



**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРИЗЕМНОЙ
АТМОСФЕРЫ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ МОЩНОЙ
КОНВЕКТИВНОЙ ОБЛАЧНОСТИ**

Пустовалов К.Н.

Руководитель
профессор, док. ф.-м. наук,
Нагорский П.М.

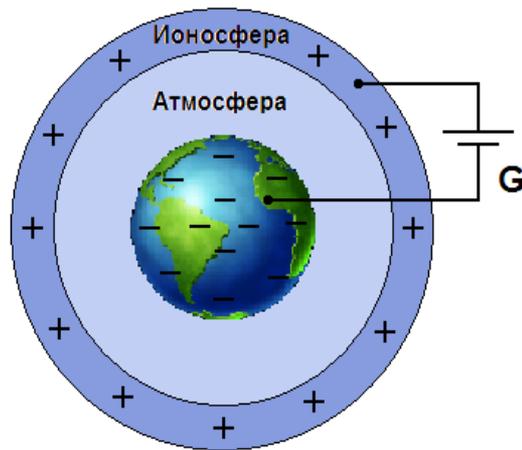
Кисловодск 2014

Постановка задачи

При анализе климатических изменений грозовой активности рассматриваются:

- изменение количества дней с грозой;
- плотность разрядов молний;
- изменение метеорологических, аэрологических, синоптических условий благоприятствующих развитию гроз.

Однако, остаётся без внимания изучение изменений внутренней структуры грозового процесса, одним из важнейших индикаторов которого может служить электрическое поле приземной атмосферы.



Глобальная электрическая цепь – токовый контур, образованный высоко-проводящими слоями верхнего слоя океана, земной коры и нижней ионосферы, разделённые слоем нижней атмосферы, проводимость которой ничтожно мала.

Земная поверхность и нижняя граница ионосферы – обкладки гигантского сферического конденсатора (рис. 1).

Основные источники ЭДС – облака, обладающие электрической структурой (рис. 2) и связанные с ними электрические разряды (молнии, джеты, спрайты, эльфы) (рис. 3).

Зоны возвратных токов – области хорошей погоды.

Рис. 1 – «Земной конденсатор»

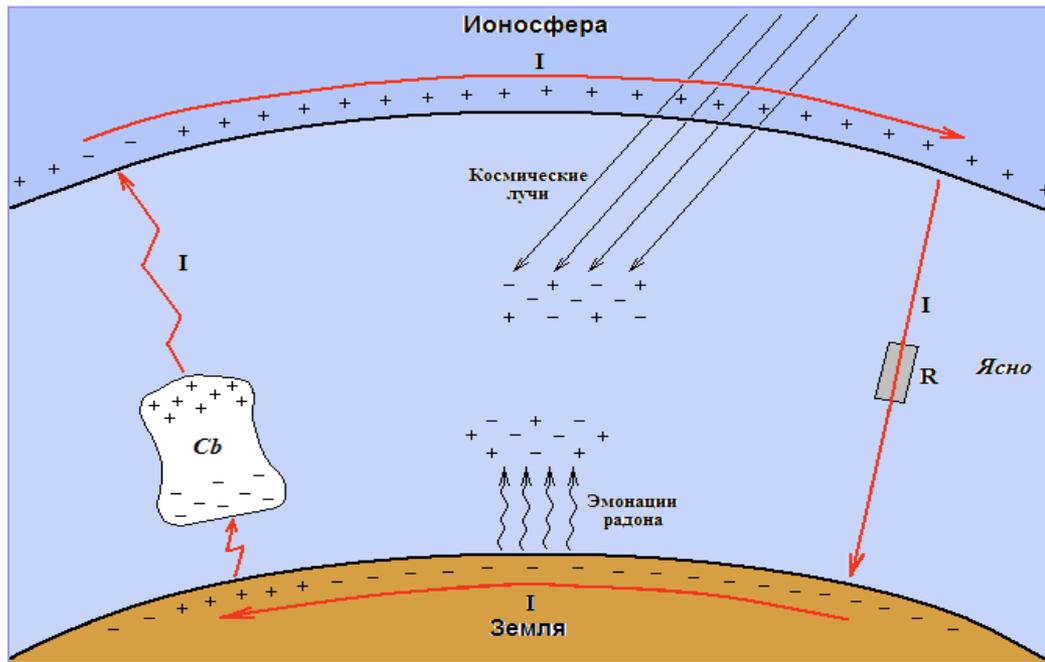


Рис. 2 – Схема Глобальной электрической цепи

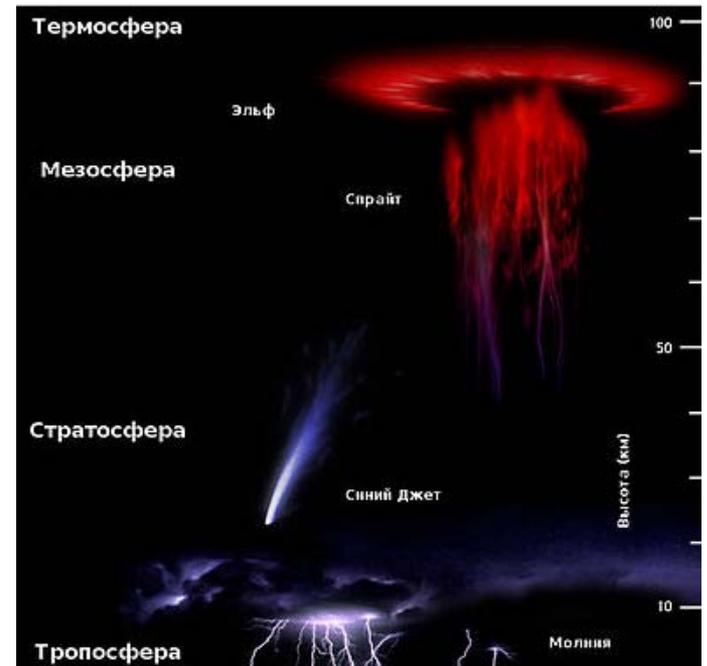


Рис. 3 – Разряды в атмосфере

Использованные данные

Данные о напряженности электрического поля атмосферы получены в геофизической обсерватории ИМКЭС СО РАН, г. Томск.

Период измерений - 2006-2013 гг.

Временное разрешение - 0,5-1 минута.

Прибор - стационарный электростатический флюксметр «Поле-2» (рис. 1, 2).

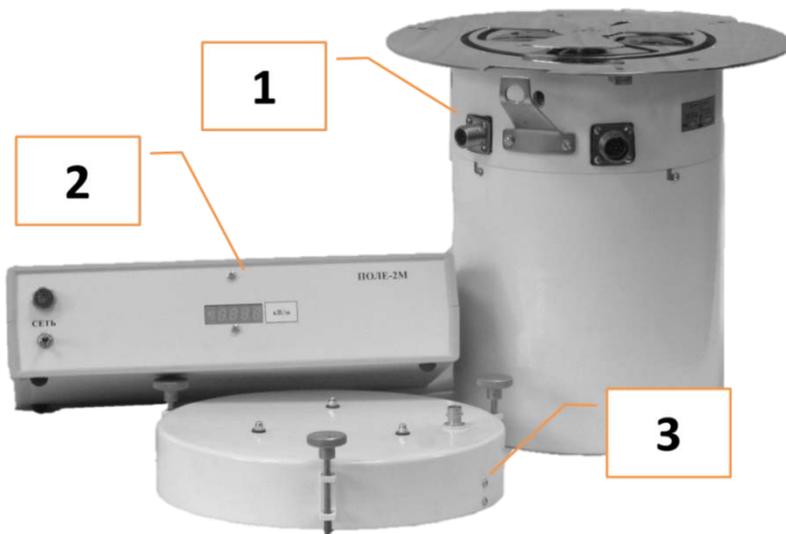


Рис. 1 – Общий вид прибора «Поле-2».

1 – выносной блок первичного преобразователя (датчик); 2 – вторичный блок питания и сопряжения; 3 – насадка на датчик для проведения контроля измерений.

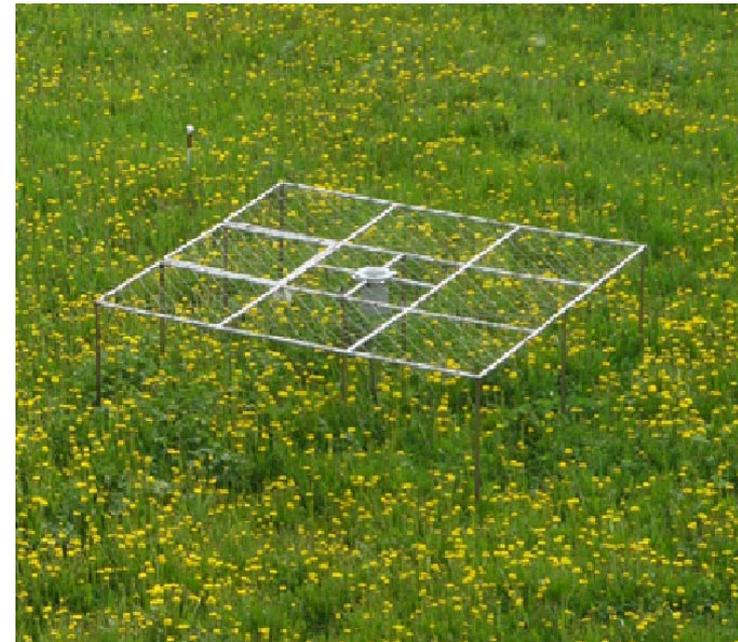


Рис.2 – Выносной блок первичного преобразователя (датчик), установленный на специальной сетке

Методика обработки

Из массива данных мониторинга было отобраны случаи прохождения мощной конвективной облачности (*Cu cumg* и *Cb*).

При этом рассматриваемые данные делились на два класса, в зависимости от условий образования конвективной облачности, т.е. температурного режима в различные месяцы, наличия или отсутствия устойчивого снежного покрова:

1. Тёплый период (май – сентябрь; 248 случаев);
2. Холодный период (ноябрь – март; 36 случаев).

Апрель и октябрь в исследовании не использовались, поскольку эти месяцы характеризуются перестройкой типа погоды (с зимнего на летний; с летнего на зимний), а также в эти месяцы происходит интенсивное разрушение/формирование снежного покрова и он имеет очаговый характер.

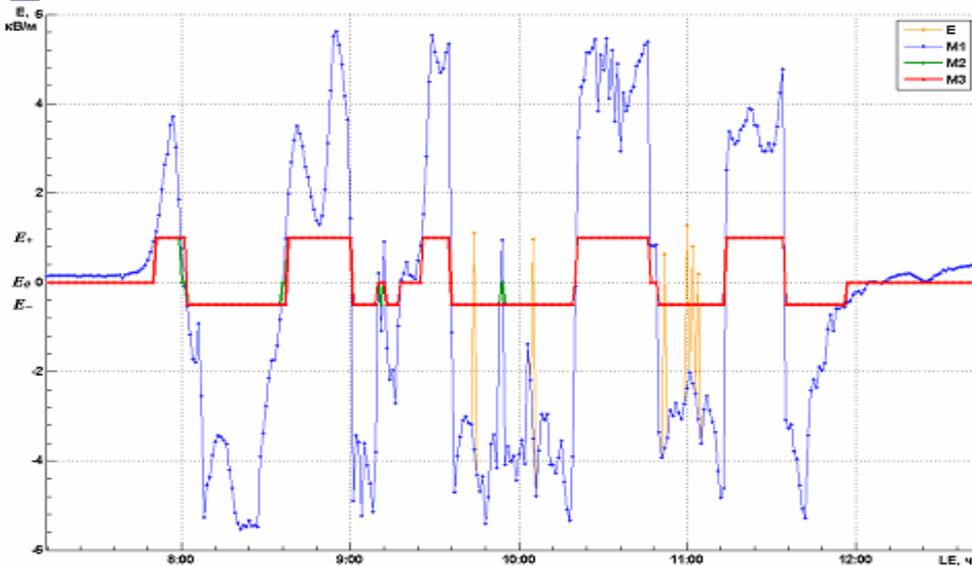


Рис. 1 – Графическое представление методики обработки данных

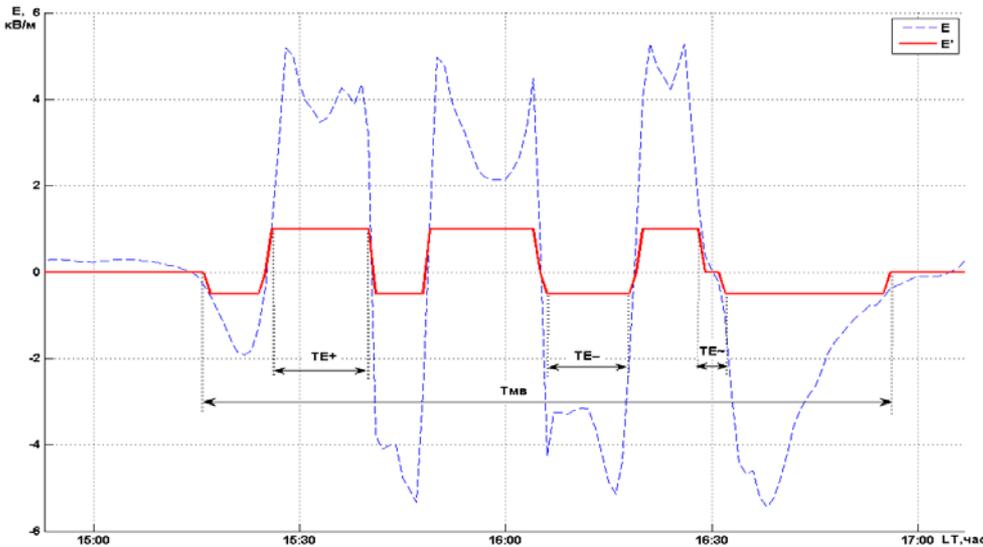


Рис. 2 – Параметры вариаций электрического поля

В ходе обработки реальные значения напряжённости поля (E) заменялись значениями из 3-х категорий (E') (рис.1):

1. Невозмущенное электрическое поле (E_0);
2. Положительное возмущение ($E+$);
3. Отрицательное возмущение ($E-$);

Обработка данных позволила определить основные характеристики этого явления и провести анализ распределений исследуемых параметров (рис. 2):

T_{mb} – общая длительность мощных вариаций;

$TE+$ – длительность положительных возмущений поля ($E+$);

$TE-$ – длительность отрицательных возмущений поля ($E-$);

$TE\sim$ – длительность перехода (ширина фронта) от $E+$ к $E-$ и в обратном направлении;

$NE+$ – число появления положительных возмущений ($E+$);

$NE-$ – число появления отрицательных возмущений ($E-$);

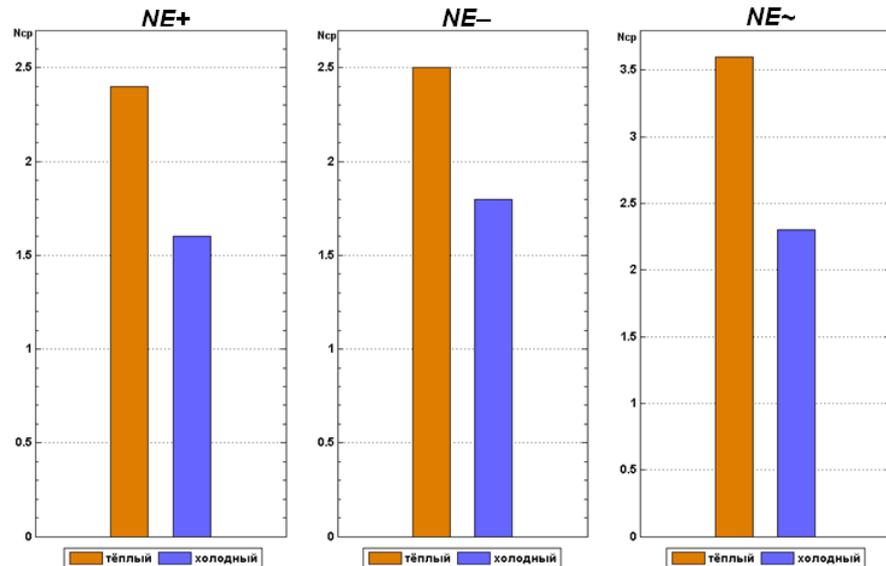
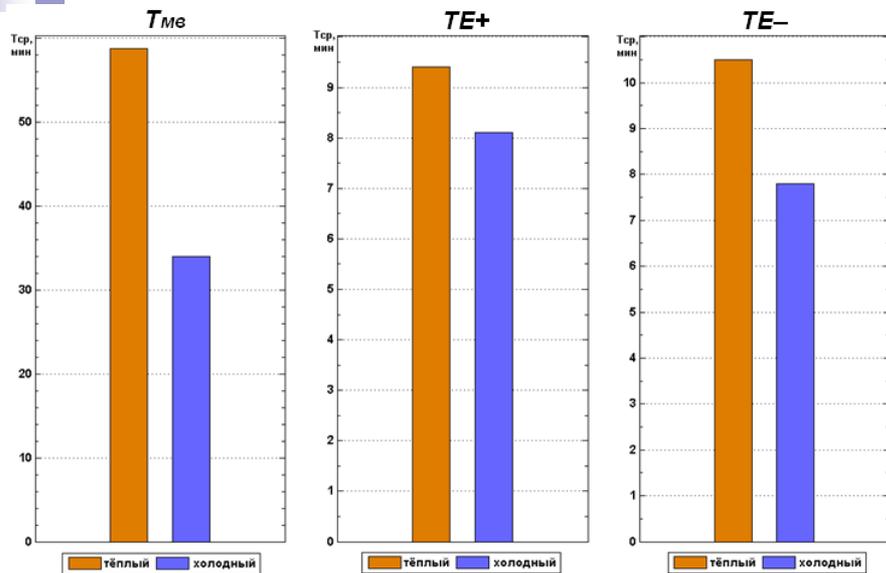
$NE\sim$ – число переходов от $E+$ к $E-$ и в обратном направлении.

Табл. 1 – Статистические характеристики исследуемых параметров в тёплый период

	Среднее	Медиана	СКО	Мин-ое	Макс-ое	Размах
$TE_{+}, \text{ мин}$	9,4	7,1	7,7	0,4	43,1	42,7
$TE_{-}, \text{ мин}$	10,5	8,5	8,6	0,4	48,1	47,7
$TE_{\sim}, \text{ мин}$	2,2	1,0	2,6	0,4	20,4	20,0
NE_{+}	2,4	2,0	1,6	1,0	9,0	8,0
NE_{-}	2,5	2,0	1,7	1,0	11,0	10,0
NE_{\sim}	3,6	3,0	2,9	1,0	17,0	16,0
$T_{ME}, \text{ мин}$	58,7	46,0	47,1	4,9	256,1	260,2

Табл. 2 – Статистические характеристики исследуемых параметров в холодный период

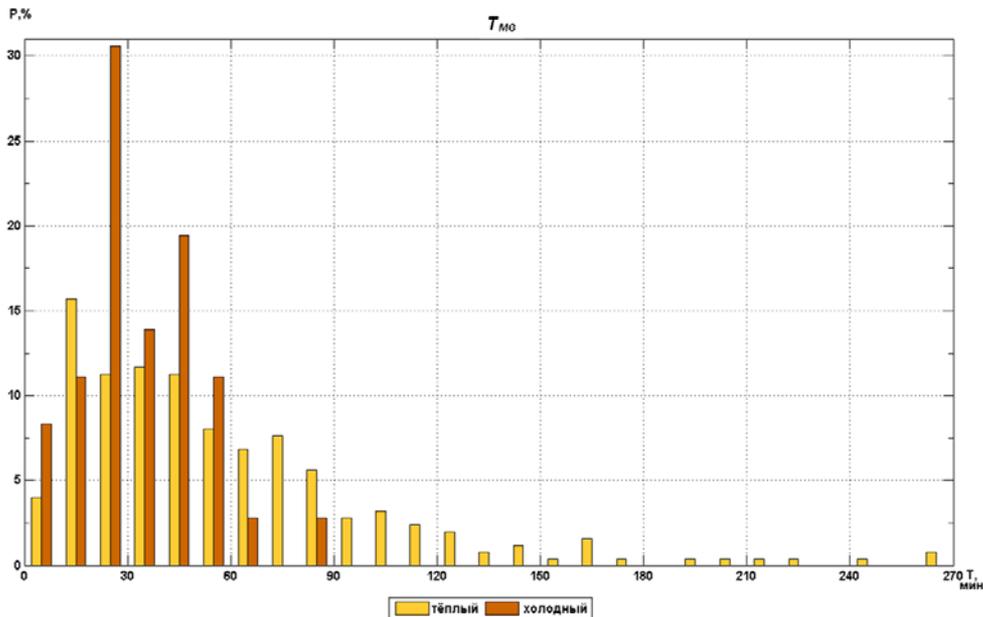
	Среднее	Медиана	СКО	Мин-ое	Макс-ое	Размах
$TE_{+}, \text{ мин}$	8,1	5,0	8,6	0,6	36,0	35,4
$TE_{-}, \text{ мин}$	7,8	5,0	6,7	0,5	28,1	27,6
$TE_{\sim}, \text{ мин}$	2,7	1,9	3,1	0,4	16,0	15,6
NE_{+}	1,6	1,5	0,7	1,0	4,0	3,0
NE_{-}	1,8	2,0	0,8	1,0	4,0	3,0
NE_{\sim}	2,3	2,0	1,3	1,0	7,0	6,0
$T_{ME}, \text{ мин}$	34,0	30,0	17,4	6,5	82,5	76,0



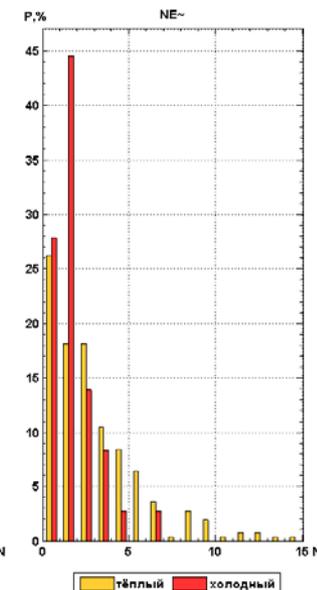
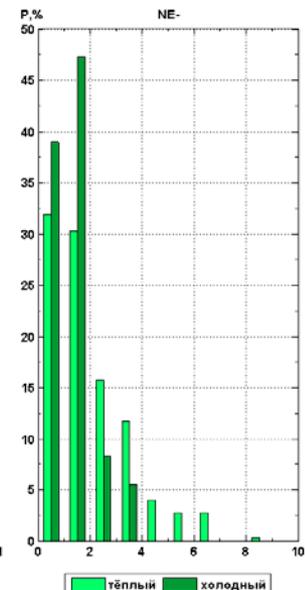
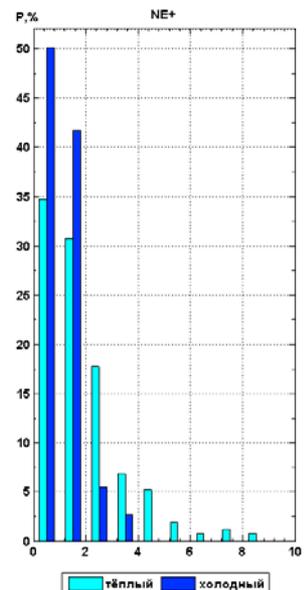
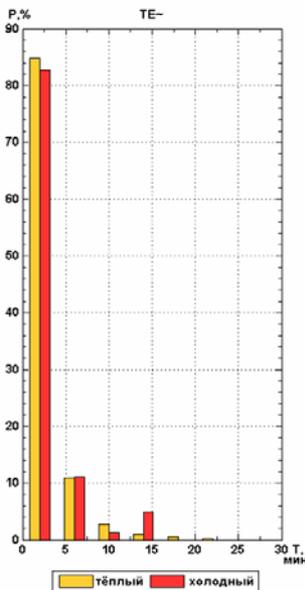
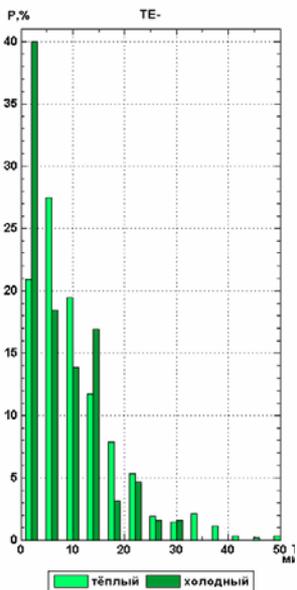
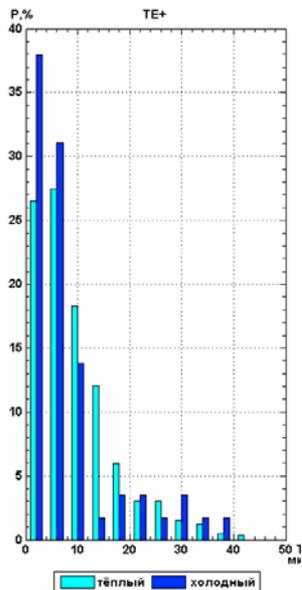
- Средние значения общей длительности мощных вариаций (T_{me}), длительности положительных ($TE+$) и отрицательных ($TE-$) возмущений, а также количества положительных ($NE+$) и отрицательных ($NE-$) возмущений, и переходных процессов ($NE\sim$) за тёплый период значительно превышает аналогичные параметры за холодный период. Причиной этого является значительно большая мощность кучевой и кучево-дождевой облачности в тёплый период.

- Длительность переходного процесса ($TE\sim$), в отличие от остальных параметров, в холодный период существенно превышает таковую в случае тёплого периода. Это можно объяснить особенностями конфигурации кучево-дождевых облаков в холодный период (облака сильно наклонены к земной поверхности)

Средние значения исследуемых параметров за тёплый и холодный периоды

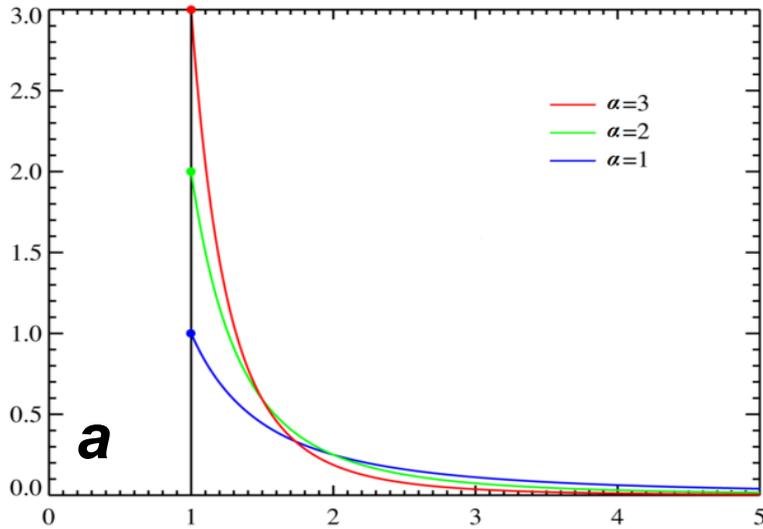


- Повторяемость случаев (в %) с небольшими значениями длительности / количества исследуемых параметров в холодный период превышает таковую в тёплый период.
- Повторяемость случаев с большими значениями длительности/ количества, наоборот, в тёплый период значительно больше, чем в холодный период, где таковых в ряде случаев не оказывается вовсе вследствие намного меньшего разброса значений.



Распределения исследуемых параметров за тёплый и холодный периоды.

По оси ординат отложена повторяемость в % от общего числа случаев, а по абсцисс – количество за случай.



Анализ распределений общей длительности мощных вариаций (*Тмв*) для тёплого и холодного периодов показал, что исходные распределения близки к составному распределению Леви-Парето .

Это распределение, с так называемым «тяжелым хвостом», при оценке маловероятных событий дает вероятность наступления события, намного превышающую оценку, следующую из нормального закона распределения.

$$F_{\xi}(x) = P\{\xi < x\} = 1 - \left(\frac{c_0}{x}\right)^{\alpha}$$

$$f_{\xi}(x) = \frac{\alpha}{c_0} \left(\frac{c_0}{x}\right)^{\alpha+1}$$

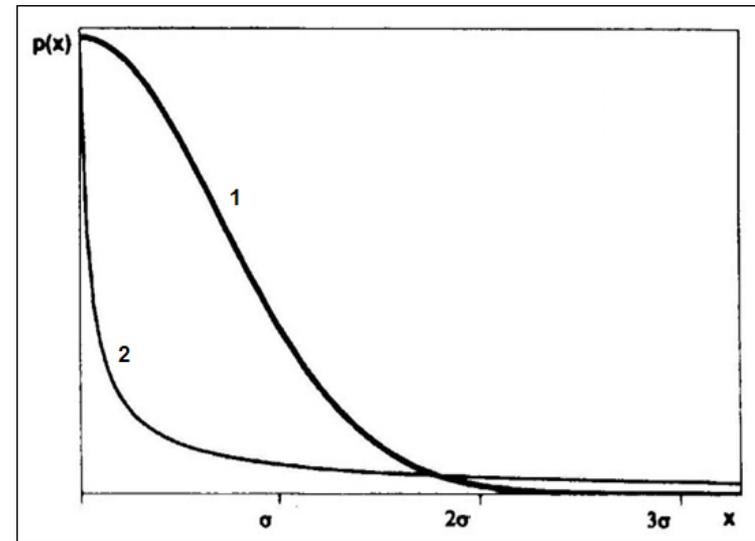
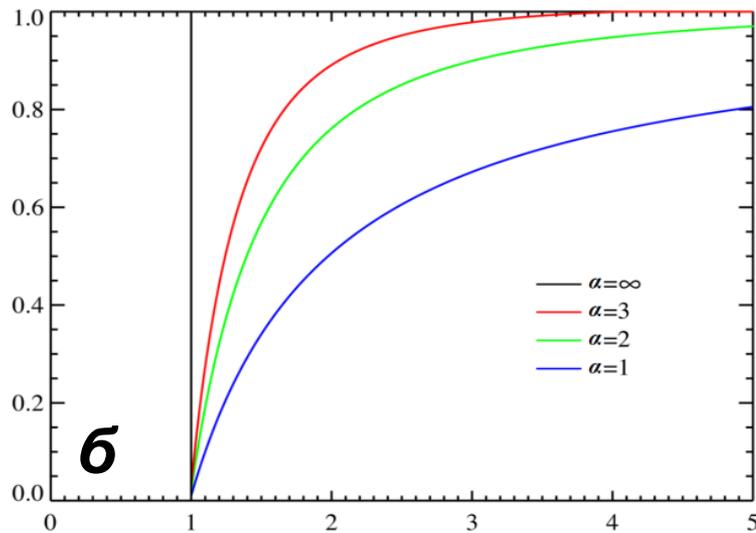
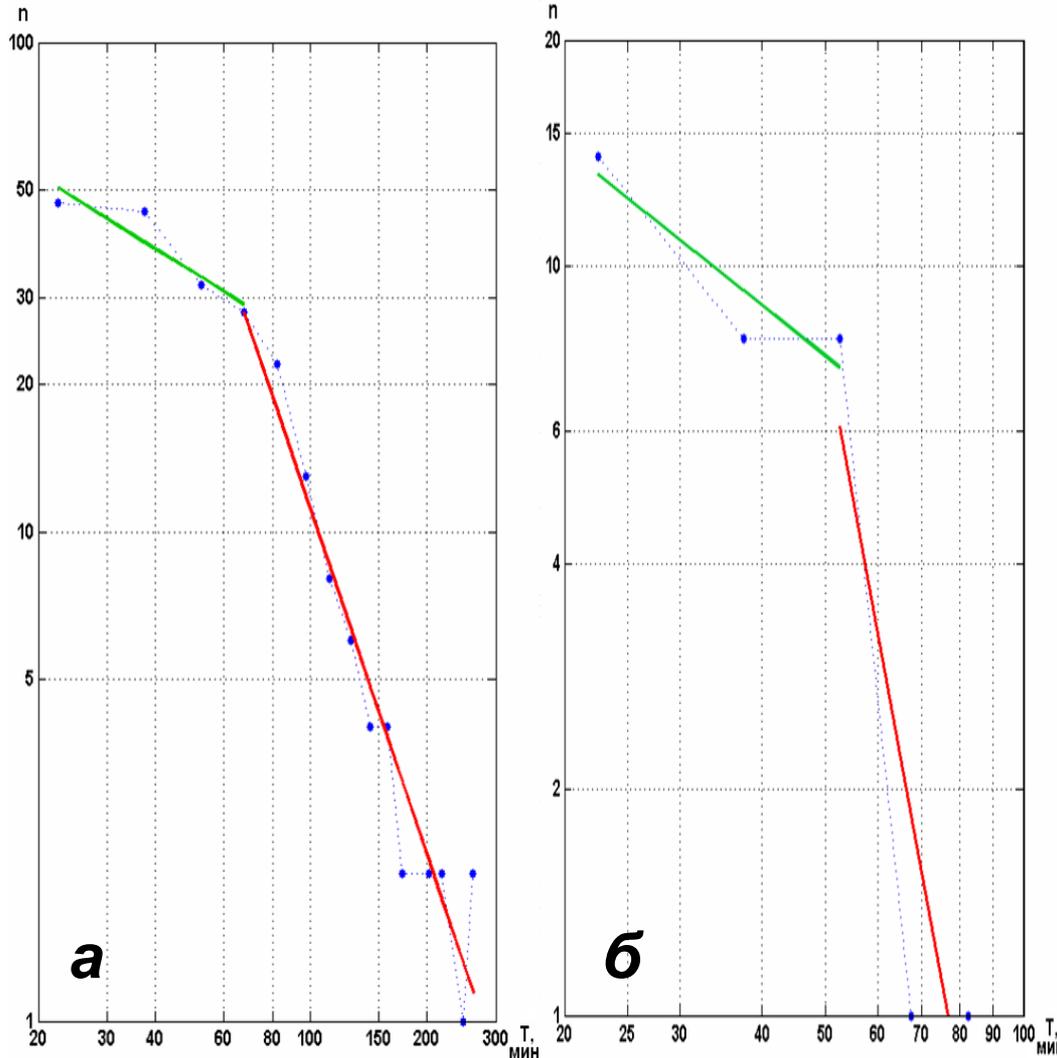


Рис. 1 – Плотность вероятности (а) и функция распределения (б) для распределения Леви-Парето.

Рис. 2 – Плотность вероятности распределений Гаусса (1) и Леви-Парето (2).



Распределения Леви-Парето для общей длительности мощных вариаций за тёплый (а) и холодный период (б).

В распределении T_{mv} как тёплого, так и холодного периодов наблюдаются два различных тренда, что предположительно связано с масштабами исследуемых явлений: одиночное конвективное облако или мезомасштабная конвективная система (МКС).

При этом, перелом распределения в тёплый период происходит (табл.1) при длительности ~ 67 мин, а в холодный период – при длительности ~ 52 мин.

Табл. 1 – Параметры распределений Леви-Парето для T_{mv} тёплого и холодного периодов

Период	Параметры распределения		
	c_0^* , мин	α	
		$20 \leq x \leq c_0^*$	$x \geq c_0^*$
Тёплый период	67	-0,496	-2,356
Холодный период	52	-0,696	-4,753

Заключение

- Получены качественные и количественные характеристики вариаций напряжённости поля, находящихся под влиянием мощной конвективной облачности, отдельно для тёплого и холодного периодов.
- Изучение общей длительности вариаций напряженности поля показало, что эти распределения для тёплого и холодного периодов близки к составному распределению Леви-Парето.

Предложенная методика обработки может быть использована для исследования характеристик грозового и предгрозового электричества в сходных метеоусловиях за другой временной период, обусловленной изменением климата, либо для проведения подобных исследований в других ландшафтных и физико-географических условиях.