

ИССЛЕДОВАНИЕ ВКЛАДА ЛОКАЛЬНЫХ ГРОЗОВЫХ ОЧАГОВ В ФОРМИРОВАНИЕ РСС И ВАРИАЦИЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ФОНОВОГО МАГНИТНОГО ШУМА

Е.Н. Ермакова¹, Д.С. Котик¹, А.В. Рябов¹, А.А. Панютин²

¹ Научно-исследовательский радиофизический институт, Н. Новгород, Россия

² Нижегородский ЦГМС-Р, Н. Новгород, Россия

Аннотация. В работе исследовано влияние маскирующего фактора от локальных грозовых очагов на спектры УНЧ магнитных полей при существовании структур ИАР и суб-ИАР в локальной ионосфере. На основе оригинальной методики обработки данных по регистрации горизонтальных магнитных компонент на среднеширотном приемном пункте «Новая Жизнь» исследован вклад источников, удаленных на разные расстояния от приемного пункта, в формирование РСС и вариаций поляризации фонового шума. Использовалась оригинальная методика обработки УНЧ данных, позволяющая уменьшить импульсную составляющую магнитного шума выше некоторого порога (обрезание), и тем самым, исключить влияние локальной грозовой активности. Для определения положения локальных очагов привлекались данные с метеорологического радиолокационного комплекса МРЛ-5АКСОПРИ, расположенного в Н. Новгороде.

Введение

В работе исследуются особенности спектров магнитного шума в диапазоне 0.1-15 Гц при наличии локальных грозовых очагов, расположенных в радиусе до 200-250 км от точки приемного пункта. Известно, что на формирование спектров фонового шума от дальних грозовых очагов существенно влияют неоднородных ионосферных структур ИАР (ионосферный альвеновский резонатор) и суб-ИАР [1-3], расположенные непосредственно над точкой регистрации низкочастотных полей. При исследовании возбуждения структуры суб-ИАР региональными источниками гроз основной акцент сделан на изучение спектров поляризационного параметра \mathcal{E} магнитного шума, т.к. этот параметр наиболее адекватно описывает влияние этой структуры на спектральные особенности УНЧ полей. В работе [4] на основе теоретических расчетов показано, что основные характеристики в спектре параметра \mathcal{E} не зависят от направления на источник и определяется параметрами локальной ионосферы. Влияние структуры суб-ИАР приводит к характерным вариациям в спектре \mathcal{E} . С уменьшением расстояния от приемного пункта до грозовых разрядов, являющихся источником низкочастотных полей, влияние ионосферы на спектры магнитных полей, уменьшается, т.к. сильно возрастает прямой (не отраженный от ионосферы) сигнал, приходящий в точку приема. Поэтому ближние грозы могут менять не только амплитудные спектры шума, но и поляризацию низкочастотного излучения. Изменения спектров поляризации, связанных с усилением локальных грозовых очагов, важно отделять в диагностических целях от изменений поляризации, связанных с вариациями ионосферных параметров. В данной работе будет показано, что локальные грозовые источники могут изменять спектр поляризации, уменьшая степень эллиптичности УНЧ излучения. Также будут анализироваться амплитудные спектры магнитных компонент до и после процедуры обрезания для исследования вклада локальных грозовых очагов в формирование резонансной структуры (РСС), связанной с влиянием ИАР.

Экспериментальные данные

В работе приводятся результаты обработки данных по регистрации тангенциальных компонент магнитного фонового шума H_{CIO} и H_{B3} в среднеширотном пункте «Новая Жизнь» (NL), Нижегородская область, Россия. При обработке использовался оригинальный метод, который предполагал задание определенного порога (0.1 до 0.9) от максимального значения импульсной составляющей шума, при котором она заменялась «белым» шумом, с амплитудой, не превышающей порога. Результат записывался в новый файл и подвергался спектральному анализу. Далее проводился сравнительный анализ вновь полученных и первичных спектров при разных уровнях порога. По глубине осцилляций резонансных структур в этих спектрах делался вывод о вкладе источников, расположенных на различных расстояниях от приемного пункта, в формирование этих структур. Спектры строились на временном интервале 10 сек. с последующим усреднением 80-100 спектральных реализаций, что соответствовало усреднению по 15-20 мин. Анализировались амплитудные спектры магнитных компонент и спектры поляризационного параметра \mathcal{E} .

Для вычисления \mathcal{E} использовалась следующая формула:

$$\mathcal{E} = \frac{|H_R|/|H_L| - 1}{|H_R|/|H_L| + 1} \quad (1)$$

Здесь $H_R = (H_{CЮ} + iH_{B3})/\sqrt{2}$, $H_L = (H_{CЮ} - iH_{B3})/\sqrt{2}$, $H_{CЮ}$ и H_{B3} - магнитные компоненты фонового шума, измеряемые экспериментально.

На рис. 1 приведены суточные спектрограммы магнитной компоненты ВЗ и поляризационного параметра за 05072011. Сравнительный анализ этих спектрограмм, позволяет сделать вывод, что при увеличении локальной грозовой активности (на спектрограмме амплитуды это проявляется в виде вертикальных более светлых полос) величина параметра \mathcal{E} в ночное время приближается к 0, при этом отсутствует знакопеременная зависимость \mathcal{E} от частоты.

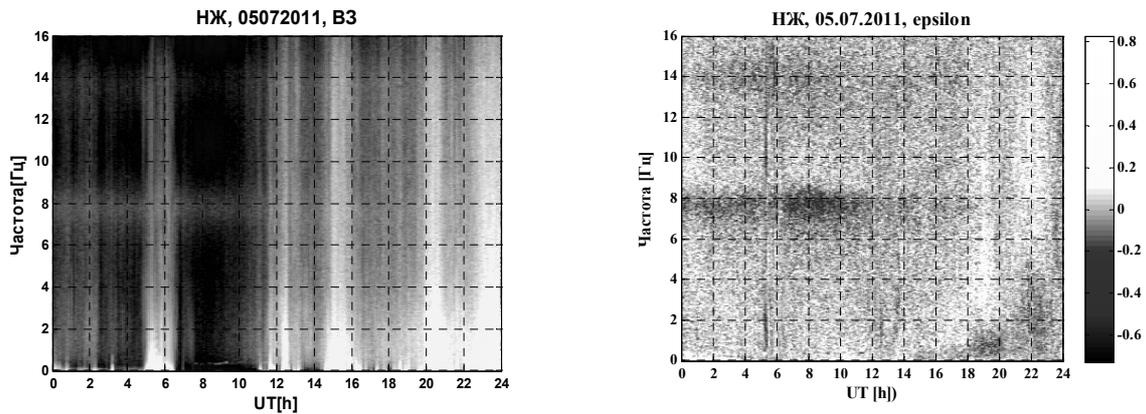


Рис. 1 Динамические спектры магнитной компоненты ВЗ (слева) и поляризационного параметра за 05072011.

Анализ данных метеорологического радиолокационного комплекса МРЛ-5АКСОПРИ, имеющего радиус действия порядка 200 км, обнаружил за этот период повышенную локальную грозовую активность на территории Нижегородской области, в том числе источники гроз были обнаружены в непосредственной близости (40-50 км) от приемного пункта «Новая Жизнь». Данные метеорологического радара в статье не приводятся из-за низкой информативности рисунков в черно-белом формате.

На рис.2 приведены примеры временных реализаций одной из магнитных компонент низкочастотного шума до (слева) и после процедуры обрезания в период повышенной региональной грозовой активности, что демонстрируется наличием импульсной составляющей в 6-8 раз превышающей уровень шума, создаваемый дальними грозовыми очагами.

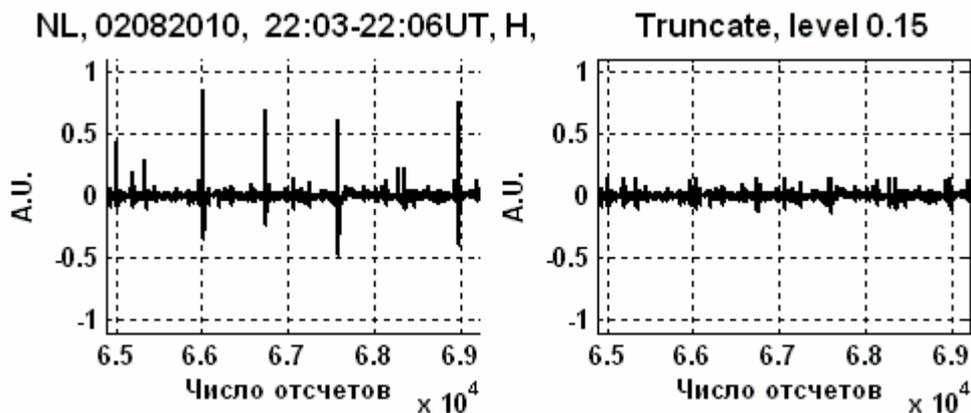


Рис. 2 Временные реализации магнитной компоненты СЮ до и после процедуры обрезания за период 22:03-22:06 UT 02082010

Методика обработки УНЧ данных позволяет существенно уменьшить импульсную составляющую магнитного шума выше некоторого порога, и тем самым, исключить влияние локальной грозовой активности (см. рис. 2, справа). На рис. 3 (слева) приведены спектры поляризации фонового магнитного шума в период действия локальных грозовых очагов, расположенных на расстоянии около 200 км от приемного пункта. Сплошная кривая на рисунке соответствует спектру параметра ε без обрезания. Наблюдается хорошее совпадение спектральных кривых на левой панели, что свидетельствует о том, что локальные грозовые очаги не меняют существенно спектр поляризации, а, следовательно, вносят вклад в формирование неоднородного спектра ε , характерного для влияния структуры суб-ИАР.

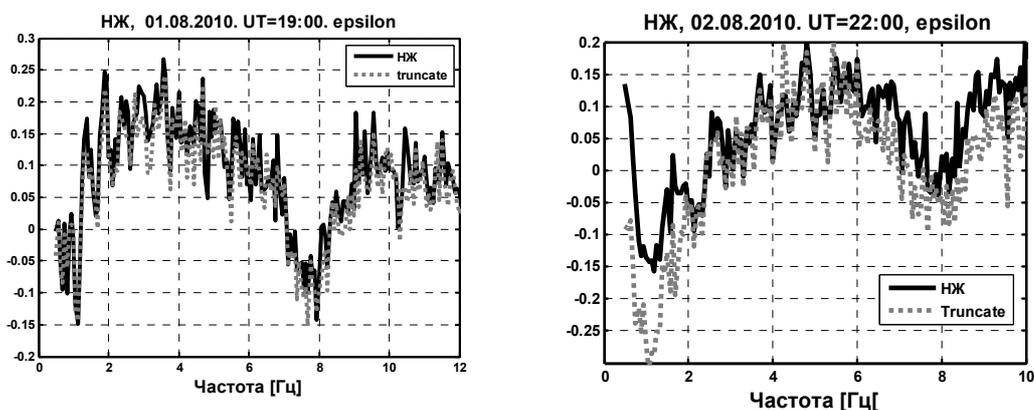


Рис. 3 Спектры поляризационного параметра в периоды действия разных локальных грозовых очагов

Рис. 3 (правая панель) – демонстрирует случай локальных грозовых очагов, которые возбуждают суб-ИАР, но с меньшей эффективностью, чем дальние грозы, т.к. спектр ε после процедуры обрезания обнаруживает более высокую степень эллиптичности УНЧ шума (большие значения абсолютной величины ε на частотах до 2 Гц).

Для анализа влияния локальных грозовых очагов на формирование резонансной структуры спектра было выполнено построение амплитудных спектров одной из магнитных компонент с использованием процедуры обрезания. Результаты этого построения приведены на рис.4. Верхняя панель рисунка демонстрирует спектры в период развитой региональной активности. Об этом свидетельствует и вид амплитудного спектра – резкий подъем амплитуды на частотах ниже первого Шумановского резонанса, и данные метеорологического радарного комплекса, регистрирующие грозовые ячейки в районе Горьковского водохранилища.

После процедуры обрезания (верхняя панель, справа) спектр магнитной компоненты существенно меняет вид, резко уменьшается амплитуда (почти в 2 раза на частотах ниже 4 Гц), при этом глубина резонансных осцилляций уменьшается в 1.2-1.3 раза. Таким образом, исключив влияние ближних грозовых очагов, мы получили резонансную структуру с большей относительной глубиной осцилляций, т.е. можно сделать вывод, что вклад локальных грозовых очагов в возбуждение ИАР менее значителен, чем вклад более далеких грозовых очагов. Для сравнения на нижней панели приведены спектры в период, когда на территории Нижегородской области отсутствовала ярко выраженная грозовая активность (по данным радарного комплекса). В этом случае при уменьшении импульсной составляющей мы получили пропорциональное уменьшение амплитуды магнитной компоненты на частотах ниже Шумановского резонанса и абсолютной глубины осцилляций. Таким образом, относительная глубина резонансных осцилляций практически не изменилась после процедуры обрезания, т.е. источники, влияние которых мы исключили, вносили такой же вклад в формирование РСС, как и более дальние источники. Из Рис.4 (нижняя панель) также видно, что после обработки амплитуда спектров на частотах Шумановских резонансов практически не изменилась, что говорит о региональном характере грозовых источников, влияние которых было существенно уменьшено. Такие источники расположены на расстояниях до 1000 км и не вносят существенного вклада в формирование Шумановского резонанса.

Выводы

По результатам работы, можно делать вывод, что влияние неоднородных ионосферных структур ИАР и суб-ИАР на спектры магнитного фона шума может быть заметным и для локальных грозовых источников, расположенных на расстояниях 180-200 км от приемного пункта. При этом степень маскировки влияния этих структур увеличивается с уменьшением расстояния до источника, а грозовые источники, удаленные от

приемных станций на расстояния меньше 50-60 км, не вносят заметного вклада в возбуждение ионосферных резонаторов. Следует также отметить, что в спектрах, построенных после процедуры обрезания, не изменились основные параметры РСС – положение максимумов и частотный период осцилляций, а также значение частоты, на которой поляризационный параметр меняет свой знак. Таким образом, проведенные исследования показали, что исключение импульсной составляющей магнитного шума, не меняло основных параметров РСС и ε , а приводило к изменению только глубины резонансных осцилляций в амплитудном и поляризационном спектрах.

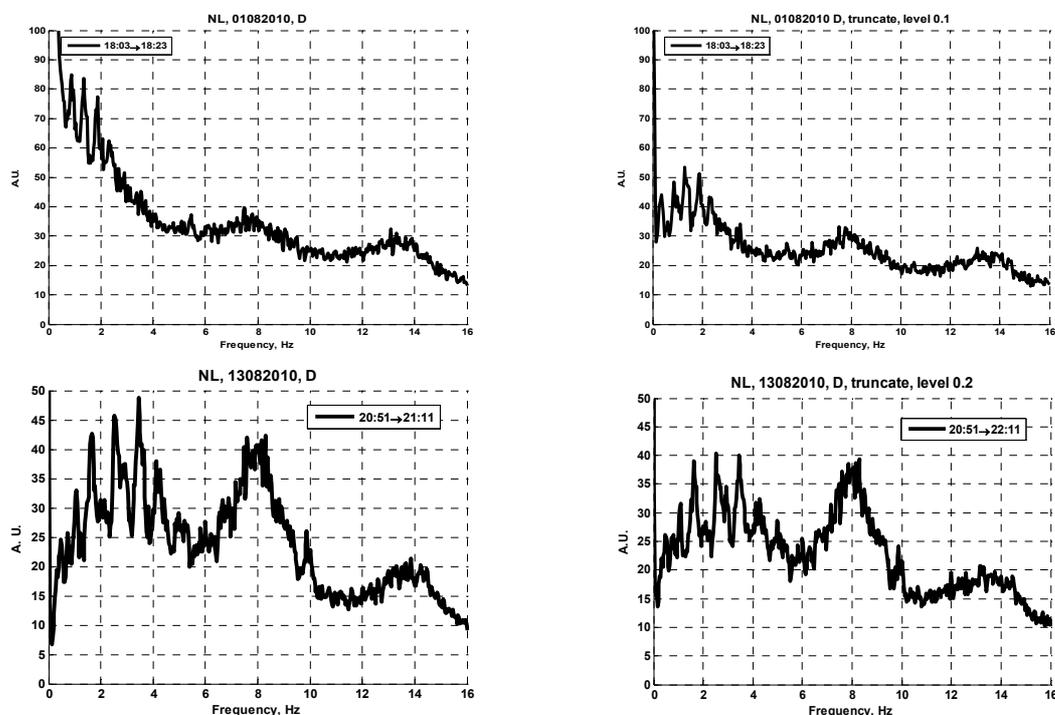


Рис. 4 Амплитудные спектры до и после процедуры обрезания для локальных грозовых источников (расстояние до 200 км) (верхняя панель) и в период отсутствия ярко выраженной локальной грозовой активности (нижняя панель)

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 13-02-97086 р_поволжье_а, 13-02-00723, 13-02-12074-офи_м, 13-05-12091-офи_м).

Список литературы

1. Беляев П.П., Поляков С.В., Рапопорт В.О., Трахтенгерц В.Ю. Обнаружение резонансной структуры спектра атмосферного электромагнитного шумового фона в диапазоне короткопериодных геомагнитных пульсаций. // Докл. АН СССР. 1987. Т.297. С.840-843.
2. Ермакова Е.Н., Котик Д.С., Поляков С.В. Исследование особенностей резонансной структуры спектра фоновых шумов в диапазоне частот 1-10 Гц с учетом наклона магнитного поля Земли. // Изв. вузов, Радиофизика. 2008. Т.51, №7. С.575-584.
3. Ермакова Е.Н., Котик Д.С., Поляков С.В., Щенников А.В. О механизме формирования широкополосного максимума в спектре фоновых шумов на частотах 2-6 Гц. // Изв. вузов. Радиофизика. 2007. Т.50, №7. С.607-623.
4. Ермакова Е.Н., Котик Д.С., Першин А.В., Рябов А.В., Бозингер Т., Чжоу К., Исследование вариаций параметров широкополосного спектрального максимума в естественных шумовых полях КНЧ диапазона, // Изв. Вузов, Радиофизика, 2012. Т.55, № 10-11. С. 671-682.