

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ФОРМИРОВАНИЯ БАНКОВ КАНОНИЧЕСКИХ ФОРМ АТМОСФЕРИКОВ

И.И. Кононов, И.Е. Юсупов, Д.М. Крутой

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
igor_kononov@mail.ru

Рассматривается методика формирования банка усредненных форм ОНЧ атмосфериков (0,3...30 кГц) ближней зоны с использованием итеративной процедуры классификации. Жесткие ограничения на пространственное положение грозовых очагов (50...130 км), электромагнитное излучение которых подвергается обработке, позволяет рассматривать атмосферерики соответствующими второй производной дипольного момента и использовать их в этом качестве для последующих численных расчетов. Оценки границ применимости дипольных представлений и влияния на форму атмосферерика конечной проводимости земной поверхности и ее кривизны приводятся в [1].

Обсуждаются результаты классификации, полученные по данным регистрации атмосферериков из грозовых очагов, выделенных для нескольких грозовых дней: 28-06-01, 06-07-01 и 10-07-01 (рис. 1), развивающихся в различных метеорологических условиях. Грозовые кластеры, отобранные для последующего анализа, выделены жирными линиями, характеризующими треки центров кластеров, сформированных по методике пространственной кластеризации, описанной в [2]. Они соответствуют разному типу ее развития (фронтальный или внутримассовый), разному времени суток и указанному выше пространственному ограничению.

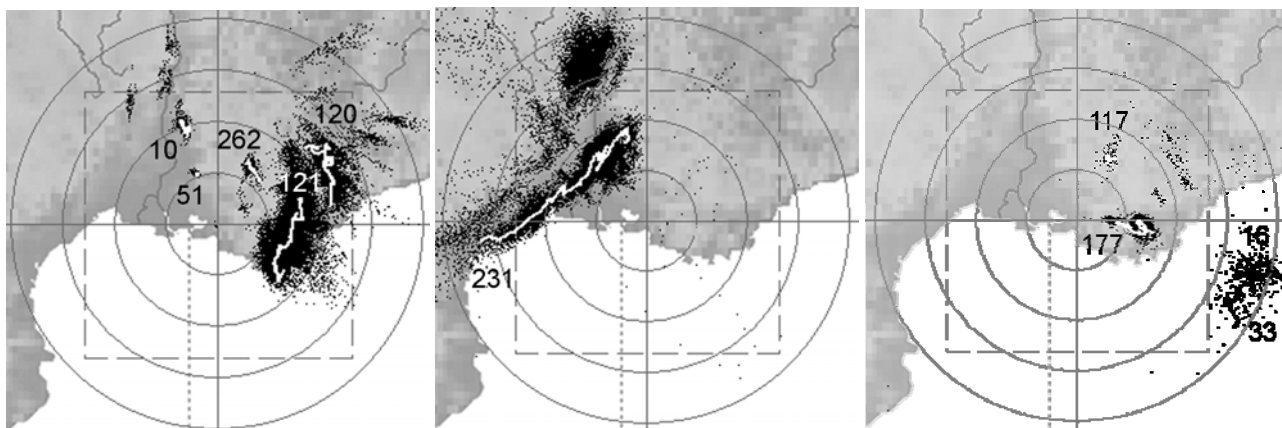


Рис. 1. Пространственно-временная картина грозовой активности за 28-06-01, 06-07-01 и 10-07-01.

Некоторые параметры выделенных для обработки грозовых кластеров (время жизни, количество молниевых вспышек, зарегистрированных УКВ системой SAFIR и синхронных со срабатыванием ОНЧ-регистратора, средние расстояния и азимуты центров кластеров, количество атмосферериков в выделенных типах) приведены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры грозовых кластеров.

Кластер	Время жизни	N_{SAFIR}	$N_{\text{синхр}}$	R, km	Az, °	$N_{\text{Тип1}}$	$N_{\text{Тип2}}$	$N_{\text{Тип3}}$	$N_{\text{ост}}$
28-06-01									
10	00:41-02:21	132	96	104 ± 7	341 ± 2	34	31	8	23
51	03:33-03:08	29	20	54 ± 3	338 ± 2	4	3	5	8
121	11:57-15:53	3778	1216	80-55-75	$80 \rightarrow 130$	544	32	311	329
262	11:50-12:56	90	41	63 ± 4	31 ± 7	13	6	4	18
06-07-01									
231	18:01-22:13	2558	647	78 ± 8	$283 \rightarrow 345$	192	35	211	209

Для разделения волновых форм атмосферериков из выделенных грозовых кластеров по типам и последующего формирования их усредненных (канонических) форм была разработана эвристическая итеративная двухэтапная процедура классификации. На первом этапе все зарегистрированные формы, синхронизированные с данными системы SAFIR и нормализованные по амплитуде первой полуволны, подвергаются последовательному усреднению с разделением средних форм по отдельным классам с использованием в качестве критерия селекции некоторого заданного предельно допустимого отклонения очередного анализируемого атмосферерика от усредненной формы

(в метрике L_2), полученной на предшествующей стадии обработки. При следующем запуске процедуры усреднения эти формы используются в качестве исходных эталонных образцов. Процедура усреднения повторяется до тех пор, пока количество усредненных форм перестает заметно сокращаться. При этом отбрасывались формы, представленные единичными экземплярами. Рис. 2 иллюстрирует отдельные характерные экземпляры усредненных форм из кластера CI_121.

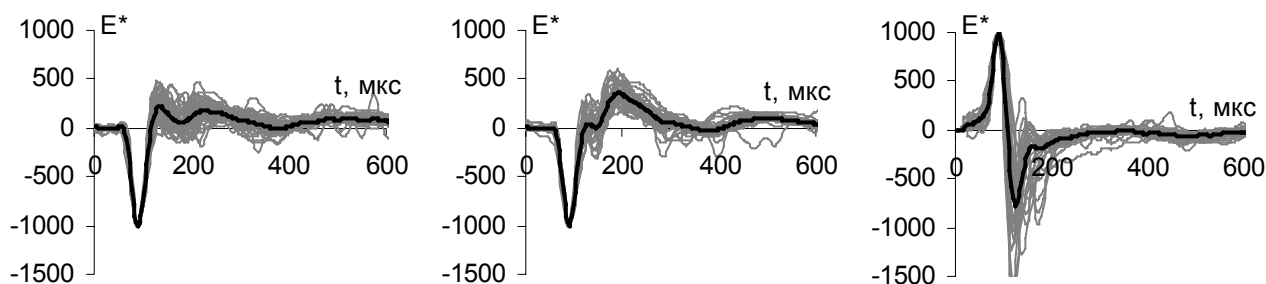


Рис. 2. Образцы характерных нормированных ОНЧ волновых форм атмосфериков (серые тонкие линии) и их усредненных образов (жирные кривые) из грозового кластера CI_121 (28-06-01).

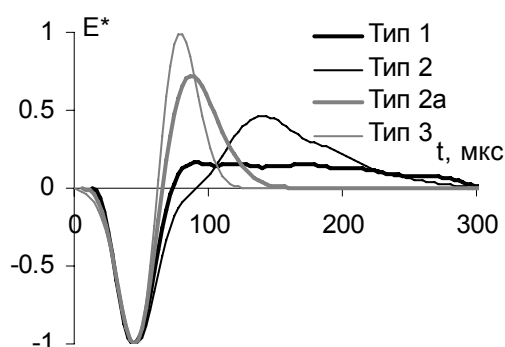


Рис. 3. Типы усредненных волновых форм атмосфериков.

На втором этапе классификации рассчитывалась матрица максимумов функций взаимной корреляции между всеми усредненными волновыми формами, полученными для разных грозовых дней, после чего формировались классы (или типы) сигналов, объединяющие усредненные формы атмосфериков, коэффициенты взаимной корреляции которых были не менее некоторого заданного порогового значения (для обсуждаемых данных этот порог составляет 0,9). На рис. 3 приведены основные типы усредненных волновых форм атмосфериков, рассматриваемых в качестве «канонических», а на рис. 4 – соответствие экспериментально зарегистрированных атмосфериков с рассчитанными с использованием одного из приведенных на рис. 3 типов (тип 2a).

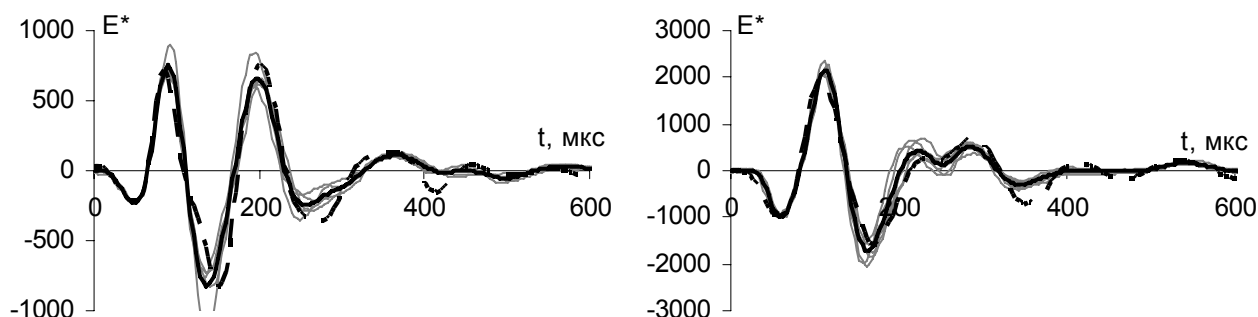


Рис. 4. Соответствие экспериментально зарегистрированных в разнесенных пунктах LM ($R = 1981$ км) и SPb ($R = 1046$ км) усредненных волновых форм атмосфериков (жирные кривые) с рассчитанными (пунктирные кривые) с использованием в качестве канонической формы типа 2a.

Результаты проведенных исследований подтверждают возможность и целесообразность использования предлагаемой методики в различных практических приложениях (и, прежде всего, при разработке и эксплуатации различных однопунктовых и многопунктовых систем пассивной локализации гроз).

Литература

1. Kononov I.I., Yusupov I.E. A simplified «engineering» return stroke model. // Proc. 31st ICLP, 2012, Vienna, Austria.
2. Kononov I.I., Yusupov I.E. Cluster analysis of thunderstorm development in relation to synoptic patterns. // 18th ILDC, 2004, Helsinki, Finland, Ref. No. 23.
3. Said R.K., Inan U.S., Cummins K.L. Long-range lightning geolocation using a VLF radio atmospheric waveform bank. // Journal of Geophysical Research, 2010, Vol. 115, D23108, doi:10.1029/2010JD01386.