

Изменение направленности геоакустического излучения на станции “Микижа” в связи с землетрясениями на Камчатке

МАРАПУЛЕЦ Ю. В., СОЛОДЧУК А. А., ЩЕРБИНА А. О.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН
с. Паратунка, Камчатский край, Россия
email: aleksandra@ikir.ru

На полуострове Камчатка на станции комплексных наблюдений “Микижа” установлен аппаратно-программный комплекс для исследования направленных свойств высокочастотной геоакустической эмиссии. Регистрация геоакустических данных и оценка направления прихода звуковой волны осуществляются с помощью приемной гидроакустической системы, построенной на базе комбинированного приемника производства ЗАО “Геоакустика” при ФГУП “ВНИИФТРИ”, размещенного у дна природного водоема [1].

При исследовании направленности геоакустического излучения рассматриваются величина акустической активности $\Omega(t)$, представляющая собой зависящую от времени частоту следования импульсов в определенном интервале амплитуд, и ее азимутальное распределение $D(\alpha, t)$ [2]. Были зарегистрированы случаи, когда за несколько суток перед землетрясениями резко возрастала величина акустической активности и на диаграмме ее азимутального распределения наблюдались ярко выраженные максимумы [3, 4].

Для анализа изменения направленности геоакустического излучения во время землетрясений из оперативного сейсмического каталога Камчатского филиала ГС РАН были отобраны 4 группы событий, произошедших в период с августа 2008 г. по январь 2016 г., с энергетическими классами $9.0 < K_s \leq 10$, $10 < K_s \leq 11$, $11 < K_s \leq 12$ и $K_s > 12$ и эпицентральными расстояниями $R \leq 120$ км, $R \leq 190$ км, $R \leq 240$ км и $R \leq 350$ км соответственно. Такие расстояния были выбраны с учетом результатов исследований [5, 6]. Землетрясения, произошедшие с 10 февраля по 09 июля 2013 г., исключены из анализа из-за отсутствия геоакустических данных в указанный период. Таким образом, всего было отобрано 276 сейсмических событий.

В условиях спокойной погоды (слабоменяющееся давление, отсутствие осадков и ветра больше 6 м/с) в интервале ± 5 суток в окрестности землетрясения рассматривались величина акустической активности и ее азимутальное распределение. Считалось, что в направленности геоакустического излучения наблюдаются аномалии, связанные с сейсмическим событием, когда в вышеуказанном временном интервале частота следования геоакустических импульсов и ее распределение по какому-либо одному или нескольким отдельным направлениям превышают значения соответствующих фоновых уровней в 2.5 и более раз. Фоновые уровни выбраны по результатам предварительного анализа ряда многолетних наблюдений акустической активности.

В результате установлено наличие аномалий направленности геоакустического излучения в окрестностях 219 землетрясений из 276 (79%). Аномалии, которые могли быть связаны с несколькими сейсмическими событиями, исключались из дальнейшего рассмотрения из-за сложности определения вклада каждого из событий в исследуемые эффекты. На рис. 1 представлен пример такой аномалии.

Таким образом, при анализе учитывались аномалии направленности, наблюдающиеся в окрестности только одного землетрясения. Они были зарегистрированы в 73-х случаях. Установлено, что длительность аномалии варьируется в диапазоне от 10 до 50 ч (рис. 2а), а повышенная активность регистрируется в основном с направлений, соответствующих азимутам 50° , 155° , 330° (рис. 2б). Аналогичные азимуты были выделены ранее при исследовании направленности геоакустического излучения [4].

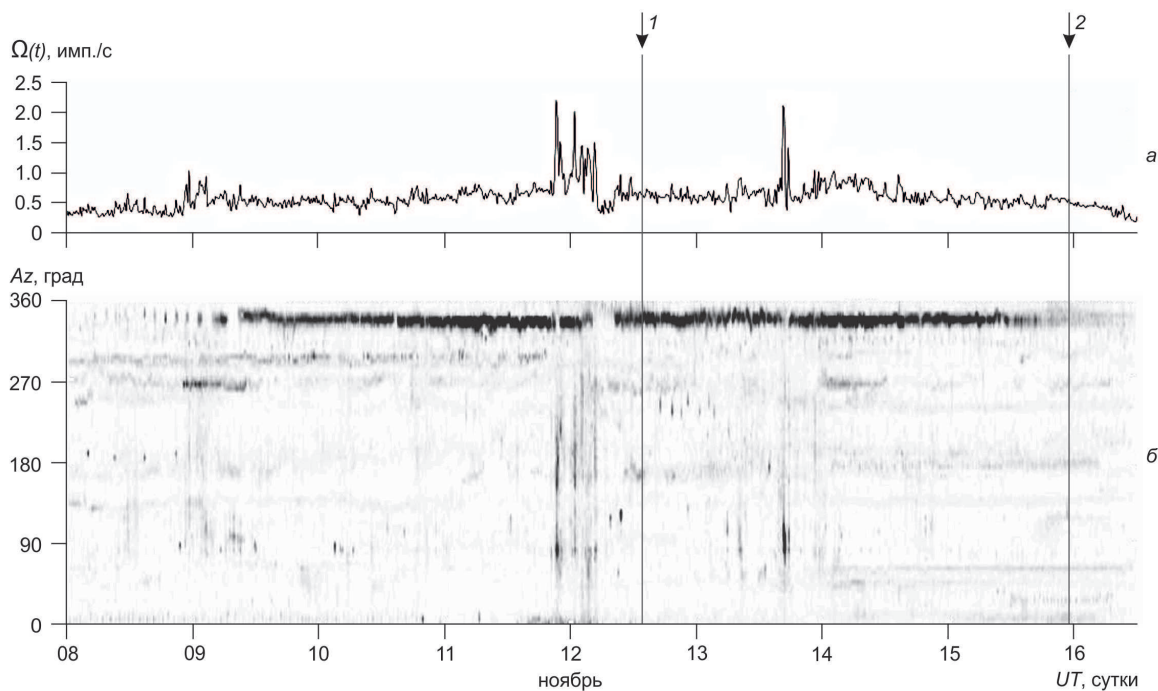


Рис. 1. Акустическая активность $\Omega(t)$ (а) и ее азимутальное распределение $D(\alpha, t)$ (б), зарегистрированные в окрестности землетрясений 12.11.2015 в 13:54 UT по азимуту 165° с энергетическим классом $Ks=12.3$ и эпицентральной дистанцией $R=183$ км (1) и 15.11.2015 в 23:17 UT по азимуту 131° с $Ks=11.7$ и $R=101$ км (2). Az - азимут. Стрелками с продолжением в линии указаны моменты землетрясений.

Анализ продолжительности аномалий направленности геоакустического излучения в окрестности сейсмических событий показал, что они возникают за 10–30 ч перед землетрясением и в большинстве случаев продолжаются в течение 6–20 ч после него.

На рис. 3 показаны зависимости длительности аномалий от класса землетрясения (а) и эпицентрального расстояния (б). Коэффициенты корреляции этих величин составляют -0.04 и 0.01 при уровнях значимости 0.7 и 0.9 соответственно. Таким образом, связь между исследуемыми параметрами не выявлена.

В качестве примеров на рис. 4 и 5 представлены аномалии направленности геоакустического излучения, связанные с землетрясениями.

На рис. 4 показана аномалия, зарегистрированная за 30 ч перед землетрясением с энергетическим классом $Ks=10.3$, произошедшим 17.12.2012 в 03:10 UT по азимуту 154° на эпицентральной дистанции $R=138$ км (1 на графике), и закончившаяся через 17 ч после него (длительность аномалии составила 47 ч). На графике интегральной активности (рис. 4а) наблюдается резкое увеличение частоты следования геоакустических импульсов (с превышением фонового уровня более чем в 4 раза), которому соответствует активизация направлений в диапазоне $40^\circ - 50^\circ$ (рис. 4б).

На рис. 5 представлены аномалии направленности геоакустического излучения, связанные с землетрясением с энергетическим классом $Ks=15.7$, произошедшим 30.01.2016 в 03:25 UT по азимуту 29° на эпицентральной дистанции $R=109$ км (1 на графике), и его наиболее сильными афтершоками, зарегистрированными 30.01.2016 по азимуту 33° в 03:42 UT с $Ks=11.6$ и $R=101$ км (2 на графике) и в 06:53 UT с $Ks=10.5$ и $R=117$ км (3 на графике). Аномалия по диапазону направлений $330-350^\circ$ (рис. 5б), при которой наблюдалось превышение фонового уровня акустической активности в 6-7 раз (рис. 5а), началась за 15 ч до землетрясения с $Ks=15.7$ и закончилась примерно за 30 минут до него. Практически одновременно с ней по азимуту 280° (рис. 5б) зарегистрировано несколько меньшее

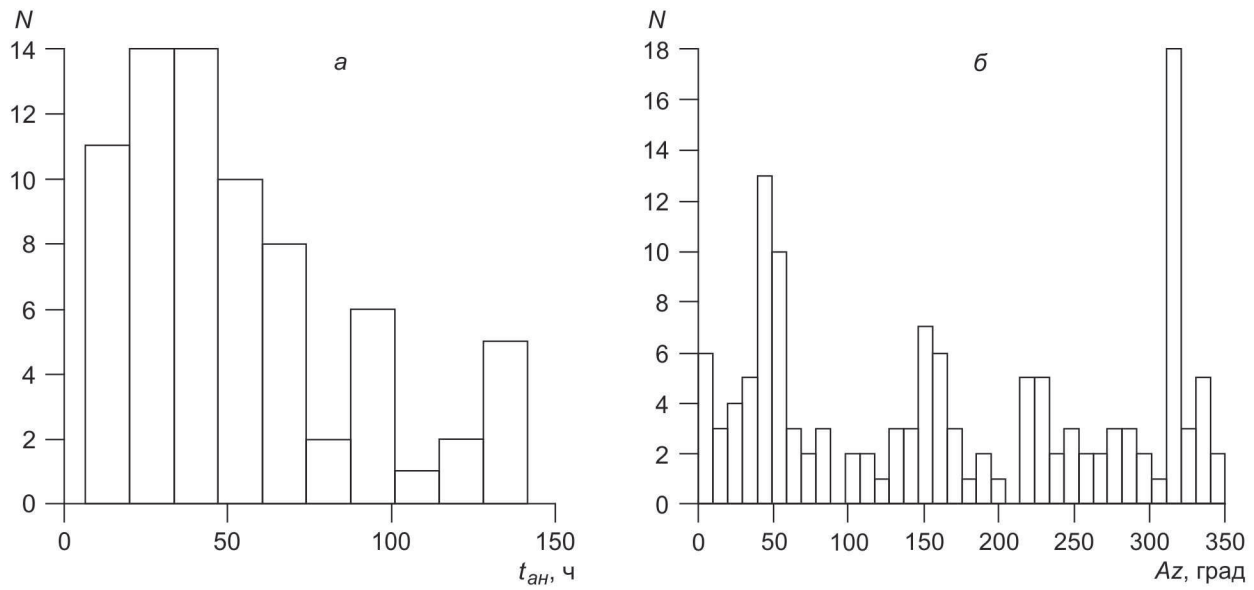


Рис. 2. Гистограммы длительности $t_{ан}$ (а) и азимутов Az (б) аномалий геоакустического излучения. N - количество аномалий.

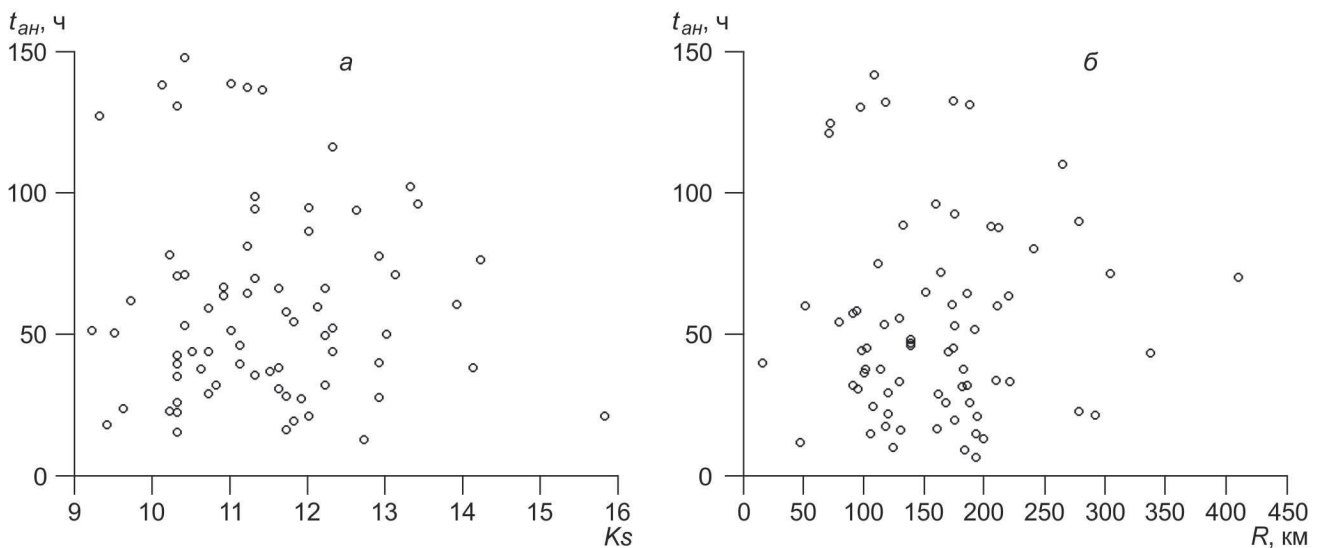


Рис. 3. Зависимости длительности аномалий $t_{ан}$ от класса землетрясения Ks (а) и эпицентрального расстояния R (б).

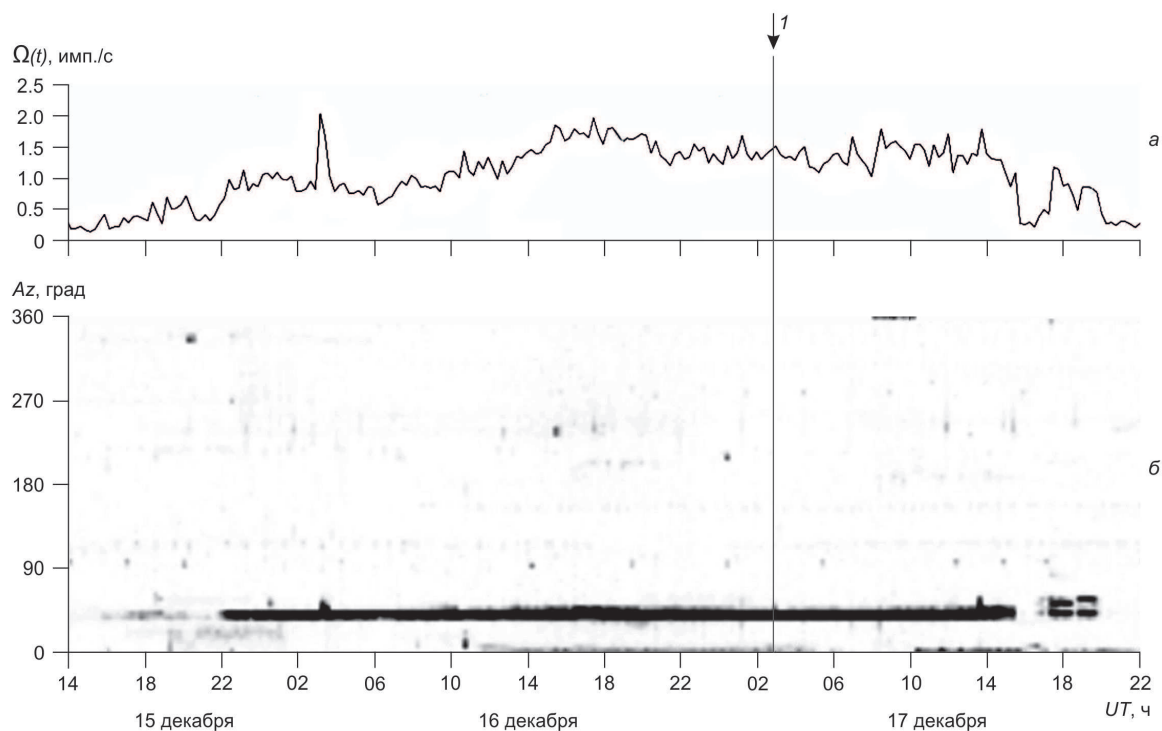


Рис. 4. Акустическая активность $\Omega(t)$ (а) и ее азимутальное распределение $D(\alpha, t)$ (б) в окрестности землетрясения с энергетическим классом $Ks=10.3$ (1). Az – азимут. Стрелкой с продолжением в линию указан момент землетрясения.

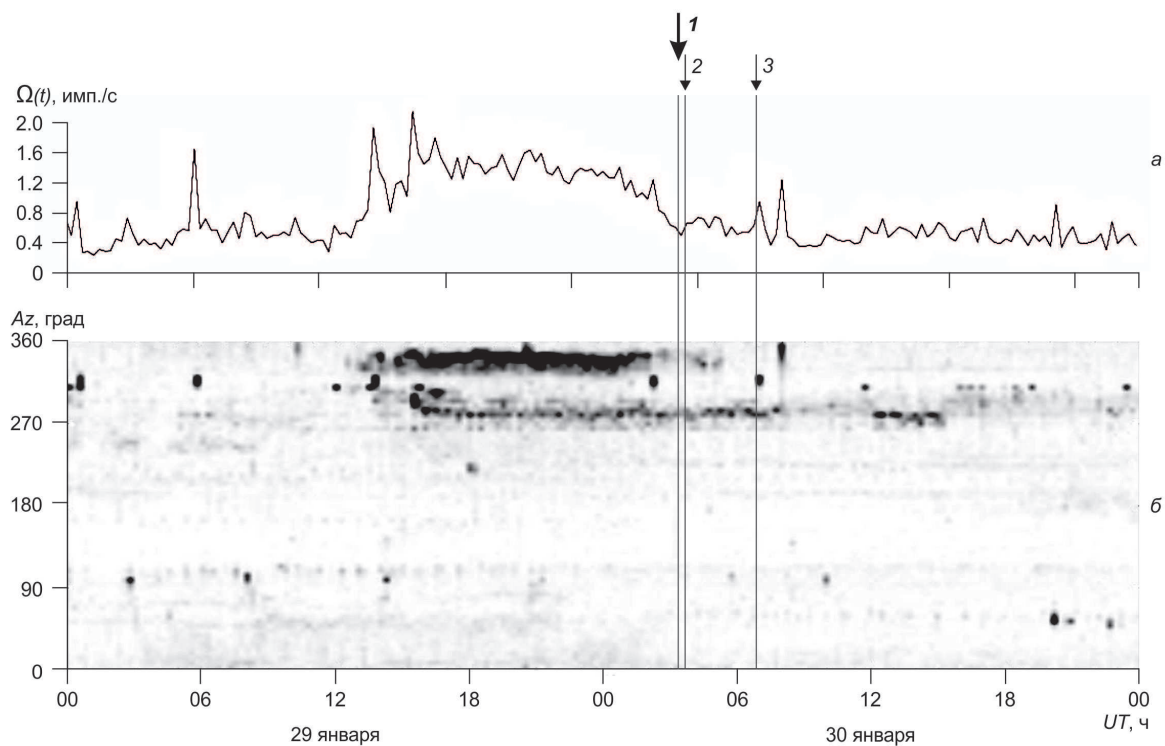


Рис. 5. Акустическая активность $\Omega(t)$ (а) и ее азимутальное распределение $D(\alpha, t)$ (б) в окрестности землетрясения с $Ks=15.7$ (1) и его афтершоков (2 и 3). Az - азимут. Стрелками с продолжением в линии указаны моменты землетрясений.

повышение активности, которое продолжалось и после землетрясения и вероятнее всего связано с наличием афтершоков.

Таким образом, в результате проведенного анализа установлено, что в направленности геоакустического излучения наблюдаются аномалии, связанные с землетрясениями. Они выражаются в довольно резком увеличении частоты следования геоакустических импульсов по отдельным направлениям. Такие эффекты возникают за 10-30 ч перед землетрясением и в большинстве случаев продолжают в течение 6-20 ч после него.

Литература

1. Марапулец Ю.В., Щербина А.О. Аппаратно-программный комплекс для исследования направленных свойств высокочастотной геоакустической эмиссии // Приборы. 2015. №9(183). С. 14-19.

2. Марапулец Ю.В., Шевцов Б.М. Мезомасштабная акустическая эмиссия. Владивосток: Дальнаука, 2012. 126 с.

3. Шевцов Б.М., Марапулец Ю.В., Щербина А.О. О направленности приповерхностной высокочастотной геоакустической эмиссии в периоды деформационных возмущений // ДАН. 2010. Т. 430. № 1. С. 119–122.

4. Марапулец Ю.В., Щербина А.О. Особенности азимутального распределения потока геоакустических сигналов в условиях изменчивости деформационного процесса в приповерхностных породах // Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений: VI международная конференция, с. Паратунка, Камчатский край, 9-13 сентября 2013 г. : сб. докл. / отв. ред. Б.М. Шевцов. Петропавловск-Камчатский: ИКИР ДВО РАН, 2013. с. 316-319.

5. Купцов А.В. Изменения характера геоакустической эмиссии, соответствующие заключительной стадии развития сейсмических событий // Физика Земли. 2005. № 10. С. 59-65.

6. Добровольский И. П. Механика подготовки тектонического землетрясения. М.: ИФЗ АН СССР, 1984. 189 с.