

Вариации амплитуды сигналов грозовых разрядов, проходящих над эпицентрами землетрясений

Аргунов В. В., Каримов Р. Р.

Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН, г. Якутск, Россия
e-mail: argunovvv@mail.ru

Рассматриваются аспекты применения низкочастотных импульсных грозовых радиосигналов для дистанционного мониторинга проявлений сейсмической активности в возмущениях нижней ионосферы. Установлено, что возмущения в нижней ионосфере, обусловленные литосферными процессами, могут наблюдаться в вариациях амплитуды грозовых сигналов, распространяющихся над эпицентрами землетрясений. Усиление амплитуды сигналов происходит в день и после землетрясений, а также за несколько дней до событий (предвестник). Эффекты землетрясений и их предвестников проявляются в виде возрастания средней амплитуды атмосфериков.

Введение

Поиск предвестников землетрясений ведется по многим направлениям. На сегодняшний день представлено немало работ, описывающих литосферно-ионосферную связь (см. список литературы в [1]). Многие в своих исследованиях используют спутниковые данные [2]. Также для дистанционного мониторинга за возмущениями нижней ионосферы, обусловленных воздействием сейсмических процессов, используют сигналы низкочастотных (СДВ) радиостанций. Изменение профиля электронной концентрации и высоты нижней ионосферы должно проявляться в вариациях амплитуды и фазы сигналов, распространяющихся через области над эпицентрами землетрясений. В достаточно большом количестве работ показано, что вариации фазы сигналов низкочастотных радиопередатчиков, наблюдаемых за несколько дней до землетрясений, могут быть использованы в качестве предвестников литосферных возмущений [3, 4]. Преимущество использования данных сигналов заключается в том, что сигналы СДВ радиостанций контролируются, это позволяет рассчитывать амплитудно-фазовые вариации и по ним восстанавливать параметры возмущений в нижней ионосфере. Однако не всегда удается подобрать нужную радиотрассу распространения сигналов.

Нами в качестве модификации метода предлагается мониторинг сейсмических возмущений в нижней ионосфере по естественным радиоизлучениям - по электромагнитным сигналам грозовых разрядов (атмосферикам) [5]. Метод позволяет вести азимутальное сканирование областей возмущений из одного приемного пункта.

Экспериментальные данные и их анализ

Прием сигналов атмосфериков осуществляется в г. Якутске ($\phi = 62.02$ N , $\lambda = 129.71$ E) с помощью однопунктового грозопеленгатора-дальномера, характеристики которого корректируются применительно к регистрации дальних атмосфериков. Прием осуществляется на три антенны: электрическую (штырь) и две ортогональные магнитные антенны (рамки с эффективной площадью 180 м²). В зимнее время максимальная дальность до источников принимаемых сигналов (определяемая возможностью выделения из помеховых сигналов) составляет около 12000 км. Однако дальность до эпицентра литосферных возмущений, уверенно выявляемых через возмущения нижней ионосферы на трассе распространения атмосфериков, как ранее показали наши исследования [6], ограничена

значениями 3500-4000 км. На расстояниях свыше 4000 км количество вариаций в амплитуде атмосфериков увеличивается. Анализ проявлений землетрясений в сигналах атмосфериков обычно проводится для ночных условий, когда затухание в волноводе "земля-ионосфера" наименьшее. В то же время, учитывая интерференцию мод сигналов в ночные часы, усложняющую характер вариаций амплитуды, дополнительно рассматриваются и междневные вариации амплитуды, определяемой в дневные часы. Однако в дневное время количество регистрируемых атмосфериков за счет затухания в волноводе значительно сокращается по сравнению с ночными условиями и, соответственно, возрастают ошибки определения усредненных значений амплитуды.

Основной анализируемый параметр - это средняя за час амплитуда атмосфериков, принимаемых в Якутске с определенных направлений. Методика определения средней амплитуды заключалась в следующем. Как известно, изменений в амплитуде сигналов следует ожидать, если область возмущений на трассе их распространения будет располагаться в эллипсоидах первых зон Френеля. Поэтому для анализа отбираются те атмосферерики, трассы которых находятся в пределах указанных зон, центрированных по азимуту на эпицентр землетрясения. Рассчитывается средняя амплитуда для атмосфериков, чьи источники сигналов - грозовые разряды, располагаются за эпицентром. При этом источники приводятся к одному расстоянию (расстояние до эпицентра), принимая в первом приближении обратно-пропорциональную зависимость амплитуды от расстояния.

На рис 1. представлены вариации амплитуды, приведенной к медианным значениям, полученные методом наложения эпох для 17 землетрясений, магнитуда которых была больше 5, а глубина не превышала 50 км. За нулевой день был принят день литосферного возмущения. Методика получения амплитудных вариаций заключается в следующем. Отдельно для каждого данных для более уверенного выделения предвестников выбираются временные интервалы не менее чем через 10 дней после землетрясения на выбранном азимутальном направлении.

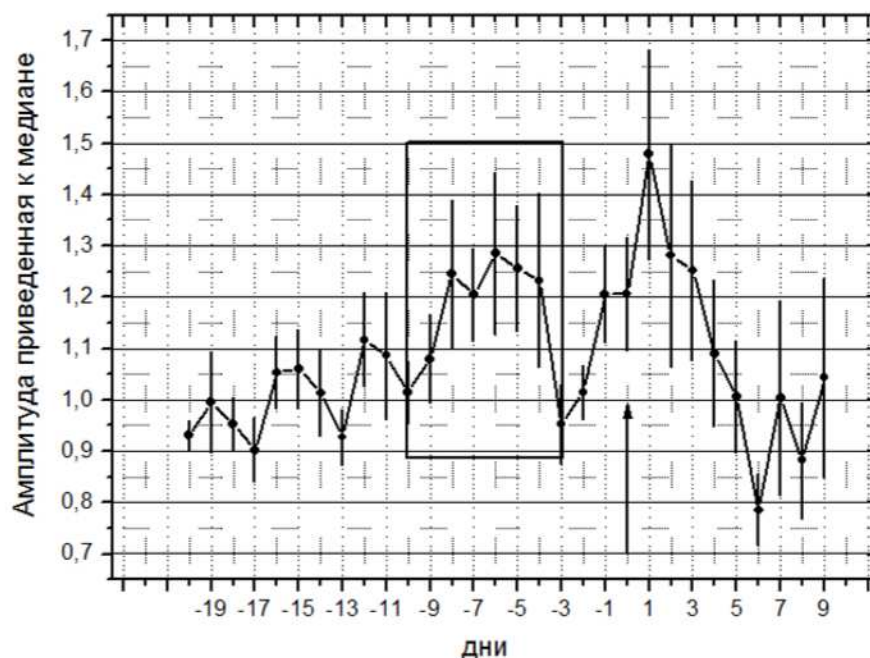


Рис. 1. Вариации значений амплитуды приведенной к медиане полученные методом наложения эпох для 17 землетрясений.

Из рисунка 1 видно, что после литосферного возмущения наблюдается повышение значений амплитуды, приведенной к медиане, которое можно отнести к эффектам данных

литосферных событий. Квадратом отмечено возрастание средней амплитуды, которое рассматривается в качестве предвестника грядущего землетрясения. При этом надо принять во внимание, что в каждом отдельном событии возрастание происходит, как правило, в течение одного дня в интервале 4-10 дней до события, что приводит к “расплыванию” предвестника в методе наложения эпох. Также на рисунке 1 показана среднеквадратичная ошибка среднего (вертикальные линии). Видно, что есть возможность выделять как эффекты, так и предвестники литосферных возмущений в амплитуде сигналов грозových разрядов.

Заключение

Таким образом, по результатам анализа установлено, что возмущения в нижней ионосфере, обусловленные литосферными процессами, могут проявляться в вариациях амплитуды грозových сигналов, распространяющихся над эпицентрами землетрясений. Усиление амплитуды сигналов, происходящее за несколько дней до событий, может рассматриваться в качестве предвестника. Это позволяет привлечь наблюдения импульсных электромагнитных грозových сигналов в качестве одного из возможных средств дистанционного мониторинга сильных землетрясений.

Работа поддержана РФФИ, проекты № 15-45-05005 р_восток_а, 15-45-05135 р_восток_а.

Литература

1. Гохберг М.Б., Моргунов В.А., Герасимович Е.А., матвеев И.В. Оперативные электромагнитные предвестники землетрясений. М.: Наука, 1985. 116 с.
2. Бондур В. Г., Смирнов В. М. Метод мониторинга сейсмоопасных территорий по ионосферным вариациям, регистрируемым спутниковыми навигационными системами // Доклады Академии наук, 2005, том 402, № 5, с.675-679.
3. Molchanov O.A., Hayakawa M. Subionospheric VLF signal perturbations possibly related to earthquakes // J. Geophys. Res. V. 103. P. 17489–17504. 1998.
4. Gokhberg M. B., Gufeld I. L., Rozhnoi A. A., Marenko V. F., Yampolshy V. S., Ponomarev E. A. Study of seismic influence on the ionosphere by superlong wave probing of the Earth-ionosphere waveguide // Phys. Earth Planet. Inter. - 1989. - V. 57. - P. 64–67.
5. Mullayarov V.A., Karimov R.R., Kozlov V.I. Variations in thunderstorm VLF emissions propagating over the epicenters of earthquakes // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 2007. Vol. 69/13. P. 1513-1523. DOI: 10.1016/j.jastp.2007.06.001
6. Mullayarov, V.A., Abzaletdinova, L. M., Argunov, V.V., and Korsakov A.A.: Variations in the Parameters of Thunderstorm Electromagnetic Signals on Paths over Earthquake Regions, Geomagnetism and Aeronomy, 51., 6, 825–834.