 1 кэВ и полным потоком 10^8 — 10^{10} см $^{-2}$ с $^{-1}$. Поскольку характеристики колебаний в магнитосфере Юпитера совпадали с земными, то авторы¹¹ сделали вывод о наличии пучка электронов с указанными параметрами. Этот вывод подтверждается прямыми измерениями потоков на «Пионерах-10, 11»¹². Источником частиц такого пучка является плазменный тор Ио, охватывающий орбиту этого спутника и открытый путем прямых измерений в магнитосфере Юпитера на космических аппаратах «Вояджер-1,2». Проекция области генерации пучка вдоль силовых линий магнитного поля на атмосферу Юпитера видна также на фотографиях полярного сияния, возникающего при бомбардировке атмосферы электронами. Анализ взаимодействия пучка с ионосферой Юпитера показывает, что при этом генерируется радиоизлучение с частотой, близкой к локальной плазменной частоте в области взаимодействия¹³. Наблюдение максимума этого излучения в момент, когда северный полюс наклонен в сторону космического аппарата, указывает на то, что область генерации находится в полярной ионосфере. Ранее сделанные предположения о том, что оно могло генерироваться в самом плазменном торе Ио¹⁰, сейчас исключаются тем, что плазменная частота там ниже, чем верхний порог обрезания километрового радиоизлучения Юпитера¹⁴. Механизм генерации¹³ заключается в переизлучении плазменных колебаний, возбуждаемых электронным пучком, при рассеянии их на флукутуациях плотности плазмы. Такие флукутуации, как показывают измерения в земной магнитосфере¹⁵, могут возникать благодаря ионно-циклонной неустойчивости продольных токов, связывающих область генерации электрического поля на краю плазменного тора с ионосферой Юпитера. Малая эффективность этого механизма генерации излучения¹³ в земной магнитосфере может объясняться ограниченностью электронных потоков в направлении поперец магнитных силовых линий, что обеспечивает быстрый выход плазменных колебаний из области генерации¹⁶.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Бердж Д. Л., Галкис Д.— В кн. Юпитер. Т. 3.— М.: Мир, 1979.— С. 7.
2. Карр Т. Д., Деш М. Д.— Ibid., С. 91.
3. Железняков В. В.— Изв. вузов. Сер. «Радиофизика», 1960, т. 3, с. 57.
4. Ellis G. R.— Radio Science. Ser. D, 1965, v. 69, p. 1513.
5. Kawamura K., Suzuki I.— Astrophys. J., 1976, v. 18, p. 19.
6. Гапонов А. В., Петелин М. И., Юлатов В. К.— Изв. вузов Сер. «Радиофизика», 1967, т. 10, с. 1414.
7. Галеев А. А., Красносельских В. В.— Письма АЖ, 1979, т. 5, с. 478.
8. Kennel C. F., Maggs J. E.— Nature, 1976, v. 264, p. 299.
9. Scarf F. L., Gurnett D. A., Kurth W. S.— Science, 1979, v. 204, p. 991.
10. Warwick I. W., Pearce J. B., Riddle A. C. et al.— Ibid., p. 995.
11. Gurnett D. A., Kurth W. S., Scarf F. L.— Science, 1980, v. 205 (in press).
12. Fillius R. W., McIlwain C. E., Mogro-Sampero A.— Science, 1975, v. 188, p. 465.
13. Галеев А. А., Красносельских В. В.— Физ. плазмы, 1978, т. 4, с. 111.
14. Gurnett D. A., Kurth W. S., Scarf F. L.— Nature, 1980 (in press).
15. Hudson M. K., Mozer F. S.— Geophys. Res., 1978, v. 5, p. 131.
16. Maggs J. E.— J. Geophys. Res., 1978, v. 83, p. 3173.