

Н. В. КРАСНОГОРСКАЯ, В. П. РЕМИЗОВ

О НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ИЗМЕРЕНИЯ ВАРИАЦИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

(Представлено академиком Е. К. Федоровым 22 XII 1972)

Исследование физики верхних слоев атмосферы при помощи ракет и спутников открывает новые возможности в решении проблемы установления причин изменений электрических полей во времени. Изучение потенциала Земли по отношению к космическому пространству и его вариаций в связи с процессами на Солнце и другими крупномасштабными геофизическими явлениями, а также дальнейшее развитие методов диагностики плазмы по наземным данным требуют разработки специальной аппаратуры для постановки и проведения комплексных экспериментов по измерению вариаций электрических и магнитных полей.

Физической предпосылкой для проведения исследований короткопериодических колебаний электромагнитного поля Земли в связи с физическими процессами в околоземном космическом пространстве является сложный комплекс явлений взаимодействия геомагнитного поля с потоками солнечной плазмы. Как результат этих процессов, в наземных условиях регистрируются геомагнитные пульсации различной частоты и интенсивности (¹⁻³).

Известно, что электрическое поле Земли подвержено влиянию большого числа факторов. Однако его изменения до настоящего времени изучались в основном в связи с метеорологическими процессами в тропосфере (⁴). Прямые экспериментальные данные о вариациях электрического поля, регистрируемых на поверхности Земли и обусловленных причинами космического происхождения, отсутствуют. Между тем, являясь составляющей единого электромагнитного возмущения, вариации электрического поля Земли так же, как и геомагнитные пульсации, должны нести информацию об источнике их возникновения.

Логика проведения эксперимента по выделению электрических вариаций, имеющих магнитогидродинамическую природу, заключается в установлении корреляционной связи вариаций электрического поля с геомагнитными пульсациями, причиной которых, как известно, является неустойчивость окружающей Землю космической плазмы (³). Предполагается, что синхронная запись электрических и магнитных вариаций позволит установить корреляционную зависимость между ними и определить электрическую компоненту электромагнитной волны.

Измерения величины вертикальной составляющей электрического поля E_z и ее вариаций выполнялись индукционным динамическим методом (⁴). Принцип работы прибора (рис. 1) состоит в том, что на измерительной металлической пластине 1, экспонируемой в электрическом поле, индуцируется заряд с поверхностной плотностью $\sigma = E / 4\pi$. При помощи экранных сегментных пластин 2, одна из которых вращается с частотой ω , на сопротивлении R создается переменное напряжение, которое усиливается и регистрируется шлейфовым осциллографом.

Частотная характеристика измерительного тракта выбиралась при помощи избирательного фильтра в зависимости от полосы частот регистрируемых вариаций.

Запись компонент вертикальной составляющей электрического поля E_z и горизонтальных составляющих магнитного поля (H_x и H_y) в диапазоне периодов 10–150 сек. велась на одной осциллограмме с разверткой 0,25 мм/сек. Отметки времени подавались ежеминутно с точностью ± 1 сек. Чувствительность аппаратуры для измерения вариаций электри-

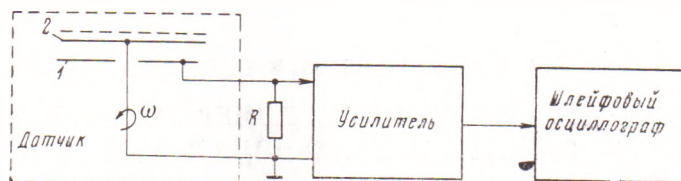


Рис. 1

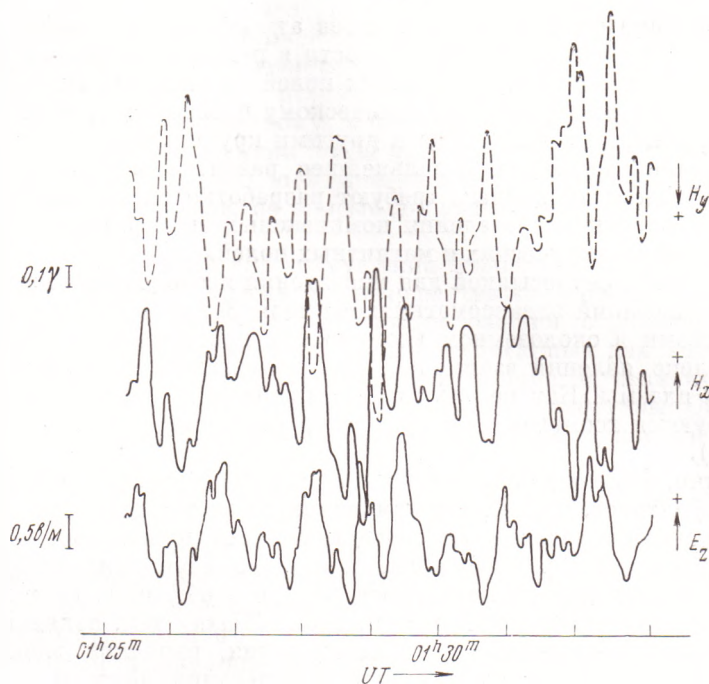


Рис. 2

ческого поля с периодом $T = 25$ сек. составляла 20 мм / в / м, а для измерения геомагнитных вариаций — 60 мм / γ.

На рис. 2 приведена часть синхронной записи вариаций вертикальной компоненты электрического поля и горизонтальных компонент магнитного поля в различных метеорологических условиях (ст. Борок, 2 VI 1972). Амплитуды колебаний E_z изменяются в пределах 0,1 — 200 в / м, H_x и H_y — в пределах 0,1 — 1γ. Верхний предел наблюдаемых значений E_z на порядок ниже приведенных в работе (5).

Из сравнения кривых на рис. 2 следует, что электрические и магнитные колебания имеют общий квазисинусоидальный характер с меняющимися во времени периодами от 10 до 150 сек., причем характер их изменения зависит от K_p -индекса и не зависит от условий погоды в тропосфере.

Особенностью изменений регистрируемых пульсаций во времени, как видно из рис. 2, является попеременно чередующаяся смена фаз колебаний электрического и магнитного полей, что, по-видимому, является следствием поляризации падающей электромагнитной волны (6–8).

На рис. 3 приведены спектральные характеристики магнитных и электрических пульсаций, полученных путем спектрального анализа записей

типа, приведенного из рис. 2. Как видно из графика, спектральные плотности магнитных и электрических вариаций имеют максимумы в области близких частот. Функция взаимной корреляции (рис. 4) носит косинусоидальный характер с убывающей амплитудой.

Таким образом, получено надежное доказательство существования временной связи между магнитными и электрическими пульсациями, измеренными на поверхности Земли.

Поскольку многочисленные одновременные измерения геомагнитных пульсаций на спутниках и на наземных станциях подтверждают магнитогидродинамическую их природу ⁽³⁾, то не остается сомнения в том, что измеренные нами электрические вариации также имеют космическое происхождение.

Более убедительное доказательство гидродинамической природы электрических вариаций может быть получено путем установления корреляции между прямыми наземными и спутниковыми

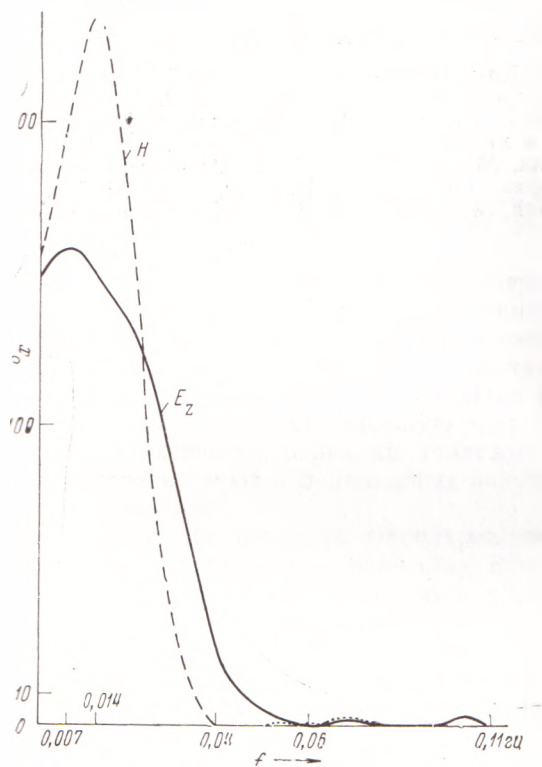


Рис. 3

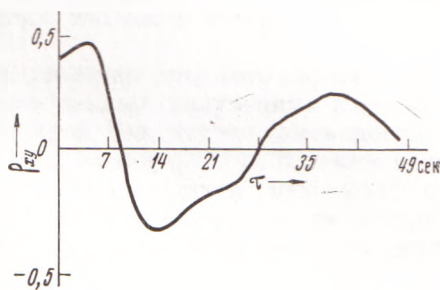


Рис. 4

измерениями. Преимущества наземных измерений по сравнению с непосредственными исследованиями параметров околоземной плазмы заключаются в возможности вести непрерывные длительные наблюдения на широкой сети наземных станций, используя при этом в стационарных условиях сравнительно несложную и недорогую аппаратуру. Установление суточных, сезонных и годовых изменений спектров электрических пульсаций в связи с магнитными возмущениями и другими гео- и гелиофизическими явлениями позволит дать более полную картину закономерностей изменения свойств магнитосферы Земли.

Анализ дальнейших экспериментальных исследований временных пространственных изменений шести компонент электромагнитной волны, полученных в наземных условиях одновременно с прямыми измерениями параметров магнитосферной плазмы, открывает широкие возможности для совершенствования методов диагностики плазмы по наземным данным.

Установленный экспериментально факт существования E_z свидетельствует о наклонном падении электромагнитной волны, что весьма существенно с точки зрения развития теории методов электромагнитного зондирования горных пород. Измерение ее значений в районе магнито-теллурического зондирования значительно облегчит практическое использование этого метода в разведке земных недр.

Настоящая работа выполнялась в Геофизической обсерватории «Борок» Института физики Земли АН СССР при активном содействии ее сотрудников. Авторы выражают благодарность В. А. Троицкой и А. В. Гульельми за плодотворное обсуждение результатов наблюдений, а также А. С. Большакову и В. А. Горбину за помощь в организации эксперимента.

Институт прикладной геофизики
Москва

Поступило
12 XII 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. Н. Тихонов, Н. В. Липская, ДАН, 87, № 4 (1952). ² Дж. В. Данжи, кн. Геофизика (околоземное космическое пространство), М., 1964. ³ В. А. Троицкая, А. В. Гульельми, УФН, 97, № 3 (1969). ⁴ Н. В. Красногорская, Электричество нижних слоев атмосферы и методы его измерения, Л., 1972. ⁵ Д. Н. Четаев, В. А. Юдович, Физика Земли, № 12 (1970). ⁶ П. А. Виноградов, Сборн. Исследов. по геомагн. аэрон. и физ. Солнца, в. 6, Иркутск, 1971. ⁷ Л. Л. Ваньян и др., Геомагнетизм и аэрономия, № 6 (1971). ⁸ К. Ю. Зыбин, Геомагнитные исследования, № 9 (1967).