СТАТИСТИЧЕСКОЕ АЛЬВЕНОВСКОЕ УСКОРЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ВО ВНЕШНЕЙ МАГНИТОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

М.Ф. Бахарева, А.В. Дмитриев

Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына, Московского государственного Университета, Москва

1. Исследуется возможность ускорения электронов до релятивистских энергий во внешней магнитосфере Земли в протяженной области вблизи магнитопаузы хвоста магнитосферы под действием магнитной накачки в условиях суббуревой активности и большо возмущенности межпланетной среды.

2. Используется развитая ранее квазилинейная кинетическая теория статистического альвеновского ускорения (Бахарева и др., 1973), согласно которой ускорение частиц со скоростями $v >> c_A$ сводится к диффузии в импульсном пространстве. Предполагается, что магнитное поле $B(t) = B_0(1 + a * cosWt)$, где $W = 2/T$, - период накачки, $= const$, $a >$0 и что изменение $B(t)$ происходит с сохранением 1-го адиабатического инварианта. Предполагается также, что рассеяние электронов, необходимое для реализации ускорения, осуществляется за счет циклотронного резонанса (с учетом эффекта Доплера) с альвеновскими волнами (на частотах $w >> W$), бегущими вдоль $_o$. Согласно (Бахарева и др., 1973) источником волн является циклотронная неустойчивость, связанная с периодически возникающей в переменном магнитном поле $B(t)$ слабой анизотропии хвоста функции распределения по скоростям. Полагается, что, как следует из решения самосогласованной задачи о спектре волн и частиц (Бахарева и др., 1973), спектр турбулентности (k) k-2 (k - волновое число) в релятивистском случае.

3. На этой основе проведено количественное исследование условий возможности ускорения электронов до энергий ¡10МэВ, а также темпа и эффективности ускорения в зависимости от , При количественных оценкахпринять, что в области ускорения =10 нТл, плотность плазмы $N = 1^{-3}$ (альвеновская скорость $= 2.2 * 10^7/c$), и что минимальный период накачки равен периоду глобальных Pc5 пульсаций =5 мин, а максимальное T равно периоду собственных колебаний $= R/$ 1-1.5 час, где R=150-200R_E - протяженность области ускорения (R_E - радиус Земли). Определены условия, при которых в случае, когда период накачки =5 мин, возможно ускорение электронов за время развития сильной магнитной бури, т.е. за несколько часов, а в случае, когда 1 час - за время длительных возрастаний (несколько суток) электронов во время рекуррентных магнитных бурь.

4. Получены аналитические решения стационарного уравнения диффузии в импульсном пространстве с учетом катастрофических потерь, т.е. ухода частиц из области ускорения, в случаях, когда среднее время потерь $t = const$ и $t\ ^{-2}$ (- безразмерный импульс электронов). Показано, что в первом случае дифференциальный энергетический спектр электронов dJ/dE убывает с ростом импульса по степенному закону, а во втором случае - по закону, весьма близкому к экспоненциальному. При этом скорость убывания зависит от отношения t/t,

где t - среднее время ускорения электронов. Для оценки абсолютных значений dJ/dE использовано условие $w < a22/8\pi$, где w - плотность энергии ускоренных электронов в 1 объема. Показано, что при значениях =10нТл и a=0.2 возможно объяснение наблюдаемых в магнитосфере во время магнитной бури потоков $J\ 10^3 - 10^4(1/^2 *)$ электронов с энергиями >1 МэВ, а также объяснение высоты и формы dJ/dE в диапазоне 3-10МэВ во время максимума длительного (4 суток) возрастания электронов по данным геостационарного спутника 1979-5053 в июне 1980 (Бэйкер и др., 1986).

Литература

Бахарева М.Ф., Ломоносов В.Н., Тверской Б.А. К теории ускорения заряженных частиц в нестационарных магнитных полях.
Геомагнетизм и аэрономия. 1973. Т. 13. N5. С. 769.
Бэйкер и др. (BakerD.N., Blake J.B., Klebesadel R.W., Higble P.R.) Highly relativistic electrons in the Earth's outer magnetosphere, 1. Lifetime and temporal history 1979-1984.
J.Geophys. Res.1986.V. 91. NA4. P. 4265.