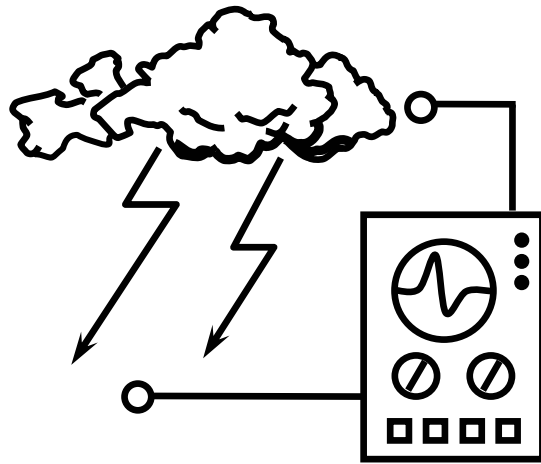


секция

---

## Электродинамика атмосферы





## Состояние исследований грозового электричества

*Е.А. Мареев*

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

Дан краткий обзор современного состояния проблемы изучения грозового электричества. Приведены результаты некоторых последних экспериментов, существенно углубивших представления о грозовом электричестве и потребовавших совершенствования теории.

Основное внимание уделено следующим достижениям и проблемам:

- Особенности формирования грозовых облаков в разных метеорологических условиях. Мезомасштабные конвективные системы.
- Электризация грозового облака на разных стадиях его развития. Проблемы моделирования.
- Крупномасштабное распределение поля и заряда и тонкая структура распределения поля грозовых облаков.
- Стадия инициации молнии. Убегающие электроны и генерация высокоэнергичного излучения.
- Статистика и энергетика молниевых вспышек.
- Радиоизлучение грозового облака. Триггерная молния.
- Высотные разряды в атмосфере: морфология, механизмы, роль в глобальной цепи и химии средней атмосферы.
- Роль космических лучей (в том числе широких атмосферных ливней) в развитии грозы.
- Роль грозовых генераторов в глобальной цепи.
- Вклад грозовых явлений в химию атмосферы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Отделения физических наук РАН «Физика атмосферы: электрические процессы, радиофизические методы исследований».

## Генераторы электрических зарядов в атмосфере Земли

*Ю.И. Стожков<sup>1</sup>, В.И. Ермаков<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН, Москва

<sup>2</sup> Центральная аэрологическая обсерватория, Долгопрудный

Рассмотрены основные генераторы электрических зарядов в атмосфере Земли. В приземном слое атмосферы таким генератором являются продукты распада радиоактивных газов, поступающих из поверхностного слоя Земли, и космические лучи. Выше, в тропосфере и стратосфере, электрические заряды создаются космическими лучами через процесс ионизации атомов атмосферы, в ионосфере — рентгеновским, ультрафиолетовым и корпускулярным излучением Солнца. Основным поставщиком зарядов в магнитосферу является солнечный ветер. В тропосфере в районах грозных облаков основным источником ионизации являются молниевые разряды. Приведены данные о временных вариациях скоростей образования различных зарядов этими генераторами.

## **Физический механизм образования грозových облаков**

*В.И. Ермаков<sup>2</sup>, Ю.И. Стожков<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Центральная аэрологическая обсерватория, Долгопрудный

<sup>2</sup> Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН, Москва

Рассмотрен физический механизм образования грозových облаков, в основе которого лежат 3 положения. Во-первых, разноименные электрические заряды в стадии зарождения грозového облака образуются в результате ионизации атмосферы космическими лучами и радиоактивными газами. Во-вторых, макромасштабное разделение зарядов в облаке происходит в процессе образования капель на разноименно заряженных ядрах конденсации. В-третьих, молниевые разряды проходят преимущественно по ионизованным следам космических лучей. При образовании молниевых разрядов определяющую роль играют космические частицы сверхвысоких энергий ( $\epsilon \geq 10^{14}$  эВ) которые образуют в атмосфере широкие атмосферные ливни (ШАЛ).

## Короткопериодные пульсации аэроэлектрического поля

С.В. Анисимов

Геофизическая Обсерватория «Борок» ИФЗ им. О.Ю.Шмидта РАН, Борок

Динамика состояния аэроэлектрического поля, объемного заряда и составляющих электрического тока приземного слоя связана с турбулентным перемешиванием заряженных частиц, конвективным переносом аэроионов и аэрозолей в нижней атмосфере [1]. В докладе рассмотрены результаты исследований короткопериодных пульсаций ( $\Delta f \cong 10^{-3}$ –1 Гц) аэроэлектрического поля, в основе которых — натурные полевые наблюдения с использованием метода разнесенного приема. Презентация объединяет цикл работ по морфологии турбулентных аэроэлектрических пульсаций, анализу их структурных и спектральных характеристик, разработке метода структурно-временного анализа, обнаружению когерентных аэроэлектрических структур, исследованию взаимосвязи структурных и спектральных характеристик в интервале самоподобия [2–5]. Приведены результаты применения структурно-временного алгоритма, дано описание пространственно-временных характеристик аэроэлектрических структур (АэлС) и основные выводы теоретической модели формирования и эволюции АэлС. Обосновано предположение о том, что АэлС, характеризующая электродинамические свойства как свободной, так и возмущенной атмосферы, могут служить элементом диагностики электрической активности нижней атмосферы.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №05-03-64449) и Программы ОНЗ РАН «Физика атмосферы: электрические процессы, радиофизические методы исследований».

1. *Hoppel W.A., Anderson R.V., Willet J.C.* Atmospheric Electricity in the Planetary Boundary Layer // *The Earth's Electrical Environment*. Krider, E.P. and Roble, R.G., Eds. – Washington: Natl. Acad. Press. 1986. P.149–165.
2. *Anisimov S.V., Bakastov S.S., Mareev E.A.* Spatiotemporal structures of electric field and space charge in the surface atmospheric layer // *J. Geophys. Res.* 1994. V. 99. P.10603–10610.
3. *Anisimov S.V., Mareev E.A., Bakastov S.S.* On the generation and evolution of aeroelectrical structures in the surface layer // *J. Geophys. Res.* 1999. V. 104. P.14359–14367.
4. *Anisimov S.V., Mareev E.A., Shikhova N.M., Dmitriev E.M.* Universal spectra of electric field pulsation in the atmosphere // *Geophys. Res. Letters*. 2002. V. 29, № 24, 2002GL015765.
5. *Анисимов С.В., Шихова Н.М., Мареев Е.А., Штаталина М.В.* Структуры и спектры турбулентных пульсаций аэроэлектрического поля // *Известия АН. Физика атмосферы и океана*. 2003. Т. 39. № 6. С.765–780.

## Плазмохимическая модель влияния спрайта на состав мезосферы

*А.А. Евтушенко, Е.А. Мареев*

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

В данной работе предпринята попытка проанализировать влияние электрических разрядов — спрайтов на баланс малых составляющих мезосферы. Как стало известно в последнее время, вспышка спрайта приводит к увеличению температуры электронов до 15000 К на временах порядка десятков микросекунд. Как следствие, увеличивается концентрация электронов и заряженных частиц. В работе предложена система реакций, позволяющая описать сложную взаимосвязь химических компонентов в нижней ионосфере. Она включает в себя нейтральные компоненты (17), отрицательные ионы (9), положительные ионы и ионы-связки (23) и электроны — всего 50 компонентов и 200 реакций между ними. Как показало моделирование вспышки спрайта, значительно возмущаются 10 компонентов, которые можно разделить на 2 группы: компоненты с малыми ( $O^+$ ,  $N_4^+$ ,  $O^-$ ,  $N_2^+$ ,  $O_3^-$ ), и большими (электроны, атомарный азот,  $O_2^+$ ,  $NO^+$ ,  $O_2(^1\Delta_g)$ ) временами релаксации возмущения концентрации по сравнению с характерным временем 0,01 с.

По результатам численного счета можно сделать следующие выводы:

1) Вследствие увеличения скорости образования электронов и уменьшения скорости их гибели во время вспышки должно иметь место существенное возмущение концентрации электронов (с  $4000\text{ см}^{-3}$  до  $28000\text{ см}^{-3}$ ).

2) Время релаксации электронов составляет порядка 10 с, что согласуется с косвенными измерениями (Dowden L. et al., Roussel-Dubre R.A. et al.), показывающими, что время релаксации электронной концентрации на исследуемых высотах должно составлять от нескольких секунд до десятка секунд.

3) В результате численного счета выяснилось, что не все компоненты, входящие в систему реакций, изменяются в результате вспышки спрайта, либо изменение их концентраций незначительно. Также присутствуют компоненты, которые «появляются» во время вспышки, то есть их концентрация становится заметной. Но время их релаксации оказывается малым.

4) В численных расчетах анализировалась одноточечная задача, то есть диффузия электронов не учитывалась. Оценки показывают, что учет турбулентной диффузии может иметь заметное влияние на время жизни электронов.

## Модели возникновения аэроэлектрических структур в конвективном погранслое

*М.В. Шаталина, Е.А. Мареев*

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

Одним из наиболее широких классов турбулентных движений является так называемая термическая турбулентность, представляющая собой пульсации вертикальной скорости воздуха, обусловленные силой Архимеда, действующей на частицы воздуха. Термическая турбулентность, таким образом, является следствием развития атмосферной конвекции, т.е. вертикальных перемещений отдельных порций воздуха, обусловленных отличием их плотности от плотности окружающего воздуха. Конвекция порождается либо неустойчивой стратификацией атмосферы (самопроизвольная конвекция), либо неоднородным нагревом подстилающей поверхности (контактная конвекция). В погранслое обычно имеют место оба механизма конвекции [1]. Кроме того, как было установлено в последнее время, пограничный слой атмосферы характеризуется наличием аэроэлектрических структур, проявляющихся в короткопериодных (с периодами от единиц до нескольких сотен секунд) пульсациях электрического поля. Формируясь в результате захвата конвективными ячейками положительных и отрицательных заряженных частиц, аэроэлектрические структуры перемещаются в потоке воздуха вдоль земной поверхности. Предложенный в работе [2] метод пробных структур дает возможность построения модели таких конвективных заряженных ячеек.

В настоящей работе рассматриваются модели возникновения аэроэлектрических структур в конвективном погранслое атмосферы. Рассмотрена модель конвективного пузыря, заполненного электрическим зарядом. Проанализировано влияние аэрозоля на время жизни возмущений электрического заряда.

1. Винниченко Н.К., Пинус Н.З., Шметер С.М., Шур Г.Н. Турбулентность в свободной атмосфере. Л.: Гидрометеиздат. 1976. 288С.
2. Анисимов С.В., Шихова Н.М., Мареев Е.А., Шаталина М.В. Структуры и спектры турбулентных пульсаций аэроэлектрического поля // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2003. Т. 39, № 6. С.765–780.



## **Новая газодинамическая модель главной стадии молнии. Построение и результаты**

*А.В. Бирюков, Е.А. Мареев*

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

Общая энергетика молний на Земле, возможно, является важным фактором глобальных климатических явлений. Чтобы оценить ее, нужно знать связь между энерговыделением в канале молнии и параметрами, доступными измерениям (например, световое и звуковое излучение). В настоящее время существуют модели, позволяющие в предположении радиальной симметрии рассчитывать температуру, давление, плотность в канале молнии как функции времени и цилиндрического радиуса, т.н. газодинамические модели. Предсказания таких моделей касаются процентов от вложенной в канал энергии, израсходованных на свет, кинетическую и внутреннюю энергию газа. Цифры, предсказываемые различными моделями, отличаются друг от друга и от экспериментальных данных.

В данной работе на основе анализа существующих предложена новая модель. Показана важность влияния собственного магнитного поля на динамику плазменного канала и необходимость расчета спектра выходящего излучения. Объяснена разница в два порядка в значении вложенной в канал энергии между предсказаниями газодинамических моделей и измерениями.

Модель содержит уравнения газовой динамики с подводом джоулева тепла и световым подогревом, уравнение переноса излучения и дополнительное уравнение на электрический ток, магнитное поле и проводимость. Уравнение состояния (позволяющее рассчитывать внутреннюю энергию, давление и состав плазмы по известной температуре и плотности), общий ток как функция времени, начальные профили температуры и плотности газа, коэффициент поглощения как функция частоты и состояния газа считаются известными.

Программа рассчитывает на каждом временном шаге профили температуры, плотности, давления, скорости газа, интенсивности света, сопротивление единицы длины канала, спектр выходящего излучения, суммарные вложенную, кинетическую, внутреннюю энергии. Отличие наших результатов от результатов предшественников обсуждается. Представлены некоторые соображения о дальнейшем прогрессе газодинамических моделей.

**Регистрация в Москве мощного землетрясения  
26 декабря 2004 года и реакция озоносферы,  
электросферы, ионосферы на это событие**

*О.В. Белоносова<sup>1</sup>, Е.В. Барковский<sup>2</sup>, В.В. Борог<sup>1</sup>, С.Н. Нетреба<sup>3</sup>,  
С.П. Перов<sup>4</sup>, С.Ф. Тимашев<sup>5</sup>*

<sup>1</sup> Московский инженерно-физический институт, Москва

<sup>2</sup> Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, Москва

<sup>3</sup> Научно-производственное объединение «Тайфун», Обнинск

<sup>4</sup> Центральная аэрологическая обсерватория, Долгопрудный

<sup>5</sup> Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я.Карпова, Москва

В 2004–2005 гг. проведены синхронные наблюдения в различных пунктах наблюдений над центром Европейской территории России с использованием уникальных комплексов аппаратуры, методов и подъемных средств. Были использованы комплексы наземной аппаратуры (микробарографов, сейсмо-наклономеров, микроволновых радиометров для измерения температуры в погранслое атмосферы, аэрологических комплексов национальной сети, озонометрической сети СНГ в т. ч. мюонный годоскоп-томограф ТЕМП, созданный в МИФИ, для слежения за движением трехмерных структур солнечной плазмы, чтобы исследовать физические механизмы воздействия солнечной активности (СА) на атмосферу и другие геосферы). ТЕМП позволяет проводить непрерывный мониторинг характеристик тропо- и стратосферы, в т. ч. непрерывную регистрацию внутренних гравитационных волн, температуры и эффективной толщины слоя озона, что позволит осуществить валидацию данных новых спутников типа EOS Chem, а также профилей температуры, получаемых из систем GPS и ГЛОНАСС, на новой методической основе. В работе мы кооперировались с группой НПО «Тайфун», где реализован многофункциональный радиодинамический комплекс: 1) 5-канальный микробарограф с пороговой чувствительностью 0,2 мкбар; 2) сейсмоприемник А0531 с полосой пропускания 0,1–100 Гц; 3) радиометры оптического, инфракрасного и гамма-диапазонов; 4) радиометр дециметрового диапазона 1070–2140 МГц.

Обсуждаются результаты наблюдений солнечных, лунных и сейсмогравитационных воздействий на атмосферу над Москвой (в т. ч. во время катастрофического землетрясения (ЗТ) в Индийском океане около Сев. Суматры 26.12.2004 г. — одного из самых мощных землетрясений за 100-летний период инструментальных наблюдений) и центром ЕТР (путем организации экспедиции). Важнейшим результатом является предварительный вывод о возможном воздействии этого ЗТ (а также геодинамических и космофизических процессов, предшествующих ЗТ) на атмосферные процессы над центром ЕТР.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (гранты 03-05-64790 и 04-05-79084).

## К вопросу о разделении объемного заряда легких ионов и заряженных аэрозолей

*Т.В. Кудринская<sup>1</sup>, В.Н. Морозов<sup>2</sup>, Г.Г. Петрова<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Донской педагогический колледж, Ростов-на-Дону

<sup>2</sup> Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова, Санкт-Петербург

<sup>3</sup> Ростовский государственный педагогический университет, Ростов-на-Дону

Влияние аэрозольной составляющей атмосферы (в частности приземного слоя) сказывается на ее электрическом состоянии, на распределении электрических характеристик (проводимости, напряженности электрического поля, плотности заряда).

В настоящей работе сделана попытка разделения плотности объемного заряда легких и тяжелых ионов, а также решается задача оценки концентрации аэрозольных частиц.

По результатам полевых измерений можно определить как величину объемного заряда легких ионов (по значениям проводимости), так и суммарный объемный заряд (по значениям напряженности электрического поля). В общем случае, если известны измерения напряженности электрического поля на двух уровнях, можно определить интегральную плотность объемного заряда:  $dE_z/dz = 4\pi(\rho_1 + \rho_2)$ , где  $\rho_1$  — объемный заряд легких ионов, а  $\rho_2$  — плотность объемного заряда, создаваемого тяжелыми однозарядными ионами.

При расчетах использовалась стационарная система уравнений нетурбулентного электродного эффекта, в предположении, что количество ядер конденсации (аэрозольных частиц) в атмосфере сравнимо с числом легких ионов, ядра стационарны и имеют постоянную концентрацию.

По результатам экспериментальных исследований были выбраны данные по значениям напряженности электрического поля и проводимости, удовлетворяющие условиям классического электродного эффекта. На основании этих данных рассчитаны значения концентрации аэрозольных частиц для различных пунктов наблюдений. Проведен анализ плотности объемного заряда легких ионов и аэрозолей для различных аэродинамических условий.

## **Разработка метода оценки спектральных составляющих сигналов ультранизкочастотного диапазона**

*В.А. Мишин, М.С. Соколов, С.В. Елисеева, А.В. Тарасов,  
А.В. Киселев, А.А. Закиров*

Владимирский государственный университет, Владимир

В экспериментальных исследованиях 2004 года осуществлены синхронные регистрации электромагнитного поля приземного слоя атмосферы ультранизкочастотного диапазона тремя разнесенными в пространстве станциями, оснащенными приемно-регистрирующей аппаратурой, созданной в ВлГУ: полигон ВлГУ; станция в радиофизическом корпусе ВлГУ; флюксметр разработки ВлГУ, установленный в ГГО НИЦ ДЗА.

На основании накопленного экспериментального материала, полученного на сети разнесенных в пространстве станций и разработанного модифицированного варианта оптимального приемника открывается возможность анализа в фазовой плоскости характеристик спектральных компонент электрического поля приземного слоя атмосферы. Известно, что фаза сигнала имеет наибольшую устойчивость при воздействии шумов. Это обстоятельство может повысить достоверность получаемых результатов при анализе спектральных компонент на частотах лунно-солнечных приливов. Один из важных элементов данных исследований связан с разработкой метода оптимальной оценки уровня каждой спектральной компоненты анализируемого временного ряда. С этой целью была осуществлена модернизация оптимального квадратурного приемника с целью минимизации уровня боковых лепестков его частотной характеристики, что позволило повысить достоверность результатов спектрального анализа с помощью оптимального приемника, проводимого по экспериментальным данным электрического и магнитного поля приземного слоя атмосферы. Применение в ККП фильтра низких частот позволило улучшить его частотную характеристику при незначительном расширении главного лепестка. Если уровень сигнала в полосе подавления ФНЧ будет не менее 20 дБ, то уровень боковых лепестков снизится в 2 раза.

Разработанный метод позволил получать оптимальную оценку уровня каждой спектральной компоненты анализируемого временного ряда по критерию максимального правдоподобия.

Работа проводится при поддержке РФФИ — грант № 04-05-64895 и программы НТП Минобразования № 209.06.01.035.

## Механизмы зарядки и конденсации в атмосфере

*К.А. Боярчук, А.В. Карелин, Р.В. Широков*

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн, Троицк

Наиболее эффективно конденсация во влажной приземной атмосфере идет по следующему механизму: вследствие высокой концентрации паров воды образование капель сначала идет в результате ассоциации нейтральных молекул, затем к ним со скоростью поляризационного захвата присоединяются ионные кластеры, образовавшиеся в результате плазохимических реакций, развивающихся под воздействием внешнего ионизирующего излучения; что, в свою очередь, приводит к затруднению отрыва молекул воды от заряженных капель вследствие более высокой энергии связи и ускорению их удаления из объема под воздействием атмосферного электрического поля. Существенную роль в конденсации играет присутствие в атмосфере молекул, обладающих высоким дипольным моментом и поляризуемостью (например, окислов кремния).

Заряды в атмосфере возникают в результате ионизации с последующей конкуренцией рекомбинации, прилипания, конденсации и выпадения в виде капель под действием силы тяжести. Относительно низкая скорость рекомбинации обусловлена малой подвижностью тяжелых кластерных ионов, а также возбуждением вращательно-вращательных переходов и развалом нейтральных кластеров радиоизлучением Солнца.

Основным механизмом зарядки аэрозолей радиусом менее 100 мкм будет диффузионно-дрейфовый механизм, который состоит в том, что до определенной для каждой капли величины заряда преобладает диффузионный механизм зарядки, а после его запираания вследствие электростатического отталкивания начинает преобладать дрейфовый механизм зарядки. Именно действие этого комбинированного механизма обеспечивает аномально сильную флуктуацию электрических полей в приземном слое в тумане.

Асимметрия зарядки капель является следствием разницы в энергиях сродства протона к атомам и электрона к молекулам. Вследствие этого, в результате прилипания заряженной частицы к капле происходит испарение группы молекул, которые уносят избыток энергии, но для положительных капель испаряется много больше молекул, чем для отрицательных. И это является ограничителем размера положительно заряженных капель. Ибо, с одной стороны, на каплю определенного размера не сядет зарядов более определенного количества из-за кулоновского барьера, а с другой стороны — происходит большое испарение. Следует также учитывать подвижность ионов и влияние электрического поля, которое тоже может вносить свою лепту в асимметричность зарядки.

## Образование ионных каналов в грозовых облаках

*А.С. Фоменко, Т.В. Лосева, И.В. Немчинов*

Институт динамики геосфер, Москва

Измерения электрических полей в грозовых облаках дают значения электрического поля не более 200–400 кВ/м (MacGorman and Rust, 1998). Эти значения ниже порога пробоя чистого воздуха на этих высотах. В модели распространения молний обычно предполагается, что в самом начале существует высоко проводящий тонкий канал довольно большой длины, находящийся в облаке. Возникает вопрос, как он образуется.

Известно, что капли, льдинки или другие инициаторы могут усиливать электрическое поле и создавать коронный разряд. Коронирование начинается в небольшом объеме около кончика инициатора, где электрическое поле достаточно велико для начала ионизации молекул газа электронным ударом.

Ионы, образовавшиеся в результате коронного разряда, обладают высокой проводимостью и распределяются вдоль канала. Поляризация ионного канала уменьшает скорость рекомбинации. Образовавшийся высоко проводящий канал увеличивается по длине за счет дрейфа ионов. Возникает волна коронирования. Электрическое поле на концах канала увеличивается и достигает величины порога пробоя.

Создана аналитическая модель квазистационарного распространения волны коронирования конечного радиуса. В нестационарной задаче формирования канала решаются уравнения Пуассона и кинетические уравнения ионов и заряженных мелких капель с учетом возникновения новых ионов на центрах коронирования.

## Отклик аэроэлектрического поля приземного слоя на Форбуш - понижения интенсивности галактических космических лучей

С.В. Анисимов, Н.М. Шихова

Геофизическая Обсерватория «Борок» ИФЗ им. О.Ю.Шмидта РАН, Борок

Исследовалось влияние Форбуш - понижений (ФП) интенсивности галактических космических лучей (ГКЛ) на аэроэлектрическое поле приземного слоя с использованием данных непрерывных измерений величины напряженности электрического поля (НЭП) среднеширотной обсерватории «Борок» [58,03N; 38,97E] за 2000–2004 гг. (<http://geodata.borok.ru>) и наблюдений интенсивности ГКЛ нейтронным монитором ИЗМИРАН (<http://helios.izmiran.rssi.ru>). Применение метода наложенных эпох к анализу 45 случаев ФП позволило установить, что на 1–2 сутки от начала события, величина НЭП приземного слоя возрастает на 10–12 % от среднего уровня анализируемого временного отрезка (Рис.1). Проведен раздельный анализ обнаруженно-

го эффекта ФП в зимний и летний периоды. Выявлено, что для летнего периода средняя величина напряженности аэроэлектрического поля в день ФП уменьшается на 20–30 %, а на 2 день после начала события возрастает на эту же величину. В случаях интенсивных изолированных во времени ФП отклик в увеличении НЭП на 1–2 день после начала события ФП может достигать 40–50 %.

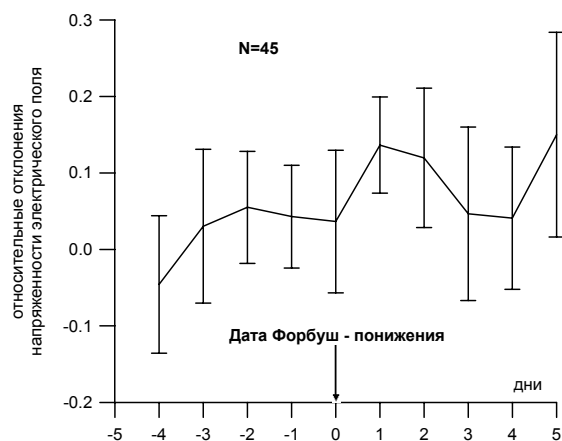


Рис.1. Среднесуточные отклонения аэроэлектрического поля в окрестности дат Форбуш – понижений в 2000–2002 годах.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №03-05-64449), а также программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН «Физика атмосферы: электрические процессы, радиофизические методы исследований».

## **Метод оценки возмущения аэроэлектрического поля системой заземленных идеально проводящих стержней**

*Э.М. Дмитриев*

Геофизическая Обсерватория «Борок» ИФЗ им. О.Ю.Шмидта РАН, Борок

При исследовании высотных профилей атмосферного электрического поля приземного слоя возникает необходимость учета возмущений, вносимых в аэроэлектрическое поле проводящими объектами, расположенными на земной поверхности. Численный расчет таких возмущений может быть произведен методами конечных или граничных элементов, однако при этом будут высоки затраты машинных ресурсов даже для объектов с простой геометрией. В данной работе предложен простой численный метод оценки возмущений аэроэлектрического поля, обусловленных заземленными проводящими объектами, представляющими собой систему стержней (мачты, антенны и т.п.).

Предложенный метод эффективно учитывает «квазиодномерность» стержней. Он основан на замене каждого стержня цепочкой, состоящей из точечных зарядов или диполей, ориентированных по направлению невозмущенного аэроэлектрического поля, и точек, в которых потенциал аэроэлектрического поля приравнивается нулю. После нахождения величин зарядов и дипольных моментов из полученной системы линейных уравнений, может быть рассчитано возмущение аэроэлектрического потенциала и поля для любой точки пространства. Сравнением с точным аналитическим решением показано, что возмущение аэроэлектрического поля проводящим стержнем, аппроксимируемым сильно вытянутым проводящим эллипсоидом, оказывается близким к его возмущению модельной цепочкой точечных зарядов или диполей. Приведены результаты оценок возмущения аэроэлектрического поля реальными объектами, на основе расчетов, выполненных по предложенному методу.

Работа проводится при финансовой поддержке РФФИ (грант №03-05-64449), а также программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН «Физика атмосферы: электрические процессы, радиофизические методы исследований».