

НАБЛЮДЕНИЯ ГОДОВОГО ХОДА АМПЛИТУДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ШУМОВ КНЧ – ДИАПАЗОНА НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЙ ОБСЕРВАТОРИИ ЛОВОЗЕРО

В.В. Пчелкин¹, С.Р. Хубадинова²

1. Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия

2. Кольский филиал государственного Петрозаводского университета

Аннотация. На основе измерений на магнитометрах высокоширотной обсерватории Ловозеро в течение 2006-2009 гг. были рассчитаны среднесуточные значения амплитудных характеристик сигнала – модуля горизонтальной составляющей магнитного поля и параметров функции распределения амплитуд. Кривые годового хода рассматриваемых величин были построены и проанализированы в связи с существующими теориями глобальной электрической цепи. Показано существенное повышение уровней поля в летний сезон. Исследовано сезонное поведение параметров функции распределения амплитуд регистрируемых молниевых сигналов.

Введение

В работе [1] Вильсоном была предложена одна из первых моделей глобальной электрической цепи, объединяющей происходящие в природе процессы перераспределения заряда в системе, условно ограниченной поверхностью Земли и ионосферой. В модели Вильсона грозовые генераторы рассматривались в качестве основной причины появления и поддержания избыточного отрицательного заряда Земли. За разряд «отвечал» ток в так называемых «областях хорошей погоды». Основным экспериментальным подтверждением этому факту явилось морфологическое подобие унитарной вариации электрического поля Земли суточному ходу числа гроз на Земле [2, 3, 4, 5, 6, 7]. Установленный экспериментально факт противофазы в годовом ходе атмосферного электрического поля и годовом ходе грозовой активности [8] (рис. 1) заставил пересмотреть эти позиции, подвергнув сомнению роль гроз как доминирующего и единственного фактора, определяющего баланс зарядов в ГЭЦ. Основным контраргументом сторонников взглядов Вильсона на грозы было предположение о том, что увеличение числа разрядов сопровождается снижением мощности каждого из них.

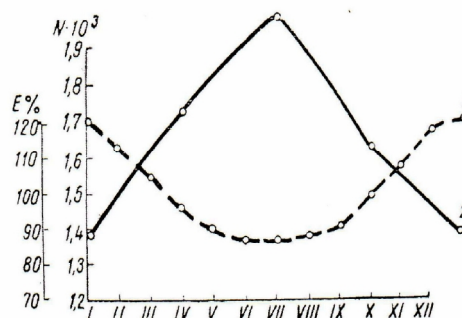


Рис. 1 Годовой ход вариации напряженности (кривая 1) и среднего числа гроз (кривая 2). График взят из работы [8].

Как видно из приведенных примеров, наблюдения за грозовой активностью, кроме практического интереса, представляют особый интерес тем, что дают экспериментальный материал для разработки теорий глобальной электрической цепи. Следует отметить, что такие параметры как площадь территории, охваченной грозами, или число молниевых разрядов мало говорят о совокупном токе молний и переносимом заряде. С этой точки зрения, более удобными оказываются амплитудные характеристики шумового магнитного поля, например, такие как средний модуль магнитного поля, число превышений сигнала над заданным порогом и тд. Они являются своеобразными индексами грозовой активности, зависящими не только от числа молниевых разрядов по всему Земному шару, но и от мощности этих

разрядов. В данной работе основной целью мы ставили получение и анализ годового хода перечисленных величин.

Второй целью нашей исследования, важной, прежде всего, с точки зрения прикладных задач, связанных с работой различных радиотехнических устройств в рассматриваемом диапазоне частот, было исследование годового хода параметров функции распределения шумов по амплитудам. В [9, 10] было показано, что функция распределения амплитуды поля грозовых источников в области частот около первого шумановского резонанса может быть описана формулой вида:

$$P(X) = [1 + (X/X_{50})^k]^{-1},$$

где X_{50} - медиана распределения или половина среднего значения. Данная зависимость впервые была получена исходя из определённых теоретических представлений в [11, 12, 13, 14] для атмосфериков килогерцового диапазона частот. В предлагаемой вниманию работе был получен годовой ход параметров, входящих в эту функцию.

Экспериментальные данные

В работе использовались данные регулярных измерений горизонтальной компоненты шумового магнитного поля в диапазоне 0.1-20 Гц, выполняющихся с помощью двухкомпонентного индукционного магнитометра, установленного в обсерватории ПГИ "Ловозеро" (центральная часть Кольского п-ва; 67,97° с.ш., 35,08° в.д.). Краткое описание измерительной аппаратуры содержится в [15].

Для анализа в интервале с декабря 2006 г. по февраль 2009г. были выбраны дни, свободные от техногенных помех и магнитосферных возмущений. Техника отбора основывалась на том, что разные источники шумов КНЧ-диапазона (молнии, магнитосферные возмущения, техногенные помехи) имеют разные статистические амплитудно-частотные характеристики, и включала в себя анализ динамических спектров, суточных вариаций параметров функции распределения амплитуд, а также изучение магнитограмм за рассматриваемое время. Анализ перечисленных характеристик и позволил отобрать свыше 300 дней непрерывных суточных измерений для дальнейшей обработки.

Обсуждение результатов и выводы

1) Годовой ход среднего значения модуля горизонтальной составляющей измеряемого шумового магнитного поля характеризуется выраженным ростом в летний сезон (см. рис. 2). Увеличение составляет примерно 40 процентов по отношению к зимнему сезону и немного меняется по годам. Этот факт является серьезным аргументом в пользу того, что грозы - не единственный и не доминирующий фактор, определяющий охранение и поддержание отрицательного заряда Земли

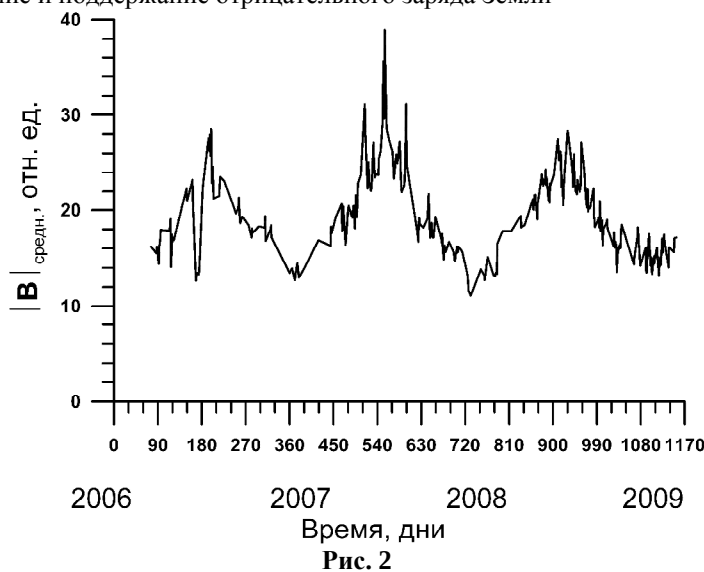


Рис. 2

2) Число сильных сигналов увеличивается летом в большей степени. Величина роста зависит от заданного порога и для порога в 40 условных единиц составляет примерно 7-10 раз. На рис. 3 представлены кривые превышений сигналов над заданным порогом для порогов 40 и 160 условных единиц. (Отметим, что сигналы, превысившие порог в 160 условных единиц составляют летом около 8 % и менее 1% зимой).

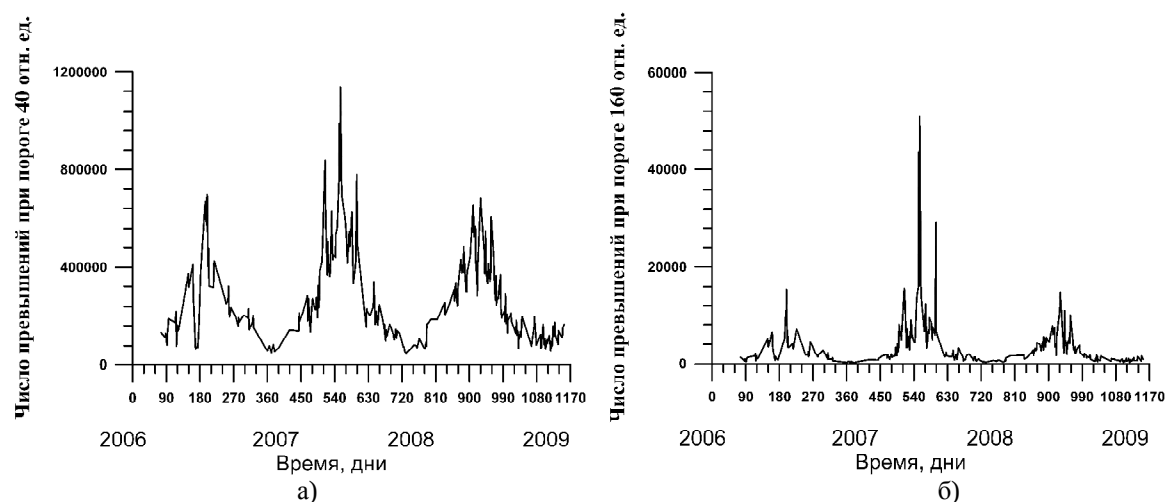


Рис. 3 Годовой ход числа превышений при порогах 40 (а) и 160 (б) относительных единиц

3) Кривая годового хода медианного значения модуля магнитного поля морфологически подобна кривой для среднего значения модуля – см. рис. 5. Коэффициент k для магнитоспокойных дней практически не изменяется от сезона к сезону, оставаясь в рамках суточных колебаний – от 2, 4, до 2, 9. (рис. 4.).

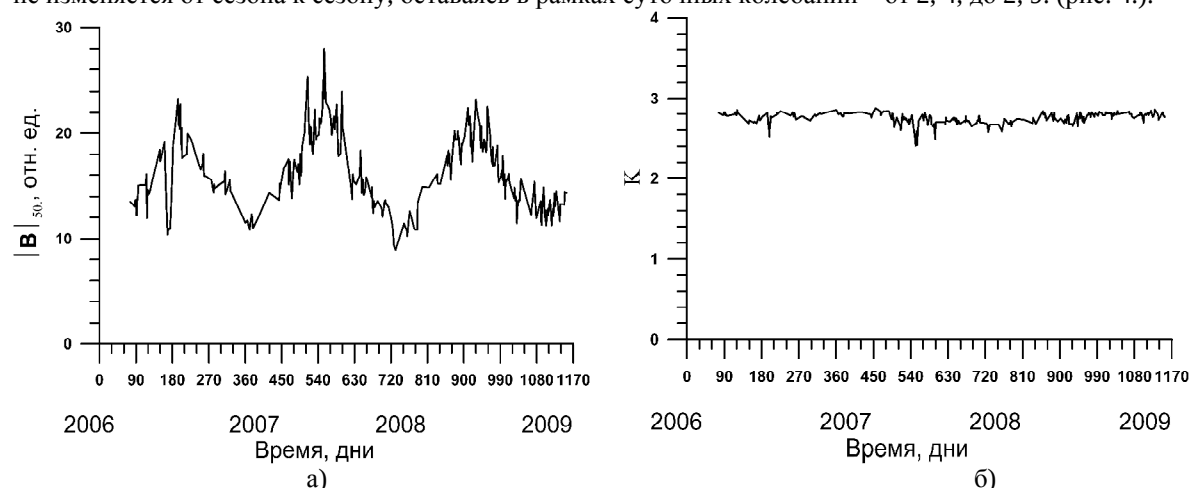


Рис. 4 Годовой ход параметров функции распределения шумов по амплитудам – медианного значения (а) и коэффициента степени K (б)

Авторы признательны М. И. Белоглазову, А.Н.Васильеву, С.П.Носкову и А.И.Воронину за полезные консультации и подготовку аппаратуры, а также персоналу обсерватории "Ловозеро" за проведение измерений.

Работа выполнена при поддержке Программой фундаментальных исследований Отделения физических наук РАН № 4.11 "Электродинамика атмосферы, радиофизические методы исследований атмосферных процессов" (проект № 4.5 "Атмосферное электричество в нижней атмосфере полярных широт").

Список литературы

- 1) С.Т. Wilson Investigations on lightning discharges and on electric field of thunderstorms. Philos. Trans. Roy. Soc. London. A.. Vol. 221, 1925.
- 2) Атмосферное электричество. Н.П. Тверской Л.: Гидрометеиздат, 251 с., 1949.
- 3) И.М. Имянитов, К.С. Шифрин Современное состояние исследований атмосферного электричества., Успехи физических наук, т.76, вып. №4, с. 593-642, 1962.
- 4) Блюх П.В., Николаенко А.С., Филиппов Ю.В. - Глобальные электромагнитные резонансы в полости земля-ионосфера // Киев: Наукова думка, с. 146-147, 1977.
- 5) А.Г. Апсен, Х.Д. Канониди, С.П. Чернышева Магнитосферные эффекты в атмосферном электричестве. М.: Наука, 150 с., 1988 .

- 6) Александров М.С., Бакленева З.М., Гладштейн Н.Д., Озеров В.П., Потапов А.В., Ремизов Л.Т. - Флуктуации электромагнитного поля Земли в диапазоне СНЧ // М.: Наука, с. 33-35, 1972.
- 7) Кузнецов В.В. Атмосферное электрическое поле: факты, наблюдения, корреляции, модели. // Сб. докл. – Петропаловск-Камч.: ИКИР ДВО РАН.-2004-с.165-196.
- 8) Парамонов Н. А. О годовом ходе градиента атмосферно – электрического потенциала. «ДАН СССР». Том 71. № 1. 1950, с. 39 – 40.
- 9) Белоглазов М.И., Пчелкин В.В. О распределении амплитуд естественных КНЧ-шумов по измерениям на Кольском полуострове. // Труды 16 региональной конференции по распространению радиоволн. С. Петербург.-2010.-с.4-7.
- 10) Белоглазов М. И., Пчелкин В. В. – Особенности распределения уровней широкоширотного атмосферного шумового электромагнитного поля в окрестности первого шумановского резонанса. // Геомагнетизм и аэрономия, №5, 2011.
- 11) Лихтер Я.И., Терина Г. И. Некоторые результаты исследования интенсивности атмосферных помех в Москве. Сб. "Исследования ионосферы". М.: АН СССР. №3. 1960, с. 90 – 94.
- 12) Лихтер Я.И. Исследования атмосферных помех в СССР в 1957-1959 гг., Геомагнетизм и аэрономия. Том 1. №2. 1961, с. 228 – 231.
- 13) Лихтер Я.И. Об аппроксимационной формуле закона распределения амплитуды огибающей атмосферных радиопомех. Геомагнетизм и аэрономия. Том 1. №2. 1961, 281 с.
- 14) Махоткин Л. Г. Статистика атмосферных радиопомех. Геомагнетизм и аэрономия. Том 3. №2. 1963, с. 284 – 292.
- 15) М.И. Белоглазов, О.И. Ахметов, А.Н. Васильев, В.И. Косолапенко. Вариации глобальной грозовой активности по наблюдениям интенсивности 1-го Шумановского резонанса в Арктике. Метеорология и гидрология. Т.60, №12, с.18-24, 2009.