

## СРЕДНИЕ СУТОЧНЫЕ ВАРИАЦИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ КНЧ - ШУМОВ, ПОЛУЧЕННЫЕ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЙ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ, КАК ИНДИКАТОР СЕЗОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ АКТИВНОСТИ МИРОВЫХ ГРОЗОВЫХ ЦЕНТРОВ

В.В. Пчёлкин<sup>1</sup>, А.О. Родионова<sup>2</sup>

1. Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия

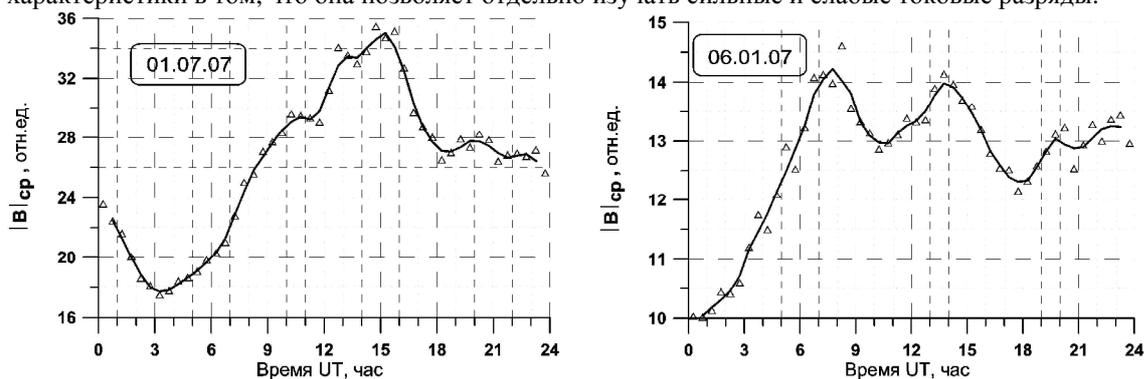
2. Кольский филиал государственного Петрозаводского университета

**Аннотация.** В работе анализируются результаты непрерывных измерений горизонтальной компоненты шумового магнитного поля диапазона частот 6-11 ГЦ на высокоширотной обсерватории Ловозеро в течение 2006-2007 гг. Для магнитоспокойных дней построены суточные вариации модуля магнитного поля и чисел превышений регистрируемого сигнала над заданными уровнями в течение периода накопления - т.н. кривые числа превышений, а также рассчитаны средние суточные кривые по сезонам, годам и за все время измерений. Показаны систематические усиления активности мировых грозных центров в летний сезон и выполнены относительные оценки величин вариаций.

### Введение

Генерация КНЧ-излучений, по мнению большинства исследователей, обусловлена процессами грозообразования и молниевой активности в полости Земля-ионосфера, а также мощными магнитогидродинамическими (МГД) волнами, воздействующими на ионосферу Земли (например, [1, 2, 3]). При этом существуют еще источники антропогенного и сейсмического характера. Изучение естественного шумового электромагнитного поля в указанном диапазоне частот, кроме ответа на вопросы прикладного характера, связанные с работой технических устройств, может дать ценную научную информацию обо всех перечисленных источниках шумовых сигналов. В настоящей работе мы исследовали суточные вариации характеристик шумового электромагнитного поля, обусловленного электрическими разрядами от грозных разрядов (молнии, спрайты, эльфы, джеты).

В качестве анализируемых характеристик поля были выбраны среднее за каждые полчаса значения модуля горизонтальной компоненты магнитного поля и медианное за полчаса значение амплитуды сигнала. Исследовался также суточный ход числа превышений уровня регистрируемого сигнала над различными заданными порогами в течение времени накопления. (Числа превышений обозначены нами в дальнейшем как  $N_L$ ) В качестве некоторого параметра, характеризующего случайный импульсный процесс, величина  $N_L$  обладает простым физическим смыслом, являясь, по сути, временем превышения случайной величиной заданного уровня [1], и может быть легко определена по экспериментальным данным. Ценность данной характеристики в том, что она позволяет отдельно изучать сильные и слабые токовые разряды.



**Рис. 1** Пример междусуточной изменчивости среднего значения модуля горизонтальной компоненты шумового магнитного поля источников грозного происхождения. На рисунке а) видно доминирование африканского центра активности. Рисунок б) выявляет активность всех трех основных центров – азиатского, африканского и американского.

Наблюдается сильная изменчивость измеряемых величин как в течение суток (суточный ход), так и от суток к суткам (рис. 1). Во многих работах (например [1,2,4,5]) изменения амплитудных и иных характеристик измеряемого шумового поля интерпретируются как отражение, прежде всего, изменчивости

относительной активности мировых грозных центров. Основной задачей нашего исследования была попытка оценки по данным высокоширотных наблюдений оценок изменчивости активности этих центров за указанный период в разные сезоны.

В заключение отметим, что выбранные нами в качестве индексов грозовой активности параметры зависят не только от числа молниевых разрядов, но и от величин молниевых токов, что составляет особый интерес для оценок токового баланса в существующих на данный момент моделях глобальной электрической цепи.

### Экспериментальные данные и их обработка

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<sup>0</sup>с.ш., 35,08<sup>0</sup> в.д.). Краткое описание измерительной аппаратуры содержится в [3].

Для анализа в интервале с декабря 2006 г. по февраль 2009 г. 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. Ряд дней за рассматриваемый трехгодичный период был исключен по техническим причинам. Таким образом, было отобрано 300 суток непрерывной регистрации. Уровень геомагнитной возмущенности определялся нами в соответствии с данными, приводимыми на сайте [http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/ae\\_provisional/index.html](http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/ae_provisional/index.html).

В процессе обработки экспериментальные данные подвергались действию цифровых фильтров, исключающих высокочастотные колебания и низкочастотные пульсации. Фильтры выделяли полосу частот в диапазоне примерно 6±11 Гц (т.е. в окрестности 1-го шумановского резонанса).

### Обсуждение результатов и основные выводы

1) Суточные вариации измеряемых характеристик поля сильно изменяются от суток к суткам (см. рис. 1) Усреднения за сезон дают значительно более устойчивый результат, но, в определенной степени, также сохраняют отдельные особенности данного сезона. В частности, средние за сезон значения измеряемого магнитного поля в максимуме могут отличаться на 10-15 процентов от сезона к сезону (рис.2).

2) Общим фактом изучаемых суточных вариаций является выраженное усиление активности всех мировых грозных центров в летний сезон (сезоны северного полушария) по отношению к зиме в разные сезоны на 20-50 процентов (рис. 2). Так как в летний сезон кривая напряженности электрического поля Земли имеет выраженный минимум [6], то установленный факт является серьезным аргументом в пользу того, что грозовой генератор не единственный и не доминирующий фактор, определяющий характеристики ГЭЦ,

3) Доминирующим практически во всех сезонах был африканский центр активности. Однако активность центров увеличивается в разной степени. Активность американского и азиатского центров увеличивалась в большей степени, чем африканского. При этом наблюдалось смещение по времени «работы» азиатского и американского центров на более поздние часы (примерно на 2 часа). Так как время максимальной активности африканского центра практически не изменялось, то в летний сезон происходило наложение пиков, соответствующих африканскому и азиатскому центрам.

Данные факты хорошо согласуются с метеорологическими данными и результатами спутниковых наблюдений, согласно которым в летний сезон площадь азиатского центра значительно увеличивается за счет появления новых очагов гроз, расположенных западнее зимней локализации центра [7, 8, 9], а активность американского центра смещается в направлении Северной Америки.

В модели трех точечных центров нами были проведены оценки сезонных вариаций активности каждого центра. Для описания активности которых использована эмпирическая функция (представляющая собой сумму трех куполообразных функций) вида:

$$B_{cp}(t) = A_1 * \frac{1}{2^{k_1}} \left( \sin \left( \frac{2p}{24} (t - t_1) + 1 \right) \right)^{k_1} + 0.1A_1 + A_2 * \frac{1}{2^{k_2}} \left( \sin \left( \frac{2p}{24} (t - t_2) + 1 \right) \right)^{k_2} + 0.1A_2 + A_3 * \frac{1}{2^{k_3}} \left( \sin \left( \frac{2p}{24} (t - t_3) + 1 \right) \right)^{k_3} + 0.1A_3 + C$$

где,  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  – времена максимумов активности азиатского, африканского и американского мировых грозных центров (они определялись на основе анализа азимутальных распределений регистрируемых

шумов); параметры  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  – очевидно, характеризуют ширину каждого слагаемого (определялись методом наименьших квадратов);  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  – амплитуда соответствующих максимумов кривой (также определялся методом наименьших квадратов).

Параметр  $C$  можно трактовать как суммарный вклад в шумы источников иного происхождения (магнитосферные, сейсмические и т.д.). Он тоже определялся в процессе решения оптимизационной задачи методом наименьших квадратов [10]. Отметим, что точность оценок подобного мониторинга можно повысить, усложнив модель пространственного распределения, привлекая данные по азимутальному распределению источников и увеличивая количество станций наблюдения.

4) Показаны морфологические различия усредненного за сезон суточного хода превышений для разных порогов (ходы сильных и слабых сигналов). Это свидетельствует о разнице в пространственно - временных распределениях сильных и слабых естественных электрических разрядов.

Кривые превышений для низкого заданного порога морфологически полностью подобны суточным вариациям среднего модуля горизонтальной компоненты магнитного поля и суточной вариации медианного значения сигнала. Отличия проявляются при увеличении порога (рис. 3). Этот результат дает понимание факта, что преимущественная регистрация сильных сигналов может исказить параметры, характеризующие общее распределение молниевых ударов во времени и по поверхности Земли

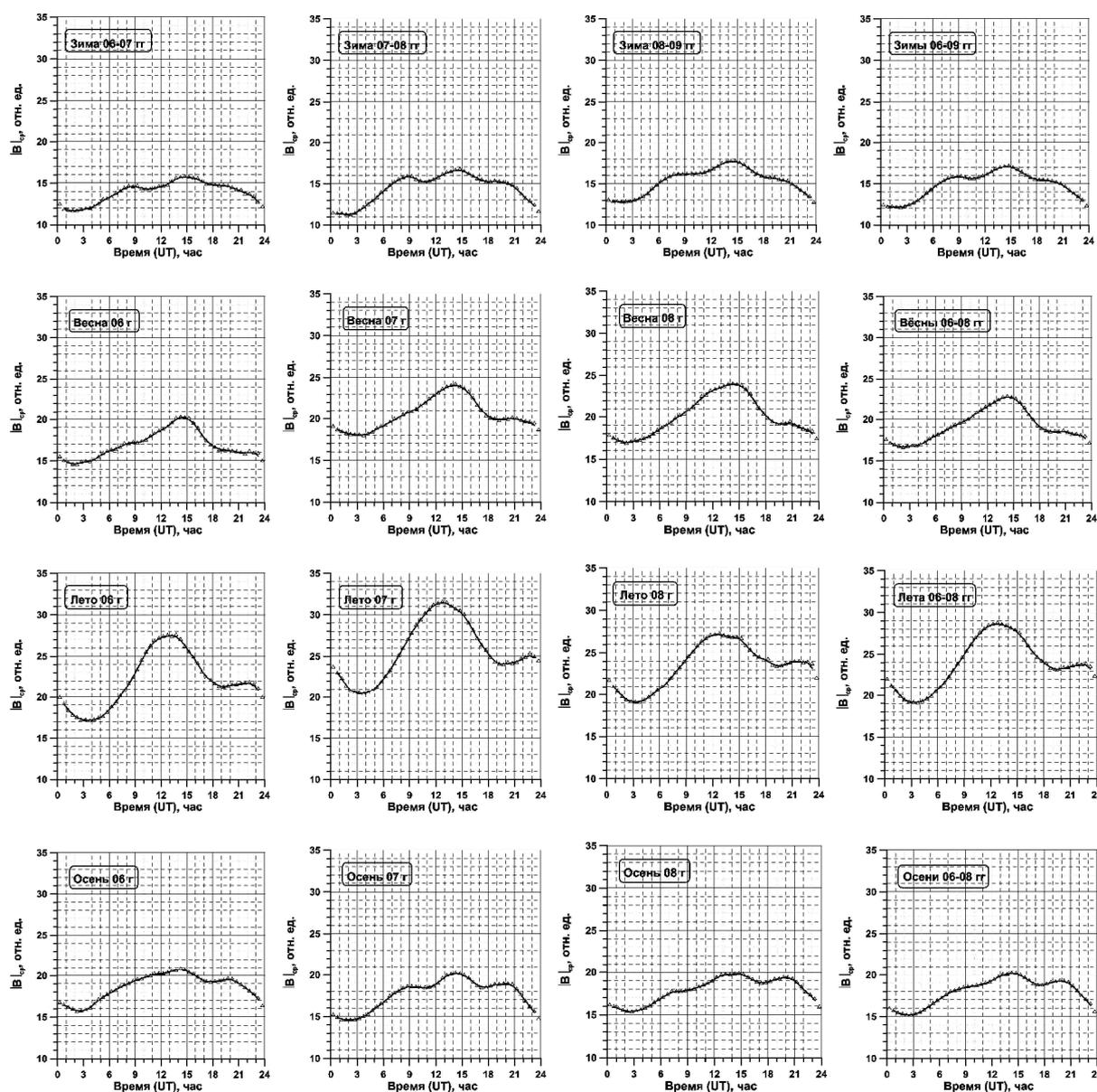
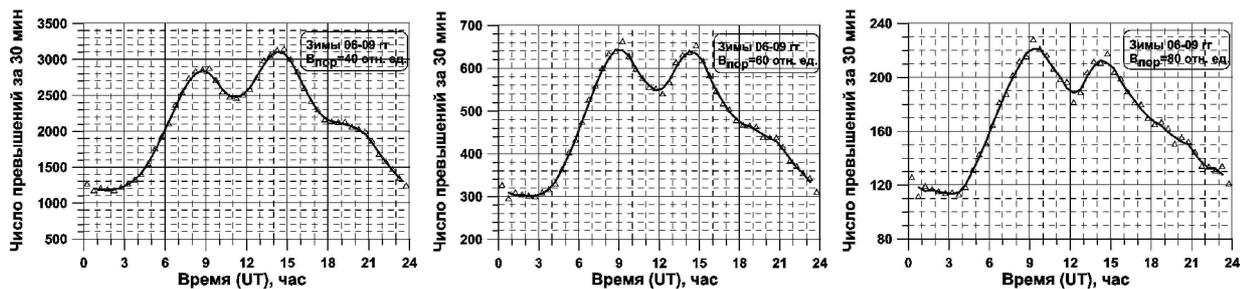


Рис. 2 Усредненные по сезонам суточные хода среднего значения модуля горизонтальной компоненты шумового магнитного поля.



**Рис. 3** Разница усредненных суточных ходов превышений при разных порогах. Из рисунка видно, что при увеличении порогового значения до 80-ти условных единиц доминирующим, вместо африканского центра, становится азиатский центр грозовой активности.

Авторы признательны М. И. Белоглазову, А. Н. Васильеву, А. И. Воронину и С. П. Носкову 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").

### Список литературы

1. 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". 195с. 1972.
2. Блюх П.В., Николаенко А.С., Филиппов Ю.В. Глобальные электромагнитные резонансы в полости земляноносфера // Киев: "Наукова думка". 200с. 1977.
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. Claudia Rossi, Paolo Palangio and Franco Rispoli. Investigations on diurnal and seasonal variations of Schumann resonance intensities in the auroral region. Annals of geophysics. vol. 50, no 3, 2007.
5. Долгополов С.Г. О соответствии суточных вариаций уровней крайне низкочастотного поля Земли ходу мировой грозовой активности // Сб. научн. трудов "Радиофизические исследования геофизических явлений на Востоке СССР" п/ред. В.Ф.Осинина. Магадан: СВКНИИ АН СССР. С.10-20. 1987.
6. Парамонов Н. А. О годовом ходе градиента атмосферно – электрического потенциала. «ДАН СССР». Том 71. № 1. 1950, с. 39 – 40.
7. 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.
8. В.П. Колоколов. О характеристиках глобального распределения грозовой деятельности. Метеорология и гидрология, №11, с. 47-55, 1969.
9. Справочник по геофизике. М.: Наука, с. 218-228, 1965.
10. ЩигOLEV Б.М. Математическая обработка наблюдений // М.: "Наука". 344с. 1969.