

**ГОДОВЫЕ ВАРИАЦИИ МАГНИТОВАРИАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПО ДАННЫМ
ОБСЕРВАТОРИЙ «МАГАДАН» И «ПАРАТУНКА» (КАМЧАТКА)
ANNUAL VARIATIONS OF MAGNETIC-VARIATION PARAMETERS ACCORDING TO
THE DATA FROM MAGADAN AND PARATUNKA OBSERVATORIES IN KAMCHATKA**

¹ Ю.Ф.Мороз, ¹ Т.А.Мороз, ² С.Э Смирнов.

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, e-mail: morozyf@kscnet.ru; moroz@irk.ru

²Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, с.Паратунка,
Камчатской области, 683010

The data from monitoring of geomagnetic variations at intermittency of 1 s was used to study transfer magnetic variation parameters represented by a magnetic tipper and magnetic tensor. Their behavior displays annual variations. These periods on the MTS curve are confined to the minimum related to the crust conductive layers. The possible character of the annual variations is considered.

Вариации геомагнитного поля содержат информацию об электропроводности геологической среды, которую можно получить с помощью передаточных магнитовариационных параметров, представленных в виде магнитного типпера и магнитного тензора. Магнитный типпер характеризует связь вариаций вертикальной составляющей геомагнитного поля с горизонтальными составляющими геомагнитного поля в одном пункте наблюдения. Магнитный тензор дает представление о связи горизонтальных составляющих вариаций геомагнитного поля при одновременном наблюдении в двух разнесенных пунктах наблюдений. Исследования магнитного типпера и тензора выполнены по данным синхронных наблюдений вариаций геомагнитного поля с дискретностью 1 с в обсерваториях «Магадан» и «Паратунка» в 2007 – 2008 гг. Полученные данные позволяют получить новую информацию о динамике магнитовариационных параметров, имеющих связь с электропроводностью среды.

Вариации магнитного типпера

По вариациям компонент H, D, Z имеется возможность изучить передаточную функцию в частотной области, которая получила название магнитного типпера. В основе получения типпера лежит предположение о существовании линейного соотношения вида [1]:

$$H_z = \hat{\mathbf{W}} \mathbf{H}_{\text{аид}}, \text{ где } \hat{\mathbf{W}} = \begin{vmatrix} W_{zx} & W_{zy} \end{vmatrix} \text{ или}$$

$H_z = W_{zx} H_x + W_{zy} H_y$, где H_z, H_x, H_y составляющие наблюдаемого магнитного поля, W_{zx}, W_{zy} компоненты индукционной матрицы (типпера), зависящие от частоты, распределения электропроводности в Земле и ориентации координатных осей. По компонентам индукционной матрицы определяются индукционные стрелки [5]:

$$\text{ReW} = \text{Re } W_{zx} \mathbf{i} + \text{Re } W_{zy} \mathbf{j}$$

$$\text{ImW} = \text{Im } W_{zx} \mathbf{i} + \text{Im } W_{zy} \mathbf{j}$$

По данным наблюдений вариаций геомагнитного поля в обсерваториях «Паратунка» и «Магадан» изучена динамика магнитного типпера в 2007 – 2008 гг. Анализ показал, что типперы определяются более устойчиво на временном интервале не менее 5 суток. При этом когерентность между вертикальной и горизонтальными составляющими должна быть не менее 0.8. Для получения временных рядов магнитного типпера создана специальная программа, с помощью которой из банка вариаций геомагнитного поля формируются массивы заданной продолжительностью 5 суток. Для каждого массива определены магнитные типперы в диапазоне периодов от 300 до 10000 с. На рис.1 представлены временные ряды вещественных и мнимых частей магнитного типпера на периодах 300, 1000, 3000 и 10000 с. Известно, что вещественные стрелки связаны с активными электрическими токами, а мнимые – с реактивными. Величина мнимых стрелок определяется индукцией в проводящих слоях [2].

В обсерватории «Паратунка» мнимые стрелки более устойчиво определяются на периоде 1000 с, а в обсерватории «Магадан» - на периоде 300 с. На этих периодах в поведении модулей мнимых стрелок четко выражены годовые вариации. Данные периоды на кривых МТЗ приурочены к минимумам, связываемым с коровыми проводящими слоями. Следовательно, годовые вариации модулей мнимых индукционных стрелок характеризуют вариации электропроводности корового проводящего слоя, в котором концентрируются электрические токи, вызванные индукцией. По-видимому, за счет концентрации токов мы имеем более устойчивые значения и хорошо выраженные годовые вариации мнимых индукционных стрелок на периодах 1000 с и 300 с. Следует отметить, что годовые вариации в меньшей мере выражены и на других периодах. Это

свидетельствует, что годовым изменениям электропроводности в той или иной степени подвержены различные толщи литосферы.

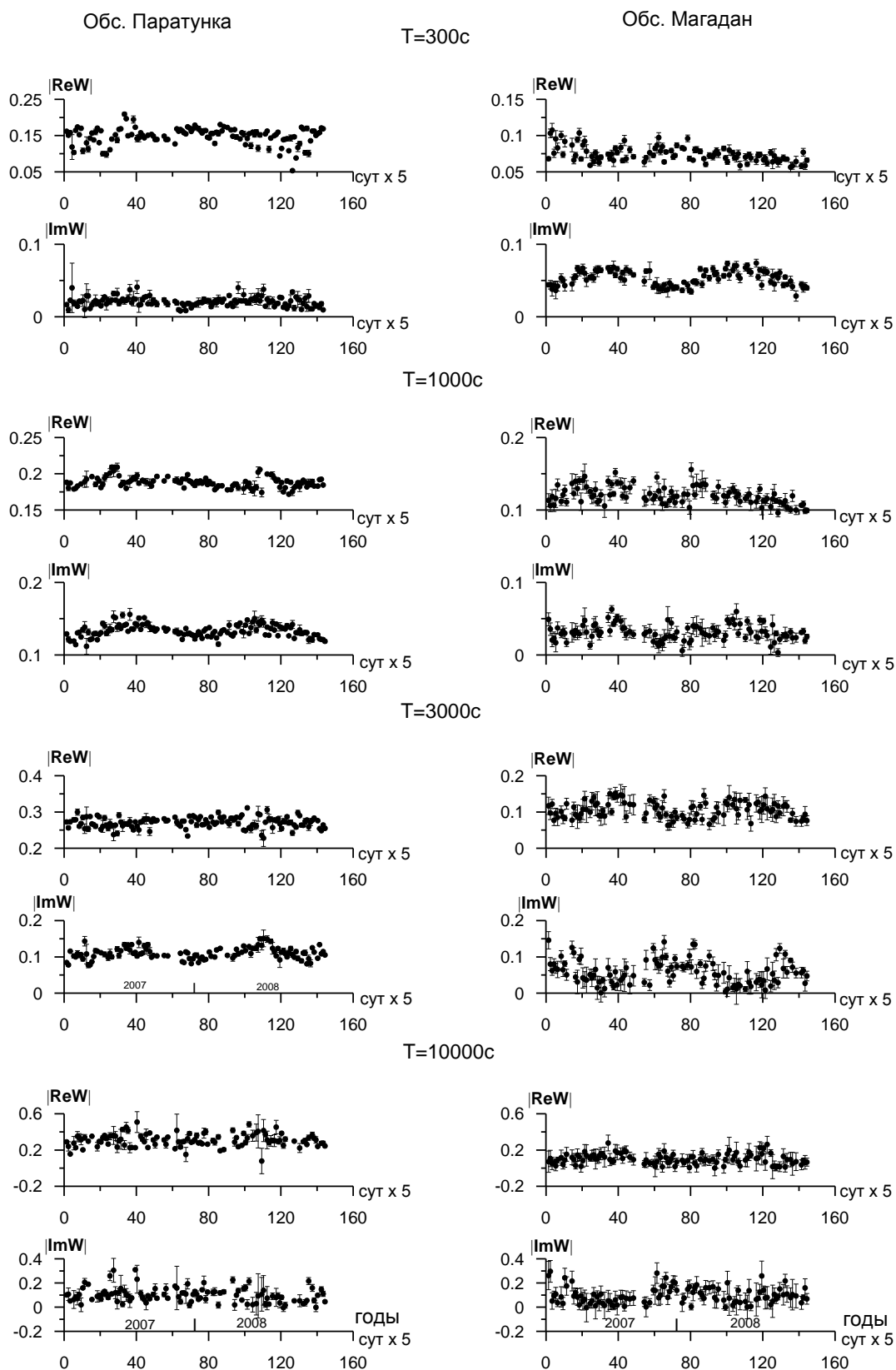


Рис.1. Временные ряды вещественной и мнимой частей типпера на периодах 300, 1000, 3000 и 10000 с.

Можно предположить, что годовые изменения электропроводности литосферы могут быть связаны с геодинамическими процессами, имеющими годовую цикличность, вызванную степенью

освещенности Земли при её годовом вращении вокруг Солнца. Данные процессы возможно приводят к изменению ширины и глубины литосферных разломов, степени их насыщенности гидротермальными растворами и уровня их минерализации, что проявляется в вариациях электропроводности литосферы.

Вариации магнитного тензора

Пульсации и бухтообразные вариации геомагнитного поля в средних и низких широтах допускают аппроксимацию их плоской моделью. В рамках этой модели существует связь между горизонтальными векторами геомагнитного поля в двух точках земной поверхности в виде [Бердичевский, Жданов, 1981]:

$$\mathbf{H}_1 = \hat{\mathbf{m}} \mathbf{H}_2, \text{ где } \hat{\mathbf{m}} = \begin{vmatrix} m_{xx} & m_{xy} \\ m_{yx} & m_{yy} \end{vmatrix}, \text{ где } \hat{\mathbf{m}} - \text{ магнитный тензор, } m_{xx}, m_{xy}, m_{yx}, m_{yy} - \text{ комплексные}$$

компоненты тензора, зависящие от частоты, распределения проводимости в Земле и ориентации координатных осей.

В нашем случае, для обсерваторий «Паратунка» и «Магадан», это выражение представим в следующем виде:

$$\begin{aligned} \mathbf{H}^i &= \hat{\mathbf{m}} \mathbf{H}^i, \text{ отсюда} \\ H_x^p &= m_{xx} H_x^m + m_{xy} H_y^m \\ H_y^p &= m_{yx} H_y^m + m_{yy} H_x^m, \end{aligned}$$

где H_x^p , H_y^p и H_x^m , H_y^m - горизонтальные составляющие геомагнитного поля в обсерваториях «Паратунка» и «Магадан».

Расстояние между обсерваториями почти 900 км. Поэтому возникает вопрос об устойчивости связи между векторами геомагнитного поля на таком расстоянии. Приближенные оценки свидетельствуют, что на периодах вариаций более 300 с длина электромагнитной волны превышает расстояние между пунктами наблюдений. Можно полагать, что связь между векторами геомагнитного поля будет устойчивой в диапазоне периодов 300 – 10000 с. В пользу этого свидетельствует высокая когерентность (более 0.8) между вариациями геомагнитного поля в обсерваториях «Паратунка» и «Магадан».

Для определения компонент магнитного тензора использована программа, алгоритм которой основан на известной робастной методике, разработанной Дж. Ларсеном [3,4]. Данная программа позволяет вычислять передаточные функции по электромагнитным полям, содержащим поля различного происхождения и даёт возможность не только определять передаточные функции, но и эффективно подавлять помехи.

Рассмотрим результаты мониторинга магнитного тензора. Анализ показал, что компоненты магнитного тензора в диапазоне периодов от 100 до 3000 с определяются более устойчиво на временном интервале равным 5 суткам. С помощью специальной программы двухлетний интервал синхронных регистраций вариаций геомагнитного поля в обсерваториях «Паратунка» и «Магадан» был разбит на интервалы по 5 суток. На каждом интервале определены модули и фазы компонент магнитного тензора. Графики этих параметров на периодах 300, 1000 и 3000 с приведены на рис. 2. Графики основных компонент и их фаз имеют дисперсию меньше, чем дополнительные компоненты и их фазы. Характерно, что в поведении компонент магнитного тензора выражены годовые вариации, которые по амплитуде на многих графиках превышают в несколько раз дисперсию. В лучшей мере годовые вариации проявились в поведении фаз основных компонент на периодах 300 и 1000 с. Также они выражены в отдельных случаях на графиках дополнительных компонент и их фаз. Это свидетельствует, что годовые вариации в значительной мере связаны с изменением глубинной электропроводности сред в обсерваториях «Паратунка» и «Магадан».

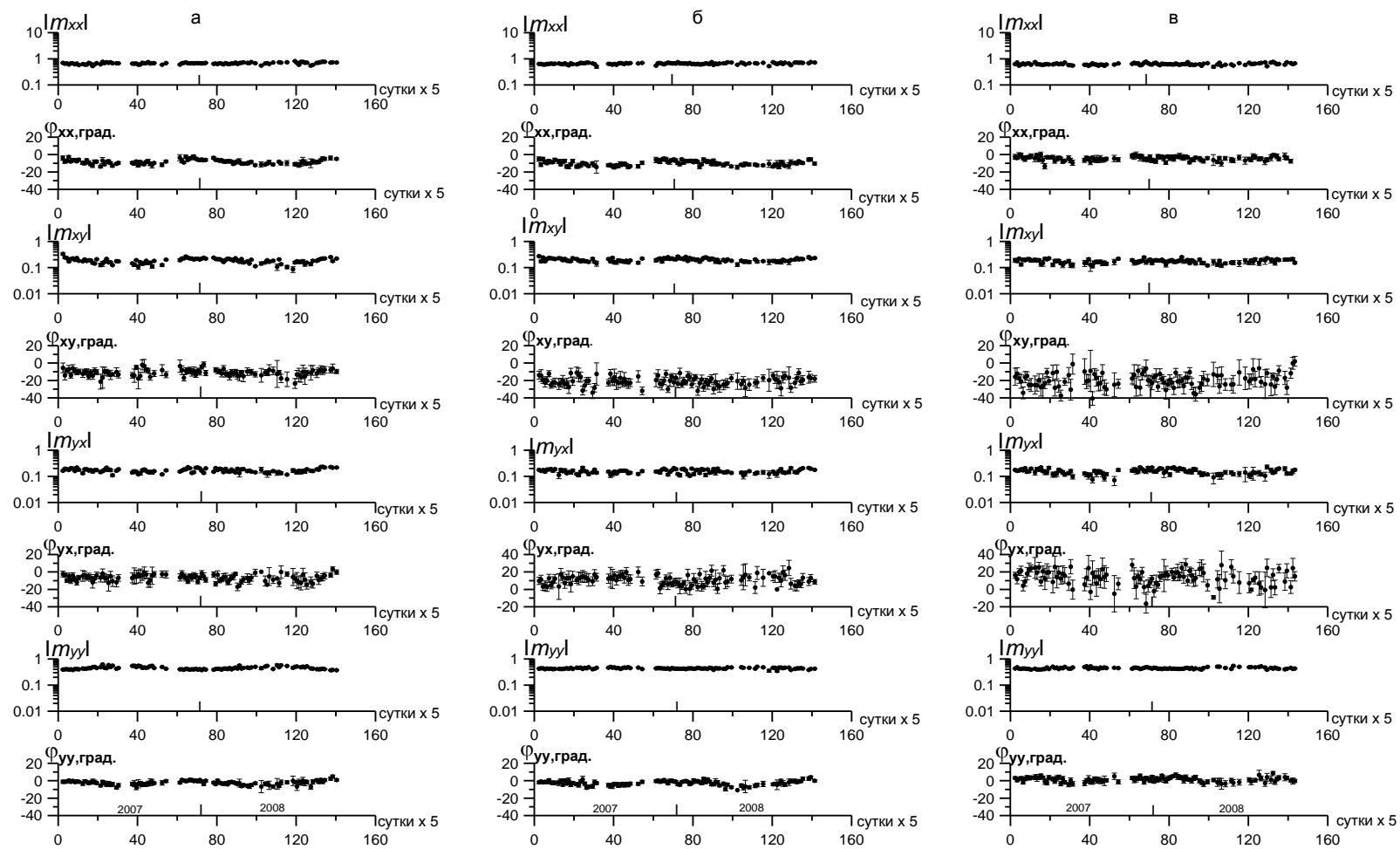


Рис.2. Временные ряды модулей и фаз компонент магнитного тензора на периодах 300 с (а), 1000 с (б) и 3000 с (в).

Литература

1. Бердичевский М.Н., Жданов М.С. Интерпретация аномалий переменного электромагнитного поля Земли. М.: Недра. 1981. 207 с.
2. Бердичевский М.Н., Нгуен Тхань Ван. Магнитовариационный вектор// Физика Земли. 1991. № 3. С. 52-62.
3. Larsen I.C., Mackie R.L., Manzella A., Fiodelisi A. and Rieven S. Robust smooth magnetotelluric transfer functions // Geophysical Journal International. 1996. V. 124. P. 801-819.
4. Larsen I.C. Noise reduction in electromagnetic time series to improve detection of seismic-induced signals// Journal of Geomagnetism and Geoelectricity. 1997. V. 49. P. 1257-1265.
5. Schmucker U.. Anomalous of geomagnetic variations in the South wester United States. University of Colifornia Press, Berkelylos Angels-London, 1970. 165 с.

ПРОЯВЛЕНИЕ ГРОЗОВЫХ ПРОЦЕССОВ В НИЗКОЧАСТОТНОМ РАДИОИЗЛУЧЕНИИ MANIFESTATION OF THUNDERSTORM PROCESSES IN A LOW-FREQUENCY RADIO EMISSION

В.А. Муллаяров, В.И. Козлов, А.А. Торопов, Р.Р. Каримов
Институт космофизических исследований и астрономии им. Ю.Г. Шафера СО РАН
mullayarov@ikfia.ysn.ru

In this work we consider the some features of characteristics of electromagnetic signals in the ELF range, accompanying thunderstorm VLF signals (atmospherics) and with one the red transient luminous glows (sprites) at mesosphere heights and the bottom ionosphere are connected. Signals were recorded at a high latitude in very favorable conditions from the point of view of absence of any electric power and industrial radio noise. The emission is observed on frequencies below 1 kHz usually in the form of two half-period fluctuations (ELF impulse) and delay relative to the corresponding atmospheric within the range of 0-7 ms. In the recorded signals ELF fluctuations in most cases were observed later 1 and 3 ms, and in 14 % of events delay was absent.

Events of quasi-periodic ELF fluctuations with the period of fluctuations nearby 7 ms (frequency of 143 Hz), corresponding to the quasiperiod of ELF impulses accompanying atmospheric are found out. In each period of the wave form of fluctuations there can be an additional smaller peak. Fluctuations in short ($dt < 100$ ms) events actually carry out a atmospheric's role, which follow pulse of 2 half-cycles at a lower-frequency (in comparison with 7 ms). Characteristics of long ELF fluctuations testify to resonant character of the phenomenon and an opportunity of long "feed" the probable resonator during thunderstorm activity.

В настоящее время электромагнитное излучение грозových разрядов (атмосферики) широко используется для инструментального изучения грозовой активности. Импульсное излучение грозových разрядов занимает широкую полосу частот, однако максимум излучения приходится на низкочастотный (ОНЧ) диапазон. Для исследования открытых в 90-х годах грозových процессов в мезосфере и нижней ионосфере, отражением которых является оптическое свечение ("спрайты" и "джеты"), также могут быть использованы импульсные электромагнитные излучения, только на более низких частотах (в КНЧ диапазоне). КНЧ излучение обычно следует за основным ОНЧ атмосфериком (разрядом "облако-земля"), в связи с чем получило название "КНЧ-хвост" (КНЧ атмосферик), и отражает процесс более медленного (длительного) протекания токов после основного разряда [1]. В большинстве случаев КНЧ атмосферики сопровождают положительные наземные разряды, переносящие к земной поверхности положительный грозовой заряд облаков. В этой связи представляют интерес записи электромагнитных сигналов, произведенные в Якутии в одной из высокоширотных областей с повышенной вероятностью наблюдения положительных разрядов. Ниже приведены результаты анализа особенностей спектрально-временных характеристик КНЧ излучений, зарегистрированных в данном эксперименте, и в Якутске.

Эпизодическая запись электромагнитных сигналов грозových разрядов осуществлялась 21-23.08.08 в Верхоянье, недалеко от п. Батагай в точке с координатами ($\varphi = 67.95^\circ$, $\lambda = 134.95^\circ$) в основном в часы максимальной грозовой активности (15-18 час местного времени). Запись производилась с электрической антенны высотой 10 м, через усилитель на компьютер с частотой оцифровки 62,5 кГц. Условия записи были очень благоприятны с точки зрения отсутствия каких-либо сетевых и промышленных помех. Наблюдения проводились на высотах ~ 450 м над уровнем моря.

Картина грозовой активности по данным грозопеленгатора-дальномера в Якутске в период двухчасовой записи сигналов 21.08.08 вблизи п. Батагай представлена на рис. 1а. Наиболее высокая активность наблюдалась к западу от Якутска, второй, высокоширотный, очаг существовал вдоль р. Лена,