

УДК 550.385:551.5

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЛАЧНОСТИ НА СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ФОНА КРАЙНЕ НИЗКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

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

INFLUENCE OF CLOUDINESS CHARACTERISTICS ON SPECTRAL CHARACTERISTICS OF THE ELECTROMAGNETIC BACKGROUND OF EXTREMELY LOW-FREQUENCY RANGE

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

В работе исследуется взаимосвязь характеристик облачности и спектральных характеристик электромагнитного фона на крайне низкочастотного (КНЧ) диапазона по данным непрерывного мониторинга спектральных характеристик электромагнитного фона КНЧ-диапазона и характеристик облачности, который ведется в Сибирском физико-техническом институте с 1997 г. Представлены результаты статистического анализа. Показано, что с увеличением нижней границы облаков спектральная плотность электромагнитного фона КНЧ-диапазона экспоненциально убывает. При увеличении степени покрытия небосвода облаками спектральная плотность амплитуды электромагнитного фона КНЧ-диапазона экспоненциально возрастает.

The paper presents interrelation between overcast and spectral characteristics of the electromagnetic background of extremely low-frequency range, according to continuous monitoring of overcast characteristics and spectral characteristics of the electromagnetic background of extremely low-frequency range. The monitoring has been performed at the Siberian Physical-Technical Institute since 1997. Results of the statistical analysis are presented. Spectral density of the electromagnetic background of extremely low-frequency range is shown to decrease exponentially with increasing cloud base. Spectral density of amplitude of the electromagnetic background of extremely low-frequency range increases exponentially as degree of covering of the firmament with clouds increases.

Введение

Исследованием взаимосвязи процессов, происходящих в приземной атмосфере (развитие циклонов, образование облаков), и вариаций электромагнитного поля Земли занимаются многие авторы. Например, в работе [1] представлены экспериментальные результаты по данным обсерватории «Борок», из которых следует, что во время прохождения циклонов возникает электромагнитное излучение с центральной частотой порядка 2 Гц, опережающее прохождение циклона, сопровождающее его и следующее за ним. Это явление подтверждено группой авторов в работе [2], которые показали, что амплитуда на частоте 2 Гц во время прохождения циклонов во много раз превышает амплитуду на других частотах в диапазоне до 40 Гц. Другой пример взаимосвязи процессов, происходящих в приземной атмосфере, и вариаций электромагнитного поля Земли представлен в работе [3], где показано, что грозовые разряды в основном связаны с проходящими циклонами. Приведены экспериментальные результаты сравнения электромагнитных излучений с динамикой циклонов на Камчатке, из которых следует, что наибольшая плотность грозовых разрядов наблюдается вблизи эпицентров циклонов. Не менее важной работой является работа [4], в которой отмечено, что процесс образования облаков сопровождается генерацией инфразвуковых колебаний давления, основным механизмом генерации которого являются флуктуации тепловыделения при конденсации водяного пара. При этом происходит не только генерация, но и усиление существующих колебаний в определенном диапазоне частот. В работе [4] на основе сравнения результатов рассмотренных в ней исследований приводится заключение, что флуктуации давления, обусловленные выделением скрытой теплоты конденсации, могут приводить к генерации электромагнитных полей в КНЧ-диапазоне.

В данной работе исследуется влияние характеристик облачности на спектральные характеристики электромагнитного фона (ЭМФ) КНЧ-диапазона по данным непрерывного мониторинга, проводимого в Сибирском физико-техническом институте.

Исследование включает:

- обработку данных характеристик облачности и ЭМФ КНЧ-диапазона;
- оценку влияния характеристик облачности на характеристики ЭМФ КНЧ-диапазона.

Аппаратура

Для исследования вариаций компонент магнитного поля естественного и антропогенного происхождения, а также для выделения импульсных помех техногенного характера используется автоматизированный измерительный комплекс, который состоит из трех блоков (рис. 1). Основным блоком является магнитовариационная станция «Кварц-3 ЕМД», предназначенная для регистрации компонент магнитного поля. Данная трехкомпонентная магнитовариационная станция позволяет регистрировать северную, восточную и вертикальную составляющие вариаций магнитного поля с точностью до 0.128 гамм при динамическом диапазоне ± 486.4 гамм.

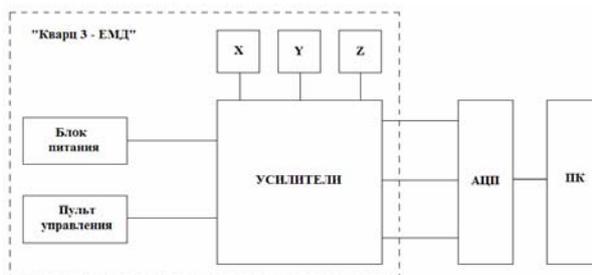


Рис. 1. Блок-схема автоматизированного измерительного комплекса.

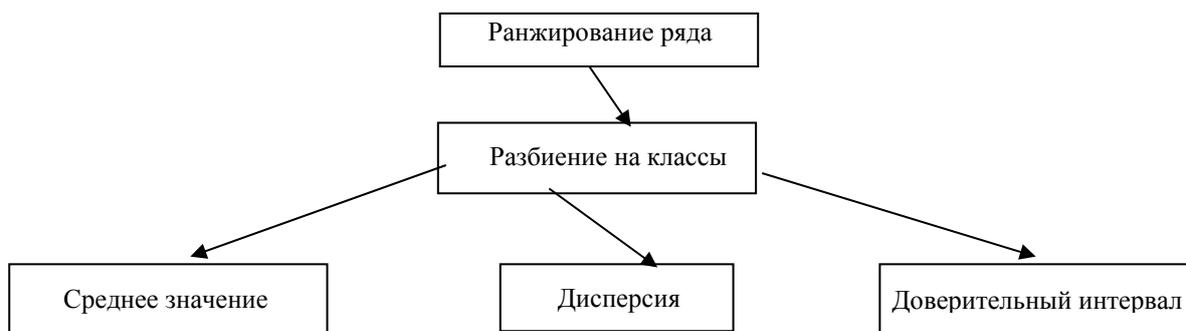


Рис. 2. Схема обработки данных.

Далее рабочие сигналы с измерительных установок поступают на АЦП. В качестве АЦП используется плата L153, выполненная в стандарте IBM PC XT/AT. Плата L153 является функционально полным комплексом, включающим в себя многоканальный 12-разрядный АЦП с программируемым входным диапазоном сигнала по каждому каналу, частотой преобразования до 100 кГц на один канал и выходным диапазоном уровня сигнала ± 5.12 В.

Данные представляют собой набор значений с временным интервалом 3 мин, из которых 2.5 мин отводится на регистрацию, а 0.5 мин на запись данных на жесткий диск ПК. Информация записывается в файлы в единицах АЦП с частотой дискретизации 20 Гц.

Данные по характеристикам облачности, а именно по нижней граница облаков и степень покрытия небосвода облаками, были взяты с сайта «Погода России» [5].

Методика обработки данных

Для получения количественных оценок взаимосвязи параметров ЭМФ КНЧ-диапазона с характеристиками облачности применялся регрессионный анализ. Выборка N составляла 285320 значений с дискретизацией 3 ч (характеристики облачности измеряются через 3 ч по международной классификации). В качестве независимых переменных X_i использовались характеристики облачности (нижняя граница облаков, степень покрытия небосвода облаками), а в качестве зависимых Y_i – амплитуда вариаций магнитного поля на частоте 2 Гц, где $i = 1, \dots, N$. Далее X_i ранжировались от минимума до максимума, притом соответствующие им значения Y_i после ранжирования по-прежнему соответствовали тем же значениям X_i , что и до ранжирования. Вся выборка разбивалась на классы. В итоге в каждом классе рассчитывались среднее значение и доверительный интервал и по независимым X_i и по зависимым Y_i -переменным. Схема обработки данных представлена на рис. 2. Результаты анализа представлены на рис. 3 и 4.

Выводы

По результатам анализа можно сделать следующие выводы. С увеличением нижней границы облаков спектральная плотность ЭМФ КНЧ-диапазона экспоненциально убывает. При средних значениях

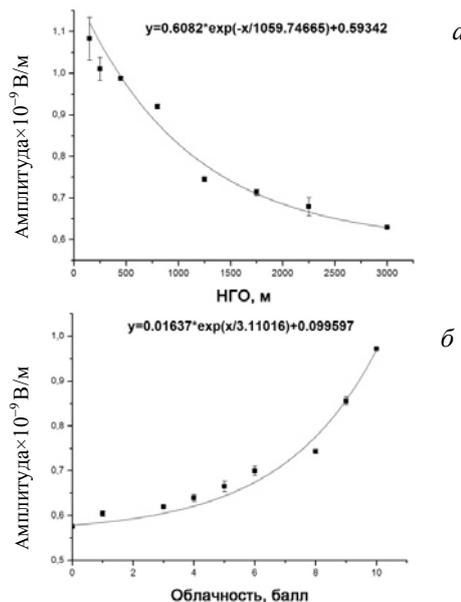


Рис. 3. Зависимость амплитуды вариаций магнитного поля на частоте 2 Гц: от нижней границы облаков (а); от степени покрытия небосвода облаками (б).

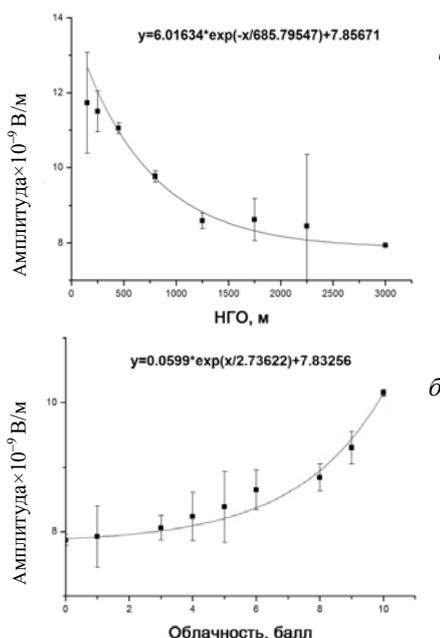


Рис. 4. Зависимость амплитуды вертикальной компоненты электромагнитного фона на частоте 2 Гц: от нижней границы облаков (а); от степени покрытия небосвода облаками (б).

нижней границы облаков ~500 м наблюдаются максимальные значения амплитуды магнитного поля $\sim 10^{-9}$ Тл, а по электрической составляющей ЭМФ $\sim 11.7 \cdot 10^{-9}$ В/м. Соответственно наименьшие значения амплитуды наблюдаются при значениях нижней границы ~3000 м. При увеличении степени покрытия небосвода облаками спектральная плотность амплитуды ЭМФ КНЧ-диапазона экспоненциально возрастает. При значении степени покрытия небосвода 0 баллов наблюдаются минимальные значения амплитуды магнитного поля $\sim 0.6 \cdot 10^{-9}$ Тл, а по электрической составляющей ЭМФ $\sim 7.9 \cdot 10^{-9}$ В/м. Соответственно наибольшие значения амплитуды наблюдаются при 10 баллах.

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 СССР. М.: Наука, 1986. Т. 290, № 3. С. 582–585.
2. Пикалов М.В., Колесник С.А. Влияние атмосферного давления на спектральные характеристики электромагнитного поля в КНЧ-диапазоне // Физика. 2005. № 6. С. 139–140.
3. Чернева Н.В., Дружин Г.И. О возможности регистрации по электромагнитному ОНЧ-излучению циклонов Камчатки [Электрон. статья] // <http://kcs.dvo.ru/ikir/Russian/Science/2004/2-10.pdf>.
4. Чукин В.В. О возможном механизме генерации излучения облаками в КНЧ-диапазоне частот [Электрон. статья] // <http://chukin.ru/publish/2003-01-28-03.pdf>.
5. Погода России [Электронный ресурс] / Отдел технологий спутникового мониторинга ИКИ РАН // <http://www.meteo.infospace.ru>.

Томский государственный университет, Томск