

Влияние сейсмической активности на развитие турбулентности в спорадическом слое E_s ионосферы

АЛИМОВ О.А. БЛОХИН А.В.

Институт астрофизики Академии наук Республики Таджикистан
alimov38@mail.ru

В настоящее время доказано, что в период подготовки сильных землетрясений с (магнитудой $M \geq 4,5$) резко возрастает изменчивость в ионосферных параметрах с периодом 1,5 – 3 часа в среднеширотном спорадическом слое E_s ионосферы [4]. Ионосферные возмущения сейсмического происхождения за определенное время суток показывают увеличение или уменьшение критических частот ионосферных слоев относительно спокойного состояния ионосферы. При исследовании ионосферных эффектов, вызванных процессами подготовки землетрясений, возникает вопрос о характерных временах изменения параметров ионосферы.

В работе [1] было показано, что 2-3 х часовые возмущения в параметрах ионосферы проявляются в основном за 2-3 суток до землетрясения и могут служить предвестниками сейсмического события. Необходимо отметить, что эти результаты получены для большого числа землетрясений с магнитудой $M > 4,5$ и являются статистически достоверными.

Таким образом, данное исследование рассматривает влияние сейсмической активности на интенсивность образования неоднородности спорадического слоя E_s ионосферы

Частотные параметры спорадического слоя E_s информируют о структуре и содержании концентрации электронов в E_s . Разность предельной частоты foE_s и частоты экранировки fbE_s есть диапазон полупрозрачности $foE_s - fbE_s = \Delta fbE_s$, определяемый рассеянием отражений радиоволн на мелкомасштабных неоднородностях E_s . Большие значения диапазона полупрозрачности говорят об интенсивности роста степени неоднородности слоя E_s . Известно, что часто наблюдается линейная зависимость частотных параметров спорадического слоя E_s , $foE_s \sim fbE_s$.

Это объясняется тем, что диапазон полупрозрачности спорадического слоя $E_s - foE_s - fbE_s$ достаточно большой. Предельная частота спорадического слоя $E_s - foE_s$ определяется интенсивностью рассеяния на неоднородностях. Частота экранировки спорадического слоя $E_s - fbE_s$ определяется концентрацией N_e в спорадическом слое E_s :

$$N_e = 124 \cdot 10^2 (fbE_s)^2.$$

Поэтому есть основания определить безразмерный параметр δ .

$$\delta = \Delta fbE_s / fbE_s.$$

Величина δ характеризуется степенью неоднородности. Если величина $\delta \geq 1,5 - 2,0$ то возмущение электронной концентрации ΔN_e вызвано влиянием турбулентного вихря.

Данная работа посвящена анализу частотных параметров спорадического слоя E_s в диапазоне полупрозрачности и коэффициенту полупрозрачности в период подготовки землетрясения.

Для определения вклада сейсмогенного возмущения в спокойное состояние ионосферы и оценки влияния развития турбулентности в спорадическом слое E_s в период подготовки землетрясений вычислялись величины отклонения диапазона частоты полупрозрачности $\Delta fbE_s = foE_s - fbE_s$ и коэффициента полупрозрачности, определяемого как $foE_s - fbE_s / fbE_s = \delta$. Итак, исследованы особенности временного хода величины ΔfbE_s и δ для ночных условий за 6 суток до землетрясения и 2 дня после этого события.

Изучение проводилось в первую очередь на основе ионограмм, полученных методом вертикального зондирования ионосферы на станции Душанбе в ночное время с 15 по 29

августа 1986 года. В этом промежутке времени произошли 4 последовательных землетрясения, что удовлетворяет цели данной работы о влиянии сейсмогенных процессов на интенсивность непрерывного возникновения ионосферной турбулентности. Известно, что для выявления сейсмогенных ионосферных возмущений используется метод наложения эпохи [2-4], поскольку это условие удовлетворяется в нашем рассмотрении, то мы проанализировали каждое землетрясение в отдельности для сравнения. Метод наложения эпох является более информативным по выявлению сейсмоионосферных эффектов особенно, когда расстояния между станциями вертикального зондирования и эпицентрами землетрясений близки. В таблице приведены характеристики четырёх последовательных землетрясений. R – расстояние от эпицентра до станции вертикального зондирования, h – глубина эпицентра землетрясений, M – магнитуда землетрясений.

Таблица 1. Характеристики землетрясений за август 1986 г.

№ п\п	Дата	Время возникновения землетрясения, ЛТ	h , км	M	$R <$, км
1	17.08.1986	00. 52	3	4.5	250
2	21.08.1986	07. 34	229	5.3	250
3	23.08.1986	05. 33	249	4.8	250
4	27.08.1986	00. 11	231	5.1	250

Величина $foE_s - fbE_s$ это рассеяние радиоволн на мелкомасштабных неоднородностях E_s , так что возрастание ΔfbE_s и коэффициент полупрозрачности δ свидетельствуют об образовании и развитии неоднородностей спорадических слоев. Увеличение степени неоднородности свидетельствует о возникновении турбулентности в спорадическом слое E_s ионосферы. Как следует из рисунков 1-2 и анализа параметров E_s , характерны отклонения параметров E_s и ярко выраженные всплески длительностью $\tau = 2-3$ часа. Большие отклонения от фона величины диапазона полупрозрачности - ΔfbE_s наблюдаются за 2 – 3 суток до землетрясения, что отмечается увеличением коэффициента полупрозрачности δ при подготовке землетрясения. Стрелка на рисунках указывает момент землетрясений.

Для выделения наиболее характерных особенностей сейсмоионосферных эффектов в период подготовки землетрясений проведено усреднение величины частоты полупрозрачности и коэффициента полупрозрачности в параметрах спорадического слоя E_s в ночное время для каждых суток.

Анализ полученных результатов по сейсмоионосферным эффектам для землетрясений 1986 года, ионосферной станции Душанбе показал, что возмущение ионосферных параметров в подготовительный период представляет собой ярко выраженным максимум длительностью $\tau = 2-3$ часа. Отклонение диапазона частоты полупрозрачности и коэффициент полупрозрачности E_s в сейсмоактивный период подготовки землетрясений свидетельствуют об их закономерности и их едином механизме воздействия. Изменения величины частоты полупрозрачности и коэффициент полупрозрачности спорадического слоя E_s от часа к часу показывают динамику сейсмоионосферного процесса при подготовке землетрясения.

На рис 1-2 приведены временные вариации величины диапазона полупрозрачности fbE_s и коэффициента полупрозрачности δ спорадического слоя E_s ночью в период подготовки землетрясений 27.08.86 г.

Метод усреднения параметров E_s позволяет выделить динамику наблюдаемых сейсмогенных возмущений в ионосфере в период подготовки сильных землетрясений. Ионо-

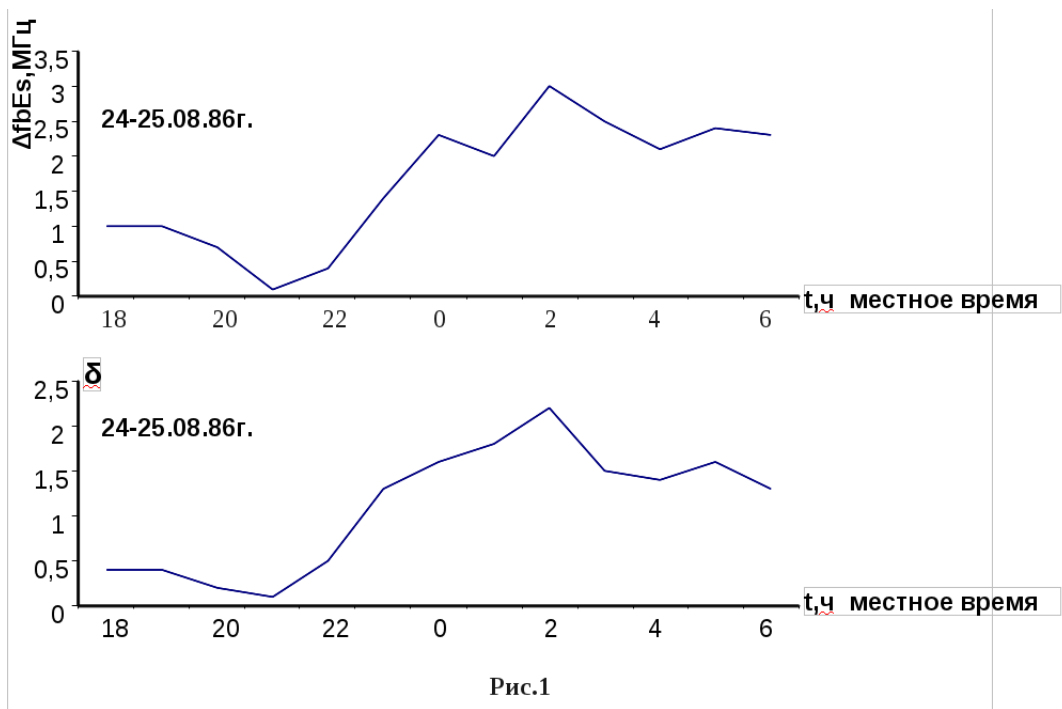


Рис. 1. Временные вариации величины диапазона полупрозрачности fbEs и коэффициента полупрозрачности δ спорадического слоя Es ночью в период подготовки землетрясений 27.08.86 г

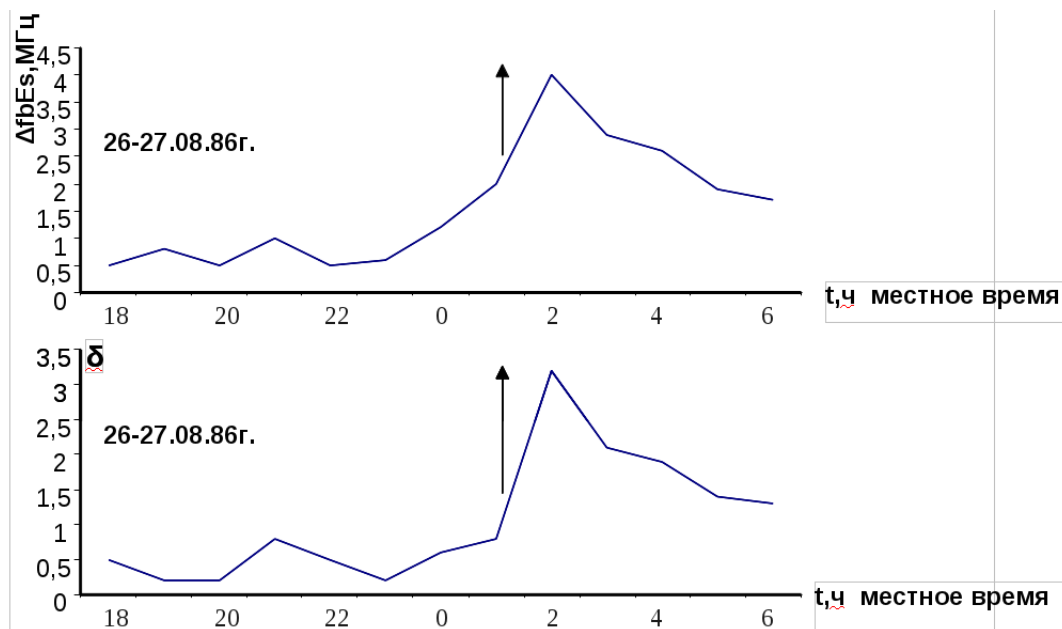


Рис. 2. Временные вариации величины диапазона полупрозрачности fbEs и коэффициента полупрозрачности δ спорадического слоя Es ночью в период подготовки землетрясений 27.08.86 г

сферные эффекты, связанные с процессами подготовки землетрясений, проявляются достаточно закономерно, что выделяет аномальные сейсмогенные возмущения в ионосфере. Величина диапазона полупрозрачности $\Delta fbEs$ в период подготовки землетрясений увеличивается, т.е. наблюдается одновременно увеличение степени неоднородности в среднеширотном слое E_s ионосферы. Анализ величины δ - коэффициента полупрозрачности E_s для землетрясений с магнитудой $M > 5,0$ показывает, что за 2-3 дня до землетрясения он увеличивается.

Вопрос о турбулизации ионосферной плазмы в E области ионосферы над эпицентрами готовящихся землетрясений был впервые поднят в работах [3,4]. На ионограммах вертикального зондирования ионосферы в Душанбе были обнаружены явления диффузности следов E_s в период подготовки ряда крупных землетрясений.

Известно, что в среднеширотной ионосфере явление диффузности спорадического слоя E_s возникает весьма редко. Аномальность диффузных следов E_s - spread [3] на ионограммах даёт основание полагать, что над эпицентрными областями землетрясений возникают физические процессы.

Ранее нами была высказана гипотеза [4] о том, что на высотах E-области происходит ионосферная плазменная турбулизация вследствие градиентно-дрейфовой неустойчивости, связанная с возбуждением в ионосфере электрических полей сейсмического происхождения. В период подготовки сильных землетрясений на ионограммах вертикального зондирования станции Душанбе, вблизи эпицентральной зоны, часто возникает явление расплывания следов спорадического слоя E_s .

Предполагается, что длительность проявления сейсмоионосферных предвестников в Душанбе может быть связана с деформационными процессами в земной коре и разных разломах, а также неодинаковыми свойствами среды эпицентральной зоны.

Показано, что для землетрясений с $M > 4,5 - 6,0$ за 2-3 суток до события наблюдаются увеличение величины диапазона полупрозрачности $E_s - \Delta fbEs$ и рост степени неоднородности E_s - δ , что приводит к возникновению интенсивности образования неоднородностей N_e в спорадическом слое E_s ионосферы.

Установлено, что изменчивость диапазона полупрозрачности $- \Delta fbEs$ и коэффициента полупрозрачности E_s - δ в периоды сейсмической активности могут быть связано с явлениями турбулентности в спорадическом слое E_s ионосферы. Динамическое развитие турбулентности в периоды сейсмической активности может быть вызвано акустическими и акустико- гравитационными волнами.

Литература

1. Липеровский В.А., Шалимов С.Л., Алимов О.А., Липеровская Р.Х., Колесников Л.Ф., Хакимова М.А. О некоторых эффектах сейсмической активности в верхней атмосфере // Препринт № 22. Институт Физики Земли АН СССР, М., 198, 19 с.
2. Алимов О.А., Липеровская Е.В., Липеровский В.А., Рубцов Л.Н., Гуфельд И.Л. Выделение эффектов сейсмической активности в E_s -слое ионосферы // В сб.: "Поиск электро-магнитных предвестников землетрясений". М.: Наука. ИФЗ АН СССР. - 1988. С. 169-173.
3. Алимов О.А., Гохберг М.Б., Липеровская Е.В., Гуфельд И.Л., Липеровский В.А., Рубцов Л. Н. Эффект резких уменьшений плотности спорадического слоя E_s ионосферы — предвестник землетрясений // ДАН СССР. - 1989. - 305. - №6. С. 1335-1339.
4. Алимов О.А., Блохин А.В., Липеровская Е.В., Силина А.С. Влияние сейсмической активности на неоднородности электронной концентрации спорадического слоя E_s

ионосферы. Труды международной конференции: “Посвященной шестидесятилетию Хаитского землетрясения 1949 года”, 19-11 июля 2009г, Таджикистан, Душанбе. – 2009. С. 58-64.

Seismic activity effect on turbulence development in E_s sporadic layer of the ionosphere

Alimov O.A., Blokhin A.V.

Institute of Astrophysics Academy of Sciences the Republic Tajikistan, Tajikistan

The paper presents the analysis of E_s sporadic layer frequency parameters, i.e. translucency range and coefficient during earthquake preparation. The investigation was carried out on the basis of ionograms, in the first place, obtained by ionosphere vertical sounding method at Dushanbe station at nighttime on August 15-29, 1986. Within this period four successive earthquakes occurred that corresponds to the aim of the present paper on seismic processes effect on the intensity of continuous ionospheric turbulence. The duration of seismo-ionospheric precursor manifestation in Dushanbe is supposed to be associated with deformation processes in the Earth crust and different faults as well as with different properties of epicentral zone media.

It has been shown that for the earthquakes with $M > 4.5-6.0$ the increase of E_s translucency range value and the growth of E_s inhomogeneity degree are observed two or three days before an event, that leads to the appearance of inhomogeneity intensity in E_s sporadic layer of the ionosphere. It has been established that the changeability of translucency range and E_s translucency coefficient during seismic activity may be associated with turbulence phenomena in E_s sporadic layer of the ionosphere. Dynamic development of turbulence during seismic activity is caused by acoustic and acoustic-gravitational waves.