

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  $\pm 486.4$  гамм.

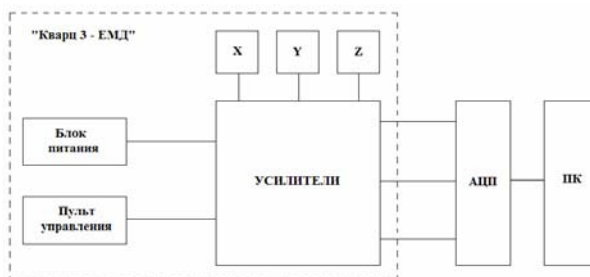


Рис. 1. Блок-схема автоматизированного измерительного комплекса.

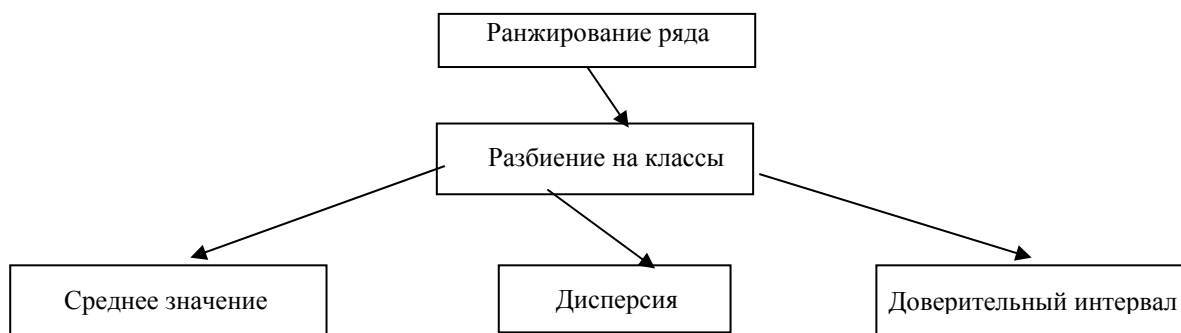


Рис. 2. Схема обработки данных.

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  $\pm 5.12$  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

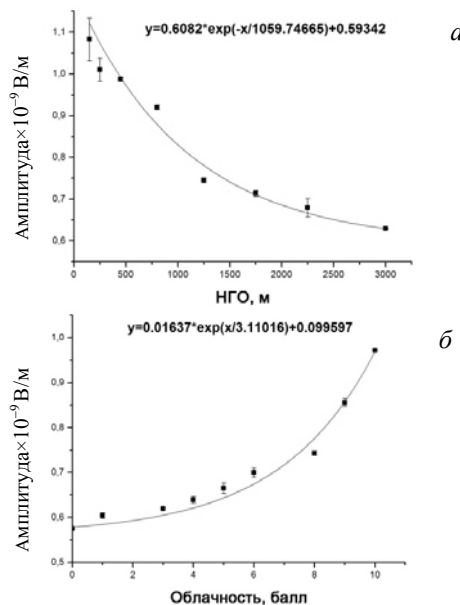


Рис. 3. Зависимость амплитуды вариаций магнитного поля на частоте 2 Гц: от нижней границы облаков (а); от степени покрытия небосвода облаками (б).

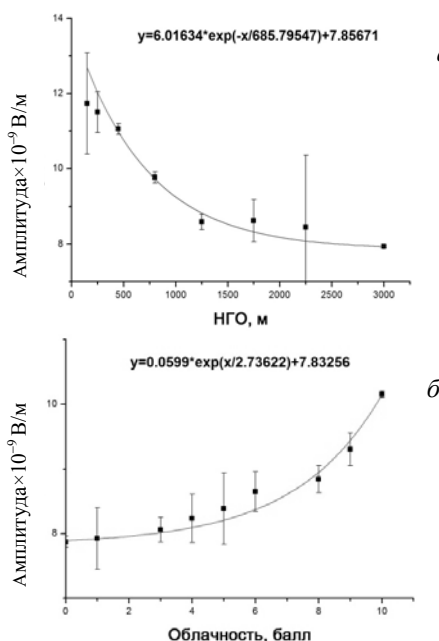


Рис. 4. Зависимость амплитуды вертикальной компоненты электромагнитного фона на частоте 2 Гц: от нижней границы облаков (а); от степени покрытия небосвода облаками (б).

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*