

**СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЗЕМЛИ И ПРОЦЕССЫ
В МЕЖПЛАНЕТНОЙ СРЕДЕ**

**SEISMIC ACTIVITY OF THE EARTH AND PROCESSES IN THE
INTERPLANETARY ENVIRONMENT**

И.П. Шестопалов, Е.П. Харин

Геофизический Центр РАН

Data about seismic energy of the Earth in comparison to the parameters of the interplanetary environment are analyzed.

Dependence of the number of earthquakes with $M > 5,5$ from their longitudes and dependence of the number of vectors of an interplanetary magnetic field B from azimuth direction φ in solar ecliptic (SE) coordinate system with step 10° (change of a corner from 0 до 360°) was investigated. It is shown, that between the curves reflecting these dependences, there is a big similarity. Each of them has two maxima. The first, the greatest, is observed near to the longitude 135° , the second – 285° .

Correlation between dependence of the number of earthquakes on their latitudes and dependence of the number of vectors of an interplanetary magnetic field B from latitude directions of a corner θ (change of a corner from -90° up to 90°) is also observed.

Dependence of the number of earthquakes with $M > 5,5$ from their latitudes and dependence of the sizes of vectors of an interplanetary magnetic field from latitude directions θ (perpendicular planes ecliptic), with step 1° was also studied.

Вековые циклы сейсмической активности Земли

Настоящая работа является продолжением работ [5, 6], в которых исследовалась связь между сейсмичностью Земли и солнечной активностью.

В них проанализированы данные о сейсмической энергии, выделившейся из очагов землетрясений на всем земном шаре за период с 1680 по 2004г, в сопоставлении с циклами солнечной активности и геомагнитными возмущениями. В основе этих исследований лежит представление о сейсмичности как о части единого физического процесса в системе “Солнце-Земля”. Показано, что сейсмические явления определяются процессами как земного, так и солнечного происхождения.

Анализируя данные за представленный временной интервал можно отметить, что существует примерно 100-летний цикл солнечной активности и сейсмичности Земли, который не совсем совпадает с календарным столетием. Период с 1890-е по 1990-е годы оказался вековым циклом сейсмической активности. По мере развития векового цикла, в котором постепенно увеличивается солнечная активность, проявляется отрицательная корреляция между солнечной и сейсмической активностью.

Отметим, что столетний цикл солнечной и сейсмической активности разбивается на 3 периода примерно по 33 года, длительность каждого из которых в свою очередь составляет три 11-летних цикла солнечной активности. Минимальные значения первого периода наблюдались в двадцатых годах, второго – в конце пятидесятых годах, третьего – во второй половине восьмидесятых годов. Наиболее сильные землетрясения происходят в начале векового цикла.

В девяностых годах прошлого века наступил новый вековой цикл, в начале которого, на протяжении нескольких десятков лет, будет отмечаться сильная сейсмическая активность.

Дискретность структуры геофизической среды

На рис.1 показана зависимость значений широт эпицентров землетрясений с различными магнитудами от глубины эпицентров землетрясений за период 1900-2004г. [7]. Из рис. видно, что для $M > 5,5$ выделяются отдельные интервалы глубин, на которых наиболее часто происходят землетрясения. Отметим, что эти интервалы глубин сохраняются и при увеличении магнитуд землетрясений.

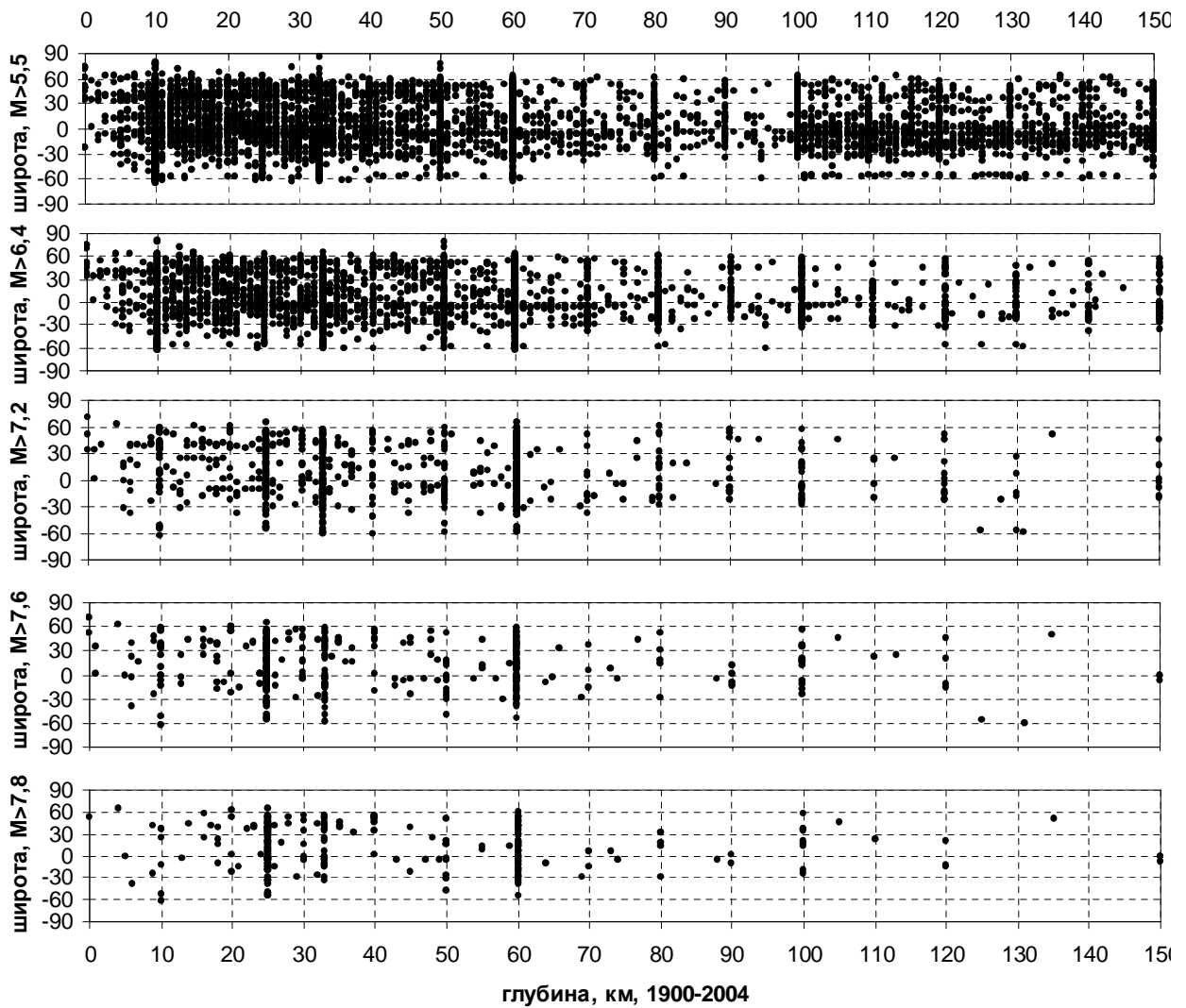


Рис.1

Из рис.1 также видно, что на этих же интервалах глубин шире диапазон географических координат землетрясений. При этом, например, для землетрясений с $M > 7,6$ выделяются глубины 10, 25, 33, 60 км., т.е. на этих глубинах наблюдается наибольшее количество землетрясений; на этих же глубинах аналогичные особенности наблюдаются и для землетрясений с меньшими магнитудами, но число их в этом случае гораздо больше.

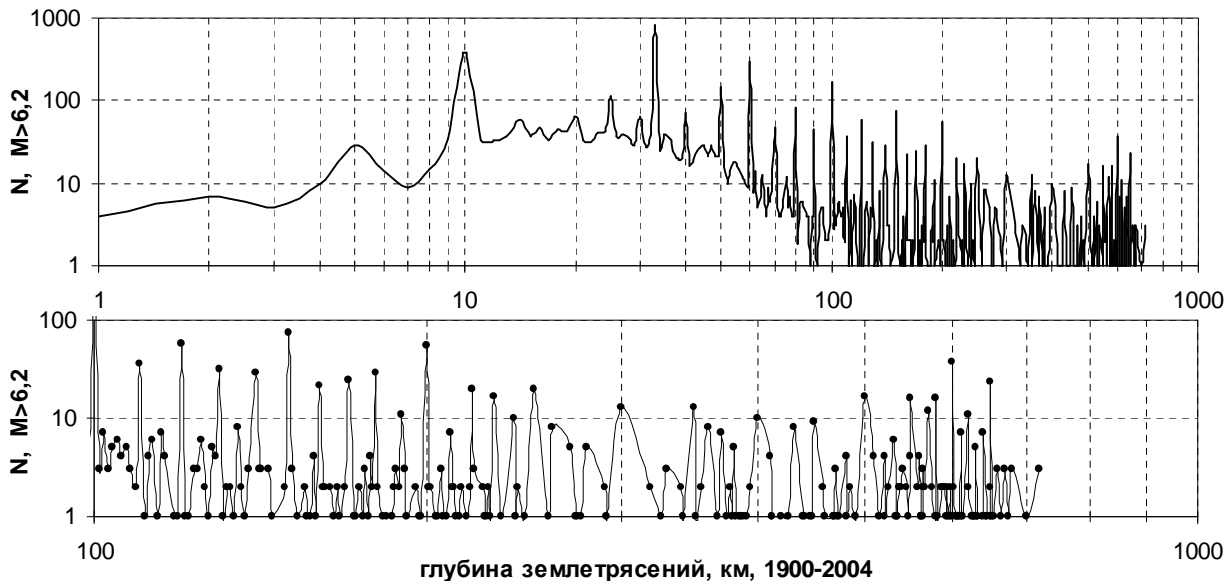


Рис.2

На рис.2 показана зависимость числа землетрясений с магнитудами $M > 6,2$ от глубины эпицентров землетрясений.

Кривая построена для глубин с шагом 1 км. Из рис. видно, что наибольшее количество землетрясений происходит на глубинах в несколько десятков км. Видно также, что на фоне непрерывного изменения числа землетрясений в зависимости от глубины число землетрясений резко возрастает на определенных глубинах, т.е. наблюдаются дискретные уровни значений землетрясений. Чаще всего землетрясения происходят на глубинах 10, 33, 40 и далее через 10 км вплоть до глубин 250 км. Из вышесказанного можно сделать вывод, что существует дискретность уровней земного вещества, которая сказывается на распределении числа, широт и долгот землетрясений в зависимости от глубины их эпицентров.

Рассмотрим динамику распределения землетрясений во времени в зависимости от глубины их эпицентров. Как уже отмечалось, период с 1890 по 1990 г. оказался вековым циклом сейсмической активности, который разбивается на 3 периода примерно по 33 года, в каждом из которых в свою очередь можно выделить три 11-летних цикла солнечной активности.

На рис.3А показаны временные вариации глубин эпицентров землетрясений за период 1900-2004 г. Данные усреднялись за 1 год. Видно, что в период 1900-1959 г. землетрясения происходили чаще всего на глубине от 100 км и выше. Затем, начиная примерно с 1960 г., глубина эпицентров уменьшалась и с начала 90-х годов XX столетия вновь стала увеличиваться. Увеличение глубины эпицентров землетрясений с начала 90-х годов XX столетия связано с наступлением нового векового цикла.

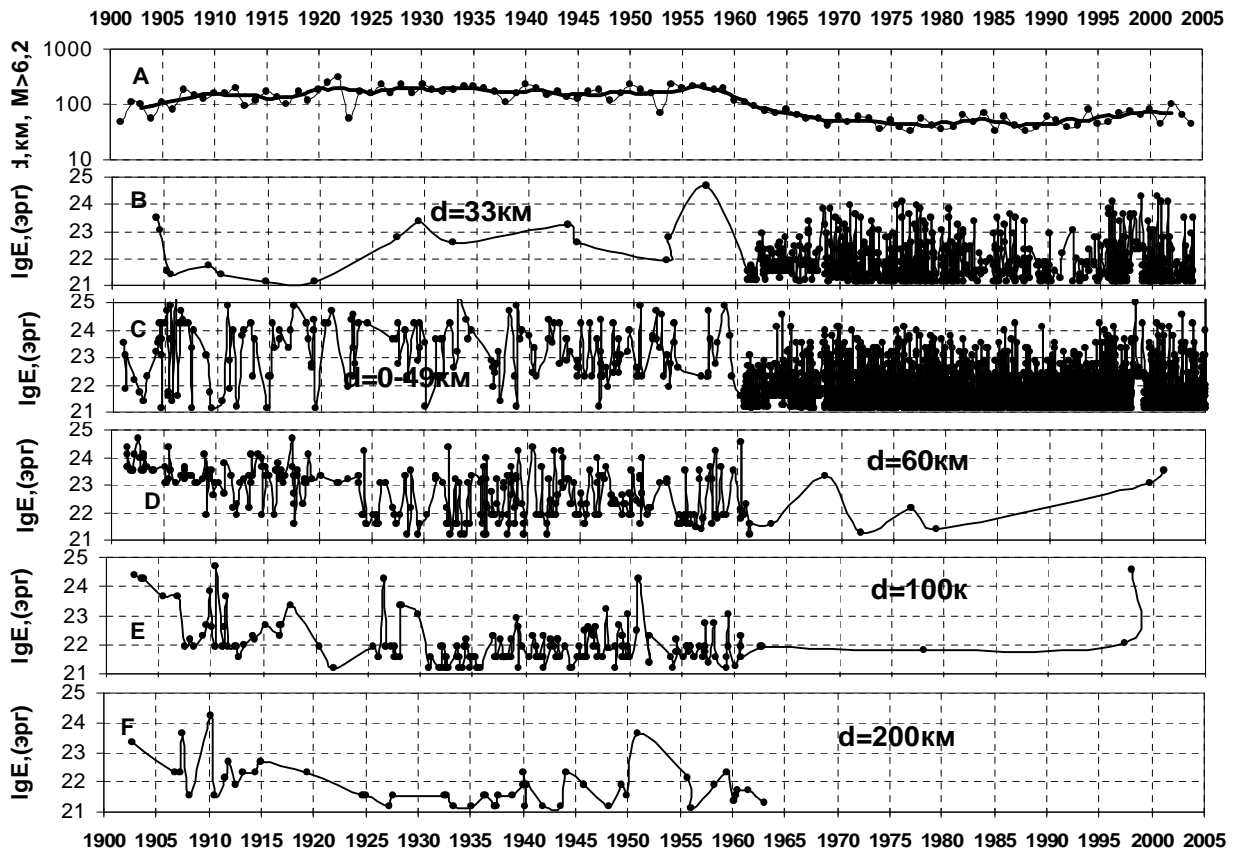


Рис.3

На рис. 3 показаны также временные вариации энергии всех землетрясений, которые наблюдались на отдельных глубинах, как на дискретных уровнях, так и между ними. Видно, что на меньших глубинах, до 50 км, землетрясения происходили в основном начиная с 1960г., т. е в 3-м периоде векового цикла, когда глубина эпицентров землетрясений уменьшалась.

До 1960г. землетрясения происходили в основном в выделенных слоях, т. е. на дискретных уровнях, на глубинах от 60 км и выше. На рис. 3 показаны некоторые примеры такого распределения землетрясений.

Все описанное выше можно объяснить следующим образом.

Структура геофизической среды [1-4] по сейсмологическим данным состоит из отдельных блоков, элементов, размеры которых составляют от нескольких до сотен километров. Такая структура непостоянна, она динамична. Сейсмическая активность на границах блоков и внутри их неодинакова. Наиболее активны границы этих блоков. Можно отметить динамику активности этих блоков на протяжении векового цикла. В начале векового цикла наиболее активны границы блоков на глубине от 60 км и выше. Постепенно происходит перераспределение энергии как внутри блоков, так и передача энергии в верхние слои земного вещества, которые активизируются в 3-й 33-летний период векового цикла. Таким образом, существуют выделенные слои земного вещества, которые имеют повышенную сейсмическую активность.

Связь сейсмической активности Земли с процессами в межпланетной среде

Рассмотрим взаимосвязь процессов в межпланетном пространстве с сейсмичностью Земли.

На рис.4 А показана зависимость числа землетрясений с магнитудами $M > 5,5$ от их долгот. Здесь же показана зависимость числа значений вектора межпланетного

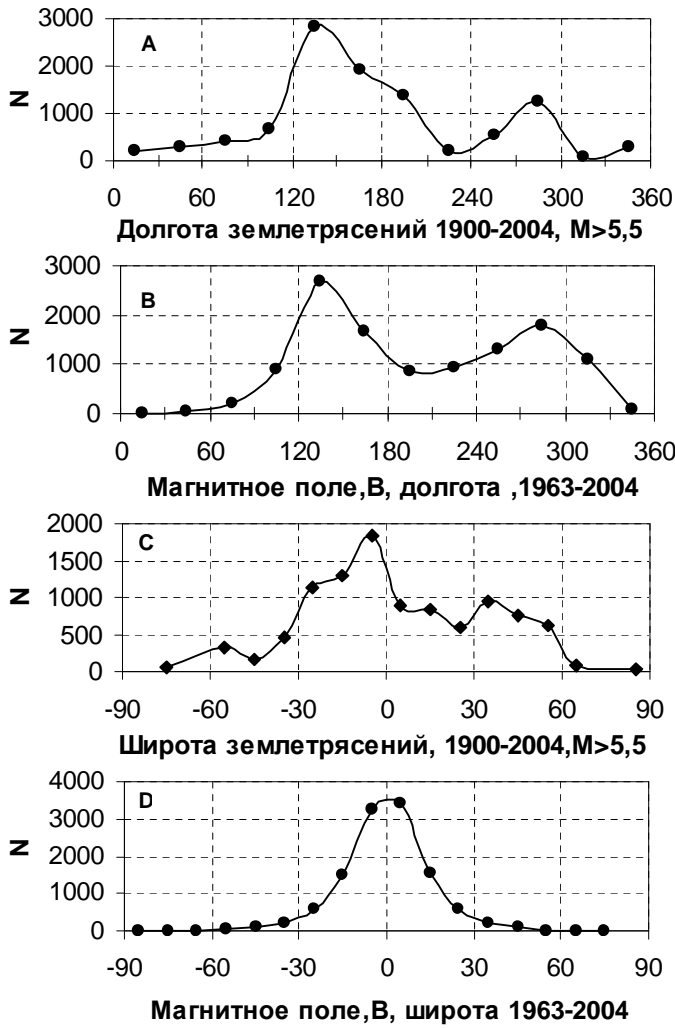


Рис.4

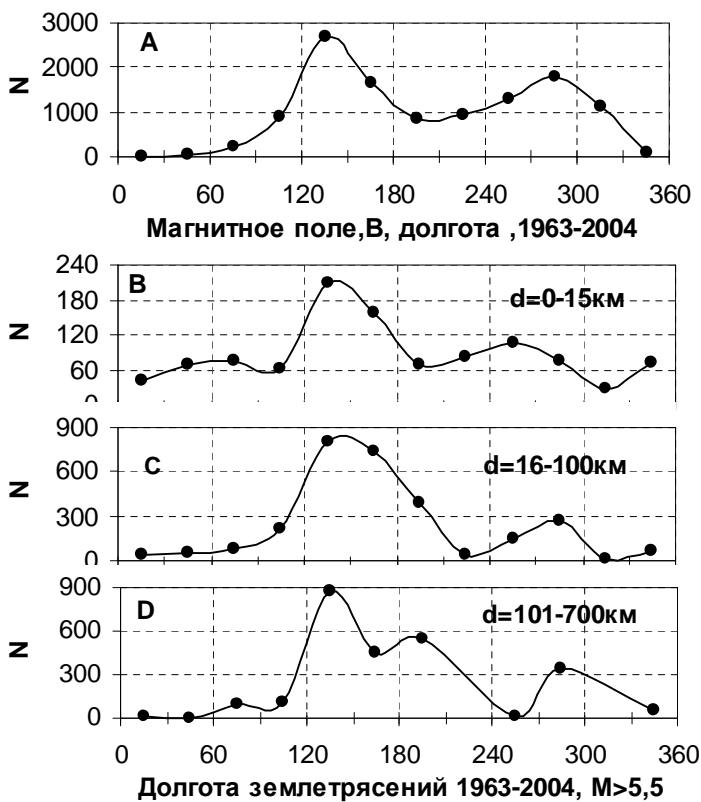


Рис.5

магнитного поля в солнечно – эклиптической системе координат от азимутального направления угла $B\varphi$ (изменение угла от 0 до 360^0 в плоскости эклиптике) (рис.4B) с шагом 30^0 [8].

Видно, что между этими кривыми имеется большое сходство, они подобны. Каждая из них имеет два максимума. Первый, наибольший, наблюдается при долготе 135^0 , второй – при долготе 285^0 . На рис. 4C показана зависимость числа землетрясений с магнитудами $M > 5,5$ от их широт. Здесь же показана зависимость числа значений широтного направления вектора межпланетного магнитного поля в солнечно – эклиптической системе координат от угла $B\theta$ (изменение угла от -90 до 90^0 в плоскости эклиптике) (рис. 4D) с шагом 10^0 . Видно, что обе кривые имеют максимум при широте примерно 0^0 . Кривая зависимости числа землетрясений от широты имеет второй максимум при широте 35^0 . Аналогичный максимум на кривой числа значений широтного направления вектора межпланетного магнитного поля не наблюдается.

Рассмотрим взаимосвязь процессов в межпланетном пространстве с сейсмичностью Земли более подробно. На рис.5. показана зависимость числа значений вектора межпланетного магнитного поля B от угла $B\varphi$ (долгота поля), рис5A, и зависимость числа землетрясений от их долгот для различных глубин (0-15, 16-100, 101-700км), рис5B-рис5D.

Видно, что характер распределения числа землетрясений от долготы для указанных глубин совпадает с аналогичным распределением для межпланетного поля.

На рис. 6 показана зависимость числа значений вектора межпланетного магнитного поля B

от угла $B\theta$ (широтного направления межпланетного магнитного поля) и числа землетрясений от их широт, происходящих на глубинах (0-15, 16-100, 101-700км), рис.6B-рис.6D. Из рис. видно, что сходство между кривыми, отражающими эти зависимости,

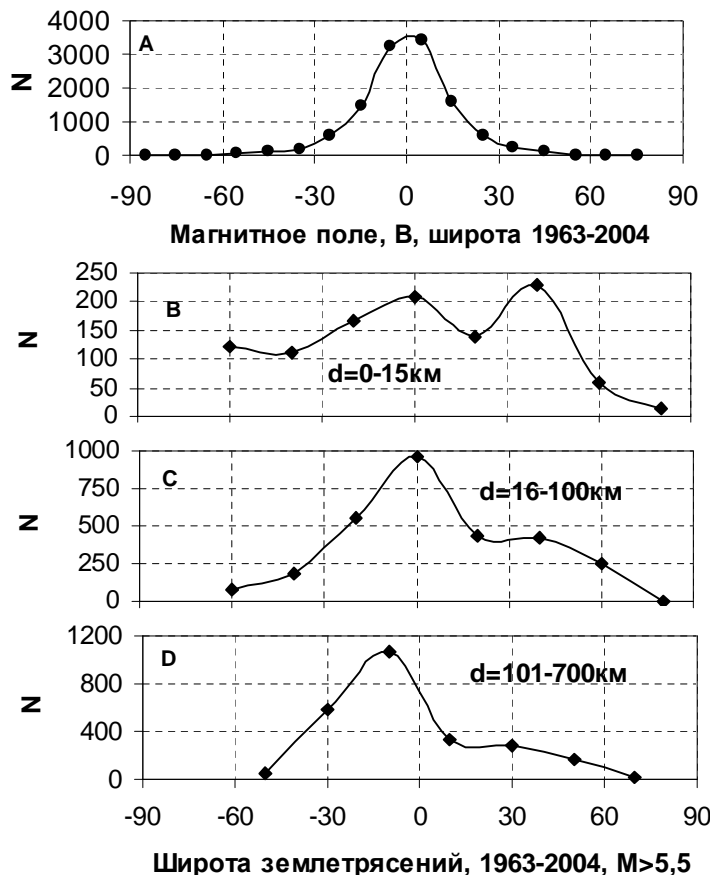


Рис.6

Выводы

1. Существует дискретность уровней геофизической среды, которая сказывается на распределении числа, широт и долгот землетрясений в зависимости от глубины их эпицентров. Наиболее характерные размеры блоков 10км вплоть до глубины 250 км. Глубже их размеры увеличиваются.

2. В пределах векового цикла происходит постепенная передача накопленной энергии из более глубоких слоев земного вещества в верхние слои, которые активизируются в 3-й 33-летний период векового цикла. Наиболее характерные размеры блоков 10 км вплоть до глубины 250 км. Глубже их размеры увеличиваются.

3. Существует высокая корреляция сейсмической активности с процессами в межпланетной среде, которые определяются солнечной активностью. Наиболее заметна она для землетрясений, происходящих на глубинах более 10-15 км. Механизмы генерации землетрясений, происходящие на глубинах менее 10-15 км, определяются другими процессами.

Список литературы

1. Дискретные свойства геофизической среды. – М.: Наука. 1989. –173 с.
2. Николаев А. В. Проблемы нелинейной сейсмологии. // Проблемы нелинейной сейсмологии. – М.: Наука, 1987. С. 5-19.
3. Садовский М. А., Болховитинов Л. Г., Писаренко В. Ф. О свойствах дискретности горных пород. // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1982, №12. С.3.
4. Садовский М. А., Болховитинов Л. Г., Писаренко В. Ф. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс. – М.: Наука, 1987. – 100 с.

выполняются для землетрясений, происходящих на глубинах 16-100км, для землетрясений, происходящих на глубинах более100км это сходство частичное. Между кривыми, отражающими зависимость числа значений вектора межпланетного магнитного поля B от угла $B\theta$, и зависимость числа землетрясений от их широт, происходящих на глубинах 0-15 км, подобие отсутствует. Отсюда можно сделать вывод: высокая корреляция сейсмической активности с процессами в межпланетной среде, которые определяются солнечной активностью, имеет место для землетрясений, происходящих на глубинах более 10-15 км. Механизмы генерации землетрясений, происходящие на глубинах менее 10-15 км, определяются другими процессами.

5. Шестопапов И.П., Харин Е. П. О связи сейсмичности Земли с солнечной и геомагнитной активностью // Солнечно-земные связи и электромагнитные предвестники землетрясений, III Междунар. конф. с. Паратунка Камч. обл. 16-21 августа 2004, сб. докл. - Петропавловск – Камч.: ИКИР ДВО РАН, 2004. С. 130-141.
6. 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
7. <http://neic/usgs.usgs.uk>
8. <http://omniweb.gsfc.nasa.gov/ow.html>.

**МЕТОДИКА ПРОГНОЗА СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ С МАГНИТУДОЙ
 $M \geq 7.6$ И ОЦЕНКА ЕЁ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ ЗЕМЛИ**

**APPROACH TO FORECASTING $M \geq 7.6$ STRONG EARTHQUAKES AND ITS
EFFECTIVENESS IN DIFFERENT REGIONS OF THE EARTH**

В.А. Широков¹, Ю.К. Серафимова²

¹*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,*
²*Камчатский филиал Геофизической службы РАН*

Studying phase distribution (F_1) of lunar tide with a period of $T_1=18.6$ yr. and that for the Hale solar cycle (F_2) at $T_2 = 22$ yr. for 1737 – 2007 earthquakes we suggest a new approach to a long-period forecasting for the strongest earthquakes occurring in different regions of the Earth. Two-dimensional phase plane (F_1, F_2) revealed statistically significant seismically unsafe windows and a short critical phase interval of about one and a half year in the Hale cycle epoch of minimum.

Based on this approach we present the long-term forecast to the $M \geq M_0$ earthquakes in the next 20 years for various regions of the Earth. Retrospective data showed that 89% of the analyzed number of earthquakes agrees with the forecast. As an example, we show seismically unsafe intervals for the earthquakes at focal depth up to 100 km: Japan ($M_0=7.9$): X.2007 – III.2010; VII.2024 – X.2028; the Kurile Islands ($M_0=7.6$): V.2012 – V.2015; Kamchatka ($M_0=7.6$): XI.2014 – VII.2017yrs.

In the given unsafe interval (2006) for the Pacific seismic belt, the Hale cycle from X.2006 through I.2008 yrs. suggested up to six $M \geq 7.6$ strong earthquakes. In complete agreement with the forecast, there were three $M = 8.1 - 8.3$ earthquakes that occurred in Kuriles in November 2006, and in Kuriles and Solomon Islands in January and April 2007.

Effectiveness I of the long-term forecasts made on retrospective data exceeds from 2 to 5.9 times (Aleutian Islands and Kamchatka, respectively) the effectiveness of the random earthquake forecasting ($I_0=1$).

Исследования последних десятилетий показывают, что изучение геодинамических процессов и выяснение их причинной обусловленности невозможно без учета роли космических факторов, главными из которых для характерного времени, менее нескольких десятилетий, являются гравитационные поля в системе Солнце–Земля–Луна, а также солнечная активность. Предположение о том, что тектонические процессы вызваны, в конечном счете, космическими причинами, неоднократно высказывали геологи и геофизики. Наиболее хорошо изучено влияние на сейсмичность приливного воздействия гравитационных полей Луны и Солнца и 11-летней солнечной ритмики. Однако связь землетрясений с 22-летним солнечным циклом исследовалась лишь в одной работе [1]. В обзорной работе [8], посвященной выяснению роли космических факторов в геотектонике, делается вывод, что тектонические процессы представляют собой результат действия двух более или менее равноценных факторов – внутренней эволюции Земли и космических воздействий. В работе [14] на основе литературного обзора сделана попытка в схематическом виде синтезировать представления многочисленных исследователей о механизме связи между различными космическими факторами, сейсмическими и вулканическими процессами с учетом промежуточных звеньев этой взаимосвязи.