

Влияние вспышки на Солнце на АЧХ поля атмосфериков (экспериментальные данные)

Алексей Галахов (galex@pgia.ru)

В данной статье приводятся экспериментальные данные характеристик поля атмосфериков, зарегистрированных на авроральной обсерватории ПГИ Ловозеро (Мурманская обл.) во время солнечной вспышки по X-Ray Flux данным спутника GOES. Приведены амплитудно-временные вариации спектральных составляющих электромагнитного поля атмосфериков при вспышке на Солнце мощности класса В, С (20.11.2020 г.). В качестве приёмно-регистрирующей аппаратуры на обсерватории использовался приёмник ОНЧ-диапазона (400...7500 Гц) с рамочной антенной на входе и последовательный анализатор спектра поля атмосфериков в качестве регистратора принятых сигналов.

Введение

Изучение физики атмосферы остаётся актуальным и в наши дни, поскольку всегда имеется потребность в корректировке физической модели ионосферы, используя оперативно получаемые экспериментальные данные. Обычная модель ионосферы не может охватить и предсказать все факторы, влияющие на состояние плазмы, в частности, во время внезапных ионосферных возмущений SID (sudden ionospheric disturbance), вызванных вспышками на Солнце. Известно [1, 2], что солнечная вспышка сопровождается возрастанием ультрафиолетового и рентгеновского излучения и выбросом облака корпускулярных потоков, которое излучает возмущённая область на Солнце. Если поток направлен в сторону Земли, то он может привести к геомагнитным бурям. В связи с тем, что корпускулярный поток несёт электрический заряд, на его траекторию оказывают сильное влияние солнечные и земные магнитные поля, что затрудняет изучение данного явления, и поэтому полученные экспериментальные данные могут быть востребованы.

Экспериментальные данные

Состав приёмно-регистрирующей аппаратуры обсерватории ПГИ Ловозеро, Мурманская обл. (67,97°N, 35,02°E): приёмник ОНЧ-диапазона (400...7500 Гц) с рамочной антенной на входе и последовательный анализатор спектра поля атмосфериков [3, 4].

В данной работе использовались архивные данные X-Ray Flux геостационарного спутника GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) [5, 6] и магнитограммы геофизической обсерватории Соданкюля (Sodankyla, Fin), имеющей географические координаты: 67°22' N, 26°38' E [7, 9].

Для исследования была выбрана вспышка на Солнце (20.11.2020 г.), состоящая из трёх импульсов мощности класса В и С [5].

На рис. 1 представлены 3-суточная (20.11.2020...22.11.2020) синхронная запись X-Ray Flux (рис. 1 а) и реакция магнитного поля Земли [7] (рис. 1 б) и поля атмосфериков (п.а.) (рис. 1 в, г) на данную солнечную вспышку.

На временной оси АЧХ поля атмосфериков (рис. 1 в, г) можно выделить два участка с эффектом внезапного усиления атмосфериков SEA_{1,2} (sudden enhancement of atmospherics) [2]:

SEA₁ – (19:00/20.11.2020...05:00/21.11.2020);

SEA₂ – (07:00/21.11.2020...21:00/21.11.2020).

Факт совпадения периода импульсов солнечной вспышки (рис. 2) и периода вариаций амплитуды спектральных составляющих п.а. в указанных на графиках полосах частот [(0,9...3,6 кГц и [(2,4...3,6) кГц] подтверждает соответствие указанных эффектов SEA_{1,2} рассматриваемой вспышке на Солнце.

Количественные оценки характеристик SEA_{1,2}:

а) SEA₁ :

- временная задержка: $\tau \approx (9,5...12)$ час;

- частотный диапазон амплитудных вариаций: $\Delta F = (3600...909)$ Гц / (909...3600) Гц;

- крутизна частотных преобразований меняется в пределах:

$\Delta f/\Delta t \approx (13...30)$ Гц/мин;

- коэффициент усиления спектральных составляющих п.а.: $K \approx (1,2...1,7)$.

б) SEA₂ :

- временная задержка: $\tau \approx (47...48)$ час;

- частотный диапазон амплитудных вариаций: $\Delta F = (3600...1795)$ Гц / (1795...3600) Гц;

- крутизна частотных преобразований меняется в пределах:

$\Delta f/\Delta t \approx (8...9,5)$ Гц/мин;

- коэффициент усиления спектральных составляющих п.а.: $K \approx (1,7...2,0)$.

Из анализа временной задержки τ можно предположить, что SEA₁ вызвано рентгеновским и ультрафиолетовым излучением Солнца, а SEA₂ – потоком его корпускулярных частиц.

На рис. 3 приведена синхронная запись вариаций магнитного поля Земли и поля атмосфериков во время событий SEA_{1,2}, можно отметить временную корреляцию амплитуд указанных выше событий.

Заключение

Представленные в статье экспериментальные результаты эффектов SEA_{1,2} позволяют оценить:

а) временные задержки между вспышкой на Солнце и реакцией нижней ионосферы Земли;

б) частотный диапазон амплитудных вариаций спектральных составляющих п.а., который позволяет определить характерные энергии частиц, вызвавших ионизацию D-слоя ионосферы;

в) степень корреляции вариации магнитного поля Земли и АЧХ п.а., которая дает дополнительную информацию при изучении солнечно-земных связей;

г) возможные изменения условий радиосвязи в полосе частот ОНЧ-диапазона.

Литература

1. Ратклифф Дж.А. Введение в физику ионосферы и магнитосферы. – М.: Мир. 1975. 296 с.

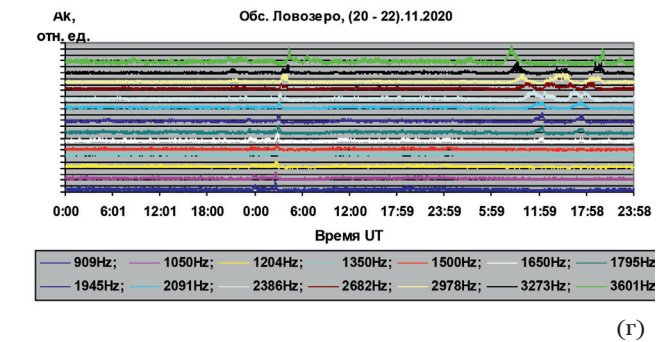
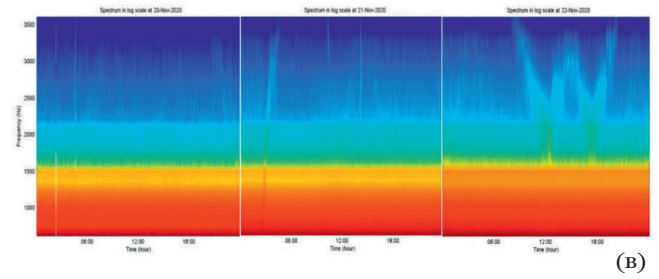
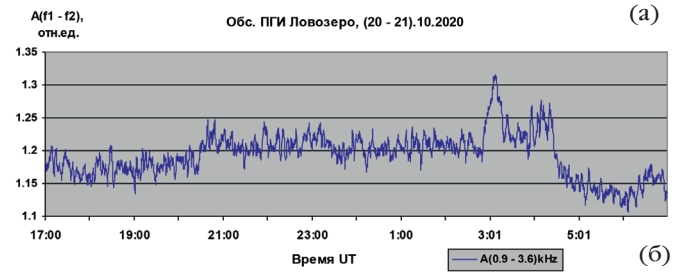
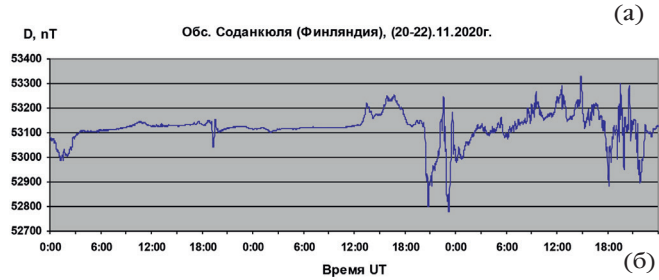
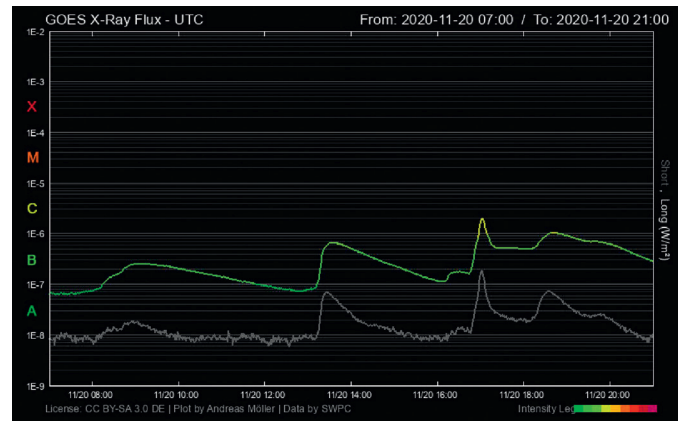
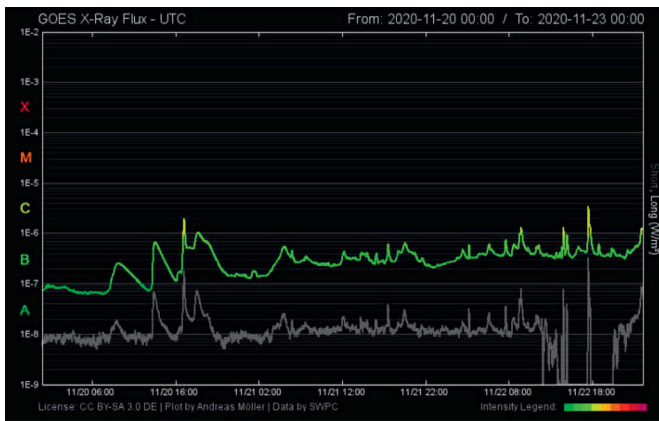


Рис. 2. Сравнительная запись солнечной вспышки (20.11.2020) X-Ray Flux (GOES) и АЧХ поля атмосфериков во время эффектов SEA_{1,2}:
 а) X-Ray Flux (GOES): 2020-11-20_070000_2020-11-20_210000 [6];
 б) АЧХ поля атмосфериков SEA₁: 17:00(20.11.2020)...07:00(21.11.2020);
 в) АЧХ поля атмосфериков SEA₂: 07:00(22.11.2020)...21:00(22.11.2020)

Рис. 1. Синхронная запись солнечной вспышки (20.11.2020) X-Ray Flux (GOES) [5], магнитного поля Земли [7], АЧХ п.а. в течение 3 смежных суток (20.11.2020...22.11.2020): а) X-Ray Flux (GOES); б) магнитограмма D_{xyz} поля Земли; в) сонограмма п.а.; г) АЧХ п.а

- Физика верхней атмосферы Земли / под ред. Г.С. Иванова-Холодного. – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1971.
- Галахов А., Косолапенко В., Ларченко А. и др. Анализатор спектра поля атмосфериков на реконфигурируемых ПАИС Anadigm // Современная электроника. 2019. № 7. С. 62–66.
- Галахов А. Анализатор спектра поля атмосфериков – инструмент изучения гелиогеофизической обстановки // Современная электроника. 2020. № 8. С. 30–34.
- GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) // URL: https://www.polarlicht-vorhersage.de/goes/2020-11-20_000000_2020-11-23_000000.png.
- GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) // URL: https://www.polarlicht-vorhersage.de/goes/2020-11-20_070000_2020-11-20_210000.png.

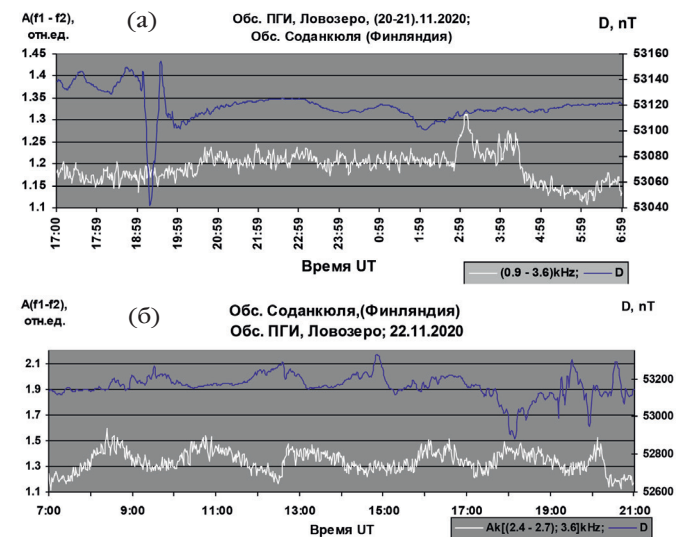


Рис. 3. Синхронная запись магнитограммы [7.8] и АЧХ поля атмосфериков во время эффекта SEA_{1,2}: а) магнитограмма [7] и АЧХ п.а. SEA₁; б) магнитограмма [8] и АЧХ п.а. SEA₂.

- Sodankyla Geophysical Observatory // URL: http://sgodata.sgo.fi/pub_mag/SOD_MagData/SOD_2020/2020_11/F_201120.MIN.
- Sodankyla Geophysical Observatory // URL: http://sgodata.sgo.fi/pub_mag/SOD_MagData/SOD_2020/2020_11/F_201122.MIN.