

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СЕЙСМИЧНОСТИ ЗЕМЛИ
И СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ**
**SPATIO-TEMPORAL CHANGES OF SEISMICITY OF THE EARTH AND SOLAR
ACTIVITY**

Харин Е.П.¹, Белов С.В.², Шестопапов И.П.¹

¹Геофизический Центр РАН, kharin@wdbc.ru, shest@wdbc.ru

²Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН, s.belov@sgm.ru

Data on seismic energy and solar activity for the period from 1680 to 2007 years were analysed in comparison to 11-year-old cycles of solar activity. A correlation between solar and seismic activity was mainly negative, under the influence of powerful solar proton events the correlation between them could be positive. The strongest earthquakes occur in the beginning of new a "century cycle". Earthquakes of 26.12.2004 with magnitude $M=9$ and of 28.03.2005 with $M=8.7$ in Indonesia, and also 6 earthquakes with $M>8$ in 2006 and 2007 confirm this conclusion.

The quantitative spatio-temporal features of seismicity throughout last "century cycle" were also shown.

Статистический анализ вариаций сейсмичности и солнечной активности

Результаты сопоставительного анализа энергии сейсмичности Земли и солнечной активности с 1700 по 2007 г.г. позволяют наметить вековые циклы эндогенной активности Земли.

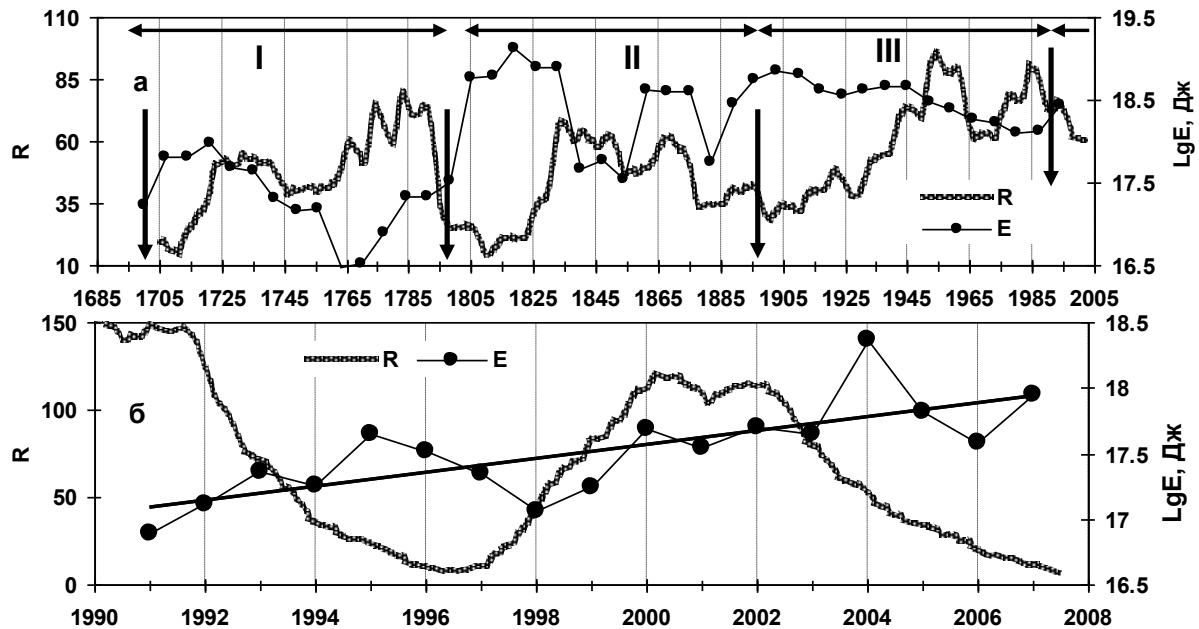


Рис.1 Суммированные за 7 лет выделения сейсмической энергии в землетрясениях на всем земном шаре и сглаженные среднегодовые числа Вольфа за период с 1690 по 2007 г. (а); временные вариации сглаженных среднемесячных чисел Вольфа и ежегодных выделений сейсмической энергии в землетрясениях на всем земном шаре за период с 1991 по 2007г (б).

Из рис. 1а видно, что в начале XVIII, XIX и XX в.в. значения чисел Вольфа были минимальны и затем во всех этих трех случаях наблюдался рост солнечной активности почти на протяжении 100 лет и в конце каждого века происходил ее резкий спад. Из этого следует, что за период с 1700 по 2007г. наблюдалось три вековых цикла солнечной активности. Даты их начала и конца несколько сдвинуты относительно календарных и отмечены стрелками. Из рис. также видно, что в начале каждого из этих циклов сейсмическая активность принимала максимальное значение. В целом установлена отрицательная корреляция между этими параметрами. Коэффициент корреляции ($r = -0,8$). Это позволяет утверждать, что, как правило, наибольшая сейсмическая активность имеет место при минимальной солнечной активности, и наоборот [1-3]. Отметим, что третий вековой цикл начался в конце XIX и закончился в конце XX века, точнее, в девяностых годах. И затем, в соответствии с нашей теорией, произошло резкое увеличение сейсмической активности. Т. е. с девяностых годов XX в. начался следующий вековой цикл. Рассмотрим изменения солнечной активности и сейсмичности Земли с 1991г. Из рис. 1б видно, что, начиная с 1991 г. происходит непрерывное увеличение сейсмической энергии. Причем, столь высокое значение сейсмической энергии как в 2004 - 2007 г. наблюдалось лишь в начале XX столетия. Это, по-видимому, указывает на то, что наступил новый вековой цикл, в начале

которого будут наблюдаться солнечные циклы с относительно небольшим числом пятен, характерных для начала вековых циклов, и сильная сейсмическая активность, которая сохранится на протяжении относительно длительного времени. Землетрясения 26.12.2004 г. с магнитудой $M=9$, 28.03.2005 г. с $M=8.6$ в районе Индонезии, землетрясения в 2006 и 2007 гг. с $M>8$, а также последние данные по сейсмичности за 2008-2010 годы подтверждают этот вывод.

В [2,3] было показано, что столетний цикл солнечной и сейсмической активности разбивается на 3 периода приблизительно по 33 года, длительность каждого из которых примерно кратна трём 11-летним циклам солнечной активности.

Анализ временных вариаций количества землетрясений разных магнитуд позволяет выявить эволюцию сейсмичности на протяжении векового цикла (рис. 2). Как можно видеть, она состоит в том, что в начале цикла происходят наиболее мощные землетрясения с $M\geq 8$. В середине цикла они сменяются преимущественно землетрясениями средней магнитуды ($M=6.8$), а к концу цикла доминирующими оказываются относительно слабые землетрясения, общее число которых растет (см. рис.1б). Отметим также, что вид кривой вариаций числа землетрясений с магнитудой $M\geq 8$ близок к кривой энерговыделений при землетрясениях. Очевидно, это обусловлено тем, что суммарная сейсмическая энергия определяется в большей части крупными землетрясениями.

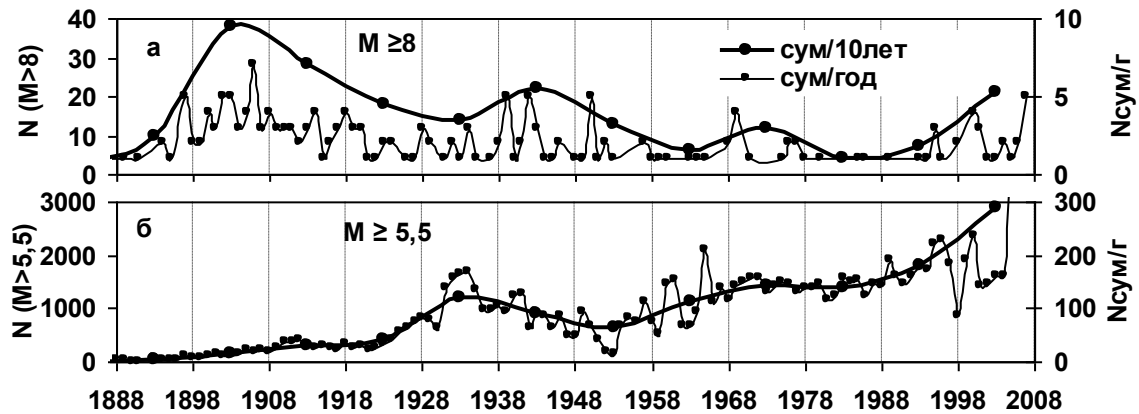


Рис. 2 Временные вариации количества землетрясений в год, ($N_{\text{сум}}/\text{г}$, шкала справа) и за 10 лет (N , шкала слева) различных магнитуд на всем земном шаре за период с 1888 по 2007 г.: а - $M\geq 8$; б - $M\geq 5.5$.

Некоторые особенности пространственно-временного распределения землетрясений

Проанализировано широтное распределение землетрясений различных магнитуд ($M>6.2$; $M>7.6$) за период 1889-2007гг. (рис. 3).

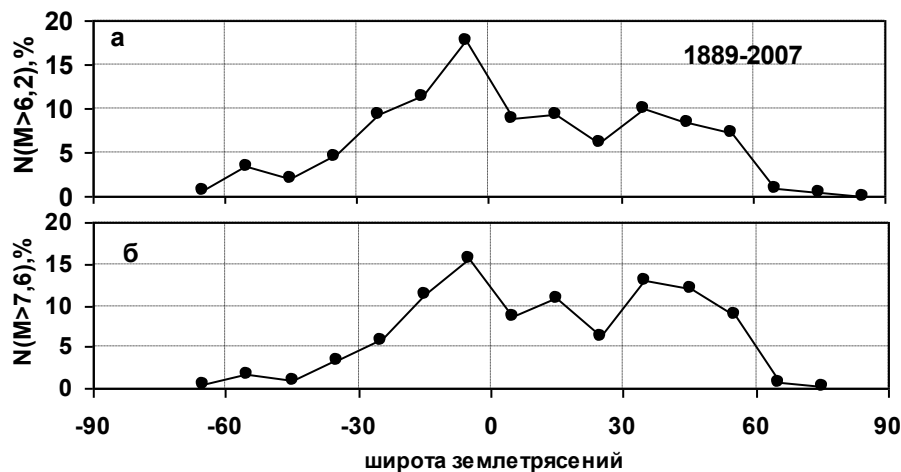


Рис.3. Зависимость числа землетрясений с магнитудами $M\geq 6.2$; $M\geq 7.6$ от их широт с шагом 10^0 за период 1889-2007. Шкала ординат выражена в процентах от общего числа землетрясений за указанный период.

При анализе применён шаг в 10^0 . Из рис. 3 видно, что максимальное число землетрясений всех магнитуд наблюдается в южном полушарии на широтах 0^0-10^0 , очевидно в большей части отвечая наиболее активному Индонезийскому сегменту Тихоокеанского пояса. Второй менее значимый максимум сейсмической активности находится в северном полушарии на широтах около $30-40^0$, в определённой части соответствуя Альпийско-Гималайскому поясу. При этом для относительно слабых землетрясений амплитуда последнего максимума почти в два раза меньше, в

то время как для сильных землетрясений с $M > 7.6$ она не намного меньше амплитуды первого максимума.

Интересно проанализировать, как меняется сейсмичность во времени, в течение трёх 33-х летних периодов столетнего цикла сейсмической активности. Весьма интересны данные по сильным землетрясениям с $M > 7.6$ (рис.4, *a-в*). Если в первом 33-х летнем периоде прошлого века (1889-1933 гг.) наибольшее число таких землетрясений происходило на широтах около $30-40^{\circ}$, то во время второго периода максимальное количество этих землетрясений сравнялось с землетрясениями происходившими в южном полушарии в Тихоокеанском поясе на широтах около $0-10^{\circ}$. В последнем же периоде векового цикла максимум землетрясений переместился уже в южное полушарие на широты $0-10^{\circ}$. Таким образом, статистическим анализом впервые установлена временная широтная миграция (инверсия) положения на Земле максимумов высокой сейсмичности на протяжении XX века.

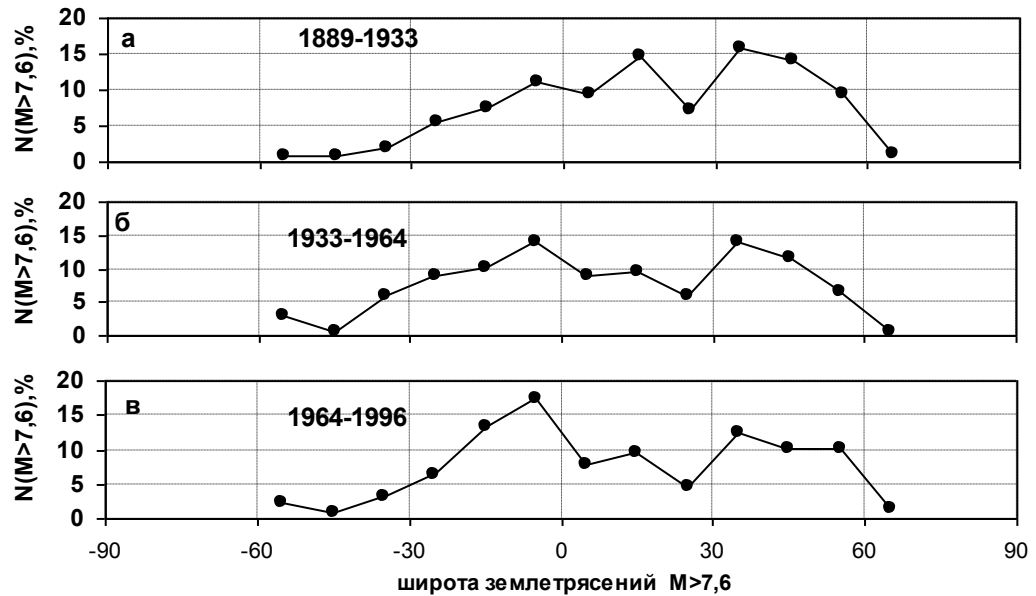


Рис.4. Распределение крупных землетрясений по широтам в вековом цикле: *a* - начальном периоде; *б* - в среднем периоде; *в* - в заключительном периоде векового цикла. Шкала ординат выражена в процентах от общего числа землетрясений за указанный период.

Проанализировано также и долготное распределение землетрясений с магнитудами $M \geq 6.2$; $M \geq 7.6$ (рис. 5) за период 1900-2007.

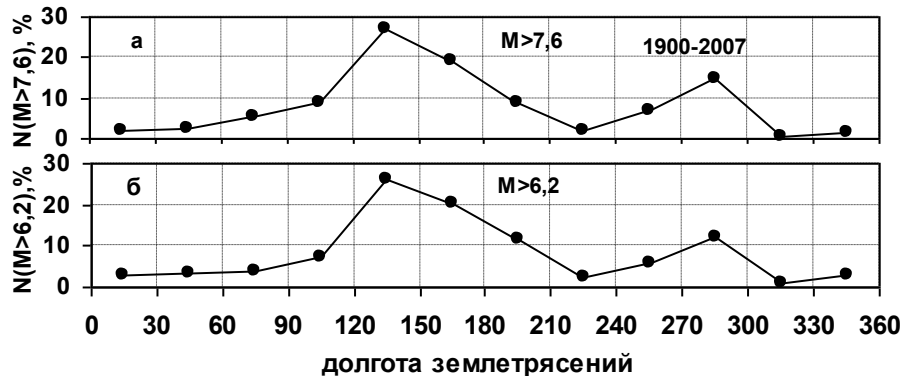


Рис.5. Зависимость числа землетрясений с магнитудами $M \geq 6.2$; $M \geq 7.6$ – (*a*, *б*) от их долгот с шагом 30° за период 1900-2007.

Можно видеть, что все эти кривые имеют два общих максимума. Первый, наибольший, находится в пределах $120-150^{\circ}$ восточной долготы, второй максимум меньший по интенсивности – в пределах $60-90^{\circ}$ западной долготы.

Вопрос о существовании направленной миграции эпицентров сильных землетрясений в различных регионах мира обсуждался в различных публикациях.

Есть указание на принципиальную возможность распространения в земной коре волновых деформационных процессов со скоростями $10-100$ км/год. [4-7].

Если привлечь к интерпретации этих процессов представления об устройстве реальной геофизической среды, развиваемые в ИФЗ РАН [8], то наблюдаемое распространение фронта деформации в среде может быть понято как процесс последовательной передачи с конечной скоростью тектонической перегрузки от одного структурного элемента геофизической среды к другому.

Имеется достаточно много данных для того, чтобы сделать следующий вывод: колебательная структура является одним из основных свойств геофизических полей. Можно ожидать, что это свойство является общим для процессов, протекающих в Земле.

Очевидно, что на пересечении полос широтного и долготного максимумов сейсмичности в течение всего векового цикла, находится абсолютный максимум сейсмичности, являющийся, по сути дела, участком проявления наивысшей эндогенной активности Земли в XX столетии. Пространственно этот участок находится в Индонезийской части Тихоокеанского пояса, к югу от Филиппинского моря, в месте сочленения южной части Филиппинской плиты, с западной частью Каролинской плиты и с северной частью Австралийской плиты. В целом это зона сочленения Тихого океана с Евразией и Австралией.

Весьма примечательно, что статистически выявленный абсолютный максимум сейсмичности, являющийся по сути дела участком проявления наивысшей эндогенной активности Земли в XX столетии, падает на область наибольшего поднятия поверхности геоида превышающего 80 м. Если принять предположение, что положительные аномалии поверхности геоида имеют динамическую природу и связаны с мощными восходящими горячими мантийными струями, то становится понятной такая приуроченность сейсмичности.

Литература.

1. Соболев Г. А., Шестопапов И.П., Харин Е. П. Геоэффективные солнечные вспышки и сейсмическая активность Земли. // Физика Земли. 1998. №7. С. 85-95.
2. Шестопапов И.П., Харин Е. П. Изменчивость во времени связей сейсмичности Земли с циклами солнечной активности различной длительности. // Геофизический журнал. 2006. Т. 28. №4. С.59-70.
3. Белов С.В., Шестопапов И.П., Харин Е.П. О взаимосвязях эндогенной активности Земли с солнечной и геомагнитной активностью // Доклады академии наук. 2009. том 428. №1. С.104-108
4. Невский М. В., Артамонов А.М., Ризниченко О. Ю. Волны деформации и энергетика сейсмичности. // ДАН СССР. 1991. Т. 318. №2. С.316-321.
5. Нерсесов И.Л., Лукк А.Л., Журавлев В.И., Галаганов О.Н. О распространении деформационных волн в земной коре. // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1990. №5. С. 102-110.
6. Николаев А. В., Верещагин Г. М. Об инициировании землетрясений землетрясениями. // ДАН СССР. 1991. Т. 318. №2. С.320-326.
7. Соболев Г.А. Основы прогноза землетрясений. М.: Наука, 1993. 314 с.
8. Садовский М. А., Болховитинов Л. Г., Писаренко В. Ф. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс. М.: Наука. 1987. 100 с.