

УДК 525.24

## СВЯЗЬ ЧАСТОТЫ ПОЯВЛЕНИЯ АВРОРАЛЬНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ С ЕГО ИНТЕНСИВНОСТЬЮ

В.И. Манькина, В.Д. Соколов, С.Н. Самсонов

### CORRELATION BETWEEN FREQUENCY OF AURORAL ABSORPTION AND ITS INTENSITY

V.I. Manykina, V.D. Sokolov, S.N. Samsonov

Изучена зависимость частоты появления аврорального поглощения от его интенсивности по данным риометрических наблюдений в Тикси за 11-летний цикл солнечной активности с 1986 по 1997 гг. Обнаружено, что такая зависимость хорошо аппроксимируется соотношением  $\lg N = a - kA$ . Доля интенсивных поглощений зависит от сезона и времени суток. Зимой и в ночные часы доля таких поглощений больше, чем летом и в вечерние часы. Показано, что частота появления аврорального поглощения малой интенсивности ( $A < 1$  дБ) связана с магнитосферными возмущениями, возникающими в период высокой пятнообразовательной солнечной активности, а интенсивные поглощения связаны с наличием высокоскоростных потоков солнечного ветра. При этом частота появления с амплитудами более 1, 2 и 3 дБ возрастает в 2, 3 и 5 раз соответственно в годы их максимального появления.

The dependence of appearance frequency of the auroral absorption on its intensity by data of riometer observations at the Tixie for the 11-year solar activity cycle from 1986 to 1997 has been studied. It has been found that such a dependence is well approximated by  $\lg N = a - kA$ . A portion of intense absorptions depends on a season and a day time. In winter and at night hours a portion of such absorptions is more than in summer and at evening hours. It is shown that the appearance frequency of auroral absorption of small intensity ( $A < 1$  dB) is associated with magnetospheric disturbances occurring in the period of high solar activity (by the number of sunspot) and the intense absorption is related to the presence of high-speed solar wind streams. In this case, the appearance frequency of auroral absorption with amplitudes more than 1, 2 and 3 dB increases by a factor of 2, 3 and 5, respectively during the years of their maximum appearance.

#### Введение

Частота встречаемости аврорального поглощения (АП) изменяется в течение суток и по сезонам. Она также изменяется с 11-летним циклом солнечной активности [2]. Сведений о зависимости частоты появления АП от интенсивности поглощения мало. В работе [3] приведено распределение частоты появления АП в зависимости от величины поглощения в каждом 15-минутном интервале во время экстремально возмущенного месяца (февраль, 1958 г.) по наблюдениям в Колледже (Аляска). Отмечено, что около 63 % наблюдаемых поглощений имеют интенсивность меньше 2 дБ.

Дриацкий В.М. [1] приводит частоту появления аврорального поглощения, отмечая, что в ночное время чаще наблюдаются более интенсивные поглощения, чем днем и вечером.

Цель настоящей работы заключается в исследовании зависимости частоты появления АП от его интенсивности и ее изменение в течение суток, сезона и 11-летнего цикла солнечной активности.

#### Экспериментальные данные

Риометрические измерения выполнены в б. Тикси с 1986 по 1997 гг. на частоте 32 МГц с антенной типа волновой канал, направленной на полюс мира. Из наблюдаемых поглощений с интенсивностью 0.3 дБ и более и продолжительностью не менее 10 мин в час были исключены случаи поглощения в полярной шапке (ППШ), обусловленные протонными событиями от Солнца, и внезапные поглощения космического радишума, вызванные солнечными рентгеновскими вспышками. Процедура идентификации и исключения таких событий описана в работе [2]. Такой метод обработки позволил рассматривать оставшийся массив данных как обусловленный высыпанием энергичных электронов.

Анализ зависимости частоты появления АП от по-

роговой интенсивности показал, что она удовлетворительно аппроксимируется зависимостью  $\lg N(>A) = a - kA$ . Параметры  $a$  и  $k$  были определены методом наименьших квадратов. Экспериментальные данные за 1991 и 1996 гг. не использовались из-за пропусков в наблюдениях. На рис. 1, а приведены среднегодовое распределение частоты появления АП в зависимости от интенсивности за все 10 лет наблюдения и аппроксимирующий их график.

Отдельно были вычислены параметры  $a$  и  $k$  для зимних (XI, XII, I, II) и летних (V, VI, VII, VIII) месяцев. За все 10 лет величина  $k$  летом систематически больше, чем зимой. Средние за 10 лет распределения  $N(>A)$  летом и зимой и аппроксимирующие их графики приведены на рис. 1, б. Видно, что различие между данными для зимы и лета однозначное.

Так же было найдено для каждого года распределение  $N(>A)$  в вечерние (16–21 LT) и ночные (23–04 LT) часы. Согласно работе [4], в эти часы наблюдается наибольшее различие в жесткости спектра высыпающихся электронов. Величина  $k$  в вечерние часы систематически больше, чем в ночные.

Среднее за 10 лет распределение частоты появления АП в вечерние и ночные часы и аппроксимирующие их графики приведены на рис 1. в.

#### Обсуждение результатов

Представленные на рис. 1 данные распределения частоты появления АП от его пороговой интенсивности позволяют судить об изменении доли интенсивных поглощений по сезонам, времени суток и в целом в 22-м цикле солнечной активности. Как было отмечено выше, экспериментальные данные могут быть аппроксимированы зависимостью вида  $\lg N(>A) = a - kA$ . Параметр  $k$  в 11-летнем цикле изменяется в широких пределах – от 0.369 до 0.552. Какой-либо определенной зависимости изменения  $k$  от фазы солнечной активности не наблюдается.

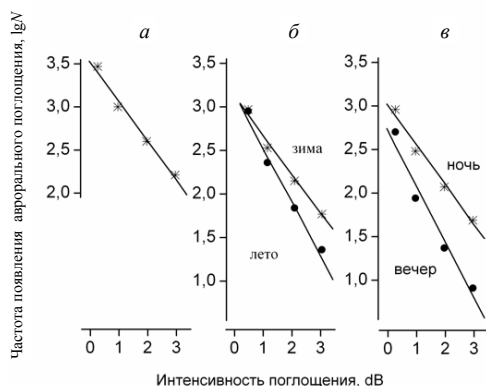


Рис. 1. Распределение частоты появления аврорального поглощения от его пороговой интенсивности.

На рис. 2 представлены изменение солнечной активности в 22-м цикле и соответствующие изменения  $N(>A)$ . Видно, что изменение частоты появления АП с интенсивностью  $>0.3$  дБ не соответствует изменению солнечной активности. Это было отмечено в работе [2]. Изменение частоты появления АП в большей степени зависит от изменения частоты и интенсивности высокоскоростных потоков солнечного ветра. Характер изменения со временем частоты появления АП с интенсивностью больше 1, 2 и 3 дБ существенно отличается от соответствующего изменения  $N(>0.3$  дБ). Чтобы сделать эту разницу более наглядной, построена кривая 2, соответствующая частоте появления АП с интенсивностью от 0.3 до 1.0 дБ. Видно, что изменение данных  $N(0.3 < A < 1.0)$  существенно отличается от соответствующих изменений  $N(>1; 2; 3)$  – кривые 3, 4 и 5. На трех последних кривых ясно видно возрастание доли интенсивных поглощений в 1993–1995 гг., когда наблюдаются наиболее часто высокоскоростные потоки солнечного ветра.

Анализируя временной ход изменения  $N(0.3 < A < 1.0)$ , приходим к заключению, что с 1987 по 1993 г. имеет место много поглощений малой интенсивности.

На основании совокупности экспериментальных данных можно предположить, что причиной АП малой интенсивности являются магнитосферные возмущения, обусловленные пятнообразовательной деятельностью Солнца в конце фазы максимума и начале фазы спада активности. Появление АП с интенсивностью больше 1 дБ является следствием воздействия высокоскоростных потоков солнечного ветра на магнитосферу. При этом, возможно, изменяется как поток, так и вид спектра высыпавшихся электронов.

Как было отмечено выше, зимой значение параметра  $k$  систематически меньше, чем летом. Средняя за 10 лет величина  $k=0.603$  летом и  $0.448$  зимой, т. е. доля интенсивных поглощений зимой больше, чем летом. В работе [5] было показано, что жесткость спектра высыпавшихся электронов не зависит от сезона. Если это так, следует предположить, что наблюдаемое различие в доле интенсивных поглощений обусловлено различием величины потока высыпавшихся электронов зимой и летом. В зимнее время

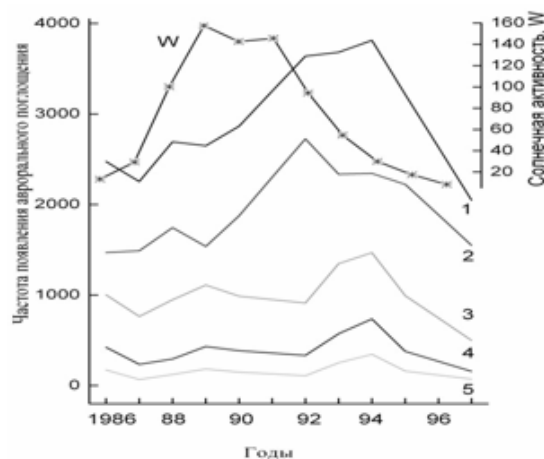


Рис. 2. Изменение солнечной активности в 22-м цикле и частоты появления аврорального поглощения.

величина потока высыпавшихся электронов в среднем больше, чем летом.

На рис. 1, в показана зависимость частоты появления АП от его интенсивности в вечерние и ночные часы. Отличие  $N(>A)$  в вечерние и ночные часы однозначное. В среднем за 10 лет параметр  $k=0.458$  ночью и  $0.643$  вечером, т. е. в ночные часы доля интенсивных поглощений больше, чем в вечерние. Согласно работе [5], в вечерне-полуночные часы (20–03 LT) характерны высыпания электронов с мягким спектром, а в утренние часы (03–12 LT) – с жестким. В этой же работе было показано, что поток электронов в ночное время должен быть больше, чем утром, на два порядка, чтобы обеспечить одинаковую интенсивность поглощения. Таким образом, в ночном секторе мягче спектр высыпавшихся электронов, но больше их поток. Сопоставляя полученные нами данные о доле интенсивных поглощений вечером и ночью, мы склонны считать, что наблюдаемое различие в распределении  $N(>A)$  обусловлено в большей степени различием потоков высыпавшихся электронов в этих секторах суток.

### Выводы

1. Анализ распределения частоты появления АП по интенсивности показал, что в течение 11-летнего цикла солнечной активности доля интенсивных поглощений меняется в широких пределах. Частота появления АП с интенсивным поглощением ( $>1, 2$  и  $3$  дБ) существенно зависит от скоростных потоков солнечного ветра, возрастая в 2, 3 и 5 раз соответственно в годы их максимального появления. А частота появления АП малой интенсивности ( $A < 1$  дБ) связана с магнитосферными возмущениями, обусловленными пятнообразовательной солнечной активностью.

2. Доля интенсивных поглощений зависит от сезона и времени суток. Зимой и в ночные часы доля интенсивных поглощений больше, чем летом и вечером. Изменение вида спектра высыпавшихся энергичных электронов, по-видимому, играет малую роль в изменении доли интенсивных поглощений. Определяющим фактором изменения доли интенсивных поглощений является величина потока высыпавшихся электронов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дриацкий В.М. Природа аномального поглощения космического радиоизлучения в нижней ионосфере высоких широт. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 224 с.
2. Кузьмин В.А., Соколов В.Д., Безродных И.П. Вариации частоты высыпаний энергичных частиц в 22-м цикле солнечной активности // Геомагнетизм и аэронаука. 2000. Т. 40, № 6. С. 104–106.
3. Basler Ray P. Radio Wave Absorption in the Auroral Ionosphere // J. Geophys. Res. 1963. V. 68, N 16. P. 4665–4681.
4. Bewersdorff A., Dion J., Kremser G., Keppler E., et al. Diurnal energy variation of auroral X-rays // Ann. Geophys. 1966. V. 22, N 1. P. 23–30.
5. Осепян А.П., Смирнова Н.В., Кирквуд Ш. Суточные и сезонные вариации энергетического спектра высыпавшихся электронов по данным измерений электронной концентрации методом некогерентного рассеивания радиоволн // Геомагнетизм и аэронаука. 1999. Т. 37, Вып. 4. С. 348–355.

*Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю. Г. Шафера СО РАН, Якутск*