

**СУТОЧНАЯ ПЕРИОДИЧНОСТЬ СЛАБЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КАК СЛЕДСТВИЕ
ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГЕОСРЕДУ ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
СНЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ**

**DAILY PERIODICITY OF WEAK EARTHQUAKES AS CONSEQUENCE OF NATURAL
ELECTROMAGNETIC ELF-EMISSION INFLUENCE ON THE GEOENVIRONMENT**

В.А.Гаврилов¹, В.И.Журавлев², Ю.В.Морозова¹

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, vgavr@kscnet.ru

²Институт физики Земли РАН, vzhtvertsa@mtu-net.ru

Display laws of daily periodicity in occurrence of Kamchatka weak ($K \leq 8.0$) earthquakes with a night maximum are investigated. It is shown, that the specified effect is characteristic approximately for the 60 % of studied territory. The conclusion is done, that the daily periodicity effect of weak earthquakes can be caused by ELF-frequency range natural electromagnetic emission of atmospheric origin influence on the geoenvironment. The authors specify a generality of this effect and earlier revealed effect of natural electromagnetic emission modulating influence on the intensity of rocks geoacoustic emission.

История вопроса о суточной периодичности слабых землетрясений с максимумом в ночное время суток насчитывает уже более 100 лет. К настоящему времени в подавляющем числе работ признается наличие такого эффекта. Однако в отношении физических причин, обуславливающих его наличие, мнения разделяются. Часть исследователей считают, что эффект ночного максимума в суточной периодичности землетрясений обусловлен причинами антропогенного характера (промышленная деятельность, транспорт), а также влиянием лунно-солнечных приливов или ветровых помех. В рамках настоящей работы авторы сделали попытку получить ответы на вопросы, связанные с эффектом суточной периодичности, в приложении к Камчатскому региону: имеет ли место такой эффект для камчатских землетрясений и каковы возможные физические причины эффекта (при его наличии).

Для анализа суточной периодичности слабых землетрясений использовались данные регионального каталога землетрясений Камчатки и Командорских островов Камчатского филиала Геофизической службы РАН за период с 1 января 1998 г. по 31 декабря 2006 г. для территории с координатами $51.0^{\circ} - 58.5^{\circ}\text{N}$; $156.0^{\circ} - 165.0^{\circ}\text{E}$. Результаты обработки данных по слабым сейсмическим событиям сравнивались с результатами непрерывных скважинных геоакустических измерений, проводимых с августа 2000 г. на базе скважины Г-1, расположенной в районе г. Петропавловска-Камчатского [1, 7]. Для геоакустических измерений использовался высокочувствительный геофон, установленный на глубине 1035 м. Помимо спектров (периодограмм) для временных рядов сейсмической активности методом наложения эпох рассчитывались графики суточного хода, позволяющие анализировать форму выделенной суточной периодичности на временной шкале. Для проверки гипотезы о возможной обусловленности суточной периодичности слабых землетрясений лунно-солнечным приливом дополнительное внимание уделялось анализу периодичностей, соответствующих наиболее интенсивным гармоническим составляющим лунно-солнечного прилива, близкими к периодичности 24.0 ч: $K_1 - 23.934$ ч, $O_1 - 25.819$ ч, $P_1 - 24.066$ ч, $J_1 - 23.098$ ч, $M_1 - 24.833$ ч.

Как показали результаты обработки, суточная компонента спектра уверенно выделяется для рядов землетрясений с $K \leq 9.0$. При этом отношение экстремум 24.0 ч — шумовая составляющая спектра при уменьшении предельного энергетического класса в выборках землетрясений с $K \leq 9.0$ до $K \leq 6.0$ возрастает почти вдвое. Также было выяснено, что суточная компонента спектра не выделяется для верхнего (0—10 км) горизонта глубин. На рис. 1 представлены периодограмма и график суточного хода для выборки землетрясений с $K \leq 7.0$ без ограничения по глубине гипоцентров.

Полученные результаты показывают безусловную значимость выделяемой периодичности 24.0 ч, особенно для землетрясений малых энергий ($K \leq 8.0$). Превышение чисел землетрясений в ночное время над их числом в дневное время для землетрясений с $K \leq 8.0$ составляет около 20%, что близко к результатам, представленным в работах [5, 8]. Подробные расчеты спектра в окрестности 24.0 ч для землетрясений с $K \leq 7.0$ показали, что экстремум 24.0 ч уверенно выделяется на фоне близких к нему периодичностей, превышая их амплитуды не менее чем в три раза. Кроме этого, ширина выделяемого экстремума не превышала интервала квантования по времени, что означает высокую добротность выделяемого экстремума. Таким образом, выделяемая периодичность с точностью до 1 минуты соответствует 24.0 ч. Следует подчеркнуть, что при этом в окрестности 24.0 ч не выявлено откликов на гармоники лунно-солнечного прилива.

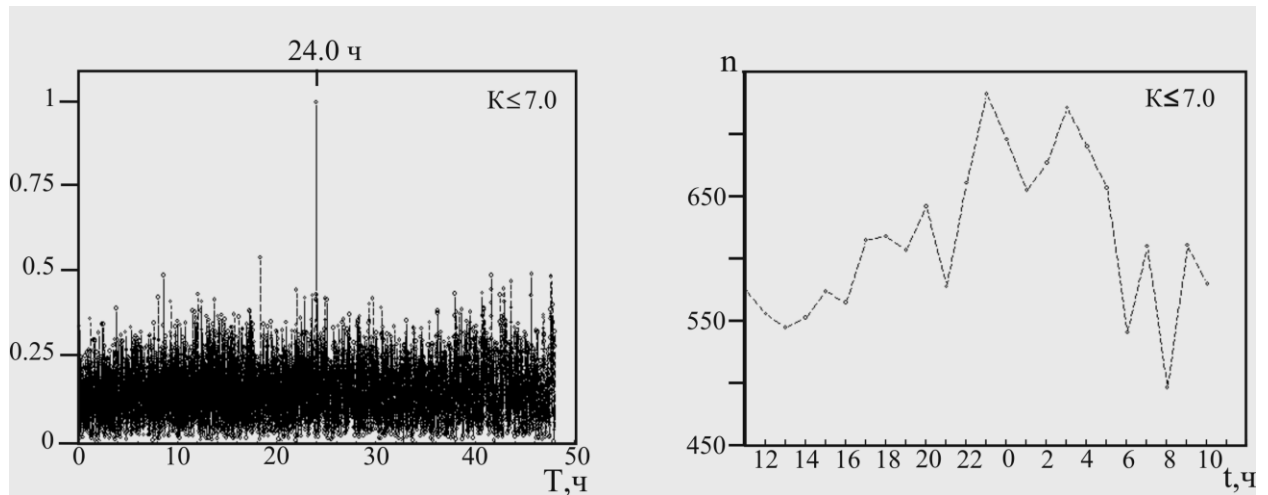


Рис. 1. Нормированная на максимальную амплитуду периодограмма (левый график) и график суточных вариаций числа сейсмических событий (правый график) для выборки землетрясений с $K \leq 7.0$. По оси абсцисс для графика суточного хода – местное время (+11 ч по сравнению с Гринвичским временем).

В рамках проведенных работ были сделаны оценки, показывающие, что ветровые помехи и помехи антропогенного происхождения не могли оказывать существенного влияния на качество сейсмограмм и тем самым обуславливать ложный эффект суточной периодичности возникновения землетрясений с максимумом в ночное время суток. Решающим аргументом в пользу того, что суточная периодичность слабых землетрясений с максимумом в ночное время суток не связана с помехами различного происхождения, являются, на наш взгляд, результаты сравнения рядов слабых землетрясений с рядами данных многолетних геоакустических измерений в скважине Г-1 на глубине 1035 м. Как показано в [1], установка геофона на достаточно большой глубине позволила снизить влияние шумов техногенного происхождения более чем на два порядка, а также практически полностью устранить влияние метеоусловий на результаты измерений. При этом, согласно результатам, приводимым в [1, 2], временные ряды ГАЭ содержат ярко выраженную суточную компоненту (24.0 ч) с максимумом в ночное время суток. Сопоставление графиков суточных вариаций уровня ГАЭ в скв. Г-1, рассчитанных методом наложения эпох для разных времен года, с аналогичными графиками для слабых ($K \leq 7.0$) землетрясений (рис. 2), показывает наличие общих закономерностей в характерах обоих процессов. В первую очередь это относится к графикам для летнего и осеннего периодов, для которых значения абсолютных максимумов коэффициентов корреляции между соответствующими временными рядами близки к 0.9. Представленные на рис. 2 результаты дают основания говорить о том, что закономерности суточных вариаций числа слабых землетрясений и закономерности суточных вариаций уровня ГАЭ обусловлены общими физическими причинами. Ранее, на основании данных синхронных геоакустических и электромагнитных измерений, а также результатов специальных экспериментов на образцах горных пород, был сделан вывод о причинах суточных вариаций уровня ГАЭ как следствия модулирующего воздействия естественного электромагнитного излучения (ЕЭМИ) на геосреду [1, 2]. Сопоставление графиков суточных вариаций числа слабых землетрясений Камчатки с изменениями уровня электрической компоненты ЕЭМИ для разных времен года, рассчитанных методом наложения эпох (рис. 3), позволяет говорить о том, что эффект модулирующего воздействия ЕЭМИ на геосреду проявляется и для временных рядов слабых землетрясений.

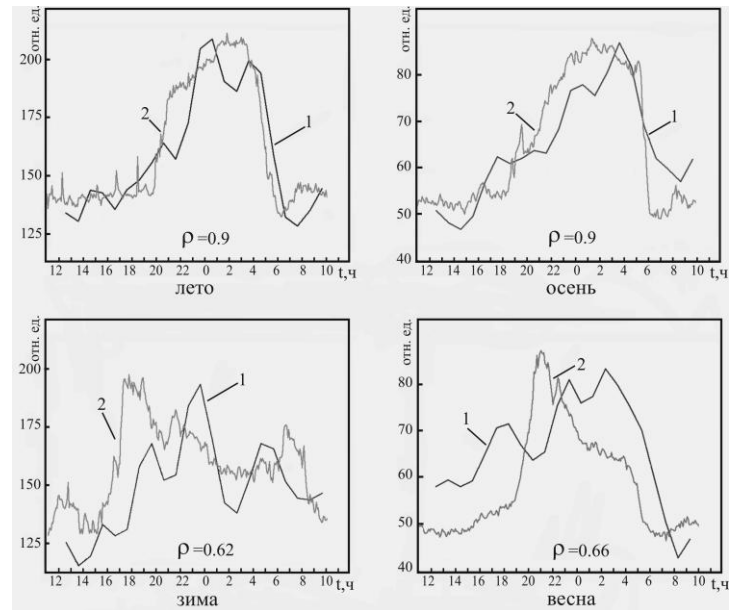


Рис. 2. Сопоставление суточных вариаций числа слабых землетрясений Камчатки с суточными вариациями уровня ГАЭ в скв. Г-1 на глубине 1035 м для разных времен года. По оси абсцисс для всех графиков – местное время. 1 – график суточной периодичности землетрясений с $K \leq 7.0$; 2 – график суточной периодичности уровня ГАЭ, вертикальная компонента Z, канал 160 Гц. ρ - значение абсолютного максимума коэффициента корреляции между рядами.

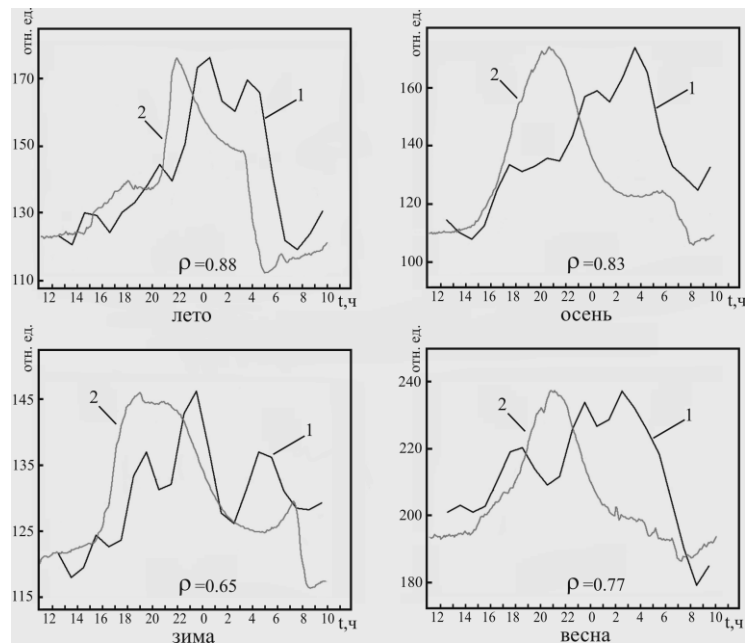


Рис. 3. Сопоставление суточных вариаций числа слабых землетрясений Камчатки с суточными вариациями уровня электрической компоненты ЕЭМИ для разных времен года. По оси абсцисс для всех графиков – местное время. 1 – график суточной периодичности землетрясений с $K \leq 7.0$; 2 – график суточной периодичности уровня ЕЭМИ, канал 160 Гц. ρ - значение абсолютного максимума коэффициента корреляции между рядами.

Значения абсолютных максимумов коэффициентов корреляции между временными рядами чисел слабых землетрясений и уровня ЕЭМИ для летнего и осеннего периодов составляют 0.88 и 0.83 соответственно. Для зимнего и весеннего периодов значения абсолютных максимумов коэффициентов корреляции между указанными рядами составляют соответственно 0.65 и 0.77. При этом изменения числа слабых землетрясений происходят с задержкой относительно изменений уровня ЕЭМИ. Такой характер взаимосвязи между указанными процессами согласуется с результатами, полученными к настоящему времени в ходе экспериментов по влиянию электромагнитного воздействия на образцы горных пород [3, 4, 6]. В том числе это относится и к результатам, показывающим, что коэффициент корреляции между рядами суточных

вариаций числа слабых землетрясений и уровня ЕЭМИ для зимнего периода существенно ниже, чем для остальных сезонных периодов. Наиболее вероятной причиной такого результата, по мнению авторов, является большая продолжительность темного времени суток (интервалов повышенного уровня напряженности ЕЭМИ). Это согласуется с данными, полученными в ходе специальных экспериментов с образцами горных пород [3], где показывается, что для умеренных механических нагрузок продолжительность акустического отклика образца, как правило, существенно меньше продолжительности электровоздействия. Не конкретизируя физический механизм указанного эффекта, можно полагать, что его причиной является ограниченное число источников, обуславливающих отклик горных пород на электровоздействие (например, число раскрывающихся микротрещин). В случае достаточно продолжительных интервалов повышенного уровня электровоздействия (что имеет место, прежде всего, в зимний период) и относительно небольшого числа таких источников соответствующая реакция геосреды прекратится еще до окончания электровоздействия. Аналогичный эффект для реальной геосреды, был отмечен по результатам геоакустических измерений в скважине Г-1, когда значимая реакция ГАЭ на воздействия ЕЭМИ наблюдалась лишь в течение первых половин интервалов воздействия ЕЭМИ ("неполноценность" отклика). Значительная изрезанность второй половины графика суточных вариаций числа слабых землетрясений для зимнего периода (рис. 3) является, по мнению авторов, проявлением указанного эффекта для рядов слабых землетрясений. Следствием этого и является существенное уменьшение коэффициента корреляции между рядами суточных вариаций числа слабых землетрясений и уровня ЕЭМИ для зимнего периода.

Таким образом, полученные результаты дают основания считать, что закономерности суточных вариаций числа слабых землетрясений и закономерности суточных вариаций уровня ГАЭ обусловлены общими физическими причинами, связанными с воздействием на геосреду естественного электромагнитного излучения СНЧ диапазона частот.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 09-05-98543-р_восток_a) и ДВО РАН (проект 09-III-A-08-420).

Литература

1. *Гаврилов В.А., Морозова Ю.В., Сторчевус А.В.* Вариации уровня геоакустической эмиссии в глубокой скважине Г-1 (Камчатка) и их связь с сейсмической активностью // Вулканология и сейсмология. 2006. №1. С. 52-67.
2. *Гаврилов В.А.* Физические причины суточных вариаций уровня геоакустической эмиссии // ДАН. 2007. Т.414. №3. С. 389-392.
3. *Закутин А.С., Аладьев А.В., Богомолов Л.М. и др.* Влияние внешнего электромагнитного поля на активность акустической эмиссии нагруженных геоматериалов. Геодинамика и геоэкологические проблемы высокогорных регионов // Под ред. Ю.Г. Леонова и С.В. Гольдина. Москва- Бишкек, 2003. С. 304-324.
4. *Закутин А.С., Авагимов А.А., Богомолов Л.М.* Отклики акустической эмиссии геоматериалов на воздействие электроимпульсов при различных величинах сжимающего напряжения // Физика Земли. 2006. №10. С. 43-50.
5. *Иванов-Холодный Г.С., Боярчук К.А., Чертопруд В.Е.* Суточный эффект в глобальной сейсмичности Земли // Сб. докладов III Международной конференции "Солнечно-земные связи и электромагнитные предвестники землетрясений" с. Паратунка Камчатской обл., 16-21 августа 2004 г. Петропавловск-Камчатский: ИКИР ДВО РАН, 2004. С. 51-54.
6. *Соболев Г.А., Пономарев А.В.* Физика землетрясений и предвестники. М.: Наука, 2003. 270 с.
7. *Gavrilov V., Bogomolov L., Morozova Yu., Storcheus A.* Variations in geoaoustic emissions in a deep borehole and its correlation with seismicity // Annals of Geophysics. 2008. Vol. 51. № 5.2. October/December. P. 737-753.
8. *Shimshoni M.* Evidence for higher seismic activity during the night // Geophys. Journ. Res. Astr. Soc. 1971. Vol.24. P. 97-99.