

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ПОТОКОВ ЭЛЕКТРОНОВ ВНЕШНЕГО РАДИАЦИОННОГО ПОЯСА ЗЕМЛИ ВО ВРЕМЯ ГЕОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

Груздов Д. С.^{1,2}, Калегаев В. В.^{1,2}, Власова Н. А.²

1 Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 2 НИИЯФ МГУ, г. Москва, Россия, gruzdov.ds20@physics.msu.ru

Внешний радиационный пояс Земли (ВРПЗ) является одной из самых динамичных областей в магнитосфере. Наиболее существенные изменения ВРПЗ происходят под влиянием солнечного ветра и сопровождаются геомагнитными возмущениями. Во время таких событий могут наблюдаться сильные вариации потоков энергичных электронов, изменения пространственных параметров внешнего пояса: максимум ВРПЗ или его высокоширотная граница.

Вариации захваченных (на орбите космических аппаратов Van Allen Probes-A; -B) и квазизахваченных (на низкой полярной орбите спутника Метеор-М2) потоков электронов ВРПЗ изучались на разных фазах геомагнитных бурь разной интенсивности. Временные и пространственные профили потоков электронов в разных энергетических диапазонах ($>0,1$, $>0,3$, $>0,7$ и >2 МэВ) были восстановлены из спутниковых измерений, полученных во время нескольких пересечений радиационного пояса. Для анализа неадиабатических процессов ускорения электронов ВРПЗ были рассчитаны профили плотности электронов в фазовом пространстве в зависимости от параметра Родерера L^* на основе данных Van Allen Probes о потоках электронов в зависимости от их локальных питч-углов и параболоидной модели магнитного поля A2000.

В работе рассмотрены три умеренно-слабые магнитные бури, сопровождаемые продолжительной суббуревой активностью: 01-05.02.2015, 6-12.11.2015 и 11-16.10.2017. Данные о потоках электронов в максимуме ВРПЗ на высоких широтах и вблизи геомагнитного экватора имеют сходство для всех трех событий, в связи с чем, при небольшой разнице во времени между измерениями двух спутников (не более 30 минут), можно ожидать похожую динамику потоков.

На главной фазе бурь суббуревые активизации и резонансное взаимодействие частиц с волнами ОНЧ диапазона приводят к ускорению частиц меньших энергий (100-300 кэВ); к концу фазы восстановления растет жесткость энергетического спектра, поток частиц с энергией $E > 2$ МэВ увеличивается примерно на 1.5-2 порядка. Во время главных фаз событий 06-12.11.2015 и 11-16.10.2017 потоки частиц с $E > 0.3$ МэВ, $E > 0.7$ МэВ, $E > 2$ МэВ уменьшаются, что связано, предположительно, с Dst-эффектом и потерями на магнитопаузе.

Во время события 11-16.10.2017 наблюдается характерный отклик ВРПЗ на суббуревые инъекции в начале события: предположительно последовательное воздействие индукционного электрического поля, генерируемого в ходе серии суббурь, на частицы меньших энергий приводит к возрастанию потоков, что наблюдается по градиенту плотности электронов в фазовом пространстве. Для событий 01-05.02.2015 и 06-12.11.2015 подобного явления не наблюдается.

Помимо прочего, в событии 11-16.10.2017 наблюдается формирование «дополнительного» радиационного пояса релятивистских электронов с максимумом на $L \sim 4.8$. Присутствует временная задержка в формировании дополнительного максимума для частиц разных энергий, что связано с разной эффективностью ускорения электронов разных энергий. Двухпиковая структура наблюдается как на высоких широтах, так и вблизи геомагнитного экватора.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-62-00048.