

ОБ ОДНОМ ВИДЕ АНОМАЛИЙ В УГЛОВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯХ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЭМИССИЙ КНЧ ДИАПАЗОНА ПО ИЗМЕРЕНИЯМ ОБСЕРВАТОРИИ ЛОВОЗЕРО

В.В. Пчелкин

Полярный геофизический институт КНЦ РАН

Аннотация

По результатам магнитных измерений, проведенных в течение 2006-2009 гг. в магнитной обсерватории Ловозеро были вычислены и проанализированы доминирующие направления прихода регистрируемых шумовых сигналов КНЧ диапазона частот. В угловых распределениях выборок высокоамплитудных сигналов обнаружены аномальные непрерывные треки. Выполнены оценки временной протяженности и азимутального разброса найденных треков. Высказано предположение, что причиной найденных аномалий являются электрические разряды, происходящие в областях приэкваториальных мезомасштабных конвективных систем.

Введение

Зависимость интенсивности регистрируемых в районе частот первого шумановского резонанса электромагнитных шумов от направления отмечается во многих работах (см., например, обзоры в [1, 2] и работы [3, 4]). Существование преобладающих направлений прихода шумовых сигналов (разных в разное время суток) связывается с неравномерностью распределения грозовых источников по поверхности Земли. Однако большие отклонения от распространения электромагнитных сигналов вдоль «дуги большого радиуса», обусловленные целым рядом причин [5, 6, 7, 8], могут приводить к погрешностям в определении азимутов на источники, достигающим 10-20 и более градусов. Это делает невозможной точную пеленгацию отдельных разрядов в данном диапазоне частот и затрудняет интерпретацию результатов наблюдений угловых распределений.

Тем не менее, сопоставление с результатами спутниковых и наземных наблюдений, выполненное в [9, 10, 11, 12] дает хорошее соответствие сезонных вариаций угловых распределений с сезонными изменениями активности основных мировых грозовых центров. А средний характер суточной динамики угловых распределений шумов изучаемого диапазона частот, как показано в [13], определяется, в первую очередь, долготным смещением максимума грозовой активности мировых центров, обусловленным вращением Земли (и приходящимся примерно на 17 часов LT). Отмеченный долготный максимум грозообразования обусловлен тем, что в послеобеденные часы наблюдаются максимальные конвективные потоки, создающие благоприятные условия для развития гроз, и описан достаточно подробно в литературе (см., например, [4]).

Таким образом, наблюдаемые экспериментально усредненные угловые распределения шумов обусловлены, в значительной степени, суточными и сезонными вариациями активности основных мировых грозовых центров, могут нести полезную информацию об этой активности и подлежат изучению.

В данной работе ставилась задача исследования закономерностей угловых распределений шумов при разных порогах дискриминации. Для описания амплитудного распределения шумов в данном частотном диапазоне [15-19] может быть использована эмпирическая функция вида:

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

(X – регистрируемая амплитуда, а X_{50} – медиана распределения.)

Различные источники сигналов (например - магнитосферные и грозовые) часто обладают ощутимо разными функциями распределения по амплитуде [19], поэтому предложенная постановка задачи может позволить и обнаруживать, и раздельно наблюдать такие источники.

Экспериментальные данные и их обработка

В работе были использованы данные непрерывных трехлетних измерений (2006-2009 гг.), проведенных в обсерватории Ловозеро. Прибор представлял собой двухкомпонентный индукционный магнитометр, подробное описание которого содержится в [3, 9, 19]. Методами цифровой фильтрации выделялась полоса частот 6-11 Гц; проводилась тщательное исключение фрагментов, сопровождавшихся техногенными шумами и магнитосферными возмущениями (подробное описание техники сортировки см в [9, 19]). По отобраннным записям вычислялись доминирующие направления прихода шумовых сигналов (по составляющим горизонтальной компоненты магнитного поля) за время усреднения, составлявшее 15 минут и строились соответствующие распределения при разных порогах дискриминации.

Основные результаты и обсуждение

На графиках рис. 1 (результат получен в работе [13]) построены усредненные за три года распределения шумов по направлениям прихода по сезонам (сезоны северного полушария). Цвет показывает число сигналов, пришедших из данного диапазона азимутов за время накопления - 15 мин. Характерная вытянутость светлых полос – слева - направо и сверху - вниз говорит о постепенном закономерном смещении азимута на максимумы гроз из точки наблюдения. Совпадение светлых полос на графиках с линиями нанесенных символов, соответствующих азимутам на экваториальную точку 17 час LT в разные моменты времени, подтверждает, что мы видим отклик суточных вариаций доминирующих направлений прихода шумовых сигналов на суточное перемещение долгого максимума грозовой активности, связанное с вращением Земли.

Подобный характер усредненных угловых распределений шумов сохраняется и в большинстве конкретных суточных распределений. При увеличении дискриминационного порога число регистрируемых сигналов закономерно снижается, с сохранением общих, отмеченных выше, морфологических закономерностей (см. рис. 2). Однако нами были найдены исключения из этого правила.

Наблюдения, в частности, обнаружили аномальные квазинепрерывные трекоподобные следы в распределениях при высоких порогах дискриминации - порядка 60-120 отн. единиц (напомним, что средний уровень шумов составляет примерно 17 отн. единиц летом и чуть менее - зимой), которые говорят о существовании высокоамплитудных источников шумов, положение которых изменяется медленнее, чем движется долголетний максимум. Вид этих аномальных треков иллюстрируют рис. 3 и 4.

Изучение найденных событий показало, что:

а) Азимутальная «ширина» аномальных треков составляет величины порядка 10-40 градусов, а характерная продолжительность – от нескольких часов (самый короткий след «длился» 4 часа) до суток (продолжительность самого долгого события, найденного нами, составляла 26 часов).

б) В большинстве случаев обнаруженные трекоподобные следы вытянуты по горизонтали – т. е. азимут на этот высокоамплитудный источник меняется ощутимо медленнее, чем изменяется азимут на долголетний максимум гроз.

в) Аномальные треки были обнаружены во все сезоны, в том числе - и в зиму северного полушария (хотя, на данный момент, большинство подобных найденных явлений относится к осенним дням), что заставляет исключить из числа возможных причин ближние грозы.

Обнаруженные закономерности, встречающиеся совпадения с суточными максимумами грозовой активности характерные продолжительности во времени - заставляют, в качестве одного из наиболее вероятных объяснений, наблюдаемого явления предположить деятельность тропических мезомасштабных конвективных систем, для которых характерны особо сильные молниевые разряды, межоблачные и внутриоблачные разряды, а также разряды облако-ионосфера (спрайты, эльфы и тд).

Выводы

- 1) По результатам высокоширотных КНЧ наблюдений в угловых распределениях высокоамплитудных шумовых сигналов обнаружены аномальные квазинепрерывные треки характерной временной протяженности 3-12 часов и разбросом азимута в диапазоне от 10 до 40 градусов.
- 2) Исследование выявило подобные аномалии в разные сезоны (в том числе и зимний сезон северного полушария). Однако большинство обнаруженных на данный момент случаев приходится на осень.
- 3) Высказано предположение, что возможными источниками высокоамплитудных шумовых сигналом могут быть электрические разряды из областей мезомасштабных конвективных комплексов или тропических циклонов.

Автор признателен М.И. Белоглазову и В.И. Демину за полезные консультации, обсуждения 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").

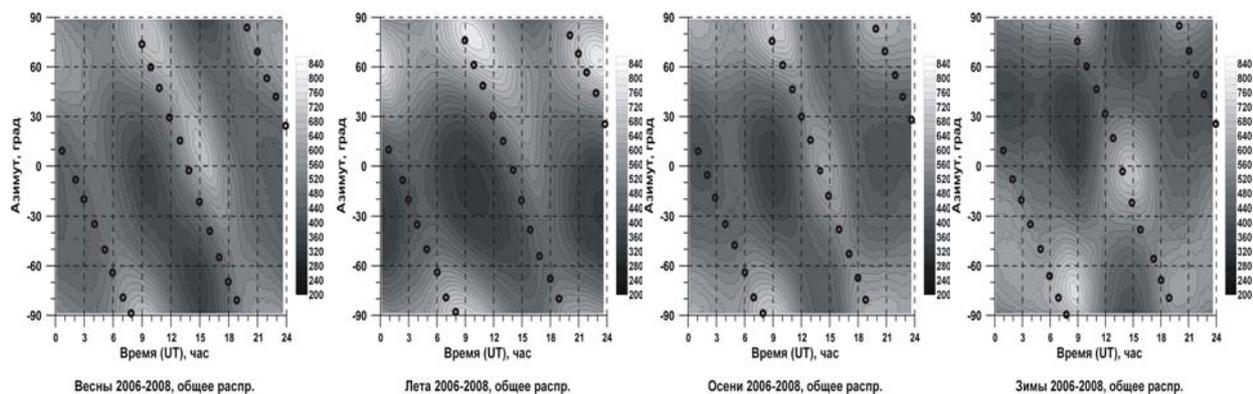


Рис. 1 Смещение максимума азимутального распределения шумов с течением времени на средних за осени 2006-2009 гг. распределениях.

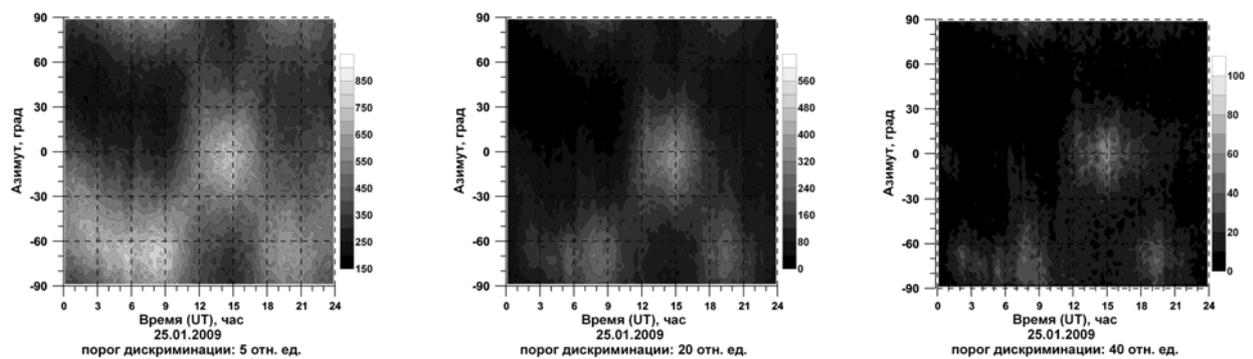


Рис. 2 Азимутально-временные распределения регистрируемых шумовых сигналов

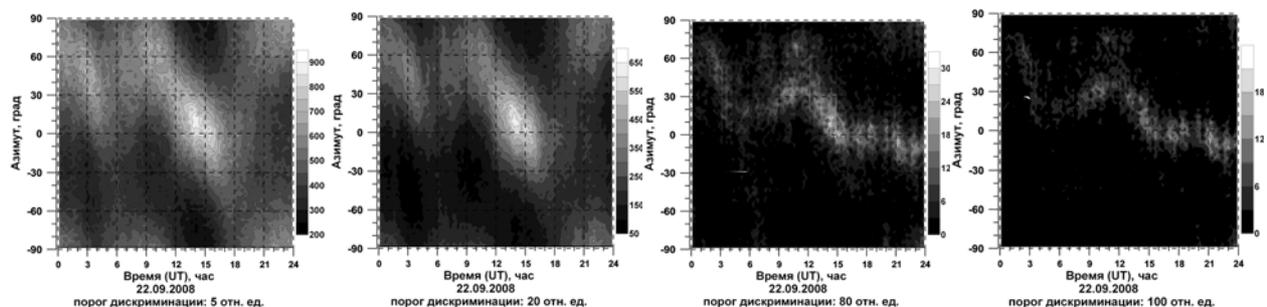


Рис. 3 Проявление аномальных треков в угловых распределениях шумов при последовательном повышении порога дискриминации 22.09.2008.

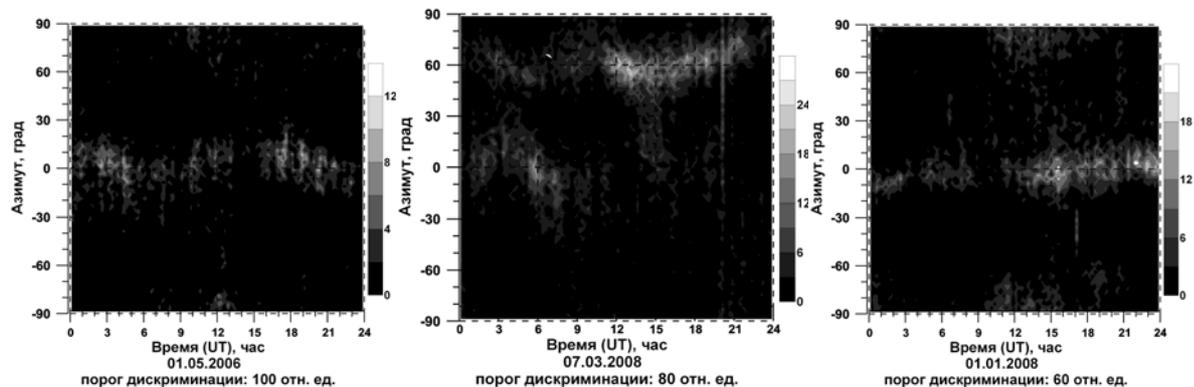


Рис. 4 Аномальные квазинепрерывные треки в угловых распределениях 01.05.2006, 07.03.2008 и 01.01.2008.

Список литературы

1. Блюх П.В., Николаенко А.С., Филиппов Ю.В. - Глобальные электромагнитные резонансы в полости земля-ионосфера // Киев: Наукова думка, с. 146-147, 1977.
2. А.Г. Апсен, Х.Д. Канониди, С.П. Чернышева Магнитосферные эффекты в атмосферном электричестве. // М.: Наука, 150 с., 1988.
3. Белоглазов М.И., Ахметов О.И., Васильев А.Н., Косолапенко В.И. Вариации глобальной грозовой активности по наблюдениям интенсивности 1-го Шумановского резонанса в Арктике // Метеорология и гидрология. Т.60. №12. С.18-24. 2009.
4. В. В. Пчелкин, М. И. Белоглазов - Азимутально-временные характеристики естественных КНЧ-шумов по наблюдениям в высоких широтах. Труды 16-й региональной конференции по распространению радиоволн, с. 33-36. СПб, 9 –11 ноября 2010.
5. Fullekrug, M., Reising, S. C., and Lyons, W. A.: On the accuracy of arrival azimuth determination of sprite – associated lightning flashes by Earth – ionosphere cavity resonances, Geophysical Research Letters, 23, 25, 3691-3694, 1996.
6. Fullekrug, M., and Sukhorukov, A. I.: The Contribution of Anisotropic Conductivity in the Ionosphere to Lightning Flash Bearing Deviations in the ELF/ULF Range, Geophysical Research Letters, 26, 8, 1109-1112, 1999.
7. Kemp, D. T.: The global location of large lightning discharges from single station observations of ELF disturbances in Earth-ionosphere cavity, J. of Atmospheric and Terrestrial Physics, 33, 919-927, Pergamon Press.,1971.
8. Rodger, C. J., Brundell, J. B., Dowden R. L., and Thomson, N. R.: Location accuracy of long distance VLF lightning location network, Ann. Geophys., 22, 747-758, 2004.
9. Пчелкин В. В., Кириллов В.И., Белоглазов М.И. - Сезонные изменения глобальной грозовой активности по наблюдениям амплитудно-угловых характеристик шумового магнитного поля КНЧ-диапазона // Геофизические исследования. 2012. Т.13. №4. с.76-89.
10. И. Блюгген – География климатов // «Прогресс», Москва, 1972 г, с. 429.
11. Hugh J. Christian, Richard J. Blakeslee, Dennis J. Boccippio. Global frequency and distribution of lightning as observed from space by the Optical Transient Detector. Journal of Geophysical Research, vol. 108, no. D1, 4005, doi:10.1029/2002JD002347, 2003.
12. Справочник по геофизике. М.: Наука, с. 218-228, 1965.
13. В.В.Пчелкин. Суточные смещения долготного максимума грозовой активности по высокоширотным наблюдениям угловых характеристик шумового ЭМП в окрестности частот 1-го шумановского резонанса // 7-я Всероссийская конференция по атмосферному электричеству, 24-28 сентября 2012г., Санкт-Петербург, Сборник трудов. - Санкт-Петербург - ФГБУ "Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова". - 2012. - С.189-191.
14. Л. Т. Матвеев Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. // Гидрометеиздат, Ленинград, 1984, с. 752.
15. 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.
16. Лихтер Я.И. Исследования атмосферников в СССР в 1957-1959 гг., Геомагнетизм и аэрномия. // Том 1. №2. 1961, с. 228 – 231.
17. Лихтер Я.И. Об аппроксимационной формуле закона распределения амплитуды огибающей атмосферных радиопомех. // Геомагнетизм и аэрномия. Том 1. №2. 1961, 281 с.
18. Махоткин Л. Г. - Статистика атмосферных радиопомех. // Геомагнетизм и аэрномия. Том 3. №2. 1963, с. 284 – 292.
19. Белоглазов М. И., Пчелкин В. В. – Особенности распределения уровней высокоширотного атмосферного шумового электромагнитного поля в окрестности первого шумановского резонанса. // Геомагнетизм и аэрномия, №5, 2011.