



Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Высокогорный геофизический институт», г. Нальчик

Атмосферное электричество в высокогорных условиях, включая исследования градовых облаков и проявлений аномальной солнечной активности

Аджиев А.Х – д.ф-м.н., проф., заведующий отделом
Лиев К.Б. – к.ф.м.н., заведующий отделом

В последние 30 лет здесь отмечается тенденция повышения частоты и интенсивности гроз и града в предгорных и равнинных районах и некоторое снижение в горных районах. Это, по-видимому, связано с отмеченными изменениями климата и глобальной циркуляции атмосферы (повышение температуры на $0,9\text{--}1,0^{\circ}\text{C}$ и влажности воздуха на 5-6%, изменение направления ведущих потоков с запад и юго-западных на южные).

Во многих регионах проблема обеспечения безопасности жизнедеятельности в условиях нарастающей грозоградовой активности обуславливает высокую актуальность развития методов прогноза, обнаружения, мониторинга, оповещения и предотвращения мощных градовых процессов, сопровождающихся интенсивной грозовой деятельностью, ливневыми дождями, паводками и селями, которые наносят серьезные материальные потери и приводят к человеческим жертвам.

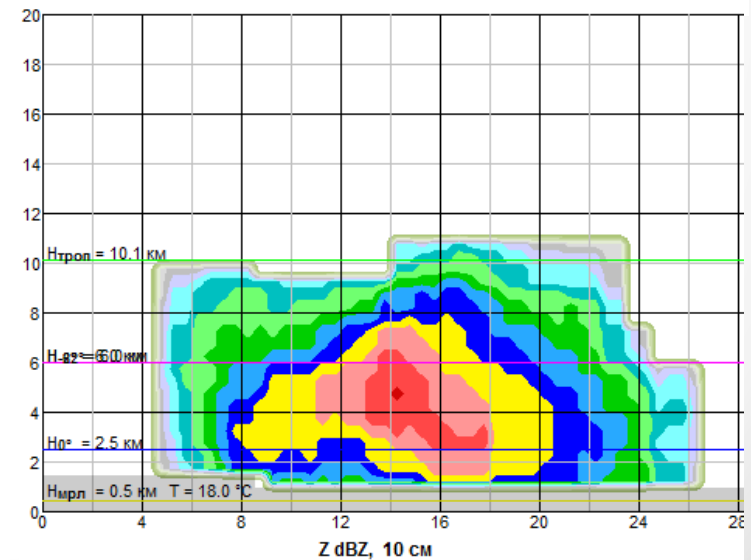
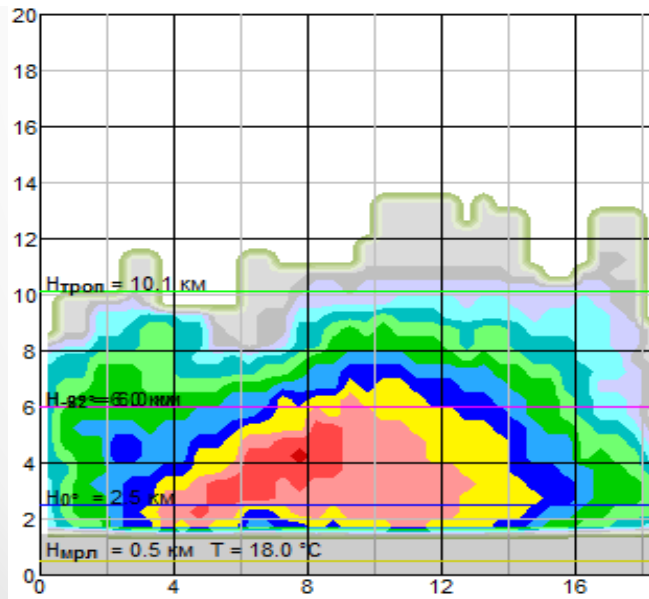
Рассмотрен временной ход и взаимосвязь радиолокационных и электрических (грозоразрядных и напряженности электрического поля) характеристик мощных градовых облаков Северного Кавказа.

Методика и аппаратура наблюдений

Исследования проведены по данным наблюдений Ставропольского программно-технического комплекса "АСУ-МРЛ", который обеспечивал синхронное получение и обработку данных 10 см канала радиолокатора МРЛ-5, 6-пунктной сети грозопеленгаторов и 4-х измерителей напряженности приземной атмосферы. Датчики фирмы "Vaisala". Программно-технический комплекс "АСУ-МРЛ" обеспечивал:

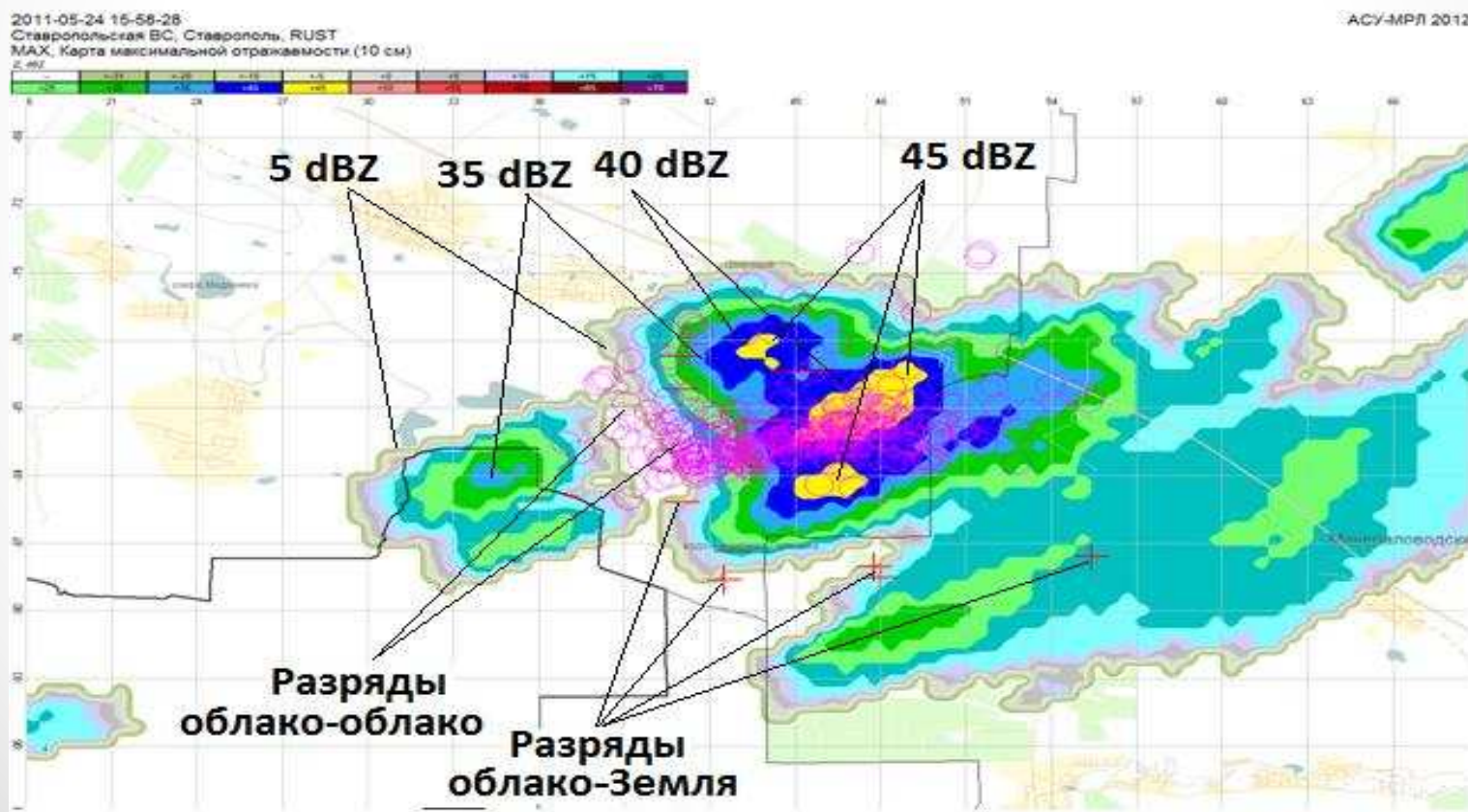
- радиолокационный обзор пространства через каждые 3,5 минуты;
- обработку радиолокационной информации об облаках и осадках в радиусе 250 км;
- формирование и отображение карт максимальной отражаемости, горизонтальных сечений на любой высоте, вертикальных сечений в любом азимуте, карт размера и кинетической энергии града, интенсивности и количества осадков, вертикально интегрированное водосодержание (VIL) и т.д. (около 30 различных карт);
- измерение более 50 одномерных, двумерных и трехмерных параметров облачной системы и ее отдельных ячеек;
- управление активными воздействиями на облака с целью предотвращения града и искусственного увеличения осадков;
- ввод данных сети грозопеленгаторов LS8000 и визуализацию пеленгов грозовых разрядов на фоне карты максимальной отражаемости, на фоне карты VIL или любой другой.

2022-06-23 14-19-48
ФГБУ Ставропольский ЦГМС, г. Ставрополь, ДМРЛ-С, RU DT
Карта воздействия 1



Каждый грозопеленгатор имеет два датчика: высокочастотный (VHF), который регистрирует внутриоблачные разряды, и низкочастотный (LF), который регистрирует разряды типа облако-земля положительной (LF+) и отрицательной (LF-) полярности.

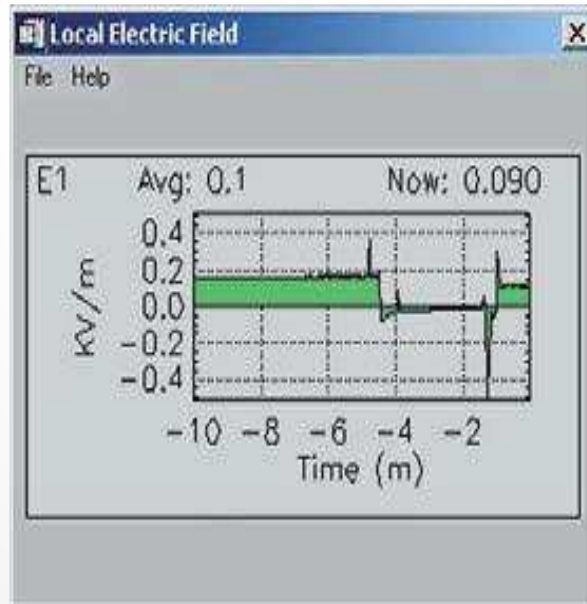
Синхронизация данных осуществляется по сигналам точного времени, принимаемым GPS приемниками с точностью 100 наносекунд. Данные сети датчиков LS8000 передавались в «АСУ-МРЛ» в реальном масштабе времени, что позволяло получать синтезированную карту радиолокационной и грозоразрядной информации, на которой отображались все VHF и LF разряды, обнаруженные за 3,5 минутный период цикла обзора.



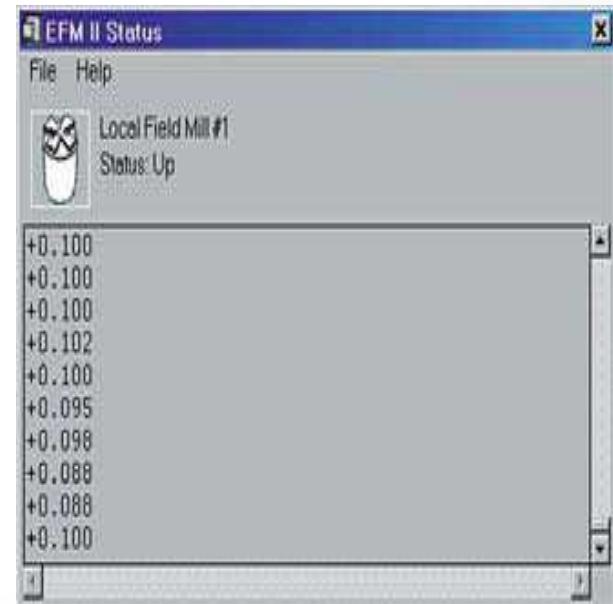
На рисунке показан внешний вид датчика измерителя электрического поля атмосферы EFM550.



Информация с датчика поступает в компьютер, обрабатывается и сохраняется на жестком диске. Данные, полученные датчиком, специальная программа может отображать на мониторе в виде графика – (а) и числового значения – (б).

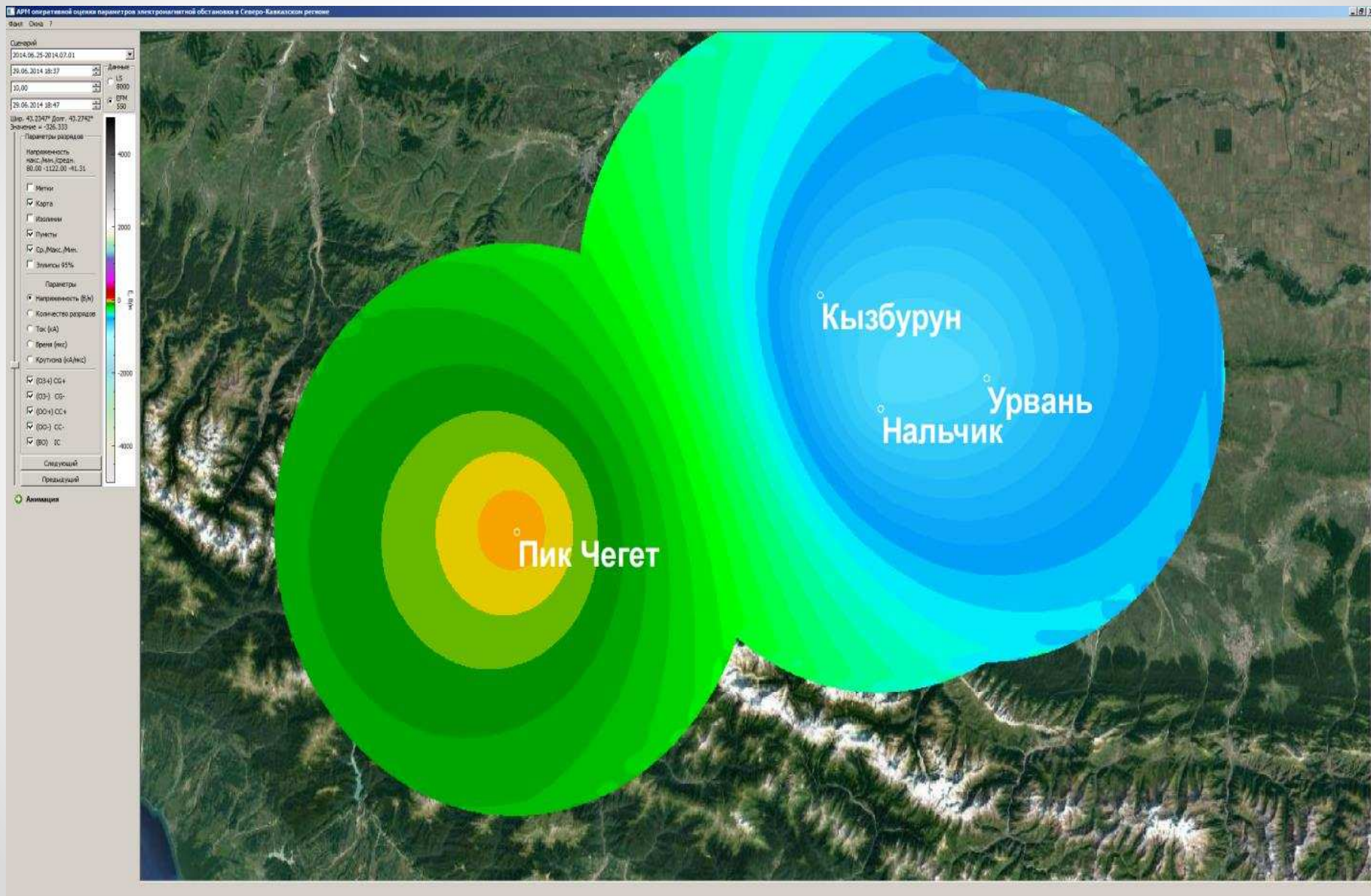


(а)

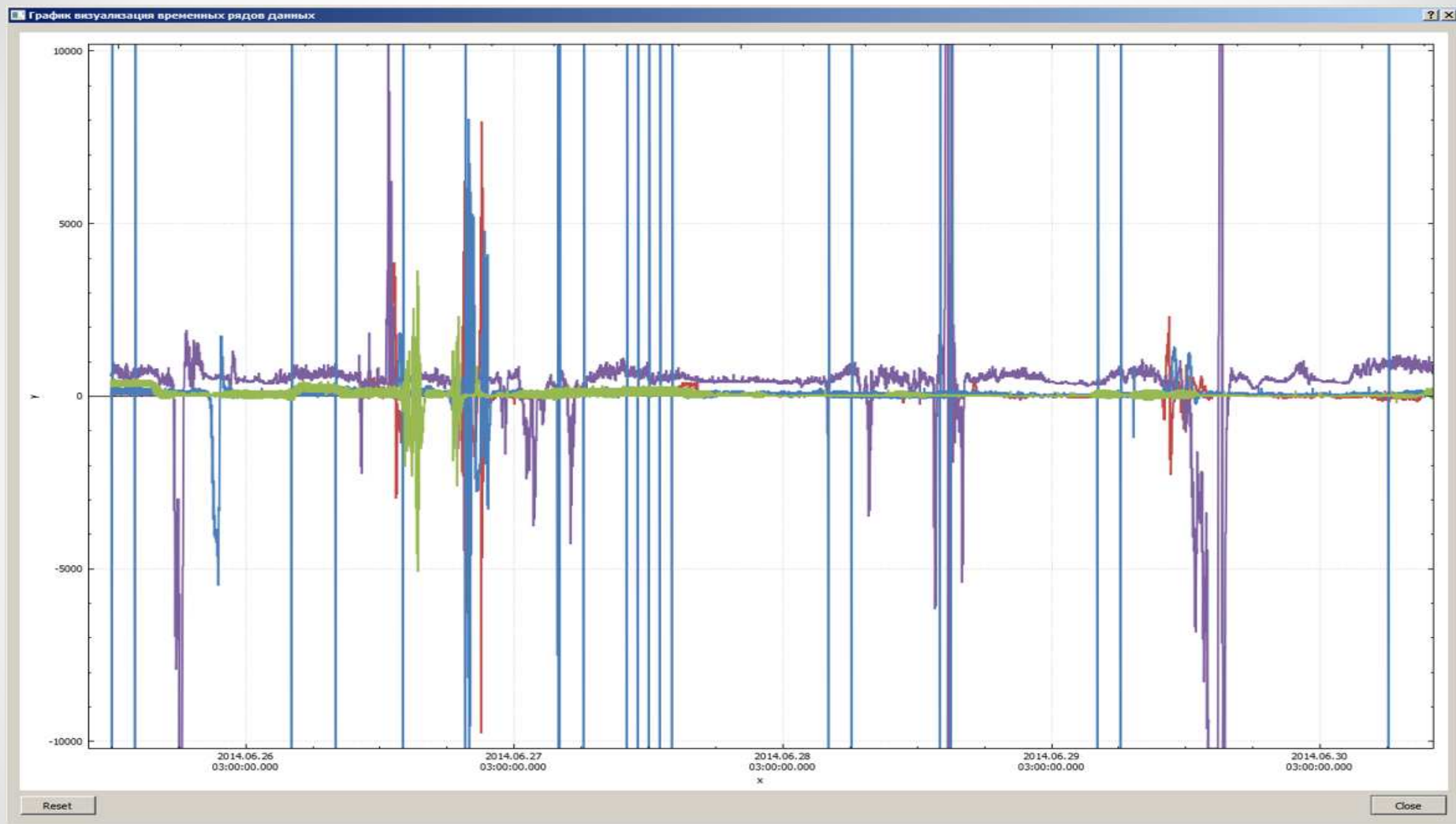


(б)

Карта напряженности поля для момента времени 29.06.2014 18:37

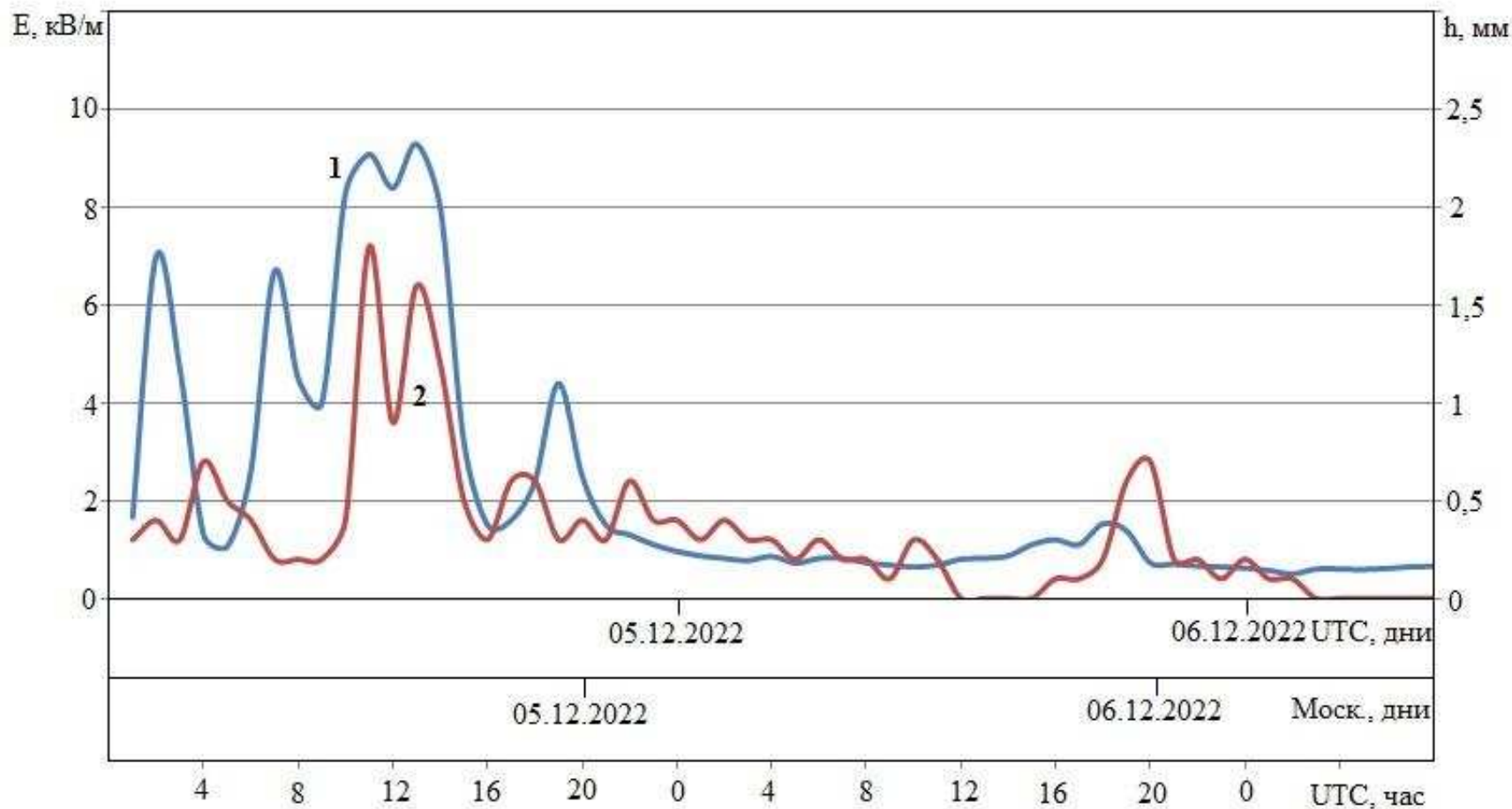


Данные четырех измерителей поля за неделю 25.06.2014 -01.07.2014



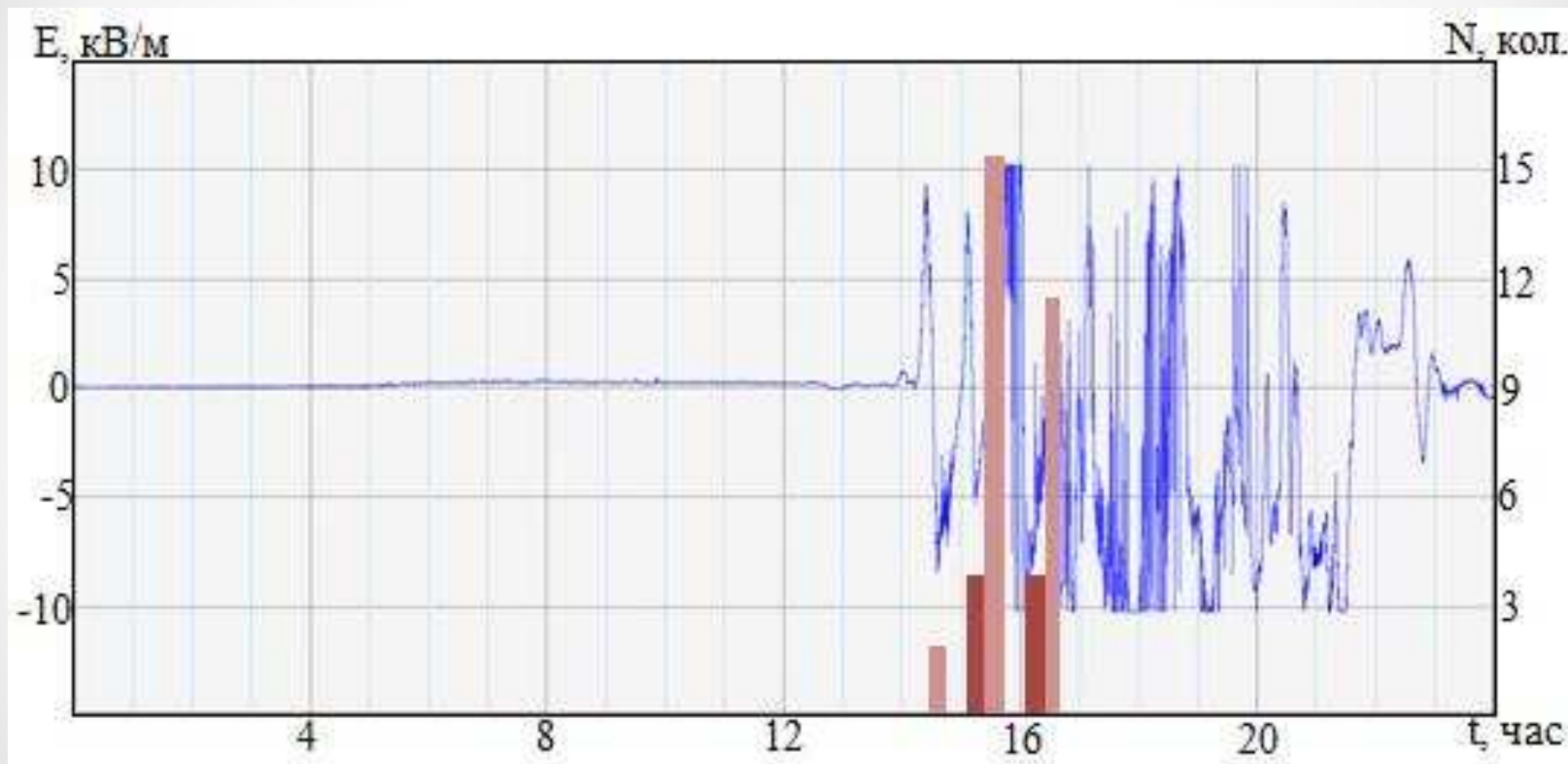


Суточные изменения электрического поля атмосферы (относительные значения)
на станции «Пик Чегет», высота 3040 м. н.у.м., для двух сезонов



Ход напряженности электрического поля атмосферы с 5 по 6 декабря 2022г. (кривая 1) и количество выпавших осадков (кривая 2) на станции «Пик Чегет» при снегопаде. Скорость ветра около 9 м/с.

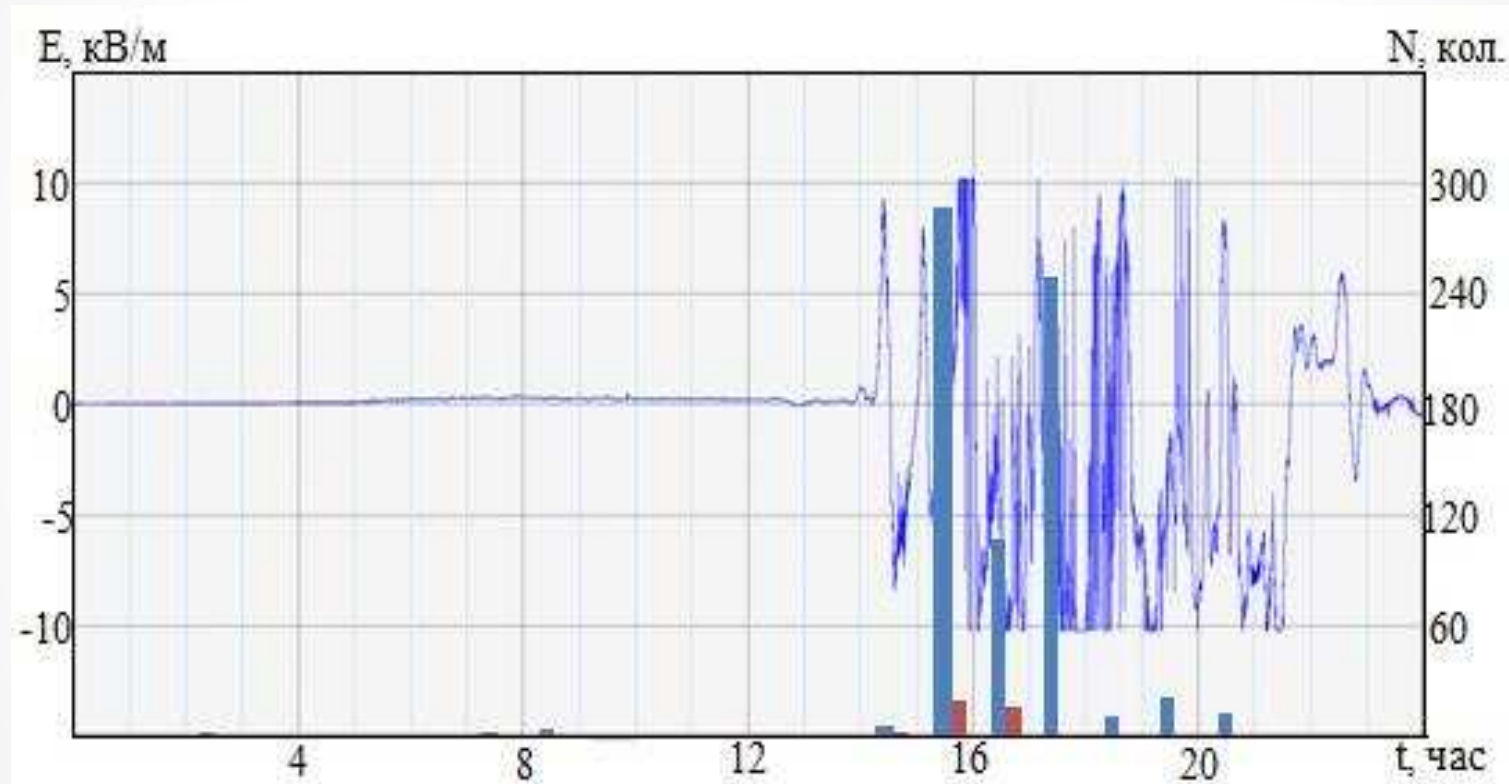
На следующих слайдах показаны совмещенные данные напряженности электрического поля атмосферы с данными количества молниевых разрядов над выбранной территорией, для дней с грозоградовыми процессами.



Ход напряженности электрического поля и количество разрядов облако-земля от времени, за 6 мая 2022 года (— - количество положительных разрядов, — - количество отрицательных разрядов)

Характерным свойством суточной вариации квазистатического электрического поля на станциях в условиях «хорошей погоды» является наличие волнообразного понижения значений E в освещенное время суток. Также прослеживается явная сезонная зависимость значения E . В зимний период значение E выше, чем в летний период на 50-100 В/м.

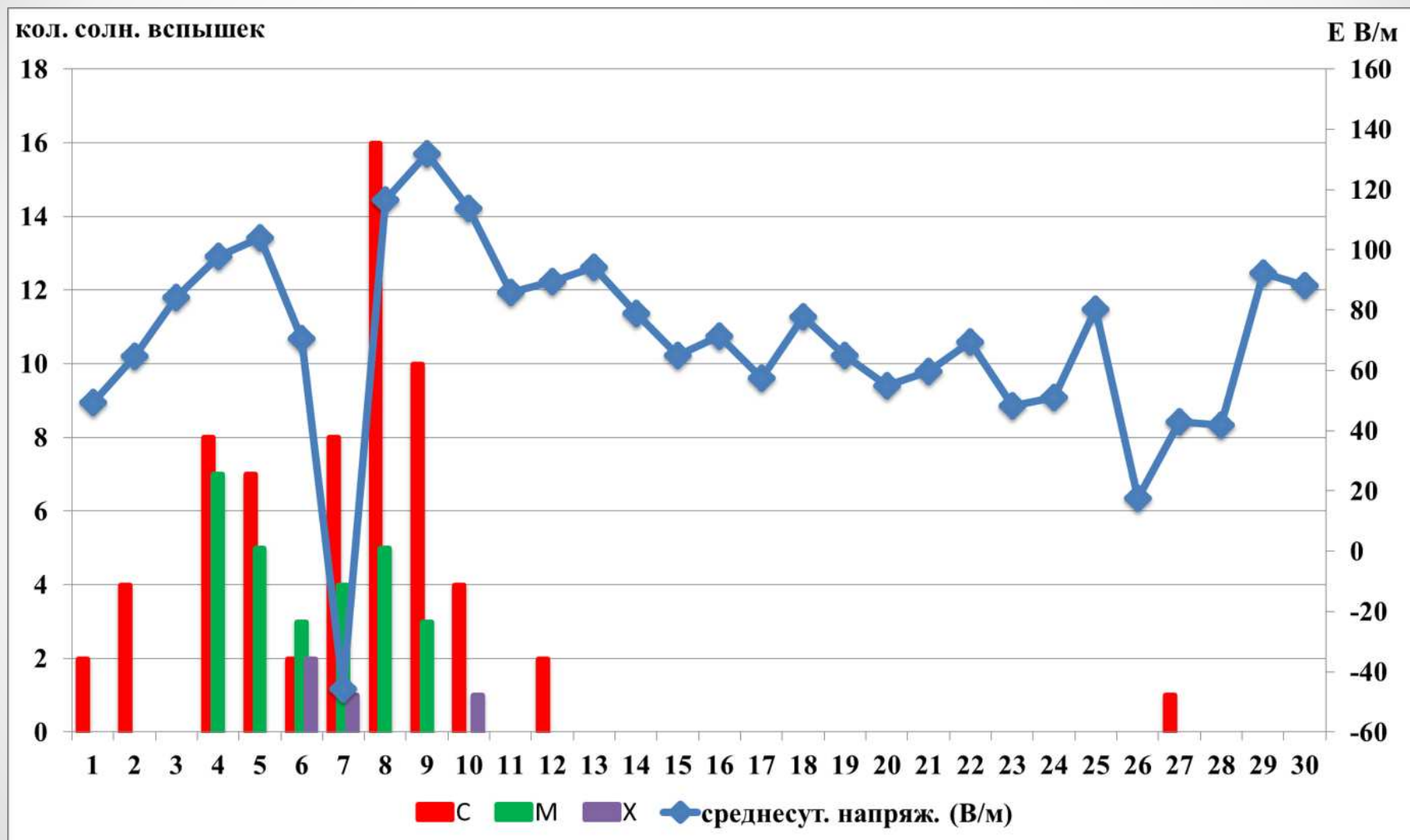
Независимо от периода наблюдений в условиях «хорошей погоды» значение напряженности поля не превышает +500 В/м и оно всегда положительное.



Ход напряженности электрического поля и количество разрядов облако- облако и облако-земля (сумма положительных и отрицательных) от времени, за 6 мая 2022 года

(— количество разрядов облако-облако, — количество разрядов облако-земля)

Изменения среднесуточной напряженности электрического поля приземной атмосферы и характеристик солнечных вспышек C-, M-, X- класса за сентябрь 2017 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исследования проведены в 2016-2022 годах на автоматизированном метеорологическом радиолокационном комплексе «АСУ-МРЛ», который обеспечивал синхронное получение и обработку данных радиолокатора МРЛ-5 и 4-пунктной сети грозопеленгаторов LS8000, визуализацию пеленгов грозовых разрядов на фоне карты радиолокационной отражаемости, а также измерение комплекса радиолокационных и грозовых характеристик облаков, включая их максимальную радиолокационную отражаемость $Z_{\max}$, высоты, объемы и водосодержание облаков при разных значениях отражаемости, частоты внутриоблачных молниевых разрядов (VHF), разрядов «облако-земля» положительной (LF+) и отрицательной (LF-) полярности, тока разрядов и др. Анализ полученных результатов показал, что в развивающихся градовых облаках Северного Кавказа молниевые разряды начинаются, когда их максимальная радиолокационная отражаемость достигает $Z_{\max} \geq 40$ dBZ, частота разрядов увеличивается по мере увеличения их отражаемости, интегрального водосодержания и усиления процесса осадкообразования. Самая высокая грозовая активность отмечается при $Z_{\max} \approx 70 - 75$ dBZ. Большинство низкочастотных разрядов LF- и LF+ отмечаются на наветренном фланге в зоне интенсивного осадкообразования, а большинство высокочастотных UHF разрядов на их подветренной стороне. Засев градовых облаков кристаллизующими реагентами с помощью противогорwxовых ракет также приводит к увеличению частоты разрядов всех типов.

2. Исследования суточных вариаций электрического поля атмосферы при различных значениях скорости солнечного ветра и плотности протонов выполнены на высокогорной станции «Чегет» (высота 3100 м). Высотное местоположение станции позволило исключить вклад антропогенных факторов в динамике напряженности электрического поля атмосферы. А метеоконтроль района исследований позволил выделять дни с «хорошей» погодой.

3. Выделена реакция атмосферного электричества на солнечные вспышки в виде значительных амплитудных изменений значения напряженности поля от -50В/м до 140 В/м:

Расчетная среднесуточная амплитуда изменений значения напряженности поля при наличии солнечных вспышек превышает расчетную среднесуточную амплитуду изменений значения напряженности поля при отсутствии солнечных вспышек и составляет 25.

Последствия действия солнечно-земных связей могут оказывать вспомогательное, а иногда и решающее влияние на динамику суточных и сезонных вариаций поля приземной атмосферы. Указанные всплесковые изменения активности Солнца приводит к резким изменениям напряженности электрического поля приземной атмосферы.

4. Анализ ограниченного числа данных напряженности поля (E), скорости солнечного ветра (V) и концентрации протонов (n) позволяет отметить, что увеличение значений v и n приводит к росту среднесуточных значений градиента электрического поля приземной атмосферы по сравнению со среднемноголетними значениями поля «хорошей погоды».

5. При рассмотрении годового хода напряженности электрического поля приземной атмосферы на рассматриваемом временном ходе можно выделить участки, где имеет место высокая корреляция между значениями напряженности поля E , с одной стороны, и значениями V и n , с другой стороны. Вместе с этим нельзя делать вывод об однозначности взаимосвязей E , V и n .

Благодарю за внимание