

УДК 550.385:551.5

## ВЗАИМОСВЯЗЬ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ФОНА КРАЙНЕ НИЗКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА И ИНФРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

М.В. Пикалов, С.А. Колесник, А.В. Соловьев

### CONNECTION BETWEEN SPECTRAL CHARACTERISTICS OF ELECTROMAGNETIC BACKGROUND OF THE EXTREMELY LOW-FREQUENCY RANGE AND INFRASONIC FLUCTUATIONS

M.V. Pikalov, S.A. Kolesnik, A.V. Solovyev

В работе проведено исследование взаимосвязи спектральных характеристик электромагнитного фона (ЭМФ) крайне низкочастотного (КНЧ) диапазона и инфразвуковых колебаний. Для анализа взят 2008 г. Выборка составляла 175 680 значений с дискретизацией 3 мин. С применением спектрального анализа выделялись амплитуды сигналов на частоте 2 Гц. Вся выборка была разбита на 2 группы. В первую группу вошли дни с незначительным изменением атмосферного давления (<15 мб/сут), во вторую – с резким (>15 мб/сут). Кросскорреляционная функция амплитуды инфразвуковых колебаний и электромагнитного фона, рассчитанная по всей выборке, показала, что максимального значения функция достигает в нуле.

The paper presents examination of connection between spectral characteristics of electromagnetic background (EMB) of the extremely low-frequency range (ELF) and infrasonic fluctuations. The year 2008 was studied for the analysis. Data sample consisted of 175 680 values, with digitization of 3 minutes. Amplitudes of signals on a frequency of 2 Hz were determined using the spectral analysis. The data sample was divided into 2 groups. The first group included days with minor alteration of atmospheric pressure (<15 mb/day), the second one included days with sharp alteration (>15 mb/day). Being calculated on the entire data sample, cross-correlation function of amplitude of infrasonic fluctuations and electromagnetic background showed that function reached its maximal value in zero.

Исследование взаимодействия трех сред, окружающей Землю (приземная атмосфера (тропосфера), ионосфера и магнитосфера), является одной из самых актуальных задач современной геофизики. Схема взаимодействия физических факторов окружающей среды иллюстрирует актуальность этой проблемы (рис. 1). Далее рассмотрим по отдельности каждую из этих взаимосвязей.

Известно, что во время прохождения атмосферных фронтов мощных циклонов повышается уровень ЭМФ КНЧ-диапазона, а в отдельных случаях и на определенных частотах. Так, впервые электромагнитное излучение с центральной частотой около 2 Гц было зарегистрировано во время прохождения мощного циклона тропического типа с необычно низким

(ниже 980 гПа) атмосферным давлением. Этот эффект обнаружен 9 июня 1984 г. на обсерватории «Борок» ИФЗ АН СССР по высокочувствительным записям магнитного поля [1]. Отмечается, что с увеличением циклонической активности (в момент активизации циклона) увеличивается амплитуда электромагнитного излучения на этой частоте и происходит уширение спектра излучения в область высоких частот (рис. 2). Естественные электромагнитные излучения в частотном диапазоне от долей до единиц герц к настоящему времени хорошо изучены как по их возникновению в определенной геофизической ситуации, приуроченности к локальному времени, так и по характеру их динамического спектра. Электромагнитное излучение, зарегистрированное во время циклона 9 июня 1984 г., резко отличается от всех известных естественных типов электромагнитных пульсаций по всем этим параметрам.

В результате экспедиции, поддержанной РФФИ в

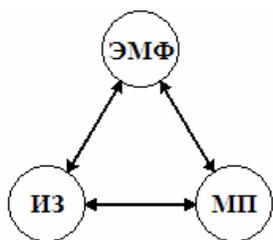


Рис. 1. Схема взаимодействия физических факторов окружающей среды: ЭМФ – электромагнитный фон, МП – метеопараметры, ИЗ – инфразвук.

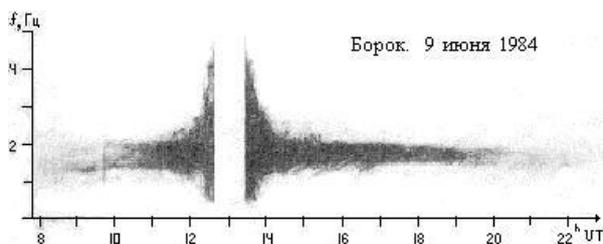


Рис. 2. Стилизованная картина излучения с центральной частотой порядка 2 Гц во время циклона 09.06.1984 г.

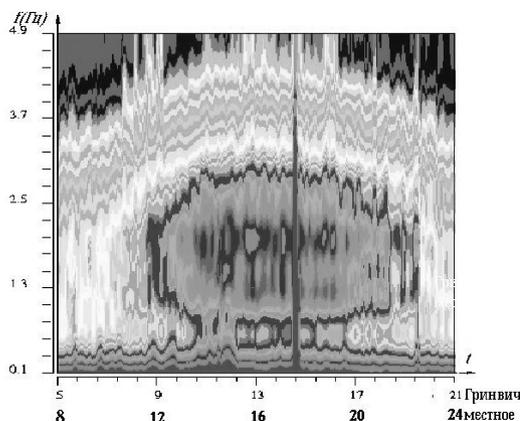


Рис. 3. Типичная термическая короткопериодная эмиссия в максимуме сезонного хода. Превышение отношения сигнал/шум ~6 дБ при пороге чувствительности на 1 Гц в несколько пТл (компонента магнитного поля H).

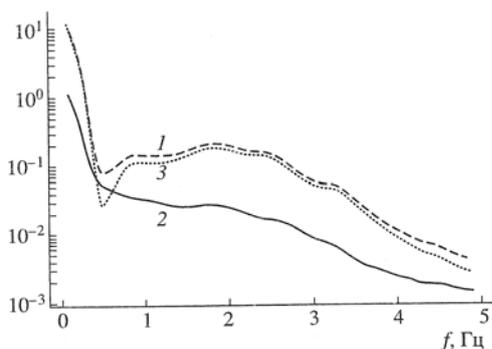


Рис. 4. Спектральная плотность в максимуме развития явления 2 июля 1996 г. в 12:00–12:30 UT на obs. Борок: 1 – сигнал, 2 – шум 05:00–05:30 UT, 3 – сигнал/шум.

1998 г., М.Б. Гохберг на обсерватории «Борок» обнаружил подобный эффект (рис. 3), датируемый 2 июля 1996 г. Гохберг не связывает природу этого излучения с атмосферными циклонами [2]. Электромагнитные эмиссии наблюдаются в том же частотном диапазоне 0.5–5 Гц, а максимум спектральной плотности зарегистрированных эмиссий приходится на частоту 1–2 Гц (рис. 4) и практически не сдвигается в пределах суточного хода, что отмечается и в случае за 1984 г. Говоря о сезонно-суточном ходе подобных излучений, автор [2] отмечает, что резкий спад активности наблюдается в весеннее и осеннее время. Зимой эмиссии данного типа практически не наблюдаются. Основное развитие эмиссий происходит в дневное время суток, 15–18 ч местного времени, и заканчивается к заходу Солнца. Отмечается, что в суточных вариациях *H*- и *D*-компонент магнитного поля не имеется явных различий. Сравнивая рис. 2 и 3, нужно отметить, что в обоих случаях наблюдается уширение спектра излучения в область высоких частот.

Говоря о физических механизмах генерации электромагнитных излучений под воздействием метеорологических параметров, следует отметить одну, и пожалуй единственную, гипотезу, выдвинутую в свое время Троицкой В.А. и Гохбергом М.Б. Речь идет о генерации электромагнитных излучений инфразвуковыми колебаниями. Суть заключается в том, что при прохождении атмосферных фронтов мощных циклонов и антициклонов возникают инфразвуковые колебания, которые, достигая высот нижней ионосферы, трансформируются в электромагнитные. Но механизмы трансформации являются сложными и в настоящее время недостаточно изучены. В [3] отмечается, что частоты генерируемых электромагнитных колебаний соответствуют частотам инфразвуковых.

Рассматривая взаимосвязь метеорологических параметров с инфразвуковыми колебаниями, следует отметить, что источниками инфразвука, наряду с землетрясениями, цунами, подводными и подземными взрывами и т. д., являются ураганы, торнадо, смерчи и циклоны. Последние формируются при определенных метеорологических условиях. В [4] авторы проводили исследования взаимосвязи инфразвуковых колебаний с метеорологическими параметрами. Были рассмотрены такие параметры, как атмосферное

давление, скорость ветра, температура и относительная влажность воздуха. В выводах отмечается, что

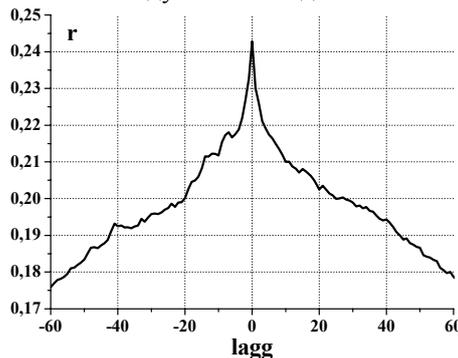


Рис. 5. Кросскорреляционная функция амплитуды инфразвука и *Y*-компоненты магнитного поля за 2008 г.

изменение метеорологических параметров влечет за собой изменение амплитуды инфразвуковых колебаний.

Исходя из этого, было проведено исследование взаимосвязи вариаций магнитного поля Земли и инфразвуковых колебаний с применением спектрального и статистического анализа. Выделялись амплитуды сигналов на частоте 2 Гц. Для анализа был взят 2008 г. Выборка составляла 175 680 значений с дискретизацией 3 мин. Вся выборка была разделена на 2 группы. Критерием отбора послужила скорость изменения атмосферного давления. В первую группу вошли дни с незначительным изменением атмосферного давления (<15 мб/сут), во вторую – с резким (>15 мб/сут). Представленная кросскорреляционная функция амплитуды инфразвуковых колебаний и вариации *Y*-компоненты магнитного поля (рис. 5) рассчитана по всей выборке. Значение лага соответствует 3 мин. Видно, что максимального значения функция

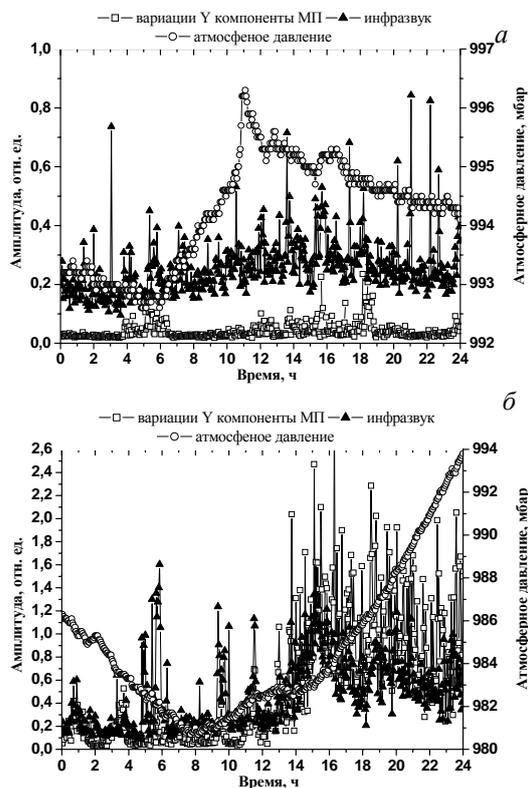


Рис. 6. Изменение атмосферного давления, амплитуды инфразвука и Y-компоненты МПЗ за 14.06.2008 г. (а) и 05.04.2008 г. (б).

достигает в нуле, т. е. вне зависимости от того, как изменяется атмосферное давление, эти процессы сопряжены друг с другом постоянно с коэффициентом корреляции 0.25.

При малом, незначительном изменении атмосферного давления (рис. 6, а), т. е. для случаев из первой группы, значение коэффициента корреляции достигает 0.23 (рис. 7, а) и близко к «фоновому». При резком изменении атмосферного давления (вторая группа) (рис. 6, б) значение коэффициента корреляции значительно возрастает, достигая 0.75 (рис. 7, б), что говорит о высокой мере взаимосвязи исследуемых процессов в эти дни. Во всех случаях максимум функции кросскорреляции наблюдается при нулевом сдвиге.

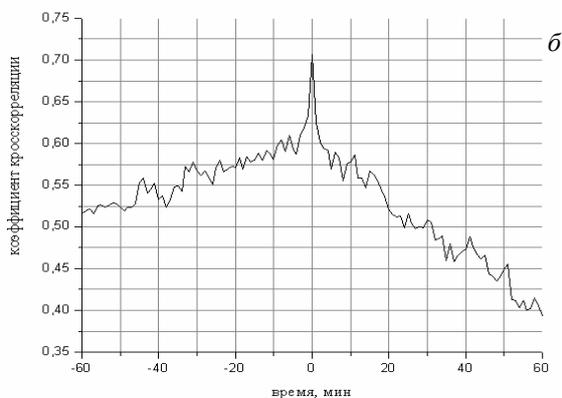
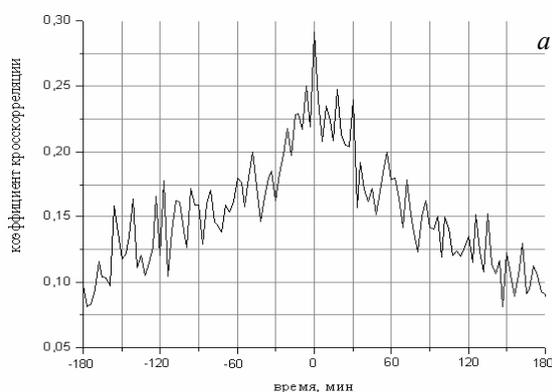


Рис. 7. Кросскорреляционная функция амплитуды инфразвука и Y-компоненты МПЗ за 14.06.2008 г. (а) и 05.04.2008 г. (б).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щепетнов Р.В., Троицкая В.А., Довбня Б.В. Электромагнитное излучение с центральной частотой 2 Гц во время мощного циклона 9 июня 1984 г. // Доклады Академии наук. М.: Наука, 1986. Т. 290, № 3. С. 582–585.
2. Гохберг М.Б. Новый тип электромагнитной эмиссии в диапазоне короткопериодных геомагнитных колебаний // Доклады Академии наук. М.: Наука, 1998. Т. 359, № 4. С. 543–544.
3. Степанюк И.А. Электромагнитные поля при аэро- и гидрофизических процессах. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2002. 214 с.
4. Провоторов Д.С., Соловьев А.В. Взаимосвязь инфразвукового фона и метеорологических величин // Физика окружающей среды: Материалы VI Международной школы молодых ученых и специалистов. Томск: Томский государственный университет, 2007. С. 106–109.

Томский государственный университет, Томск