

# Статистика возникновения предсейсмических аномалий в геоакустической эмиссии и атмосферном электрическом поле

Мищенко М. А.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН  
с. Паратунка, Камчатский край, Россия  
e-mail: micle@ikir.ru

На Камчатке в условиях активно протекающего сейсмотектонического процесса проводятся измерения геоакустической эмиссии приповерхностных осадочных пород (ГАЭ) и атмосферного электрического поля у поверхности земли (АЭП). Совместные геоакустические и атмосферно-электрические измерения [1] свидетельствуют о том, что аномальные возмущения этих геофизических полей возникают в сейсмически спокойные периоды и на заключительной стадии подготовки землетрясений, и связаны с динамикой деформационного процесса приповерхностных осадочных пород. Поэтому представляет интерес рассмотреть статистику появления таких возмущений перед землетрясениями, как в геоакустической эмиссии, так и в атмосферном электрическом поле.

Для анализа предсейсмических возмущений использован длительный непрерывный ряд геоакустических измерений в период с 2003 по 2012 гг. с пункта “Микижа” и данные измерений АЭП, произведенные в летне-осенние периоды 2005-2008 гг. в пункте “Микижа” и 2009-2012 гг. в пункте “Карымшина”. Аномальные возмущения геоакустической эмиссии и атмосферного электрического поля сопоставлялись с региональным каталогом землетрясений Камчатского филиала Геофизической службы РАН (<http://www.emsd.ru/ts/>). Рассматривались только возмущения ГАЭ и АЭП, зарегистрированные в условиях спокойной погоды (слабоменяющееся давление, отсутствие дождя и ветра больше 6 м/с).

Анализ данных геоакустических наблюдений в сейсмоактивных регионах показал, что перед сильными землетрясениями иногда регистрируются аномальные возмущения геоакустической эмиссии, которые проявляются в виде резкого повышения акустического давления в килогерцовом диапазоне частот  $P_s$  [2, 3, 4]. Пример такого возмущения геоакустической эмиссии представлен на рис. 1а. За период 2003–2007 гг. было выявлено 266 таких возмущений ГАЭ. На основе их анализа предложены следующие критерии выделения возмущений: амплитуда  $P_s$ , усредненная в интервале 5 мин, должна превышать значение фонового уровня ГАЭ более чем в 4 раза с длительностью не менее 15 мин. В качестве фонового уровня ГАЭ принималось среднее значение амплитуды  $P_s$  за наиболее спокойный суточный период в ближайшие десять дней до возмущения [5].

Анализ данных атмосферно-электрических наблюдений в сейсмоактивных регионах показал, что перед сильными землетрясениями иногда регистрируются аномальные возмущения электрического поля. В качестве таких возмущений обычно рассматриваются бухтообразные уменьшения градиента потенциала  $V'$  поля вплоть до изменения знака и его последующие восстановление через некоторое время примерно до прежнего уровня [6, 7, 8]. Пример такого возмущения АЭП представлен на рис. 1б.

С учетом того, что атмосферно-электрические измерения проводились нами в летне-осенние периоды и продолжались только около трех месяцев в году, данных по предсейсмическим возмущениям АЭП получено недостаточно для определения критериев их выделения. Поэтому критерии подбирались на основе анализа предсейсмических характеристик АЭП на Камчатке, выполненного в работе [8] за непрерывный период 1997–2002 гг. Минимальная длительность возмущений АЭП составляет 15–20 мин, а минимальная амплитуда бухтообразных понижений градиента потенциала  $V'$  составляет –100 В/м.

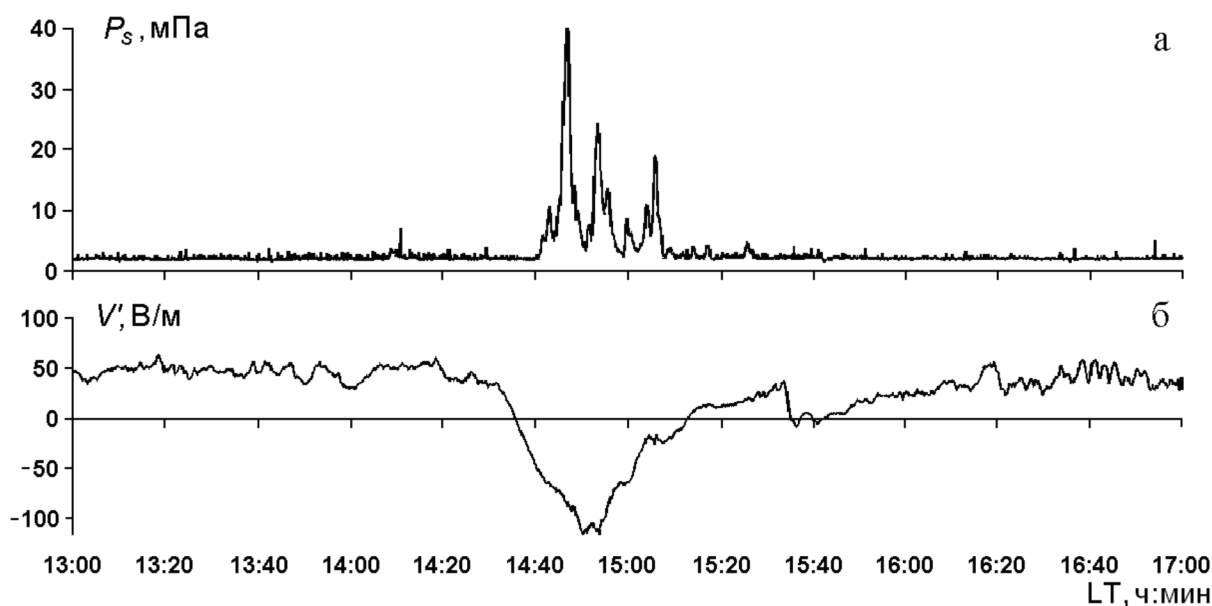


Рис. 1. Пример одновременных возмущений акустического давления  $P_s$  в килогерцовом диапазоне частот (а) и градиента потенциала  $V'$  электрического поля (б) в эксперименте 22 августа 2006 г.

Геоакустические и атмосферно-электрические возмущения возникают почти одновременно и соизмеримы по продолжительности. Поэтому при дальнейшем анализе, так же как и для возмущений ГАЭ, выделялись предсейсмические возмущения АЭП длительностью более 15 мин и минимальным значением понижения градиента потенциала  $V'$  поля, равным  $-100$  В/м, что соответствует результатам, полученным в [8].

С учетом критериев, сформулированных для выделения возмущений ГАЭ, был проанализирован ряд геоакустических данных с пункта наблюдений “Микижа”, зарегистрированных в период 2003–2012 гг. Выявлены аномальные возмущения геоакустической эмиссии, зарегистрированные в условиях спокойной погоды. Из регионального сейсмического каталога выбраны две группы землетрясений с энергетическими классами  $11.0 < K_s \leq 12.0$ ,  $K_s > 12.0$  и эпицентрными расстояниями до пункта наблюдений  $D \leq 240$ ,  $D \leq 350$  км соответственно. Такие расстояния выбраны в соответствии с данными анализа возмущений ГАЭ [3] и скорректированы с учетом модельных исследований [9]. По результатам моделирования [5] для поиска возмущений ГАЭ выбран временной интервал от 2.5 суток до 5 часов перед землетрясениями. Проведено сопоставление выбранных землетрясений с аномальными возмущениями ГАЭ. Рассмотрено наличие возмущений ГАЭ перед 107 землетрясениями. Полученные результаты приведены в табл. 1.

Согласно табл. 1 возмущения ГАЭ наблюдались перед 42 из 69 землетрясений с характеристиками  $11.0 < K_s \leq 12.0$  и  $D \leq 240$  км и перед 28 из 38 с  $K_s > 12.0$  и  $D \leq 350$  км.

Результаты сопоставления возмущений геоакустической эмиссии и землетрясений с энергетическим классом  $K_s > 9.0$  показали, что 36.8% возмущений ГАЭ предшествуют землетрясениям. Таким образом, процент ложных тревог составляет 63.2%.

С учетом критериев, сформулированных для выделения возмущений АЭП, проанализирован ряд атмосферно-электрических данных за периоды летне-осенних измерений в пункте “Микижа” (2006, 2007 и 2008 гг.) и в пункте “Карымшина” (2009, 2011 и 2012 гг.). Выявлены аномальные возмущения атмосферного электрического поля у поверхности земли, зарегистрированные в условиях описанной выше спокойной погоды.

Как и для ГАЭ, из регионального сейсмического каталога были выбраны две группы

Таблица 1. Результаты сопоставления землетрясений с аномальными возмущениями геоакустической эмиссии.

Землетрясения						
класс	11.0 < $K_s$ ≤ 12.0			$K_s$ > 12.0		
год	всего	предваряются возмущениями АЭП	%	всего	предваряются возмущениями АЭП	%
2003	7	5	71,4	3	3	100
2004	4	2	50	6	6	100
2005	1	0	0	2	2	100
2006	7	5	71,4	4	3	75
2007	6	5	83,3	3	3	100
2008	5	4	80	6	3	50
2009	8	6	75	1	0	0
2010	5	1	20	7	3	42,9
2011	17	9	52,9	3	3	100
2012	9	5	55,6	3	2	66,7
Итого	69	42	60,9	38	28	73,7

Таблица 2. Результаты сопоставления землетрясений с аномальными возмущениями атмосферного электрического поля.

Землетрясения					
класс		11.0 < $K_s$ ≤ 12.0		$K_s$ > 12.0	
Пункт наблюдений	Год	Всего	Предваряются возмущениями АЭП	Всего	Предваряются возмущениями АЭП
Миккижа	2006	4	1	4	1
	2007	3	1	0	0
	2008	3	0	2	1
Карымшина	2009	2	2	0	0
	2011	3	1	1	1
	2012	4	1	1	0
Всего		19	6	8	3

землетрясений с энергетическими классами  $11.0 < K_s \leq 12.0$  и  $K_s > 12.0$ , произошедших на эпицентральных расстояниях  $D \leq 240$  и  $D \leq 350$  км. Считая, что геоакустическая эмиссия является индикатором изменения деформационного состояния приповерхностных пород, для поиска возмущений АЭП выбран временной интервал продолжительностью 2.5 суток перед землетрясениями в соответствии [5]. Проведено сопоставление выбранных землетрясений с аномальными возмущениями АЭП. В пункте “Микижа” наличие возмущений АЭП рассмотрено перед 16 землетрясениями, в пункте “Карымшина” – перед 11. Полученные результаты сопоставления приведены в табл. 2.

Согласно табл. 2 в пункте “Микижа” возмущения АЭП наблюдались перед 2 землетрясениями из 10 с характеристиками  $11.0 < K_s \leq 12.0$  и  $D \leq 240$  км и перед 2 из 6 с  $K_s > 12.0$  и  $D \leq 350$  км. В пункте “Карымшина” возмущения АЭП наблюдались перед 4 из 9 землетрясений с характеристиками  $11.0 < K_s \leq 12.0$  и  $D \leq 240$  км и перед 1 из 2 с  $K_s > 12.0$  и  $D \leq 350$  км.

В заключение можно отметить, что на основе анализа результатов наблюдений геоакустической эмиссии и атмосферного электрического поля предложены критерии выделения их аномальных возмущений. Это позволило выявить возмущения в высокочастотной геоакустической эмиссии и атмосферном электрическом поле у поверхности земли, предшествующие землетрясениям на Камчатке. Количество таких предсейсмических возмущений в электрическом поле значительно меньше, чем возмущений ГАЭ, так как атмосферно-электрические измерения проводились только в летне-осенние периоды и продолжались около трех месяцев в году.

#### Литература

1. Руленко О.П., Марапулец Ю.В., Мищенко М.А. Анализ проявления связи между высокочастотной геоакустической эмиссией и электрическим полем в атмосфере у поверхности земли // Вулканология и сейсмология. 2014. № 3. С. 53-64.
2. Купцов А.В., Марапулец Ю.В., Шевцов Б.М. Анализ изменений геоакустической эмиссии в процессе подготовки сильных землетрясений на Камчатке // Эл. журнал "Исследовано в России". 2004. Т. 7. С. 2809-2818. [Электронный ресурс]. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/262.pdf> (дата обращения: 31.03.2015).
3. Купцов А. В. Изменение характера геоакустической эмиссии в связи с землетрясением на Камчатке // Физика Земли. 2005. № 10. С. 59-65.
4. Моргунов В.А., Любошевский М.Н., Фабрициус В.З., Фабрициус З.Э. Геоакустический предвестник Спитакского землетрясения // Вулканология и сейсмология. 1991. №4. С.104-106.
5. Мищенко М.А. Статистический анализ возмущений геоакустической эмиссии, предшествующих сильным землетрясениям на Камчатке // Вестник КРАУНЦ. Серия: Физико-математические науки. 2011. № 1(2). С.56-64.
6. Руленко О.П., Иванов А.В., Шумейко А.В. Краткосрочный атмосферно-электрический предвестник Камчатского землетрясения 6 марта 1992,  $M = 6.1$  // Доклады АН. 1992. Т. 326. № 6. С. 980-982.
7. Руленко О.П. Оперативные предвестники землетрясений в электричестве приземной атмосферы // Вулканология и сейсмология. 2000. № 4. С. 57-68.
8. Смирнов С.Э. Особенности отрицательных аномалий квазистатического электрического поля в приземной атмосфере на Камчатке // Геомагнетизм и аэрономия. 2005. Т. 45 № 2. С. 282-287.
9. Добровольский И. П. Механика подготовки тектонического землетрясения. М.: ИФЗ АН СССР, 1984. 189 с.