

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 seismic-electric 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 космофизических 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 назвали 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

прямые доказательства конвективного механизма максимумов градиента напряжённости электрического поля остаются актуальными и сегодня.

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 напряжённости электрического поля проводилось датчиком «Поле-2», разработанным в филиале Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейково – научно-исследовательским центром дистанционного зондирования атмосферы [2]. Он зарегистрирован в ГОССТАНДАРТЕ (сертификат RU.E.34.001.A № 7136 от 10.03.2004г.) и занесён 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.

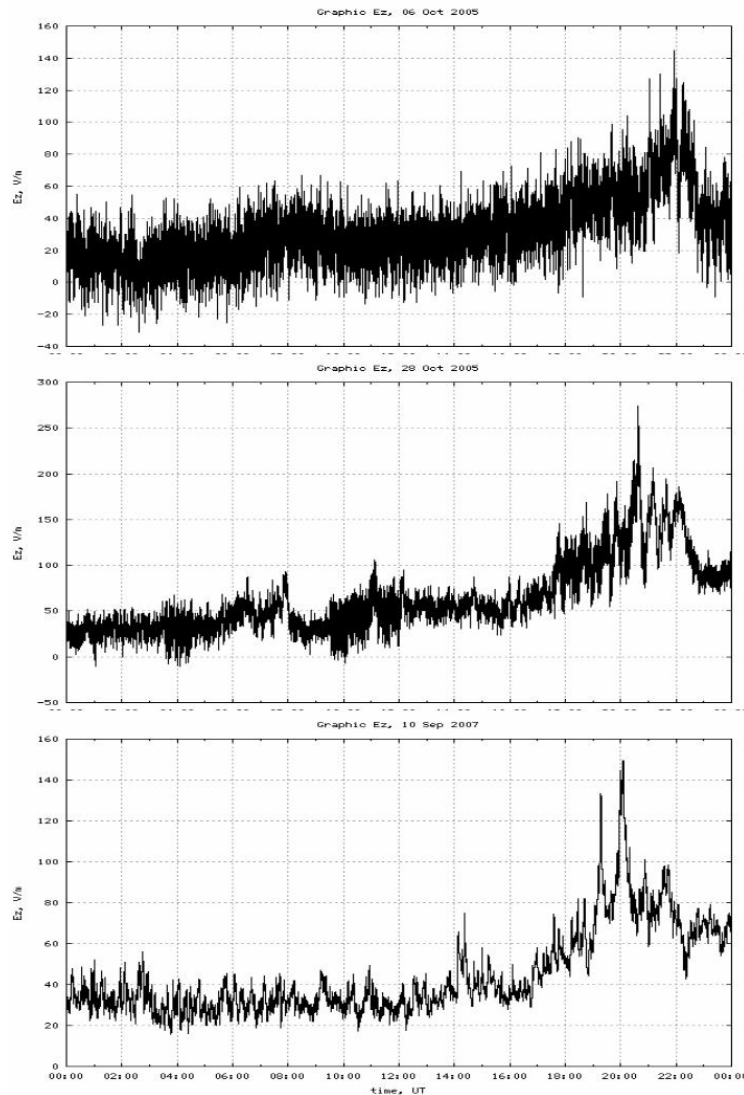


Рис. 1 Суточный ход градиента потенциала напряжённости электрического поля по мировому времени 6 октября, 28 октября и 10 сентября 2005 г. Локальное время UT+13 ч

Контроль за метеорологическими параметрами проводится цифровыми метеостанциями WS-2000 и WS-2300. Данные поступают на станцию по радиоканалу на частоте 433 МГц. Один датчик температуры воздуха установлен на высоте 3 м на теневой стороне административного здания. Другой температурный датчик установлен на вышке на высоте 25 м. Частота опроса метеоданных составляет 10 мин.

Контролируемые метеоданные:

1. сила ветра;
2. направление ветра;
3. атмосферное давление;
4. температура воздуха на высоте 3 м;
5. температура воздуха на высоте 25 м;

6. влажность воздуха;
7. осадки (в летний период).

Электропроводность воздуха измерялось прибором «Электропроводность-2», разработанным также в филиале Главной геофизической обсерватории

3. Основные результаты и обсуждение

В условиях хорошей погоды на обс. «Паратунка» наблюдался суточный ход градиента потенциала напряженности электрического поля (E_z), изображенный на рис. 1. Локальное время обсерватории отличается от мирового на 13 часов летом и 12 часов зимой. Максимум суточного хода наблюдается в утренние часы местного времени. Иногда появляется вечерний локальный максимум, который по амплитуде гораздо меньше утреннего. В период активного таяния снега, с апреля по конец мая, четкой картины суточного хода не наблюдается. Для исследования природы утреннего максимума были исследованы суточные хода вертикального градиента температуры и градиента потенциала напряженности электрического поля в условиях хорошей погоды за 2005 — 2009 гг. В качестве градиента температуры бралась разность температур воздуха на высоте 25 м и 3 м. Пример сопоставления графиков суточного хода поля с вертикальным градиентом температуры показано на рис. 2. Было получено хорошее соответствие графиков.

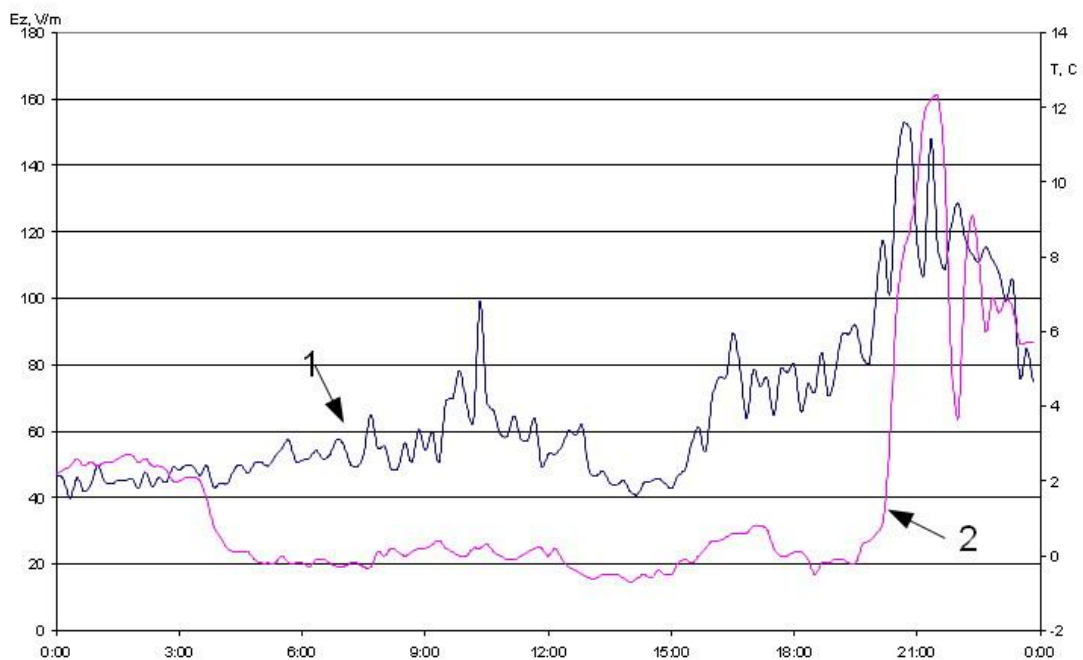


Рис.2 Градиент потенциала напряженности электрического поля, левая шкала (1) и разность температур воздуха на высоте 25 м и 3 м (2), правая шкала, за 6 ноября 2007 г.

Подобное взаимное поведение градиента температур и градиента напряженности электрического поля наблюдались и в другие дни с хорошей погодой. Утренний максимум поля в 20 – 22 ч UT всегда был связан с максимумом разности температур. Вторичный вечерний максимум поля с температурой слабо связан. Его появление больше обусловлено с суточным ходом электропроводности.

Суточную вариацию электрического поля можно представить состоящей из трёх составляющих: $\Delta E = \Delta E_{\text{unit}} + \Delta E_{\lambda} + \Delta E_{\rho}$ [3], где:

$$\Delta E_{\text{unit}} = \Delta \phi / R * 1/\lambda \quad (1)$$

унитарная вариация, $\Delta \phi$ – разность потенциалов земля – ионосфера, R – сопротивление в столбе воздуха земля-ионосфера, λ – электропроводность воздуха;

$$\Delta E_{\lambda} = -E/\lambda * \Delta \lambda \quad (2)$$

вариация, связанная с проводимостью воздуха, E – напряженность поля, λ – электропроводность воздуха;

$$\Delta E_{\rho} = 1/\lambda * \Delta (k * dq/dh) \quad (3)$$

вариация, связанная с конвекцией воздуха, k – численный коэффициент, dq/dh – распределение объёмных зарядов с высотой;

В утренний максимум градиента потенциала напряженности электрического поля на обсерватории Паратунка наибольший вклад дает утренняя конвекция воздуха, формула (3), затем изредка вариация электропроводности, формула (2) и унитарная вариация, поскольку восход солнца совпадает с ее максимумом, формула (3). Конвективный механизм утреннего максимума можно объяснить следующим. После восхода солнца положительные ионы и объемные заряды, скопившиеся за ночь вблизи земной поверхности, начинают подниматься вверх. При большом значении градиента температуры, до 12°C (рис.2) часто в максимуме наблюдаются сильные колебания и значений поля и градиента температуры. Наиболее вероятным объяснением таких колебаний предположительно является зарождение конвективных ячеек. На границах ячеек движение воздуха происходит в виде восходящих и нисходящих потоков, которые и переносят заряд.

Вечерний максимум обусловлен вариацией электропроводности, формула (2).

Ультрафиолетовые лучи солнца, являющиеся основным ионизатором атмосферы на больших высотах, в нижних слоях атмосферы существенной роли не играют, так как все лучи с малой длиной волны, обладающие энергией, достаточной для ионизации газов, входящих в состав атмосферы, поглощаются уже на больших высотах, и до пределов томосферы доходят лишь лучи, которые могут произвести только фотоэлектрический эффект. Но вследствие малой фотоэлектрической эффективности пород, встречающихся на поверхности земли, воды и взвешенных в атмосфере частиц ионизация настолько мала, что практически ею можно пренебречь [3].

При проведении непрерывных наблюдений за электрическим полем до настоящего времени не упоминалось важность измерений вертикального градиента температур [4]. Даже в экспериментах последнего времени, где предполагался конвективный характер утреннего максимума, не проводились измерения вертикального градиента температур [5]. Поскольку связь этих величин становится явной в условиях солнечной хорошей погоды, рекомендуется рядом с измерительным комплексом установить датчики температур воздуха на разных высотах. В этом случае мы получим возможность нормировать значения поля на температурный ход, предполагался в ряде экспериментов в последнее время, в частности [5]. Такие измерения необходимо вписать в методические рекомендации.

4. Выводы

В результате обработки наблюдений вертикального градиента температур и градиента напряженности электрического поля в приземном воздухе на обс. Паратунка в 2005 — 2009 гг было получено, что в суточном ходе этих величин в хорошую солнечную погоду наблюдается утренний максимум. Этот максимум в градиенте напряженности электрического поля определяется конвективными процессами в приземном воздухе. Это подтверждается суточным ходом вертикального градиента температур. Реже встречается максимум поля в вечернее время, который обусловлен суточным ходом электропроводности воздуха. Сделано предположение, что большие вариации значений градиента напряженности электрического поля вблизи максимума обусловлены формированием конвективных ячеек. Рекомендовано при проведении непрерывных наблюдений и экспедиционных работ по наблюдению электрического поля дополнять основные измерения измерением разности температур на различных высотах.

5. Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта ДВО РАН 09-III-A-07-310.

Литература

1. Браун (Brown J.G.) The effect of wind upon the earth's electric field at the surface. Terr. Magn. Atmos. Elect. 1936, 41, 279-85.
2. Имянитов И.М. Приборы и методы для изучения электричества атмосферы. - М.: Гостехиздат, 1957. – 483 с.
3. Тверской П.Н. Атмосферное электричество. Гидрометеиздат, Л., 1949. 252 с.
4. Руководящий документ РД 52.04.168-2001 Методические указания. Наблюдения за электрическим полем. - С.-Петербург: Гидрометеиздат, 2002. - 58 с.
5. Thomas C. Marshall, W. David Rust, Maribeth Stolzenburg, William P. Roeder, Paul R. Krehbiel A study of enhanced fair-weather electric fields occurring soon after sunrise. Journal Of Geophysical Research, Vol. 104, NO. D20, PP. 24,455-24,469, 1999, doi:10.1029/1999JD900418