

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ОДИНОЧНОГО МОЛНИЕВОГО РАЗРЯДА НА НАПРЯЖЕННОСТЬ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ВОЗДУХА И АКУСТИЧЕСКУЮ ЭМИССИЮ
ПРИ ПОВЕРХОСТНЫХ ПОРОДАХ**
**INFLUENCE OF SINGLE LIGHTNINGS ON THE INTENSITY OF AN AIR ELECTRICAL FIELD AND
ACOUSTIC EMISSION OF NEAR SURFACE ROCKS**

С. Э. Смирнов, Ю. В. Марапулец

Институт космических исследований и распространения радиоволн
ДВО РАН, п.Паратунка (Камчатский край), e-mail: sergey@ikir.ru, marpl@ikir.ru

The effect of influence single lightnings on the intensity of an electrical field in near ground atmosphere is investigated. The effect was showed in sharp fall of a gradient of intensity potential from 80 V/m up to a minus 21 V/m. Then the field has returned on its level under the formula of restoration of the condenser charge with characteristic time 17sec. Simultaneously the response of acoustic emission of near surface rocks in a range of frequencies 6.5 - 11 kHz is found out.

1. Введение

Несмотря на длительный период изучения грозовых процессов, научный интерес к этим явлениям не утихает. Принятая в настоящее время идея, что электростатический заряд Земли формируется планетарной грозовой активностью, требует более детального рассмотрения переходных процессов разряда и заряда в облаке. В работе исследован процесс отклика в напряженности электрического поля в приземном воздухе и акустической эмиссии на одиночный молниевый разряд.

Особенностью электрического состояния атмосферы на Камчатке является малое количество гроз. По официальным данным с 1937 по 1982 годы (45 лет) было зарегистрировано всего 22 грозы [1]. 2 октября 2008 года произошло уникальное для данной местности событие. В 17 часов 46 минут местного времени (4:46 UT) произошел единичный молниевый разряд, который не сопровождался осадками. На этот разряд отреагировали датчики электрического поля и акустической эмиссии, установленные на обсерватории «Паратунка». Как известно наибольшим возмущающим фактором электрического состояния приземного воздуха являются атмосферные осадки. В работе [2] было показано, что во время осадков уровень шумов возрастает на два порядка, по сравнению с измерениями в условиях «хорошей погоды». В данном случае динамику изменения электрического состояния атмосферы можно было проследить в невозмущенном осадками виде. Более того, облачность в этот день была не сплошная, а в виде отдельных больших кучевых облаков.

2. Методы измерений

Наблюдения проводились на Камчатке в obs. «Паратунка» ИКИР ДВО РАН ($\lambda=158,25^\circ\text{E}$; $\varphi=52,9^\circ\text{N}$). Измерения напряженности электрического поля проводилось датчиком «Поле-2», разработанным в филиале Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейково – научно-исследовательским центром дистанционного зондирования атмосферы [3]. Он зарегистрирован в ГОССТАНДАРТЕ (сертификат RU.E.34.001.A № 7136 от 10.03.2004г.) и занесен в Госреестр 13.09.2005г. № 2941-2005. «Поле-2» установлен на полигоне в 200 м от административного здания на высоте 3 м, площадка вокруг него расчищена от деревьев в радиусе 12 м. Регистрация проводится 14-битным АЦП с частотой дискретизации 1 с.

Регистрация акустической эмиссии производилась гидроакустическим приемником (гидрофоном), установленным в искусственном водоеме размерностью $1 \times 1 \times 1$ м на расстоянии 54 метра от датчика электрического поля. Сигнал с гидрофона после усиления фильтруется по диапазонам частот: 0.1-10, 30-60, 70-200, 200-600, 600-2000, 2000-6500, 6500-11000 Гц. Далее частотно разделенные сигналы подаются на амплитудные детекторы, накапливаются за 4 с, оцифровываются и записываются в компьютер. Анализируемой величиной является суммарное за 4 с акустическое давление P_s по каждому частотному каналу.

Контроль за метеорологическими параметрами проводится цифровой метеостанцией WS-2000. H, D, Z компоненты магнитного поля измерялись феррозондовым магнитометром FRG с точностью 0.01 нТл и частотой дискретизации 1 с.

Молниевый разряд вызвал резкое падение значения градиента потенциала напряженности электрического поля с 80 В/м до величины -21 В/м, затем плавное восстановление значения до 70 В/м (рис. 1). Изменение магнитного поля во всех трех компонентах феррозондовым и протонным магнитометрами во время разряда зафиксировано не было. Так же состояние электропроводности воздуха, которое измерялось с интервалом 1 с, в этот момент не изменилось.

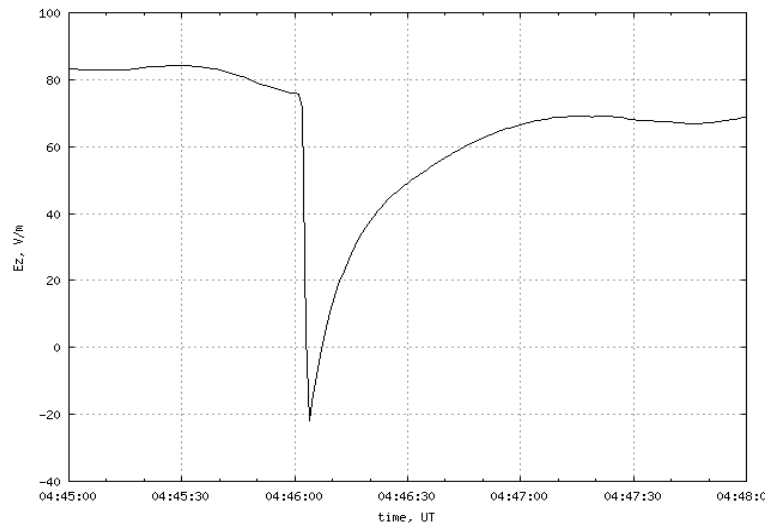


Рис. 1. График градиента потенциала напряжённости электрического поля приземного слоя воздуха во время молниевго разряда 2 октября 2008 г.

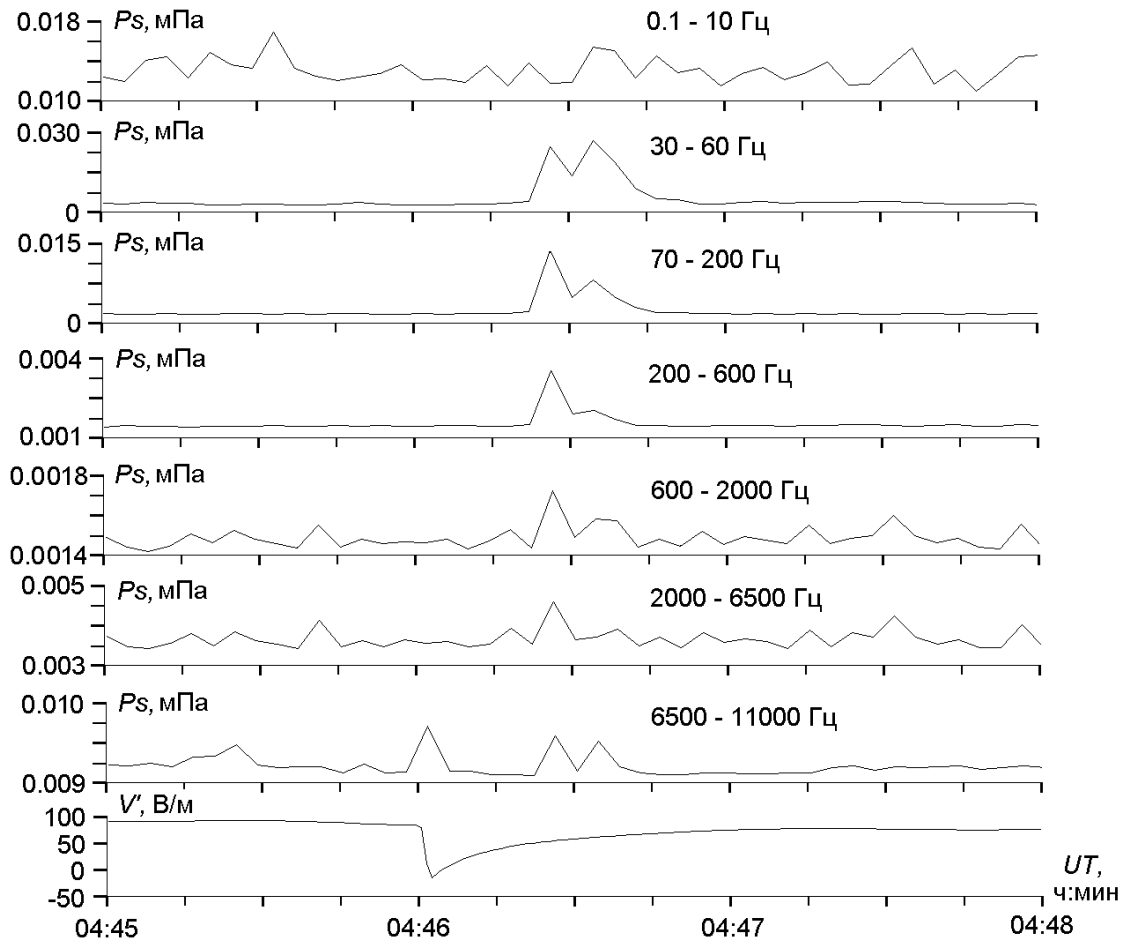


Рис.2. Графики акустической эмиссии в семи частотных диапазонах и градиента потенциала напряжённости электрического поля приземного слоя воздуха (внизу) во время молниевго разряда 2 октября 2008 г.

3. Основные результаты и обсуждение

Во время грозы с каждым ударом молнии исходит заряд 20-30 кулон [4]. Восстановление заряда происходит по такому же закону как и восстановление заряда конденсатора. При таких разрядах можно наблюдать внезапный спад поля, а затем экспоненциальный возврат к первоначальному его значению с характерной временной постоянной порядка 5 сек, немного меняющейся от случая к случаю [4]. При изучении разрядов земля — облако форма восстановления заряда принято считать по формуле:

$$Ez(t) = Ez1 * \exp(-t/\tau) + Ez2 * (1 - \exp(-t/\tau)) \quad (1)$$

где $Ez(t)$ – градиент потенциала напряженности электрического поля, $Ez1$ – его значение сразу после разряда молнии, $Ez2$ – значение восстановленного разряда. По методу наименьших квадратов со средней квадратичной ошибкой 0.2 были определены численные значения в этой формуле [5]:

$$Ez(t) = -19.5 * \exp(-t/17.1) + 69.1 * (1 - \exp(-t/17.1)) \quad (2)$$

Таким образом заряд в облаке восстановился с характерным временем $\tau = 17$ с. $Ez1$ соответствует поверхностной плотности заряда на земле. Если представить систему облако — земля как конденсатор, то в таком представлении τ имеет физический смысл как $\tau = RC$, где R — сопротивление, а C – ёмкость конденсатора. Время релаксации τ обуславливается также подвижностью ионов. Обычно ее среднее значение в регионах с высокой грозовой активностью примерно 7 сек [5].

График измеренных значений и аппроксимирующей кривой (кривая релаксации) представлен на рис. 3. Подобная зависимость с такими же временными масштабами была получена в модели квазистационарной электрической структуре грозового облака, основанной на точном решении уравнения тонкостатики в плоскостой атмосфере с экспоненциальным ходом проводимости в работе [6]. Таким образом, было получено хорошее соответствие модели и наблюдений. Тот факт, что падение напряженности, в отличие от модели, произошел не до нулевого значения, а до величины -21 В/м указывает на ненулевую величину поверхностной плотности заряда.

Одновременно с электрическим полем на разряд молнии наблюдался оклик акустической эмиссии (рис.2). При этом сигнал непосредственно от разряда зарегистрирован в самом высокочастотном диапазоне 6.5 - 11 кГц, а последующая звуковая волна – по всем каналам. По разнице прихода этих сигналов 24 с, с учетом скорости звука в воздухе 330 м/с, расстояние до источника составило ~ 8 км. Ранее в экспериментах на нагруженных образцах геоматериалов было показано, что при электровоздействии излучаются сигналы акустической эмиссии [7]. В данном случае впервые получен подобный эффект в натурных условиях при воздействии молниевых разряда.

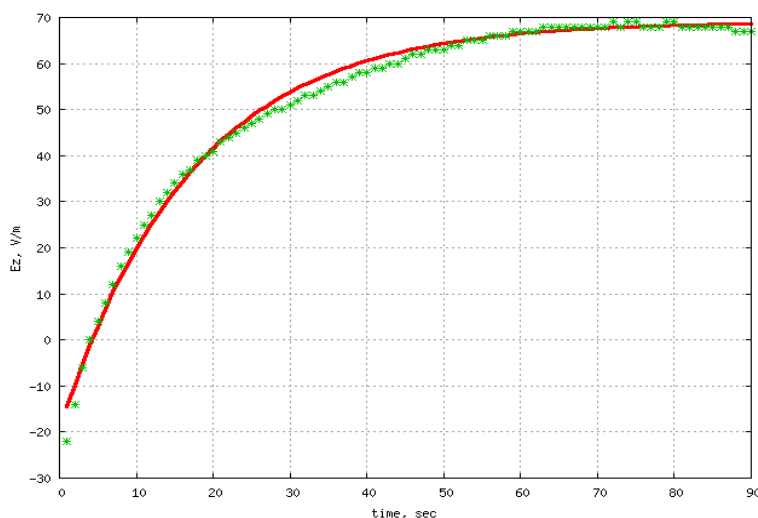


Рис. 3. График восстановления поля после разряда молнии (точки) и аппроксимация формулой (2) (линия).

3. Выводы

В результате наблюдения одиночного молниевых разряда в условиях отсутствия осадков были обнаружены следующие эффекты:

1. Резкое падение величины градиента потенциала напряженности электрического поля в воздухе на высоте 3 м с 80 В/м до минус 21 В/м. Затем поле восстановило свой уровень до значения 70 В/м с характерным временем 17 с. Процесс восстановления поля аппроксимируется формулой $E_z(t) = -19.5 \cdot \exp(-t/17.1) + 69.1 \cdot (1 - \exp(-t/17.1))$ со средней квадратичной ошибкой 0.2. Напряженность поля 21 В/м, обусловлена поверхностной плотностью заряда на земле.
2. Зарегистрирован отклик акустической эмиссии продолжительностью 10 с в диапазоне частот 6.5 - 11 кГц.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов ДВО РАН 09-III-A-07-310 и 09-III-A-02-043.

Литература

1. Кондратюк В.И. Климат Петропавловска-Камчатского. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. - 150 с.
2. Михайлов Ю.М., Михайлова Г.А., Капустина О.В., Бузевич А.В., Смирнов С.Э. Особенности атмосферных шумов, наложенных на вариации квазистатического поля в приземной атмосфере Камчатки // Геомагнетизм и аэрономия. - 2005. - Т.45. №5. - С. 690-705.
3. Имянитов И.М. Приборы и методы для изучения электричества атмосферы. - М.: Гостехиздат, 1957. - 483 с.
4. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Том 5: Электричество и магнетизм. Перевод с английского (издание 3). — Эдиториал УРСС. — ISBN 5-354-00703-8
5. Чалмерс Дж. А. Атмосферное электричество. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 421 с.
6. Давыденко С.С., Сергеев А.С., Мареев Е.А. Моделирование квазистационарных и транзитных электрических полей и токов грозных генераторов в глобальной цепи. // VI Российская конференция по атмосферному электричеству. Сборник трудов. - Нижний Новгород 2007. С. 11-13
7. Bogomolov L. M., Il'ichev P.V., Zacupin A.S., et.al. Acoustic emission response of rocks to electric power action as seismoelectric effect manifestation. // Annals of Geophysics. 2004. V.47. N1. P.65-72.

ВЛИЯНИЕ КОНВЕКТИВНОГО ГЕНЕРАТОРА НА СУТОЧНЫЙ ХОД НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ INFLUENCE OF THE CONVECTIVE GENERATOR ON A DAILY COURSE OF AN ELECTRICAL FIELD INTENSITY

С. Э. Смирнов

Институт космических исследований и распространения радиоволн
ДВО РАН, п.Паратунка (Камчатский край), e-mail: sergey@ikir.ru

The daily course of a potential gradient of an electrical field intensity in near ground atmosphere in conditions of good weather is investigated. It is shown, that maximum of a daily course of an electrical field on middle latitude observatory Paratunka is connected with morning convection in near ground air. a difference of temperatures of air at a surface of ground and at height of 30 m was chosen as the measure of a convective flow. The high correlation of the diagram of temperatures difference at these heights and daily course of intensity of an electrical field is shown.

1. Введение

Над океанами, в полярных областях наблюдается простой суточный ход, в условиях хорошей погоды, одновременный по мировому времени и независимый от локального времени. Этот суточный ход называли унитарной вариацией. Однако в континентальных областях суточный ход привязан к локальному времени и зависит от локальных условий. Во многих случаях имеются два максимума в периоды от 7 до 10 и от 19 до 22 часов местного времени. Также во многих случаях утренние максимумы исчезают в зимние месяцы.

Браун в 1936 г предположил [1], что наблюдаемые максимумы связаны со смещением объемного заряда из-за конвекции. Эти максимумы уменьшаются при продолжительном ветре, который мешает конвекции объемного заряда и уменьшаются при сплошной облачности, так как она мешает прогреванию земной поверхности, что приводит к уменьшению конвекции. Позднее многие авторы связывали максимумы локального поля с конвекцией. Однако делались попытки приписать этот эффект и к другим процессам, например ультрафиолетовому излучению Солнца. Поэтому