

# **Двухпунктовый мониторинг сейсмоактивных областей в Камчатском регионе с помощью сигналов грозовых разрядов**

Муллаяров В.А.<sup>1</sup>, Дружин Г.И.<sup>2</sup>, Аргунов В.В.<sup>1</sup>, Абзалетдинова Л.М.<sup>1</sup>,  
Мельников А.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт космофизических исследований и аэрономии им. Ю.Г. Шафера СО РАН

<sup>2</sup>Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

## **Введение**

Одной из актуальных задач геофизики является поиск возможных предвестников землетрясений (ЗТ). В [1,2] в качестве одного из методов выделения предвестников, проявляющихся в возмущениях параметров нижней ионосферы, предложены мониторинговые измерения характеристик электромагнитного излучения грозовых разрядов - атмосфериков. Метод позволяет вести мониторинг сейсмоионосферных возмущений из одного пункта приема атмосфериков сразу по многим направлениям. Однако, из-за особенностей пространственного распределения гроз может потребоваться распределенная система приема (2-3 пункта). Здесь рассматриваются примеры использования такой системы для сложных случаев мониторинга. Основной пункт приема атмосфериков располагается в окрестности г. Якутска ( $\phi=62^\circ$  N,  $\lambda=129^\circ$  E). Второй пункт располагается на Камчатке ( $\phi=52.9^\circ$  N,  $\lambda=158^\circ$  E). В некоторых случаях дополнительно используются данные наблюдений в г. Нерюнгри.

## **Методика**

Воздействие сейсмических процессов на нижнюю ионосферу может быть обнаружено по вариациям радиосигналов, если область возмущения приходится на первые по счету зоны Френеля трассы "источник сигнала - пункт приема". Как известно, размер зон Френеля  $F$  определяется расстоянием  $d$  и длиной волны  $\lambda$ :  $F = (\pi \lambda d_1 d_2 / d)^{1/2}$ , где  $d = d_1 + d_2$ ,  $d_1$  – расстояние от точки до источника,  $d_2$  – расстояние от точки до приемника,  $n$  – номер зоны.

Для грубой оценки расстояния до грозового разряда ( дальние атмосферики) используются спектральные параметры сигнала [1,2]. При этом амплитуда сигналов приводится к амплитуде одного расстояния ( дальность до очага ЗТ), используя в первом приближении зависимость коэффициента затухания, обратно пропорциональную расстоянию.

## **Результаты**

Рассмотрим событие ЗТ, произошедшее 01.10.11 в Камчатском регионе с координатами  $51.78^\circ$  N,  $172.13^\circ$  E с магнитудой  $M=5.4$ , когда определение сейсмоионосферных эффектов с одного пункта наблюдения (Якутска) было затруднительно из-за крайне малого числа грозовых разрядов в растворе азимутальных углов приема атмосфериков, чувствительных к сейсмическому воздействию. На рис. 1а приведено пространственное распределение грозовых разрядов 24.09.11 в ночной часовой интервал 16-17 UT по данным мировой системы регистрации грозовых разрядов WWLLN ([www.wwlln.net](http://www.wwlln.net)) в пределах +/- 20 град. относительно азимута на эпицентр ЗТ. Имеется достаточно активный грозовой очаг, но существенно к югу от необходимого азимутального раствора, в который попадают только единичные атмосферики (на рис. 1а "центральная" трасса приведена линией, а эпицентр отмечен кружком).

На рис. 2а приведены межсуюточные вариации средней амплитуды атмосфериков, определяемые в ночной часовой интервал 15-16 UT. Малое количество атмосфериков проявляется в большой ошибке определения среднечасовых значений амплитуды и, кроме этого, наличия пропусков в анализируемом ряде данных 17-22.09.11 и 26.09.11-01.10.11 (29.09.11 и 30.09.11 - единичные атмосферики). Тем не менее, характер вариаций амплитуды с учетом предшествующих результатов исследований [1,2] позволяет предполагать, что пик 24.09.11 возможно рассматривать в качестве предвестника ЗТ (обычно предвестники наблюдаются в виде однодневного усиления амплитуды за 5-10 дней до события).

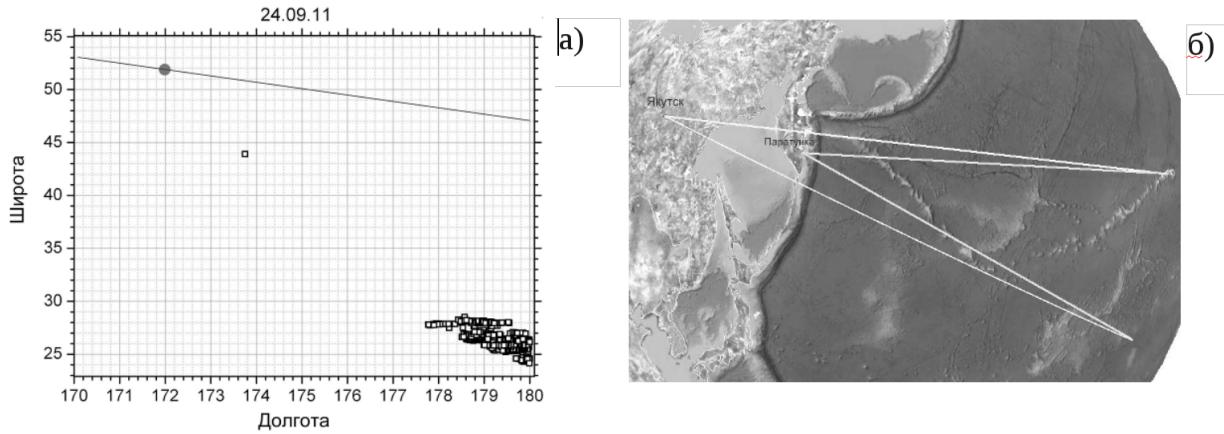


Рис. 1. Пространственное распределение грозовых разрядов 24.09.11 относительно трассы распространения сигналов от гроз а) и типовые азимутальные секторы приема сигналов в Якутске и Паратунке б)

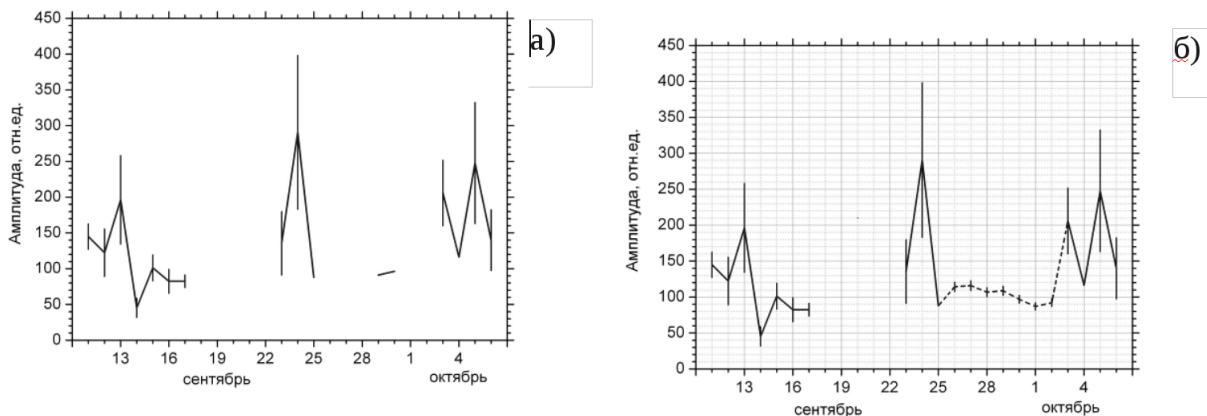


Рис. 2. Вариации амплитуды атмосфериков, полученные на ст. Якутск а) и с учетом данных ст. Неронгри б)

Действительно, если привлечь данные с другого пункта регистрации атмосфериков (Неронгри), принимающего сигналы, проходящие над эпицентром ЗТ, с другого азимутального направления (штриховая линия на рис. 2б), то данный пик выделяется более четко. Кроме того, вырисовывается и первый пик эффекта ЗТ, приходящийся на 03.10.11 (в соответствии с [1,2] эффект ЗТ обычно проявляется в последующие после события дни).

Если пик 24.09.11 является предположительно предвестником, а не отражением усиления мощности грозовых разрядов, то ожидается, что в вариациях амплитуды атмосфериков, регистрируемых в п. Паратунка, он должен отсутствовать (рабочие азимутальные секторы для мониторинга ЗТ в Камчатском регионе приведены на рис. 1б). Действительно, на рис. 3, на котором представлены суточные вариации количества атмосфериков в

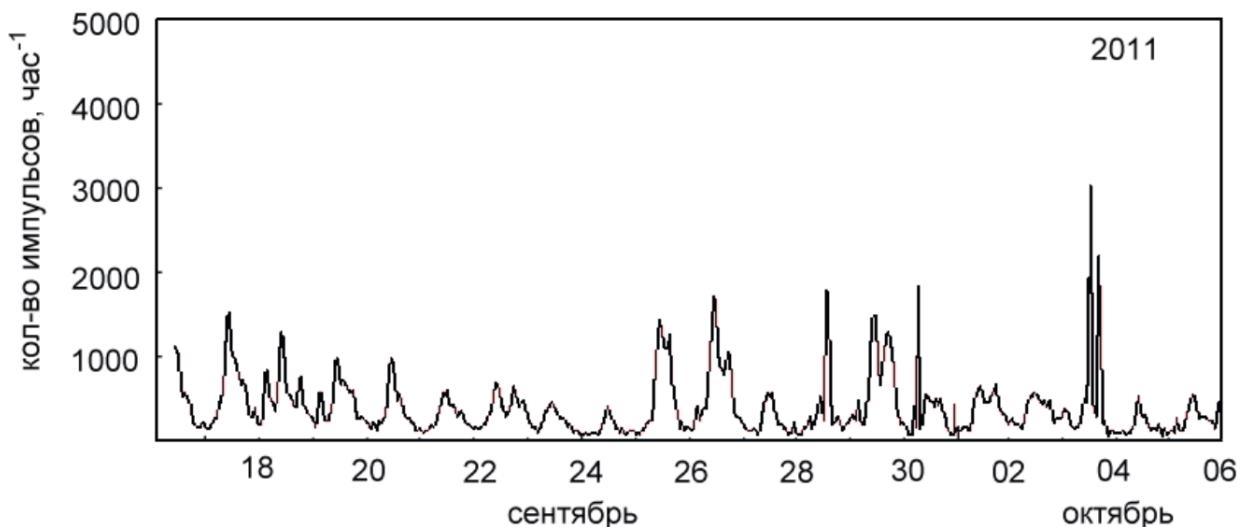


Рис. 3. Вариации количества атмосфериков в период и перед событием ЗТ 01.10.11 по пеленгационным наблюдениям на Камчатке

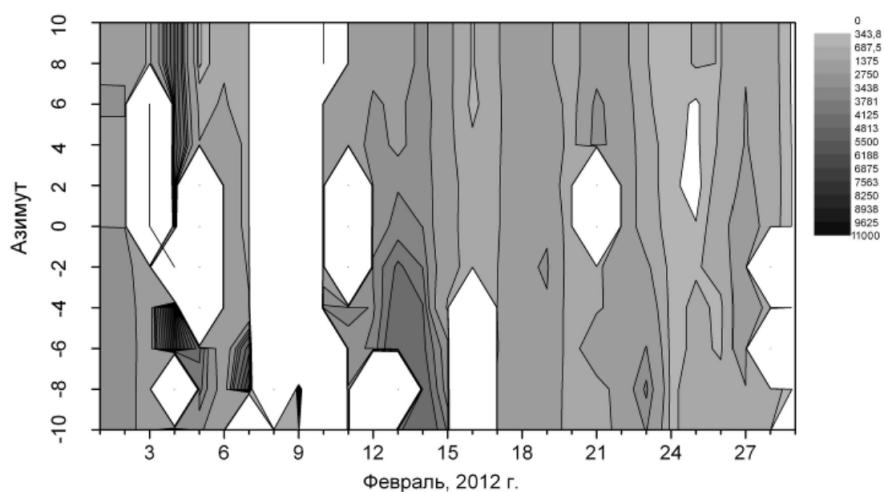


Рис. 4. Вариации средней амплитуды атмосфериков в 15-16 UT в азимутальном растворе +/- 10 град. относительно направления на эпицентр (Якутск)

п. Паратунка, данного эффекта не видно. Усиление мощности грозовых разрядов приходилось на период с 25.09.11 по 01.10.11, когда амплитуды атмосфериков на ст. Нерюнгри были малы (рис.26).

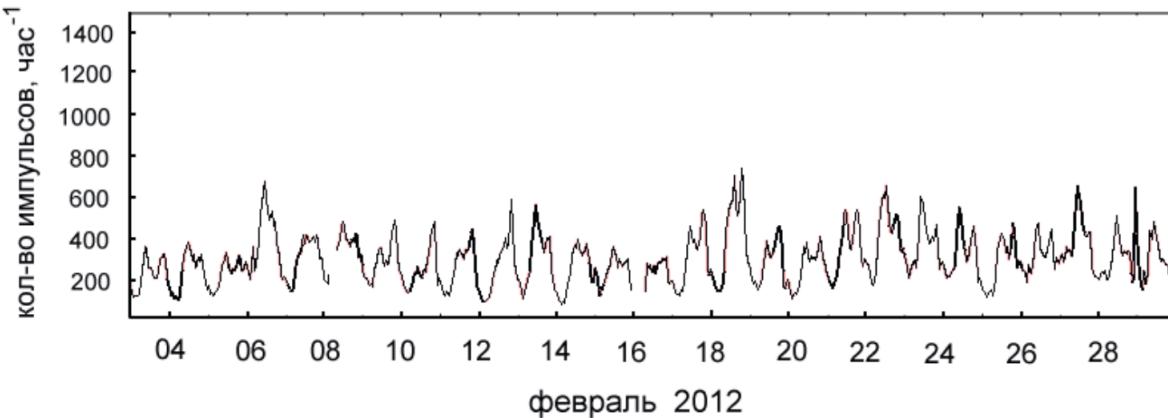


Рис. 5. Вариации количества атмосфериков в период и перед событием ЗТ 25.02.12 по пеленгационным наблюдениям на Камчатке

Приведенный пример показывает, что многопунктовая регистрация атмосфериков позволяет существенно повысить вероятность выделения предвестников ЗТ.

Рассмотрим еще одно событие, вернее первое из последовательности событий ЗТ 25.02.12-29.02.12. Первое ЗТ с магнитудой  $M = 5,2$  произошло на глубине 28,2 км в районе с координатами  $49.186^\circ \text{N}$ ,  $155.941^\circ \text{E}$ . Перед данными событиями в массиве данных регистрации атмосфериков в Якутске также имелись пропуски, обусловленные слабой грозовой активностью в азимутальном растворе по направлению на эпицентр землетрясения.

На рис. 4 приведены межсуточные вариации средней амплитуды атмосфериков, определяемые в ночной часовой интервал 15-16 UT, в азимутальном растворе  $+/- 10$  град. относительно направления на эпицентр. Как показано в [1], одним из критериев выделения предвестника является его относительно узкосекторная "привязка" к направлению на эпицентр ЗТ (максимум амплитуды наблюдается вблизи направления на эпицентр). В данном случае на рис. 4 обращает на себя внимание азимутальный сектор усиления амплитуды атмосфериков 13-14.02.12, располагающийся немного севернее эпицентра (отрицательные значения азимута относительно направления на эпицентр).

Если это предвестник, то опять же в данных, полученных в п. Паратунка, он должен отсутствовать. Вариации среднечасовой амплитуды атмосфериков в п. Паратунка, приведенные на рис. 5, показывают, что, действительно, соответствующего усиления амплитуды не наблюдалось.

## Заключение

Рассмотрены примеры комплексирования (многопунктовых измерений) мониторинга сейсмоактивных областей по наблюдениям электромагнитных сигналов грозовых разрядов - атмосфериков. По предварительным результатам одновременных измерений в двух пунктах (в окрестности г. Якутска и на Камчатке в п. Паратунка) вариаций сигналов, обусловленных сейсмическими возмущениями в нижней ионосфере, показано, что такая пара приемных пунктов позволяет существенно повысить вероятность выделения сейсмоионосферных эффектов, в частности, - в Камчатском регионе.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Интеграционного проекта СО РАН № 106.

## Литература

1. *Mullayarov V.A., Argunov V.V., Abzaletdinova L.M., Kozlov V.I.* Ionospheric effects of earthquakes in Japan in March 2011 obtained from observations of lightning electromagnetic radio signals // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. – 2012. – № 12. – P. 3181–3190.
2. *Муллаяров В.А., Абзалетдинова Л.М., Аргунов В.В., Корсаков А.А.* Вариации параметров грозовых электромагнитных сигналов на трассах, проходящих над областями землетрясений // Геомагнетизм и аэрономия. – 2011. – Т. 51. – № 6. – С. 841-851.

## Two-point monitoring of seismic areas in Kamchatka region by lightning discharge signals

*Mullayarov V.A.<sup>1</sup>, Druzhin G.I.<sup>2</sup>, Argunov V.V.<sup>1</sup>, Abzaletdinova L.M.<sup>1</sup>, Melnikov A.N.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Russia*

<sup>2</sup> *Institute of Cosmophysical Researches and Radio Wave Propagation FEB RAS, Russia*

The paper describes technique and preliminary results of monitoring of seismic areas in Kamchatka region according to the observations of lightning discharge electromagnetic signals, atmospherics, at two sites. One observation point is located near Yakutsk. Here atmospheric signals from lightning sources at the distance of 2000-12000 km, passing over Kamchatka region, are analyzed. In some cases, to improve the accuracy of measurements the observational data from Neryungri are additionally applied. Signal amplitude variations determined by seismic disturbances in the lower ionosphere are considered. The second observation point is located in Paratunka (Karymshina station) on Kamchatka Peninsula. Electromagnetic and long-distance signals, which correspond to the first Fresnel zones on Kamchatka path of atmospheric propagation from a lightning sources to Yakutsk, are analyzed here. This pair of receiving stations allows us to combine the possibilities of two monitoring methods of detection of seismic events and their precursors in Kamchatka region.