

УДК 537.86

ВЛИЯНИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ИМПУЛЬСНЫЕ ОЧЕНЬ НИЗКОЧАСТОТНЫЕ СИГНАЛЫ ГРОЗОВЫХ РАЗРЯДОВ

В.В. Аргунов, В.А. Муллаяров

EARTHQUAKE EFFECTS ON PULSED, VERY-LOW FREQUENCY THUNDERSTORM SIGNALS

V.V. Argunov, V.A. Mullayarov

Проведен анализ вариаций очень низкочастотных (ОНЧ) сигналов грозовой природы на трассах, проходящих над очагами землетрясений. В данных сигналах эффект землетрясений с магнитудой более 5 проявляется в виде усиления амплитуды в день события или в несколько последующих дней после него. За несколько дней до землетрясения наблюдаются вариации амплитуды грозовых сигналов, как правило в виде ее возрастания, что можно рассматривать в качестве предвестников.

Полученные результаты анализа импульсных ОНЧ-сигналов грозовой природы с разных азимутов относительно направления на землетрясение подтвердили связь указанных эффектов с землетрясениями.

We analyzed variations in very low frequency (VLF) signals of the thunderstorm that passed over the earthquake source. These signals effect of earthquakes with magnitudes greater than 5 is manifested in the form of strengthening the amplitude of the day and in the next few days after the event. A few days before the earthquake observed variations in the amplitude of thunderstorm signals, usually in the form of increasing amplitude, which may be regarded as precursors.

The obtained results of analysis of pulsed VLF thunderstorm signals from the different azimuth relative to the direction of the earthquake have confirmed the relationship of these effects with earthquakes.

Землетрясения относятся к самым опасным катастрофическим природным явлениям, влекущим значительные человеческие жертвы и колоссальные материальные убытки. Достаточно отметить последствия последнего сильнейшего землетрясения в Японии. Поэтому чрезвычайно актуальной является задача прогноза землетрясений. Естественно, поиск предвестников землетрясений ведется, прежде всего, в микросейсмических шумах. Однако одних сейсмических данных оказывается недостаточно, поэтому прогноз землетрясений может быть только комплексным. Для повышения достоверности прогноза все виды проявлений готовящегося землетрясения должны быть приняты во внимание. В качестве одного из информативных инструментов обнаружения предвестников землетрясений может выступать мониторинговый анализ электромагнитных излучений.

По результатам исследований импульсного ОНЧ-сигнала от грозовых разрядов было выявлено, что сигналы, проходящие над эпицентром землетрясения, усиливают свою амплитуду в день события или в последующие два-три дня после него, а повышение амплитуды до дня землетрясения можно рассматривать как предвестник данного землетрясения [Mullayarov et al., 2007]. В настоящей работе приведены результаты для подтверждения связи полученных эффектов с землетрясениями. Выполнен анализ амплитудных вариаций регистрируемых в Якутске ($\varphi=62^\circ$ N, $\lambda=129^\circ$ E) импульсных грозовых ОНЧ-сигналов с трассами, проходящими над эпицентрами землетрясений и над виртуальными эпицентрами, располагающимися на такой же дальности, но в стороне от основной трассы. В случае связи рассматриваемых вариаций с землетрясениями на трассах вне основного азимута (направления на эпицентр землетрясения) эффект должен отсутствовать. Виртуальные источники землетрясения выбирались таким образом, чтобы их зоны Френеля не пересекались с зонами Френеля основных трасс. Проведенный анализ амплитудных вариаций импульсных

ОНЧ-сигналов грозовой природы, полученных с разных азимутов относительно направления на землетрясение, подтверждает связь указанных эффектов с землетрясениями.

Первое рассматриваемое землетрясение произошло в Японии (41.892° N; 143.754° E) 11.09.08, магнитуда 6.8. На рис. 1 представлен ход амплитуды импульсного электромагнитного ОНЧ-излучения в электрической компоненте с основного (квадратики) и соседних азимутов. Как показано на рис. 1, в направлении на эпицентр основного события 12 сентября проявился эффект землетрясения, а усиление амплитуды 5 сентября в соответствии с результатами [Mullayarov et al., 2007] может рассматриваться как предвестник землетрясения. На соседних же азимутах проявления эффекта землетрясения и его предвестника нет.

Результаты показывают, что в вариациях амплитуды электромагнитных сигналов грозовых разрядов – атмосфериков, распространяющихся над эпицентрами землетрясений, возможно проявление как собственно землетрясений, так и процессов, предшествующих землетрясениям (предвестников).

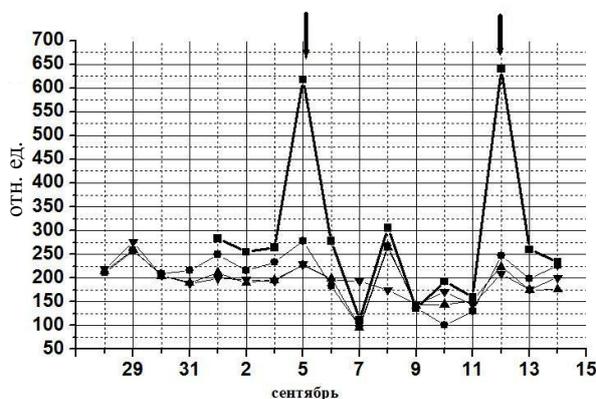


Рис. 1. Вариации средней амплитуды атмосфериков с направления на эпицентр землетрясения и с соседних азимутов.

Повышение амплитуды атмосфериков, проходящих над эпицентром землетрясения, связано с тем, что литосферные процессы приводят к изменению профиля электронной концентрации в нижней ионосфере. Обычно рассматривается повышение концентрации электронов, что может трактоваться как повышение коэффициента отражения волн.

Если рассматривать трассы средней протяженности (2000–5000 км) с небольшим числом отражений волн от ионосферы, то с учетом граничных условий можно ожидать, что литосферные процессы в период подготовки землетрясения должны проявляться не только в вариациях амплитуды атмосфериков, но и в изменении отношения E_v/H_t , где E_v – вертикальная составляющая электрического поля (регистрируется в эксперименте), H_t – тангенциальная (горизонтальная) составляющая магнитного поля волны, принимаемая двумя скрещенными рамочными антеннами. Действительно, исходя из известного условия $E_v/E_t = \sqrt{\epsilon'}$, где ϵ' – комплексная относительная диэлектрическая проницаемость, зависящая от проводимости среды σ (от плотности электронов), при изменении концентрации электронов (в период предвестника) на расстояниях порядка одного скачка волны (одного отражения от ионосферы) можно ожидать изменения отношения E_v/E_t и, соответственно, отношения принимаемых компонент поля атмосфериков E_v/H_t [Cummer et al., 2000]. Для проверки такой возможности при анализе вариаций сигналов производился расчет данного отношения E_v/H_t .

На рис. 2 приведен средний ход отношения E_v/H_t для девяти землетрясений, полученный методом наложения эпох. В качестве нулевого дня рассматривался день землетрясения. За 15–20 дней до землетрясений видно превышение отношения E_v/H_t на 15–20 % от невозмущенного уровня (нормировано на 1), однако это нельзя считать значимым. Падение же отношения E_v/H_t за 3–8 дней до землетрясения значимо с вероятностью 95 %. Большая величина среднеквадратичной ошибки здесь обусловлена разным временным интервалом от ослабления отношения до землетрясения в разных событиях.

Второе рассматриваемое землетрясение произошло также в Японии 05:46 UT 11 марта (38.32° N; 142.36° E). Магнитуда равнялась 9, а глубина очага –

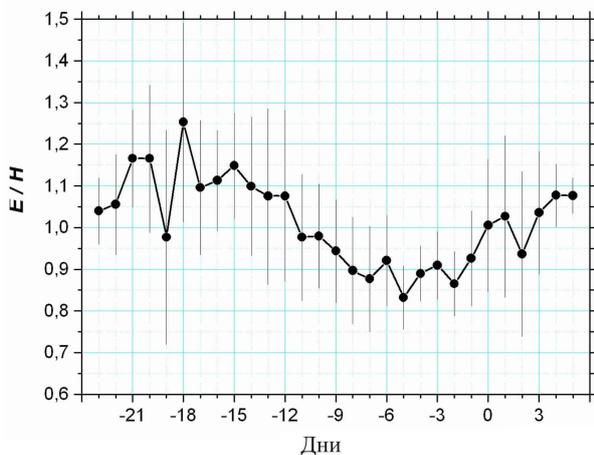


Рис. 2. Средняя вариация отношения электрической составляющей к магнитной для 9 землетрясений.

30 км. Данное землетрясение вызвало цунами высотой порядка 40 м; основной удар приняла на себя территория от префектуры Аомори на севере японского острова Хонсю до граничащей с Токио префектуры Тиба. Стоит отметить, что данное землетрясение было не первым в этом регионе. Девятого марта в 02:45 UT также произошло сильное землетрясение с магнитудой 7.2 с близкими координатами очага (37.15° N; 142.27° E) на глубине 32 км. После него на протяжении 9 дней произошло порядка 550 землетрясений, среди которых и оказалось сильнейшее землетрясение с магнитудой 9.

На рис. 3 представлен ход амплитуды импульсного ОНЧ электромагнитного излучения в период с 23 февраля по 8 марта с направления на эпицентр очагов землетрясений. Именно в этом промежутке были сильнейшие землетрясения. Как видно из графика, эффекты двух наиболее сильных землетрясений (магнитуды 7.2 и 9) проявились в виде повышения амплитуды сигналов 8 и 13 марта, а вариации амплитуды 25 и 28 февраля можно рассматривать как предвестники данных землетрясений.

На рис. 4 представлен аналогичный ход импульсного электромагнитного ОНЧ-излучения с меньших, чем до эпицентра землетрясений, расстояний. Как и следовало ожидать, эффектов землетрясений и их предвестников нет.

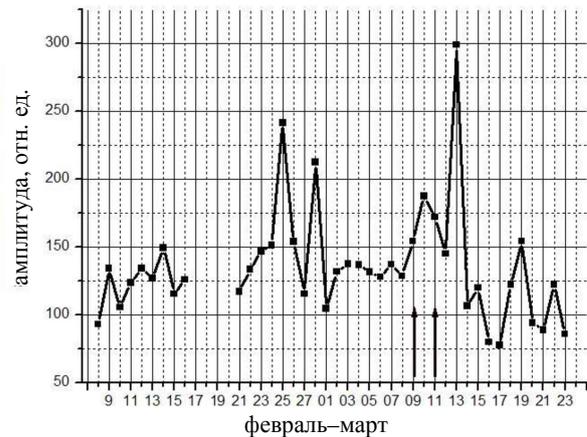


Рис. 3. Вариации средней амплитуды атмосфериков с направления на очаг землетрясения.

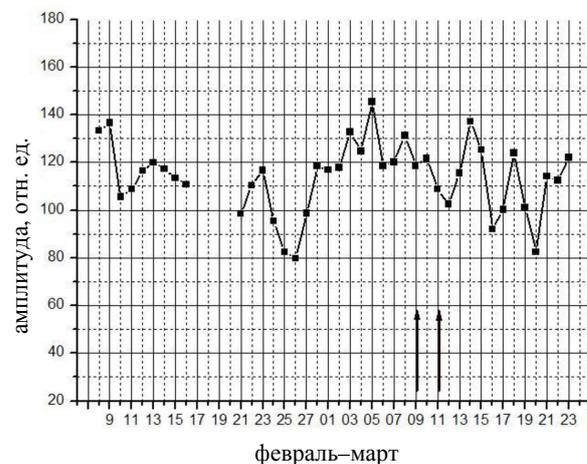


Рис. 4. Вариации средней амплитуды атмосфериков с соседнего азимута.

Это говорит о том, что повышения амплитуды 9 и 11 марта, так же как и вариации амплитуды 25 и 28 февраля, можно связать с рассматриваемыми землетрясениями и их предвестниками.

Таким образом, в вариациях параметров электромагнитных сигналов грозовых разрядов, проходящих над областью эпицентра землетрясения, удается наблюдать три процесса. За несколько дней до землетрясения средняя амплитуда возрастает, уменьшается отношение компонент сигнала E_v/H_z , которые рассматриваются в качестве предвестников, возрастает также средняя амплитуда в день землетрясения или спустя 1-2 дня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Cummer S.A., Inan U.S. Ionospheric E region remote sensing with ELF radio atmospherics // *Radio Science*. 2000. V. 35. P. 1437.

Mullayarov V.A., Karimov R.R., Kozlov V.I. Variations in thunderstorm VLF emissions propagating over the epicenters of earthquakes // *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.* 2007. V. 69, N. 13. P. 1513–1523.

Институт космических исследований и аэронавтики, СО РАН, Якутск