

## СОЛНЕЧНАЯ ДОМИНАНТА В ДИНАМИКЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЗА ПЕРИОД 2004-2010 ГОД

**А.Б. Шутов, преподаватель**  
Сочинский государственный университет  
(Россия, г. Сочи)

**Аннотация.** *Возможность установления форм связи в долевыми тенденциях между 11-ти летними циклами солнечной активности и землетрясениями, на уровне колебательных процессов, дает возможность делать долгосрочный прогноз по сейсмической активности. Для определения изменений в колеблемости использовался метод долевыми тенденций. Было установлено, что кумулятивные характеристики тенденций прироста амплитуд солнечной активности и землетрясений взаимно заменяются. Так, при проявлении активных тенденций отрицательных амплитуд в активности Солнца, в регистрируемом диапазоне землетрясений магнитудой 4 и 5, идет процесс доминирования положительных амплитуд. Такая кумулятивная форма связи происходит на спаде солнечной активности 23-го 11-ти летнего цикла.*

**Ключевые слова:** *циклы солнечной активности, число землетрясений, магнитуда, временной ряд динамики, амплитуды колебаний, кумулятивные характеристики, долевая тенденция.*

Данные по статистике землетрясений различных научных организаций отличаются. Так, график динамики ежегодного количества землетрясений с 1990 по 2011 год, представленные USGS, указывают на постепенное увеличение общей сейсмической активности на Земле [14]. Такая же тенденция с 2004 по 2011 годы отмечена и в данных EMSC [15]. По данным UDIM и NOA в Турции и Греции с января 2002 по март 2011 год так же отмечается постепенное увеличение сейсмической активности [15].

Большинство исследователей в изучении сейсмичности изучают динамику магнитуд, в то время как другие показатели остаются без должного внимания. В 2001 году наша исследовательская группа вела поиск предвестниковых показателей землетрясений на северном Кавказе [10]. Так за период с 21 по 31 декабря 2001 года было зарегистрировано 36 толчков различной интенсивности. Изменчивость параметров эпицентрального расстояния (ДМИН) за указанный период имела наибольшую активность в сравнении с параметрами глубины, энергетического класса и магнитуд (Н, К и М).

Более подробная информация о землетрясениях на планете, с учетом магнитуды с 1990 по 2010 год, выявляет различия в

динамике сейсмоактивности, а представленные цифровые ряды динамики дают возможность искать взаимосвязь с процессами других объектов и систем, происходящих в одном временном интервале. [5,7,11].

В настоящее время выявлена связь атмосферных и литосферных процессов. Представленные за последние 106 лет данные выявляют инициирование сильных землетрясений атмосферными процессами меридиональной формы С [1].

Достоверно выявлена так же корреляция скорости вращения Земли со слабыми землетрясениями ( $M = 4,0$ ) [4]. А вот корреляция землетрясений с приливами и отливами не является достаточной [5].

Причина землетрясения в Японии в 2011 году, как считают Российские ученые, была вызвана сильной магнитной бурей. В результате Тихоокеанская плита погрузилась под материковую Охотскую плиту, над которой располагается часть Евразийского континента и некоторые Японские острова [7 с.19,22].

Установлена также связь межгодовой изменчивости землетрясений от солнечной активности в одиннадцати летних циклах, которая имеет место при минимальной солнечной активности, и наоборот [9,11].

Изучалось влияние приливного воздействия на Солнце других планет. Выстраивание планет земной группы вызывает приливные изменения и увеличивает солнечную активность (СА), которая проявляется 11-ти летними циклами [6,13]. Возможно, что изменчивость в динамике СА в свою очередь вызывает атмосферные изменения, которые сопровождаются сильными землетрясениями [1].

На процессы сейсмоактивности Земли влияют различные составляющие воздействия внешнего и внутреннего характера. Величина этих воздействий проявляется в большом разнообразии пространственно-временной изменчивости параметров динамических рядов. Мы считаем, что отсутствие корреляции между СА и сильными землетрясениями [5] еще не означает отсутствия причинной связи на уровне колебательных процессов.

В данной статье представлены результаты исследования изменчивости динамики параметров сейсмической и солнечной активности, происходящие в одно время. В

качестве исследований берутся методы не корреляционных, а долевых тенденций, поскольку корреляция отражает статические характеристики выборки, а долевые тенденции – динамические характеристики ряда. Кроме того долевые тенденции колебательных процессов позволяют выявить новые свойства в динамике общего ряда [13].

С развитием инструментальной сейсмологии совершенствовались и методологические подходы в исследованиях. До первой половины 1960-х годов еще не были выработаны единые оценки в представлении и описании сейсмологического материала [3]. Весь этап этого исторического развития отразился на примере хронологических событий о динамике сейсмичности на Кавказе. Из базы данных каталога землетрясений Кавказа с древнейших времен по 2000г., составленного А.А. Годзицкой [2], нами последовательно были выбраны землетрясения магнитудой от 6,5 и выше (см. Рис.1).



Рис. 1. Временной интервал между последующим и предыдущим землетрясениями на Кавказе за период с 427 по 1997 годы

Примечание:  $\Delta t$  – временной интервал,  $M$  – магнитуда

Из графика на рисунке 1 мы видим, что время между предыдущим и последующим землетрясением значительно сокращается и к концу 60-х годов время регистрации землетрясений магнитудой 6,5 достигает минимальных значений. Следовательно, для достоверных исследований динамики сейсмоактивности исторические данные последних 40 лет будут наиболее объективными.

Значение выбора магнитуды для исследований имеет большое значение. Одни

авторы определили зависимость сейсмоактивности с солнечной активностью для магнитуд = 4 [9,11]. Другие этой достоверной зависимости не обнаружили, но установили связь для магнитуд  $\geq 7$  и выше с атмосферными явлениями [1].

Зависимость количества землетрясений от магнитуды имеет значительные различия [14], и мы представили графически данные магнитуд и их количества с начала 1990 по 2010 год (см.Рис.2).

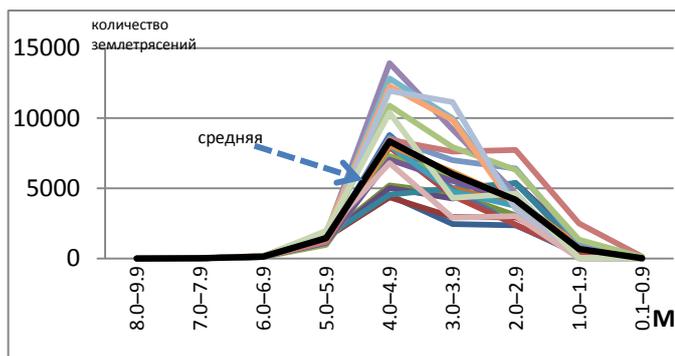
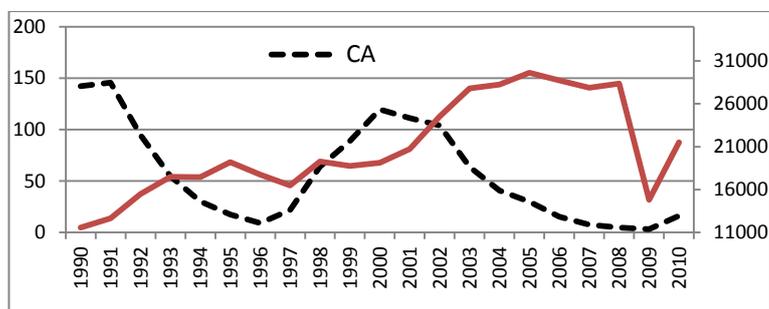


Рис. 2. Зависимость числа землетрясений от магнитуды. Каждый цвет графика это отдельно взятый год. Период с 1990 по 2010 год составил 20 цветов

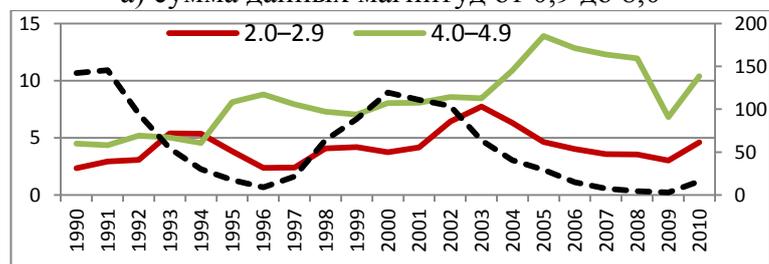
Из графика на Рис.2 мы видим, что в каждом следующем году наибольшее число землетрясений приходится на магнитуды от 4 до 5. Если выстроить годовые графики динамики по магнитудам, то они будут значительно различаться между собой. Возможно, причина различий в динамике будет зависеть от влияний внешнего и внутреннего характера, и совсем не корректным было бы представлять данные графиков суммированием землетрясений различной магнитуды произошедших за

год, как, например, динамика числа землетрясений магнитудой от 1,0 до 8,0 за 20 лет (см.Рис.3а)). Некоторые лаборатории представляют такие графики, предполагая теорию глобальной катастрофы [15].

На графике Рис.3 солнечная активность (СА) 11-ти летних циклов представлена пунктирной линией. Период, с 1990 по 2010 год, охватывает половину 22-го и весь 23-й цикл СА и совмещен с графиками числа землетрясений различных магнитуд.



а) сумма данных магнитуд от 0,9 до 8,0



б) магнитуда 2,0 – 2,9 и 4,0 – 4,9

Рис. 3. Динамика солнечной активности и количества землетрясений за 20 лет [14,17]

На графике Рис.3 а) мы видим возрастающий тренд сейсмоактивности, но вполне вероятно, что это увеличение больше связано с динамикой магнитуд 4,0 – 4,9, которую мы наблюдаем на графике Рис.3 б). Динамика землетрясений магнитудой 2,0 – 2,9 имеет схожесть с магниту-

дой 4,0 – 4,9. Они имеют по два пика, но у магнитуды 2,0 – 2,9 они формируются раньше. Можно предположить, что такая динамика может носить предвестниковый характер. Если сравнить графики Рис.2, и Рис.3, то можно с уверенностью сказать, что число событий с магнитудой 4,0 – 4,9

значительно превосходит все остальные (см.Рис.2), и при получении средних магнитуд, безусловно, будут доминировать магнитуды 4,0 – 4,9.

Совмещение графиков динамики магнитуд с 11-ти летними циклами солнечной активности указывает на то, что наибольшая сейсмическая активность приходится на фазу снижения солнечной активности.

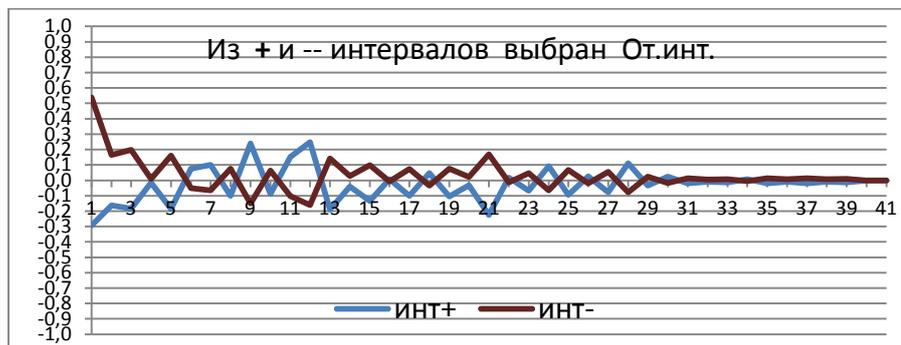
Одним из ключевых факторов повышения и снижения солнечной активности в 11-ти летних циклах на настоящий момент считается выстраивание планет земной группы [6]. В более ранних наших исследованиях динамики СА мы обнаружили зоны активной и пассивной кумулятивной тенденции в рядах выделенных положительных и отрицательных амплитуд (см.Рис.4), что подтверждает теорию о внешнем влиянии планет на солнечную активность [13].

Особенности конфигурации форм прращения амплитуд в динамике характери-

зуют активность происходящих процессов. Полученные нами характеристики динамики СА в определенном временном интервале позволяют искать схожесть этих конфигураций и в динамике землетрясений. Если такова связь будет присутствовать, то следующая задача будет состоять в определении величины этой связи.

История наблюдения за 11-ти летними циклами СА ведется с 1700 года. 11-ти летний цикл имеет фазу увеличения и фазу снижения СА.

В предыдущих наших исследованиях 22 и 23 цикла СА на фазе снижения в динамике амплитуд мы наблюдали сильный разброс [13], в дальнейшем наблюдалась длительная зона пассивной динамики. Эта зона пассивной динамики для 22 и 23 цикла составляет, примерно, 2 – 2,5 года (см.Рис.4).



а) фаза снижения в 22 цикле СА



б) фаза снижения в 23 цикле СА

Рис. 4. Характеристики показателя индекса долевого прироста в динамике положительных и отрицательных амплитуд [13]

Именно на часть пассивной динамики СА приходится наибольшая сейсмическая

активность для магнитуд 4,0 – 4,9 (см. графики Рис.3 б)).

В представленных здесь исследованиях динамика СА на фазе спуска в 11-ти летнем 23 цикле была разбита на две части (см. Рис.5). Первая часть динамики составляла временной отрезок с 2002 по 2004 год, вторая часть отрезок с 2004 по 2010 год. Именно **вторая часть** в исследованиях является более важной, поскольку

в нее включена сравнительная динамика солнечной и сейсмической активности. По данным EMSC приводится ежемесячное количество всех землетрясений, происходящих с 2004 по 2010 год [15]. Для наглядности границы 1 и 2 частей разделены вертикальными линиями и представлены на графике Рис.5.

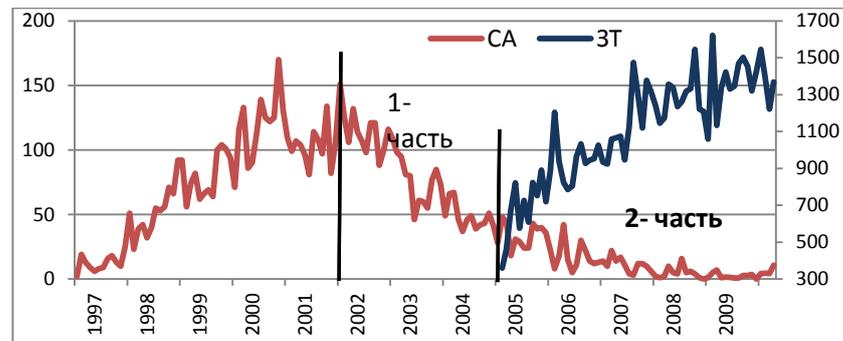


Рис. 5. Помесячная солнечная активность в 23-м цикле СА [17], и количество всех землетрясений, зарегистрированных станцией EMSC за период с 2004 по 2010 год [15]

Предполагаемая зависимость в тенденциях 11-ти летних циклов СА и землетрясений изучалась с помощью метода долевой тенденции [12].

Для определения величин долевых тенденций в программе *excel* были созданы вычислительные таблицы. В каждом столбце таблицы выполняется определенная вычислительная операция. Схема вычислений представляет определенную последовательность в действиях:

1. Определение амплитудного прироста между последовательными показателями:  $(C_{i+1} - C_i)$ .

2. Выбор положительных ( $\Delta_+$ ) и отрицательных ( $\Delta_-$ ) амплитуд

из общего ряда амплитуд ( $op_{инт.}$ ) в отдельные динамические ряды:

$\Delta_+ = (C_{i+1} - C_i) + 0,01$ ,  $\Delta_- = (C_{i+1} - C_i) - 0,01$ .

После кумулирования частных

$F_i = \sum_{i=1}^i h_i$ , из суммы квадратов находится

геометрическая сопряженность ( $c_n$ ) между исследуемым показателем ( $p_j$ ) и стандартом ( $p_i$ ). Здесь ( $p$ ) представляет частность элементов системы, при условии, что  $\sum p_i = 1$ :

$$c_n = \sqrt{(p_{i+1} + p_i)^2 + (p_{j+1} + p_j)^2}.$$

3. Затем определяется показатель долевого прироста ( $B_i$ ):

$$B_i = (p_{i+1} + p_i) \times \pi / \text{Arccos} \angle \alpha$$

4. Далее идет вычисление долевой тенденции ( $B_y$ ) исследуемого показателя:

$$B_y = h_{st} - B_i,$$

где, динамический стандарт  $h_{st} = P_{x+1} + P_x$ , и здесь, чтобы исключить

элемент прогрессии на графиках,  $P_x = 2/n$ .

5. Вычисление доли условного участия ( $D_{yy}$ ):

$$D_{yy} = B_{y+1} + B_y.$$

6. Кумулятивные характеристики долевой тенденции амплитуд выражены

показателем кумулятивной емкости ( $KE$ ):

$KE = D_{yy} * D_{ya}$ , где,  $D_{ya}$  - доля условной активности,  $D_{ya} = D_{yy}/n - 1$ .

Из рядов динамики СА и ЗТ, представленных на Рис.6 были последовательно выбраны амплитуды и из них сформированы отдельные динамические ряды. В рядах, составленных из положительных и отрицательных амплитуд, определялся показатель кумулятивной емкости ( $KE$ ). Этот показатель характеризует кумулятивные характеристики долевых тенденций в амплитудах.

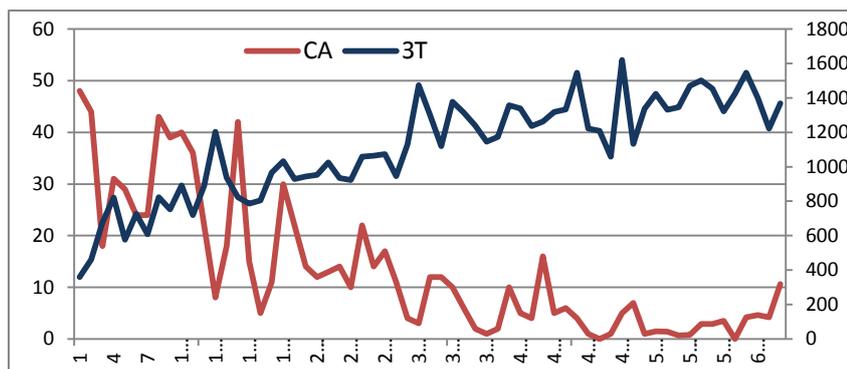


Рис. 6. Данные землетрясений и солнечной активности с 2004 по 2010 год

На Рис.6 визуально видно, что разброс амплитуд динамики СА постепенно уменьшается, а динамика разброса амплитуд землетрясений хаотична и неопределенна. Амплитудная динамика отражена в цифрах кумулятивной емкости (КЕ) и представлена в таблице 1. В таблице вторая часть показателей динамики СА и землетрясений находятся в одном временном интервале. Доминирующая роль в динамике снижения СА принадлежит отрицательным амплитудам (см.39,66), что в 2,5 раза превосходит активность положительных амплитуд (16,55). Характеристики амплитудной динамики сейсмоактивности отличаются от динамики показателей солнечной активности тем, что в сейсмоактивности, наоборот, доминирует активность положительных амплитуд (см. 0,99 против 0,39).

Понятие активности определяется из характеристик кумулятивных тенденций (см.Рис.7). Характеристики зависят от размера амплитуд динамического ряда, которые суммируются с накопительным итогом. С учетом этих особенностей кумулятивные тенденции разделяются на три вида: активные, равномерные и пассивные.

В данном временном интервале на спаде солнечной активности в 23-м 11-ти летнем цикле преобладала активность отрицательных амплитуд, а в сейсмической активности на Земле, наоборот, в это время преобладала активность положительных амплитуд (см. в табл.1 39,66 - Солнце и 0,99 - Земля). Столь огромная разница в динамике положительных и отрицательных амплитуд землетрясений предполагает возможную замену в предполагаемой цикличности этого процесса (см. показатель КЕ 0,99 и -0,39).

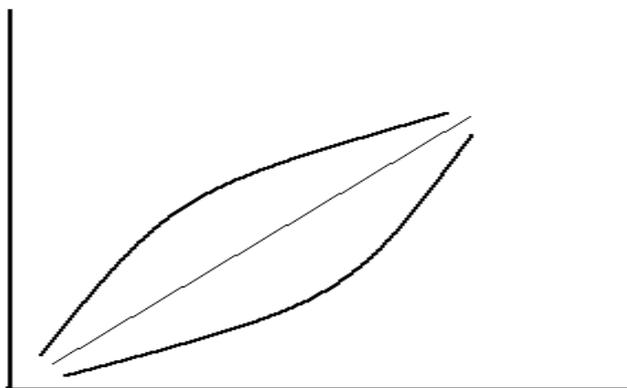


Рис. 7. Кумулятивные характеристики тенденций прироста амплитуд: выпуклая дуга – активная, прямая линия – равномерная, ПРОГНУТАЯ ДУГА – ПАССИВНАЯ [13]

Ответные циклические процессы сейсмоактивности на Земле значительно отстают от процессов солнечной активности (см. Рис.3 и 5). Амплитудная динамика СА

в 11-ти летнем 23 цикле асимметрично снижается и переходит в пассивную зону, а одновременно с этим происходит и расстраивание планет группы Земля [6].

Сам процесс отставания, в некоторой степени, объясняют кумулятивные характеристики тенденций прироста амплитуд (см. Рис.7), в котором значительный разброс амплитуд в начале временного интервала характеризуется активной формой, а

активный разброс в конце – пассивной формой. Пассивная характеристика в величинах кумулятивной емкости имеет отрицательный знак, а активная – положительный знак (см. табл. 1).

Таблица 1. Характеристики долевых тенденций по показателю кумулятивной емкости.

Кумулятивная емкость			
Амплитуды ряда	23 цикл СА		Земл - ия
	1-я часть	2-я часть	
+ и –	1,27	27,34	0,05
+	<b>2,48</b>	16,55	<b>0,99</b>
–	0,84	<b>39,66</b>	– 0,39

#### Выводы:

1. Выявлена связь в активных формах динамики долевых тенденций между землетрясениями магнитудой 4,0-4,9 и **23-м 11-ти** летним циклом СА. Так, при доминировании отрицательных амплитуд в динамике СА, в динамике землетрясений доминировали положительные амплитуды.

2. Наибольшая сейсмическая активность, для магнитуд диапазона 4,0-4,9, пришлась на часть пассивной динамики в рядах положительных и отрицательных амплитуд 23-го 11-ти летнего цикла СА.

3. Солнечная доминанта проявляется в сейсмической активности магнитудой 4,0-4,9.

#### Библиографический список

1. *Боков В.Н.* Межгодовая изменчивость сейсмичности и атмосферной циркуляции. URL: [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/6-16.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/6-16.pdf)
2. *Годзиковская А.А.* База данных “Каталог землетрясений Кавказа с  $M \geq 4.0$  ( $K \geq 11.0$ ) с древнейших времен по 2000 г.” URL: <http://zeus.wdcb.ru/wdcb/sep/caucasus/catrudat.html>
3. *Годзиковская А.А.* Сейсмический фон и пространственно-временное распределение авершоков в районах сильнейших землетрясений Кавказа второй половины XX века // Физика земли. – 2003. – №3. – С. 42-54.
4. *Горькавый Н.Н., Трапезников Ю.А., Фридман А.М.* О глобальной составляющей сейсмического процесса и ее связи с наблюдаемыми особенностями вращения Земли. // ДАН, Геофизика. – 1994. – Т. 338, №4. – С. 525-527.
5. *Одинцов С. Д., Иванов-Холодный Г. С., Георгиева К.* Солнечная активность и глобальная сейсмичность земли. // Известия РАИ, серия ФИЗИЧЕСКАЯ. – 2007. – Т. 71. №4. – С. 608-610. URL: <http://naukarus.com/solnechnaya-aktivnost-i-globalnaya-seysmichnost-zemli>
6. *Пономарева О.В.* Роль планет и планетных групп в активности солнца. URL: <http://www.emsd.ru/konf071112/pdf/t2/str212.pdf>
7. *Попов В.К.* Землетрясение в Японии: 2011 г., ДВГИ ДВО РАН. URL: [file:///C:/Users/1/Downloads/popov\\_japan\\_earthquake.pdf](file:///C:/Users/1/Downloads/popov_japan_earthquake.pdf)
8. *Уломов В.И.* Вихревая сейсмогеодинамическая модель земли. С. 16-18. URL: [http://seismos-u.ifz.ru/p/Ulomov\\_EarthRotateModel-1982.pdf](http://seismos-u.ifz.ru/p/Ulomov_EarthRotateModel-1982.pdf)
9. *Шестопалов 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.
10. *Хантаев А.М., Лобова О.Е., Шутов А.Б.* Долевые тенденции в оценках динамики параметров сейсмической активности северного Кавказа // Инновационная наука. – 2017. – №7. – С. 123-125.

11. Харин Е.П., Белов С.В., Шестопалов И.П. Пространственно-временные изменения сейсмичности Земли и солнечная активность // Сборник докладов V международной конференции «Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений». с. Паратунка, Камчатский край Петропавловск-Камчатский, 2010. – С. 469-472. URL: <http://csl.isc.irk.ru/BD/Books/>

12. Шутов А.Б. Роль возрастающего ранга в выявлении асимметрий динамики сопряженных переменных // Известия СГУ. – 2015. – №1 (34). – С. 18-23.

13. Шутов А.Б. Причины асимметрий в динамике одиннадцати летних циклов солнечной активности // Научно-Образовательное Содружество «Evolutio», Естественные науки, АСТРОНОМИЯ. – 2017. – №8. – С. 70-77.

14. URL: National Earthquake Information Center, U.S. Geological Survey. Web: [neic.usgs.gov/neis/eqlists/eqstats.html](http://neic.usgs.gov/neis/eqlists/eqstats.html).

15. URL: <http://www.vseneprostotak.ru/2011/04/statistika-zemletryaseniy/>

16. URL: Web: [neic.usgs.gov/neis/eqlists/eqstats.html](http://neic.usgs.gov/neis/eqlists/eqstats.html)

17. Солнечная активность. Табл. 7.17. W (числа Вольфа) URL:<http://www.astronom2000.info>

## DOMINATING ROLE OF NEGATIVE AMPLITUDES OF SOLAR ACTIVITY IN DYNAMICS OF EARTHQUAKES FOR THE PERIOD WITH 2004 - 2010

**A.B. Shutov, lecturer**  
**Sochi state university**  
**(Russia, Sochi)**

**Abstract.** *The opportunity of an establishment of forms of communication in share tendencies between 11 years cycles of solar activity and earthquakes, at a level of oscillatory processes, enables to do the long-term forecast on seismic activity. For definition of variability of amplitudes to be used the method of share tendencies. It has been established, that cumulative characteristics of tendencies of a gain of amplitudes of solar activity and earthquakes are mutually replaced. So, at display of active tendencies of negative amplitudes in activity of the Sun, in a registered range of earthquakes of magnitude 4 and 5, there is a process of domination of positive amplitudes. Such cumulative form of communication occurs on recession of solar activity by 23-rd 11 years cycle.*

**Keywords:** *cycles of solar activity, number of earthquakes, magnitude, a time number of dynamics, amplitude of fluctuations, cumulative characteristics, the share tendency.*