

## О ВОЗМОЖНОМ ВЛИЯНИИ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА СЕЙСМИЧЕСКУЮ И ВУЛКАНИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ: ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ

\*Хаин В.Е., \*\*Халилов Э.Н.

\*Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова,  
\*\*International Academy of Science H&E (Austria, Innsbruck)

Установлено, что в периоды повышения солнечной активности (11-летних циклов) повышается сейсмическая и вулканическая активность в зонах сжатия Земли и одновременно снижается активность в зонах растяжения Земли. На основе выявленных устойчивых 11-ти летних и 22-х летних цикличностей в сейсмической и вулканической активности и их высокой корреляции с солнечной активностью сделан долгосрочный прогноз до 2018 года. Очередной максимум сейсмической и вулканической активности с очень высокой амплитудой для зон сжатия Земли прогнозируется на период 2012-2015 годы.

### 1. ВУЛКАНИЗМ И СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ

Попытки выявления статистической связи между солнечной активностью и вулканическими проявлениями были сделаны в ряде работ А.И. Абдурахманов (1976), Н.К. Булин (1982), Я.А. Гаджиев (1985), Гущенко Н.И. (1985), Ш.Ф.Мехтиев, Э.Н. Халилов (1984, 1985), С.В. Цирель (2002).

Так, А.И. Абдурахманов П.П. Фирстов и В.А. Широков (1976), высказали предположение о связи вулканических извержений с 11-летней цикличностью солнечной активности. По мнению авторов, годы, неблагоприятные для извержений вулканов, лежат в окрестности максимума солнечной активности, тогда как наиболее благоприятные для извержений годы лежат вблизи минимума солнечной активности, в основном, в середине и конце спада солнечных циклов.

Стойко А. и Стойко Н. в своих работах показали высокую корреляцию длительности суток и чисел короткоживущих солнечных пятен, рис.1. (Stoyko A. Stoyko N., 1969).

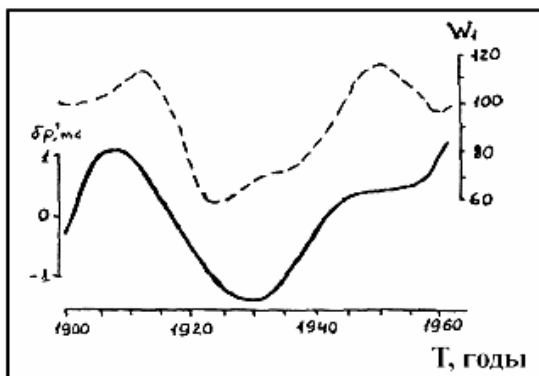


Рис.1. Изменение длительности суток с исключенным линейным трендом (сплошная линия) и чисел короткоживущих солнечных пятен (пунктирная линия) по данным работы А.Стойко (1969).

Б.М. Валяев и др. на основе изучения деятельности грязевого вулкана Ахтала (Грузия) пришли к выводу о существовании статистически достоверной связи активности грязевого вулкана Ахтала с солнечной активностью, (Валяев и др, 1980 г.).

Однако результаты этих исследований отражают активность грязевых вулканов лишь только одного небольшого района нашей планеты. Представляет определенный интерес выявление связи между деятельностью грязевых вулканов мира и солнечной активностью, которая в большей степени отразит специфику солнечно-земных связей.

Для выявления возможной связи между солнечной активностью и деятельностью грязевых вулканов мира, нами были проанализированы данные об извержениях крупнейших грязевых вулканов мира и построен график, характеризующий изменение грязевулканической активности во времени. При построении использованы данные более 300 извержений грязевых вулканов мира (Мехтиев Ш.Ф., Халилов Э.Н., 1985).

Практически все грязевые вулканы мира расположены в зонах субдукции и коллизии и, следовательно, отражают активность процессов сжатия Земли, рис.2.

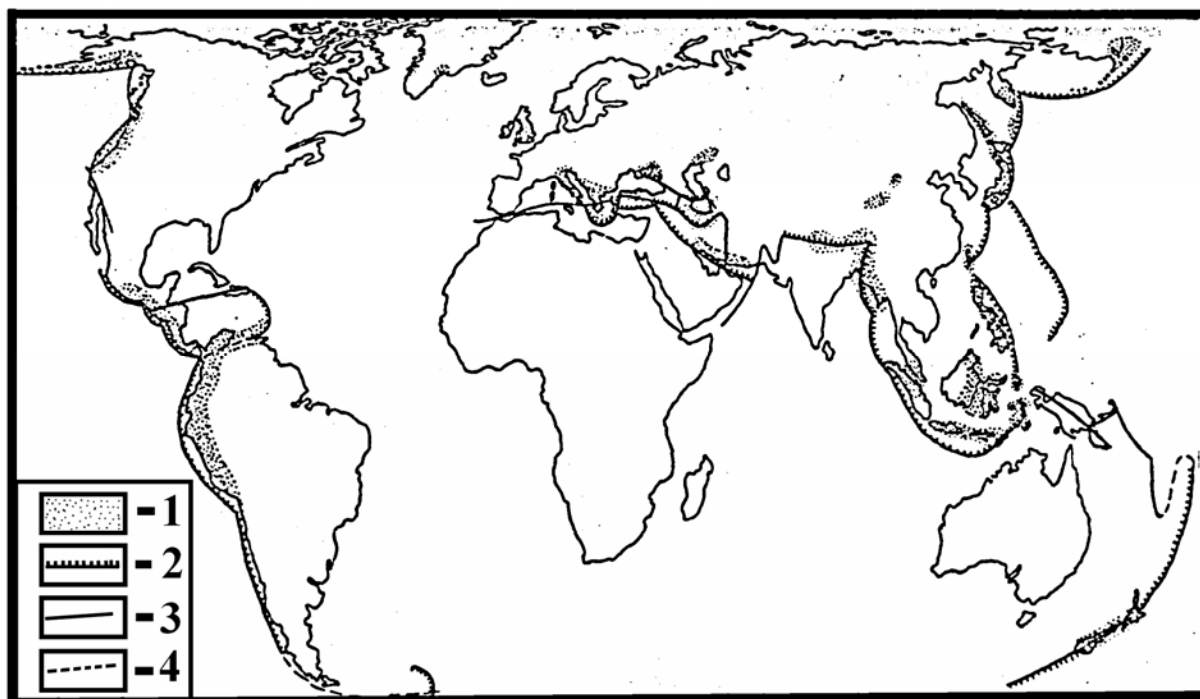
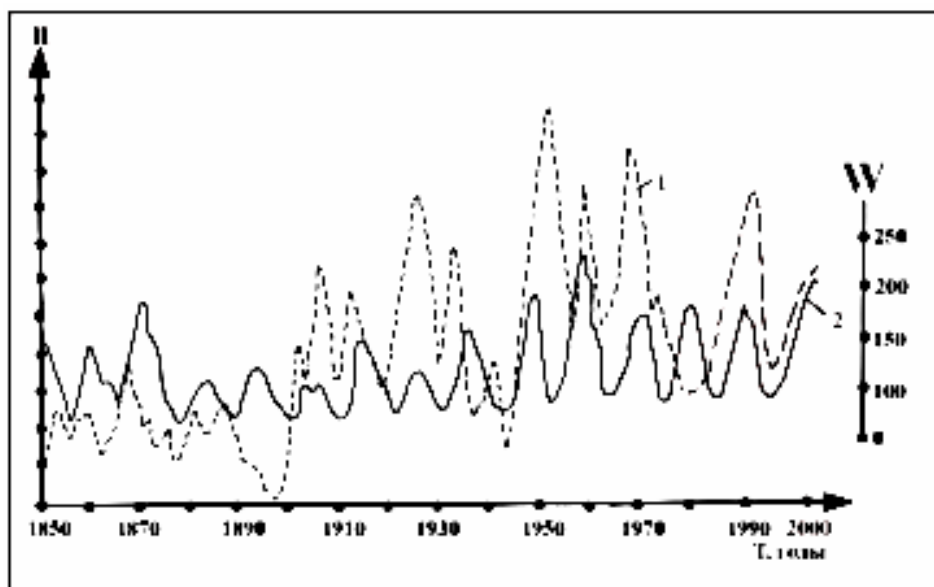


Рис.2. Схема расположения грязевых вулканов и зон субдукции мира.  
1- зоны, осложненные грязевым вулканизмом; 2 - зоны субдукции; 3 – трансформные разломы; 4 – предполагаемые разломы.

Как отмечалось выше, попытка выявить связь между активностью Солнца и деятельностью магматических вулканов, была сделана рядом ученых. Однако при этом не учитывалось, что вулканы делятся на геодинамические типы, и каждый тип вулканов отражает деятельность различных процессов: вулканы типа С – характеризуют процессы сжатия Земли (за счет субдукции); вулканы типа Р – характеризуют процессы растяжения Земли (за счет спрединга). Таким образом, делая выводы о периодах активизации вулканов на основе общего графика активизации для всех типов вулканов, исследователи исходили из предположения одновременности активизации всех вулканов, т.е. из предположения

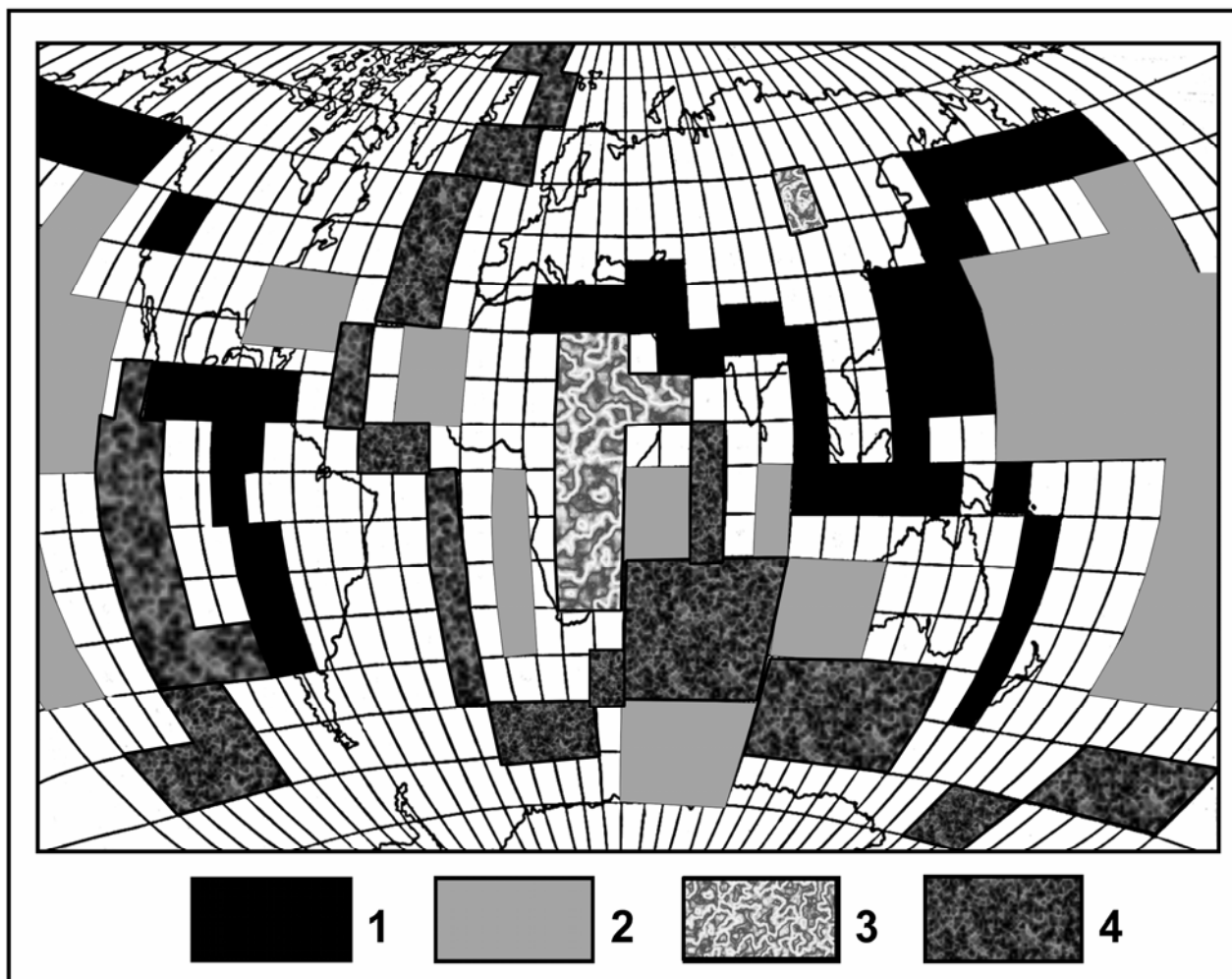
одновременности процессов сжатия и расширения Земли, вследствие чего должен был бы сохраняться неизменным ее радиус.



**Рис.3. Сопоставление графиков солнечной и  
грязевулканической активности.  
I – график грязевулканической активности;  
II- график солнечной активности (числа Вольфа)  
n - усредненное число извержений.**

Сопоставление построенного графика грязевулканической активности с числами Вольфа, характеризующими 11-летний цикл солнечной активности, показало, что 9-12-летние периоды грязевулканической активности, в основном, совпали с 11-летними циклами солнечной активности (рис.3). Таким образом, повышению солнечной активности соответствует повышение активности грязевых вулканов мира Ш.Ф.Мехтиев, Э.Н.Халилов (1985).

Для выяснения наиболее объективной картины в деятельности магматических вулканов были составлены графики в отдельности для вулканов типов С и Р. С этой целью нами была составлена карта геодинамических зон Земли, на которой вся планета разбита на четыре основных геодинамических типа зон: зоны поясов сжатия – тип С; океанские рифтовые зоны – типа ОР; континентальные рифтовые зоны - тип КР; океанские внутриплитные зоны слабой сейсмичности и вулканизма - тип ОВ, рис.4.



**Рис.4. Карта геодинамических зон Земли.**

**1 – зоны сжатия Земли – тип С; 2 – океанские внутриплитные зоны – тип ОВ.  
3 – континентальные рифтовые зоны – тип КР; 4 – океанские рифтовые зоны – тип ОР;**

Каталоги извержений магматических вулканов мира насчитывают около 1000 действующих вулканов (Гущенко Н.И., 1979). Независимо от системы сбора информации об извержениях этих вулканов не существует гарантии того, что за практически обозримый срок в каталогах отобрана вся имеющаяся информация об извержениях вулканов мира. Потери информации неизбежны, но в общем случае они носят случайный характер.

Для того, чтобы максимально сократить влияние возможных потерь информации, были отобраны данные об извержениях вулканов за относительно короткий промежуток времени (с 1850 г. по 2000 г.), тогда как в каталогах приведены данные по извержениям вулканов с 1500 года до нашей эры по настоящее время.

Изучение активности магматических вулканов типа С позволило выявить определенную периодичность в их извержениях. Наиболее отчетливо выделились 9-15 – летние циклы повышенной активности магматических вулканов.

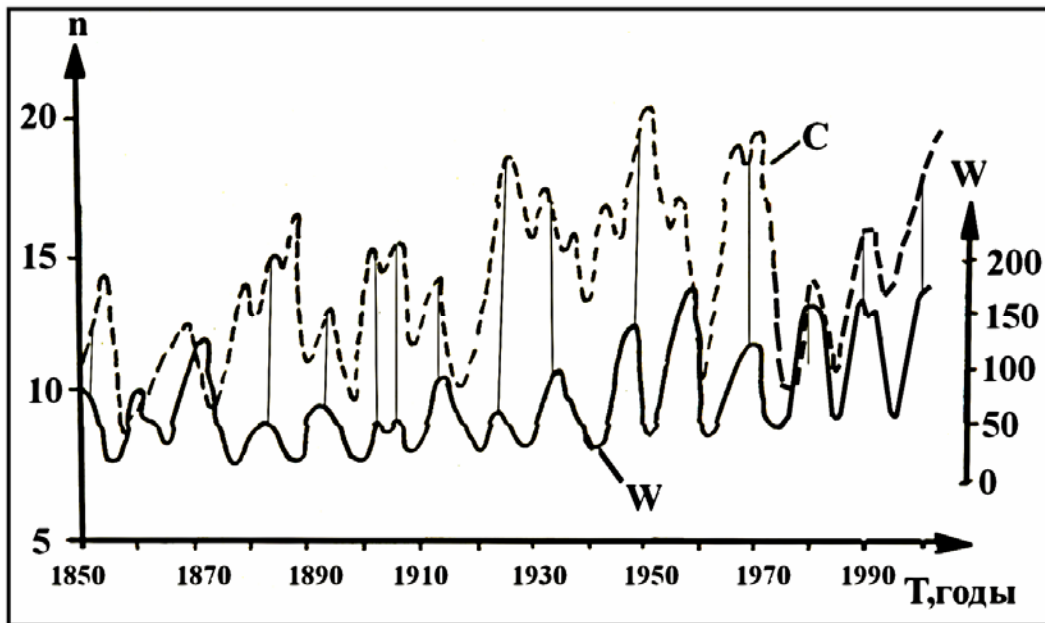


Рис. 5. Сопоставление графиков активности вулканов типа «С» и солнечной активности.

I – график активности вулканов типа «С» ;  
II – графика солнечной активности (числа Вольфа).

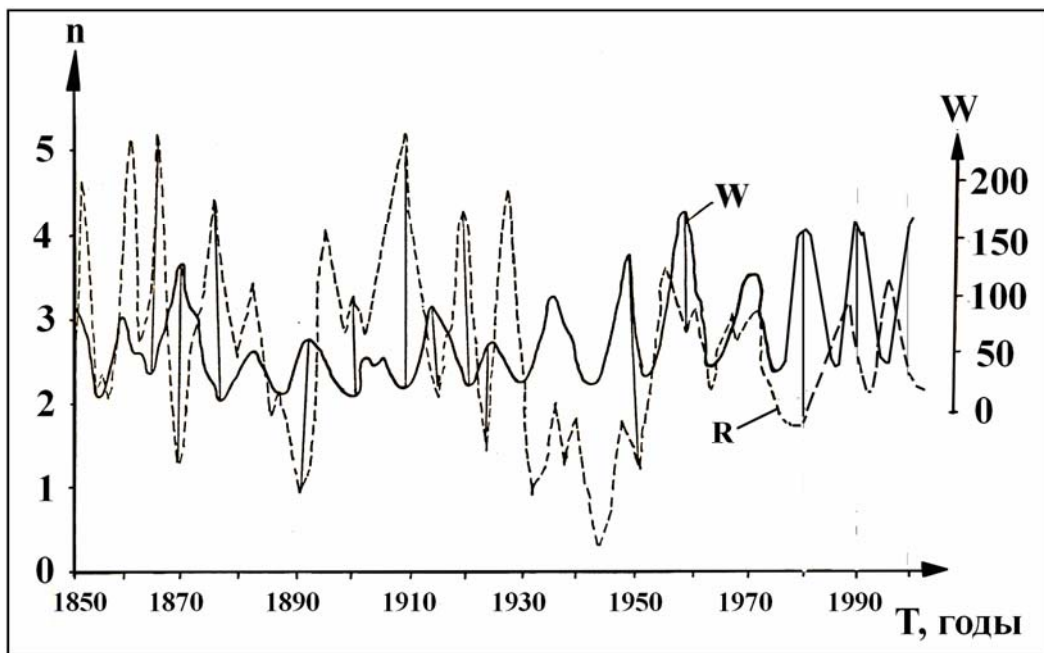


Рис. 6. Сопоставление графиков активности вулканов типа «Р» и солнечной активности.

P – график активности вулканов типа «Р» ;  
W – графика солнечной активности (числа Вольфа).

Как видно из рис.5, периоды повышенной активности вулканов типа С в основном совпадают с 11 – летними периодами повышенной активности Солнца. В то же время,

сопоставление графика активности вулканов типа Р с графиком солнечной активности привело нас к противоположным заключениям. С увеличением солнечной активности понижается активность вулканов типа Р (рис.6).

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что в периоды повышения солнечной активности повышается активность вулканов зон сжатия Земли, тогда как в периоды понижения солнечной активности увеличивается активность вулканов зон растяжения, что должно вызывать периодическое изменение радиуса Земли. Результаты исследований позволяют предположить, что периоды сжатия Земли (за счет субдукции) сменяются периодами расширения (за счет спрединга).

Таким образом, исследования активности вулканов, проведенные нами с использованием линейного преобразования исходного ряда числа извержений вулканов посредством скользящего среднего, позволили установить, в среднем, 11 – летнюю цикличность активности в различных геодинамических типах вулканов. При этом цикличность вулканов типа “С” и грязевых вулканов смещены по фазе относительно циклов активизации вулканов типа “Р”.

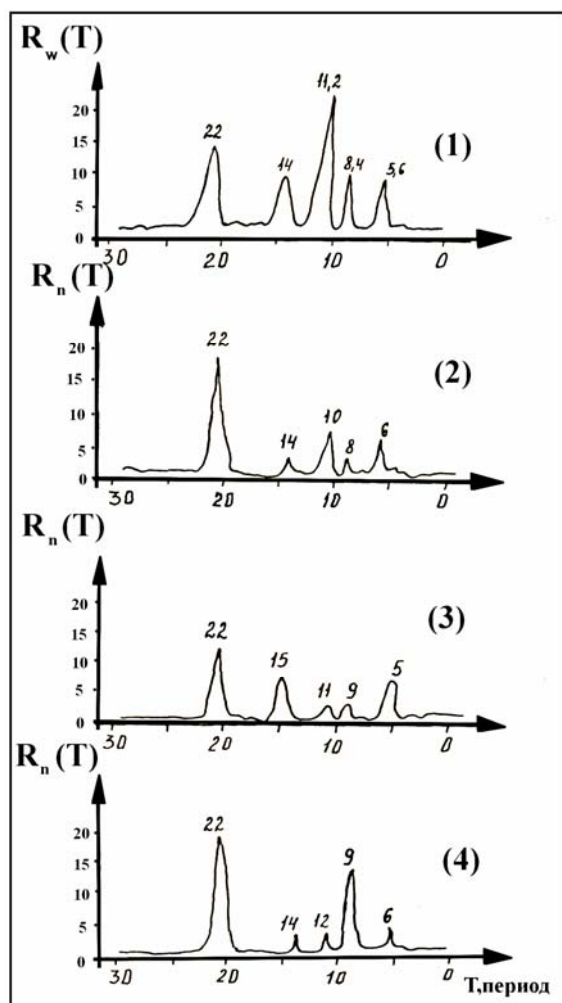
Однако, как указывалось выше, использование метода скользящих средних для выявления циклов активизации вулканов обладает рядом существенных недостатков. Так, каждый вариант сглаживания отфильтровывает циклы с периодами, длительность которых меньше или равна длине интервала сглаживания. Следовательно, для полного анализа стохастических процессов и выявления периодов различной длительности необходимо использование большого числа вариантов сглаживания с различной длиной интервалов сглаживания. Более эффективным для проведения такого рода анализа является нелинейное преобразование исходного ряда, например, методами Ланцоша или максимальной энтропии.

Нами были оценены функции спектральных плотностей извержений различных типов вулканов, а также чисел Вольфа методом максимальной энтропии. Проведенные расчеты привели к интересным результатам. В извержениях всех геодинамических типов вулканов были выявлены циклы активизации, сходные с циклами солнечной активности. В таблице 1. приведены периоды циклов активизации вулканов и чисел Вольфа.

Таким образом, выявлены единые циклы в деятельности всех типов вулканов и солнечной активности с периодами 5-6 лет, 8-9 лет, 10-12 лет, 14-15 лет и 22 года.

**Таблица 1.**

№ № пп	Периоды циклов активизации (в годах)			
	числа Вольфа	Извержения вулканов типа “С”	Извержения я грязевых вулканов	Извержения вулканов типа “Р”
1	5,6	6	6	5
2	8,4	8	9	9
3	11,2	10	12	11
4	14	14	14	15
5	22	22	22	22



**Рис. 7. Периодограммы извержений вулканов и изменений чисел Вольфа.**

**(1) – периодограмма изменений чисел Вольфа;  
(2), (3), (4) – периодограммы извержений вулканов, соответственно, типов «С», «Р» и «Гр».**

На рис.7. отчетливо видно сходство в циклах активизации различных геодинамических типов вулканов и солнечной активности. При этом в числах Вольфа наиболее ярко выделяются 11 – летние циклы, в активизации вулканов типа “С” – циклы длительностью 6, 10 и 22 года, вулканов типа “Р” – 15-летние и 22-летние циклы и в активизации грязевых вулканов – 9 - летние и 22 - летние циклы активизации.

Как видно, 22-х летние циклы наиболее ярко проявляются во всех геодинамических типах вулканов и, по-видимому, генетически связаны между собой влиянием единого фактора, которым, возможно, является 22-летний цикл солнечной активности состоящий из двух 11-летних циклов.

Таким образом, спектральный анализ извержений вулканов и солнечной активности позволил более детально разобраться в их циклах и дополнительно выявить циклы с различными периодами.

Можно ли назвать случайным сходство циклов солнечной активности и активности различных геодинамических типов вулканов? На наш взгляд - нет. Конечно, вполне

возможно, что некоторые из выявленных циклов связаны с сугубо эндогенными глобальными процессами. Тем не менее, по нашему мнению, наиболее характерные для солнечной активности 11-летний и 22-летний циклы оказывают непосредственное влияние на ход земных процессов, в том числе на вулканизм и сейсмичность. Один из возможных механизмов влияния солнечной активности на геодинамические процессы описывается нами ниже.

Во время повышения солнечной активности резко усиливаются корпускулярное излучение и напряженность магнитного поля Солнца, индуцирующие кольцевые токи в различных слоях Земли, в частности, в литосфере и астеносфере. Возникшие в результате повышения солнечной активности токи в астеносфере вызывают нагрев мантии, увеличение ее пластичности и, как следствие, ускорение конвективных потоков. Ускорение конвективных потоков приводит к ускорению спрединга, а увеличение температуры мантии к ее тепловому расширению, при этом расширение Земли происходит за счет спрединга. В периоды понижения солнечной активности величина кольцевых токов, индуцируемых в мантии, уменьшается, вследствие чего происходит некоторое снижение ее температуры и сжатие Земли, сопровождаемое процессом субдукции. Разница во времени от момента повышения солнечной активности до ускорения процесса спрединга составляет не менее 5-7 лет, что связано с протеканием ряда процессов, начиная с возникновения кольцевых токов и кончая повышением температуры мантии, что обуславливается тепловой инерцией пород мантии. Указанный промежуток времени способствует запаздыванию пульсации Земли на пол-периода относительно 11-летних циклов солнечной активности. Это приводит к тому, что процесс спрединга активизируется во время спада солнечной активности, тогда как процесс субдукции активизируется во время повышения солнечной активности.

Таким образом, результаты вышеописанных исследований позволяют предположить, что периодичность активности Солнца оказывает воздействие на периодичность геодинамических процессов.

## **2. СЕЙСМИЧНОСТЬ И СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ**

Установление статистической связи между временем активизации вулканов и солнечной активностью позволяет предположить наличие подобной связи и между солнечной активностью и сейсмичностью Земли. Предпосылкой к такому предположению является общеизвестный факт наличия геодинамической и корреляционной связи между вулканизмом и сейсмичностью.

Как следует из результатов вышеописанных исследований, солнечная активность оказывает различное влияние на активизацию извержений вулканов рифтовых зон, отражающих активность процессов растяжения литосферы и на активизацию вулканов поясов сжатия Земли. Как известно, пояса сжатия и растяжения литосферы Земли также характеризуются высокой сейсмичностью, что предопределяет, по-видимому, такую же связь сейсмичности с солнечной активностью.

Изучению статистических связей между параметрами солнечной и сейсмической активности посвящено ряд работ: Ю.Д. Буланже (1984), Г.Я. Васильева (1975), Ю.Д. Калинин (1973, 1974), О.В. Лусманашвили (1972, 1973), А.Д. Сытинский (1963-1998), И.К. Гриббин (1974), Ф.А. Мачадо (1973), И.Ф. Симпсон (1968), И.В. Ананьин, А.О.Фадеев (2002) и др.

Г.Я. Васильева и В.И. Кожанчиков на основании исследования около 2000 землетрясений различных регионов Земли за период одного цикла солнечной активности с 1962 по 1973 гг. пришли к выводу, что число поверхностных землетрясений увеличивается с усилением солнечной активности, а число глубокофокусных – уменьшается в эпоху максимума

солнечной активности. Сейсмическая активность для всех землетрясений, как в годы максимума, так и минимума солнечной активности на 10-30% выше, когда планета пересекает проекцию галактического магнитного поля на плоскость эклиптики. Утверждается, что землетрясения имеют электромагнитную природу и связаны со структурой магнитосферы (Г.Я. Васильева, 1975). В работе Ю.Д. Буланже (1984) сопоставляется число землетрясений в сейсмоактивных зонах СССР с солнечной активностью, на основе чего также предполагается наличие связи между этими явлениями. Ю.Д. Калинин, сопоставляя данные о землетрясениях за периоды 1897-1958 гг. и 1963-1968 гг. с солнечной активностью, отмечает, что области повышенной сейсмической активности последовательно появляются внутри 11-летнего солнечного цикла на географических широтах, все более удаленных от северного полюса. Предполагается влияние на сейсмическую активность солнечного ветра (Ю.Д.Калинин, 1973).

В последующей работе Ю.Д. Калинин (1974), развивая предложенную гипотезу, указывает, что изменения солнечной активности обуславливают нерегулярные колебания угловой скорости вращения Земли, что в свою очередь влияет на сейсмическую активность.

В работе О.В. Лусманашвили (1972), отмечается возможность влияния активности Солнца на распределение землетрясений Кавказа. Рассматривая землетрясения Кавказа с 1900 по 1970 гг., О.В. Лусманашвили приходит к выводу, что существует тесная связь, с одной стороны, между сейсмической активностью Кавказа и колебанием уровня Каспийского моря и, с другой стороны, между изменением уровня моря и активностью Солнца. Сравнение спектров активности Солнца и повторяемости сильных землетрясений Кавказа показало их высокое сходство (О.В. Лусманашвили, 1972, 1973).

А.Д. Сытинский в ряде работ (1963- 1998), П.М.Сычев (1964), В.Д. Талалаев (1980) так же пытаются установить связь сейсмичности Земли с солнечной активностью. Ими, в частности, отмечается, что общая сейсмичность Земли, выраженная через суммарную энергию землетрясений и число катастрофических землетрясений за год, зависит от фазы 11-летнего солнечного цикла. Наиболее высокая сейсмическая активность соответствует эпохам максимума и минимума 11-летнего солнечного цикла. Указано также, что землетрясения, главным образом, происходят через 2-3 дня после прохождения активной области через центральный солнечный меридиан. В работе А.Д. Сытинского (1973) отмечено, что связь сейсмичности с солнечной активностью осуществляется через общепланетарные атмосферные процессы. Механизм зависимости состоит в том, что в связи с усилением солнечной активности происходит возмущение квазистационарного состояния атмосферы, приводящее к перераспределению массы атмосферы по земному шару, т.е. к перемещению центра тяжести системы Земля – атмосфера, и, следовательно, к нарушению фигуры Земли.

Так, А.Д. Сытинский (1998) отмечает, что полученная им ранее зависимость сейсмичности от 11-летнего цикла была проверена и подтверждена опытным прогнозированием общей сейсмичности Земли и отдельных ее регионов. Были предсказаны максимумы сейсмической активности Земли за период с 1963 по 1995 гг. В своих работах И.В. Ананьин и А.О.Фаддеев (2002) приходят к выводу о наличии корреляционной связи между вариациями сейсмической активности, средними годовыми температурами на поверхности Земли и солнечной активностью. Между тем, они рассматривают эту связь, как возможное обоснование влияния солнечной активности, как на среднегодовые температуры, так и на сейсмическую активность.

Проблеме изучения связи сейсмичности с солнечной активностью посвящен также ряд работ зарубежных исследователей: И.К. Гриббин (1974), Ф.А. Мачадо (1973), И.Ф. Симпсон (1968).

Так, в работе И.К. Гриббина (1974) рассматриваются причины возникновения разрушительного землетрясения в районе разлома Сан-Андреас в Калифорнии в 1982 году. В качестве причин, которые являются его спусковым механизмом, отмечается противостояние основных планет Солнечной системы и увеличение солнечной активности с периодом в 11 лет. О влиянии 11-летнего цикла солнечной активности на сейсмичность Земли отмечено также в работе Ф.А. Мачадо (1973). В работе И.Ф. Симпсона (1968) солнечная активность рассматривается в качестве спускового механизма к разрядке напряжений в недрах Земли.

В работе В.М. Лятхера отмечено, что ход изменений среднего интервала между сильными землетрясениями согласуется с изменениями длины солнечного цикла. В частности отмечается, что в вариациях солнечной активности наблюдается квазипериодическая компонента с периодом, примерно 60-100 лет. Между тем необходимо отметить, что существуют также работы, в которых опровергается возможность связи с солнечной активностью сейсмичности Земли. Так, Ван-Жиль, проведя анализ более чем 20000 слабых землетрясений, произошедших с 1910 по 1945 годы, отметил отсутствие связи между солнечной активностью и сейсмичностью. Между тем, нам хотелось бы заметить, что более 90% сейсмической энергии Земли выделяется при сильных землетрясениях.

С целью выявления возможной связи солнечной активности с процессами сейсмичности Земли, нами были проведены следующие исследования. Был произведен спектральный анализ временных рядов землетрясений различных геодинамических типов: поясов сжатия Земли - тип "С", океанских рифтовых зон - тип "ОР", континентальных рифтовых зон - тип "КР" и океанских внутриплитных зон - тип "ОВ".

Надо отметить, что производилось раздельное изучение периодичности слабых землетрясений ( $M < 7$ ) и сильных землетрясений с  $M \geq 7$ . 99% землетрясений с  $M \geq 7$  происходит в поясах сжатия Земли, в связи с чем, изучение периодичности сильных землетрясений производилось только для типа "С".

Спектральный анализ временных рядов землетрясений производился методом максимальной энтропии, при этом длина фильтров выбиралась с учетом необходимости изучения высокочастотной составляющей спектра ( $\tau \leq 30$ ). Результаты изучения спектральных особенностей временных рядов землетрясений с  $M \geq 7$  показали, что большая часть гармоник в спектрах землетрясений и чисел Вольфа совпадает. Из рис.8. видно, что характерными в спектрах являются гармоники с  $T = 18-22$  года, 10 - 11 лет и 8 лет. Надо отметить, что в спектре, охватывающем временной ряд землетрясений с 1600 по 2000 годы, указанные гармоники выявлены более четко, чем в таковом за 1902-2000 годы. Это объясняется нами спецификой применяемой методики, эффективность которой увеличивается при увеличении длины исходного ряда.

Как видно из приведенных спектров, наиболее четко в них проявляется 22-летняя и 11-летняя цикличности.

В таблице 2. приведены периоды гармоник чисел Вольфа и землетрясений с  $M \geq 7$ .

Таблица 2

№.№ пп	Периоды циклов активизации		
	Числа Вольфа	Землетрясения типа "С" с $M \geq 7$	
		1600 – 2000 годы	1902 – 2000 годы
1	5,6	-	6
2	8,4	8	8
3	11,2	11	10
4	14	15	-
5	22	22	18

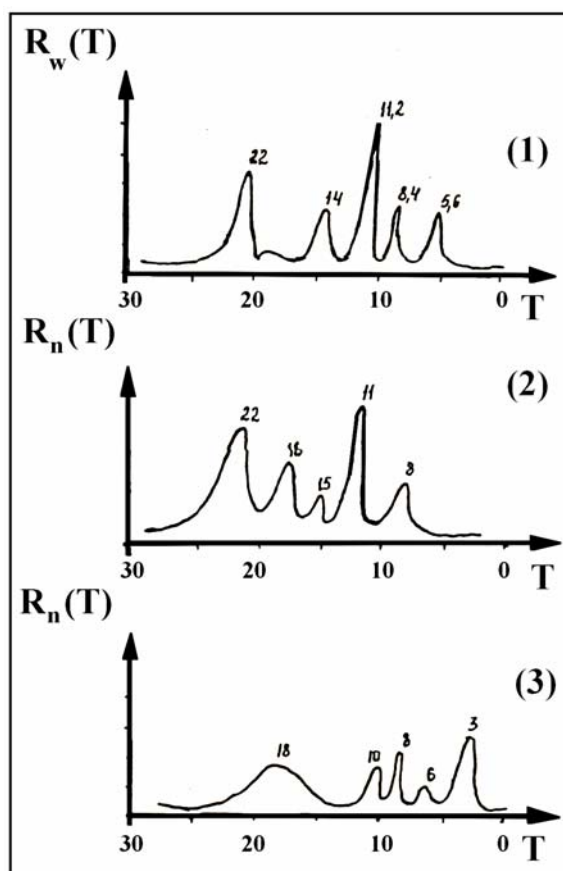
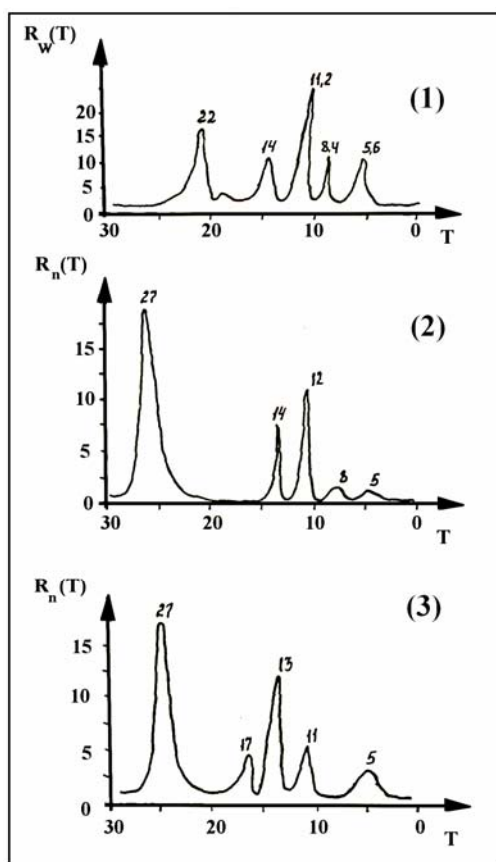


Рис. 8. Периодограммы изменений чисел Вольфа и сейсмической активности (для землетрясений типа «С»)

- (1)- периодограмма изменений чисел Вольфа;  
 (2)-периодограмма изменений сейсмической активности для землетрясений с  $M \geq 7$ , за период времени с 1600 по 2000 гг.;  
 (3)-периодограмма изменений во времени выделившейся сейсмической энергии землетрясений типа «С» с  $M \geq 7$ , за период времени с 1902 по 2000 гг.

Интересные результаты также получены при изучении спектров землетрясений с  $M < 7$ . Большое число слабых землетрясений позволило произвести статистически объективную обработку данных по землетрясениям всех геодинамических типов: «С», «ОР», «ОВ», «КР» за период с 1902 по 2000 годы. На рис.9. показано сравнение спектров землетрясений типов «С» и «ОР» с графиком солнечной активности. Как видно, близкими в спектре являются гармоники с  $T = 5, 11-12, 13-14, 22-27$ . Гармоника с  $T = 8$  проявляется лишь в спектре землетрясений типа «С».

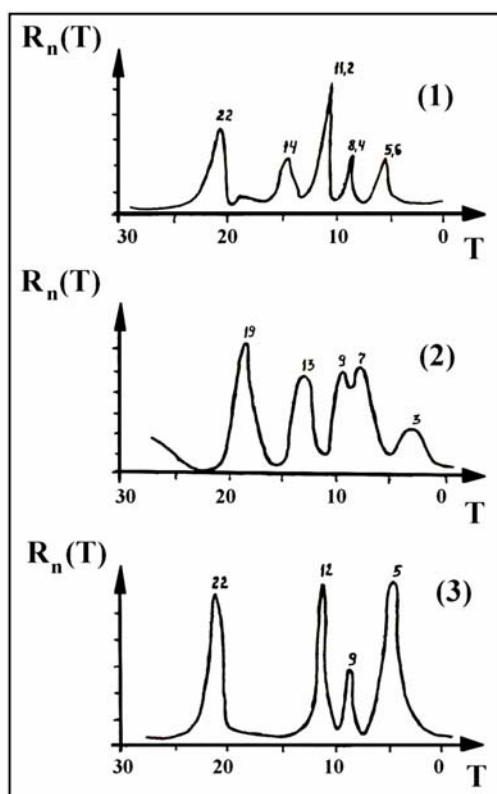


**Рис.9. Периодограммы изменений чисел Вольфа и сейсмической активности.**

**(1) – периодограмма изменений чисел Вольфа;  
 (2), (3) – периодограммы сейсмической активности, для землетрясений, соответственно, типов «С» и «ОР» с  $M < 7$ , за период времени с 1902 по 2000 гг.**

Сравнение спектров землетрясений типов “КР” и “ОВ” со спектром солнечной активности (рис.10) показало также наличие ряда сходных гармоник: 7-9 лет, 9-12 лет, 19-22 года. В спектре землетрясений типа “КР” не проявляется 5-летняя гармоника, а в спектре землетрясений типа “ОВ” – 14-летняя.

В то же время можно заметить сходство между спектрами землетрясений типов “С” и “ОР”, а также “ОВ” и “КР” (рис.10). Между тем, спектры землетрясений типов “С” и “ОР” менее сходны с таковыми типов “КР” и “ОВ”.



**Рис.10. Периодограммы изменений чисел Вольфа и сейсмической активности.**

(1) – периодограмма изменений чисел Вольфа;  
 (2), (3) – периодограммы сейсмической активности, для землетрясений, соответственно, типов «КР» и «ОВ» с  $M < 7$ , за период времени с 1902 по 2000 гг.

Идентичная закономерность наблюдалась и в низкочастотных спектрах извержений вулканов, при этом в характере извержений вулканов типов “С” и “ОР” проявлялось высокое сходство, тогда как спектры извержений вулканов типов “ОВ” и “КР” также были идентичными.

В таблице 3. приведены периоды гармоник в числах Вольфа и в извержениях вулканов типов “С”, “ОР”, “КР” и “ОВ”.

Таблица 3

№№ пп	Периоды циклов активизации				
	Числа Вольфа	Тип “С”	Тип “ОР”	Тип “КР”	Тип “ОВ”
1	5,6	5	5	-	5
2	8,4	8	-	7	9
3	11,2	12	11	9	12
4	14	14	13	13	-
5	22	27	27	19	22

На наш взгляд, неправомерным является упрощенное понимание связи тектонических процессов с солнечной активностью. Известно, что солнечная активность влияет на климатические процессы, изменения уровня мирового океана, в свою очередь, влияющие на энергетическое состояние литосферы и мантии и, как следствие, на тектонические процессы. Так, Г.С.Иванов-Холодный отмечает, что инициированные солнечной активностью процессы ионизации ионосферы имеют разный характер в зависимости от высоты. Была предложена теория расчета степени влияния солнечных вспышек на процессы ионизации различных слоев ионосферы. В то же время отмечается, что механизм влияния солнечной активности на геофизические процессы весьма многогранен и требует пристального многостороннего исследования (Иванов-Холодный, 2000).

По нашему мнению, чрезвычайно важен сам факт наличия в тектонических процессах циклов, сопоставимых с периодами солнечной активности. Если же учесть сложность взаимосвязей и инертность многих физических и химических процессов, то смещение одних циклов относительно других во времени становится очевидным.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ

Необходимо отметить, что в процессе детального анализа высокочастотных составляющих спектров временных рядов извержений вулканов и землетрясений, вычисленных также при различных длинах фильтра, выяснилось следующее:

1. Наиболее устойчивыми высоко частотными составляющими спектров являются гармоники с  $T \approx 22-24$  года и  $T \approx 10-12$  лет.

2. При изучении спектров распределения извержений вулканов во времени установлено:

а) Высокочастотные составляющие извержений вулканов типов “С”, “Р” и “Гр” сходны между собой, а также со спектром чисел Вольфа, при этом периоды гармоник в различных спектрах отличаются, в среднем, не более чем на 1 год;

б) Однозначно на всех спектрах извержений вулканов и чисел Вольфа выделена гармоника с  $T = 22$  года.

3. Изучение спектров распределения числа землетрясений во времени показало следующее:

а) В спектрах сильных (с  $M \geq 7$ ) и слабых (с  $M \leq 7$ ) землетрясений однозначно выделяются лишь гармоники с  $T \approx 20-23$  года;

б) В спектрах землетрясений с  $M \geq 7$  и чисел Вольфа также выявлены сходные гармоники с  $T \approx 10-11$  лет и с  $T \approx 8$  лет;

в) Спектральный анализ временных рядов слабых землетрясений показал, что наиболее близким характером спектров обладают землетрясения типов “КР” и “ОВ”. Эти результаты согласуются с выявленными закономерностями в извержениях вулканов, особенно в низкочастотных составляющих спектров (с  $T \geq 20$ );

г) Спектры временных рядов слабых землетрясений содержат гармоники с периодами, характерными для спектра солнечной активности:  $T \approx 22-24$ ,  $T \approx 12-14$ ,  $T \approx 10-12$ ,  $T \approx 5$ .

Проведенные исследования позволяют нам предположить различное влияние 11-летних и 22-летних циклов солнечной активности на проявления современной тектонической активности Земли, в поясах сжатия и растяжения Земли отражением которой являются извержения вулканов и землетрясения. В частности, в периоды повышенных 11-летних циклов солнечной активности повышается активность землетрясений и вулканов зон сжатия Земли, а в периоды пониженной солнечной активности повышается активности землетрясений и вулканов зон растяжения Земли.

#### 4. ДОЛГОСРОЧНЫЕ ПРОГНОЗЫ

Выявление цикличности в сейсмической и вулканической активности и их корреляционных связей с солнечной активностью и другими космическими процессами имеет важное значение для понимания взаимодействия различных космических и геодинамических факторов и создания единой концептуальной системы космо-земных взаимодействий.

Весьма интересной является попытка прогнозирования очередного 24 цикла солнечной активности. Для любых прогнозов, прежде всего, создаются модели процессов, на основе которых осуществляется их прогнозирование на будущее. Наиболее точную модель зарождения солнечных пятен разработала в 2004 году группа ученых, работающая под руководством доктора Маусуми Дикпати из Национального Центра атмосферных исследований США (NCAR). По их расчетам, магнитные структуры, формирующие пятна, зарождаются в районе экватора Солнца. Там они «впечатываются» в плазму и вместе с ней движутся к полюсам. Достигнув полюса, плазма погружается вовнутрь звезды на глубину, порядка, 200 тыс. км. Оттуда, она начинает течь обратно к экватору со скоростью 1 м/сек. Один такой круг соответствует циклу солнечной активности – 17-22 года. Свою модель исследователи назвали «моделью динамо-транспортировки магнитного потока». Сейчас мы находимся в начале 24-го 11-летнего солнечного цикла. Заложив в модель данные о 22-х предшествующих 23-му циклу, ученые просчитали, каким должен стать 23-й цикл. Результат совпал с тем, что мы наблюдаем, на 98%. Проверив, таким образом, свою модель, исследователи в начале 2006 года рассчитали 24-й цикл солнечной активности, пик которого придется на 2012 год. Прогнозируется, что 24-й цикл солнечной активности будет в 1,5 раза мощнее предыдущего 23-го (<http://www.wdcb.ru/stp/Cic23w.doc>).

Ниже приводится прогнозный график солнечной активности, составленный авторами на основе анализа существующих предшествующих данных и прогнозов американских исследователей.

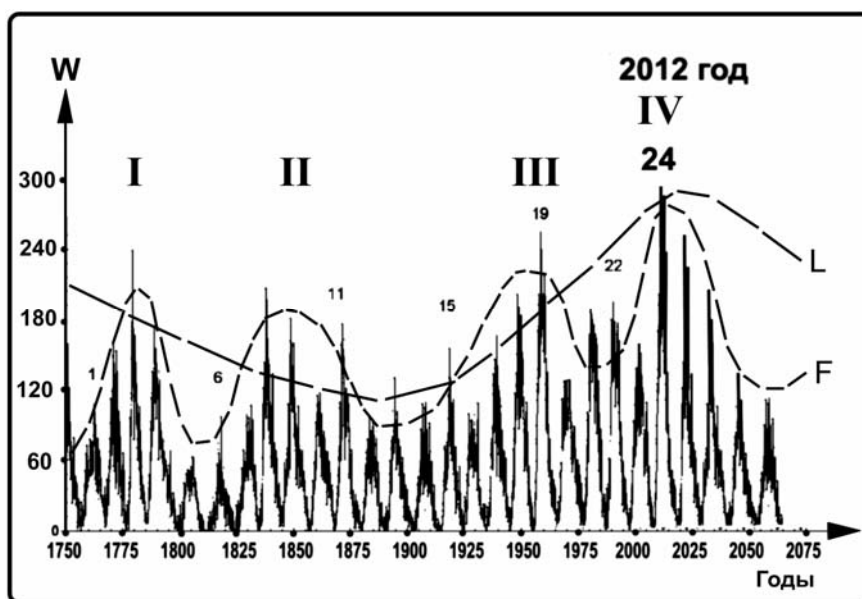
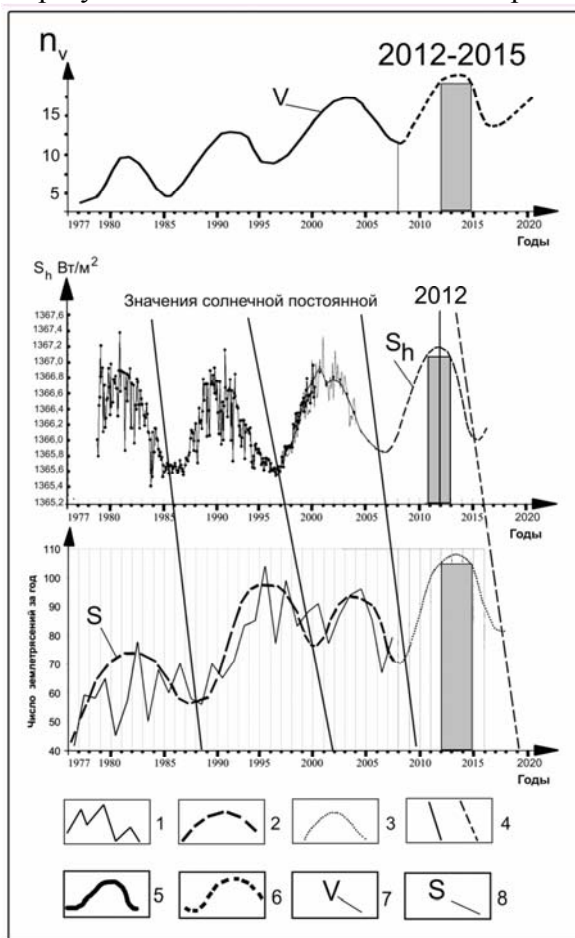


Рис.11. Прогнозный график солнечной активности.

На графике видно, что в 2012 году ожидается не только пик 24-го, особенно мощного, 11-летнего цикла солнечной активности, но и пик четвертого 75-85 – летнего цикла (F). Этот цикл показан в виде огибающей максимумов 11-летних циклов солнечной активности. Как видно из графика, на этот период приходится также максимум еще одного, более крупного, предположительно, 300-летнего цикла солнечной активности (L), фрагмент которого также показан на графике. Амплитуда 24 цикла завышена авторами на 20% по сравнению с прогнозами NCAR, что объясняется своеобразным резонансом в результате наложения циклов трех порядков.



**Рис.12. Прогнозные графики солнечной активности, сейсмической и вулканической активностей поясов сжатия Земли.**

- 1 – график реальных чисел землетрясений поясов сжатия Земли с  $M \geq 5$ ;
- 2 – огибающий график сейсмической активности поясов сжатия Земли с  $M \geq 5$ ;
- 3 – прогнозная часть графика сейсмической активности поясов сжатия Земли;
- 4 – прямые соединяющие минимальные значения солнечной и сейсмической активностей и демонстрирующие запаздывание сейсмической активности по отношению к солнечной;
- 5 – график вулканической активности поясов сжатия Земли;
- 6 - прогнозная часть графика вулканической активности поясов сжатия Земли;
- 7 - обозначение графика вулканической активности;
- 8 – обозначение графика сейсмической активности.

Между тем, исследование закономерностей в цикличности вулканизма и сейсмичности позволяет решить не менее важную практическую задачу – осуществление долгосрочного прогноза активности вулканов и землетрясений. Поэтому, нам представляется весьма интересным и важным осуществление подобного долгосрочного прогноза на основе результатов масштабной и кропотливой работы по изучению пространственно-временных закономерностей современных проявлений вулканизма и сейсмичности.

На рис.12, приведены прогнозные графики до 2018 года, как солнечной активности, так и сейсмической и вулканической активности поясов сжатия Земли.

Как видно из рисунка, нами использована в качестве показателя солнечной активности не кривая чисел Вольфа, а график изменений во времени солнечной постоянной, так как именно эта характеристика имеет энергетическое выражение (<http://www.kosmofizika.ru/ucheba/sun/564.jpg> <http://www.kosmofizika.ru/ucheba/sun/68.jpg>).

Между тем, необходимо отметить, что солнечная постоянная имеет высокую корреляцию с числами Вольфа, что вполне логично.

Даже визуальное сравнение графиков позволяет заметить их высокое сходство и некоторое запаздывание во времени циклов сейсмической и вулканической активности поясов сжатия Земли по отношению к солнечной активности. Время запаздывания варьирует от 1,5 лет до 2-х лет. Обоснование механизма такого запаздывания было приведено выше.

Начиная с 2008 года, приведены прогнозные части графиков, которые составлены на основании использования предшествующих, стабильно сохраняющихся длительное время, закономерностей.

На всех трех графиках показан очередной цикл активности, равный, по своему периоду, в среднем, 11-12 годам. Как видно из графика, максимум цикла повышенной солнечной активности приходится на 2012 год. Между тем, максимумы циклов вулканической и сейсмической активностей поясов сжатия Земли приходятся на 2012 – 2015 годы, учитывая наблюдаемое ранее смещение во времени. Более длительный период активности вулканизма и сейсмичности (4 года), по сравнению с солнечной активностью, объясняется, с одной стороны достаточной инертностью геодинамических процессов, а с другой - влиянием, помимо солнечной активности, целого ряда других факторов, как эндогенного, так и космического характера.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абдурахманов А.И., Фирстов Л.П., Широков В.А. Возможная связь вулканических извержений с одиннадцатилетней цикличностью солнечной активности. В кн. Бюллетень вулканических станций. М., Наука, 1976, №52, с.3-10.
2. Ананьин И.В., Фаддеев А.О. О возможных причинах корреляций между изменениями величин сейсмической активности и средними годовыми температурами на поверхности Земли. В кн. Атлас Временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Том 3. М., Янус-К, 2002, с.222-224.
3. Валяев Б.М., Телепин М.А., Бережная Е.А., Вахтангашвили В.Х. и др. Корреляция грязевулканической деятельности с солнечной активностью (на примере вулкана Ахтала). – Доклады АН СССР, 1980, т.255, №5, геология, с.1204-1207.
4. Гаджиев Я.А., Дадашев Р.М., Сапунов А.Г. Периодичность извержений грязевых вулканов и солнечная активность. Докл. АН Азерб., 1985, т.12, №11, с.38-42.

5. Гамбурцев А.Г., Гамбурцева Н.Г. Извержения вулканов. В кн. Атлас временных вариаций природных антропогенных и социальных процессов. Том 2. М., Научный Мир, 1998, с.140-142.
6. Гущенко Н.И. Извержения вулканов мира. Каталог. М., Наука, 1979, с.475.
7. Гущенко Н.И. Цикличность извержений. Вулканология и сейсмология. 1985, №2, с.27-48.
8. Иванов-Холодный Г.С. Солнечная активность и геофизические процессы. Земля и Вселенная. 2000, №1, с.30-36.
9. Калинин Ю.Д. Солнечная обусловленность изменения длины суток и сейсмической активности. Красноярск, Институт Физ. Сибирского Отделения АН СССР, 1974, 23 с.
10. Лурсманашвили О.В. О возможности влияния активности Солнца на распределение землетрясений Кавказа. Сообщения Академии Наук Грузии, 1972, т.65, №2, с.309-312.
11. Лятхер В.М. Вариация сейсмического режима Земли под влиянием изменений длины солнечного цикла. Физика Земли, 2000, №10, с.93-96.
12. Мехтиев Ш.Ф., Халилов Э.Н. О возможности выявления связи извержений вулканов с активностью Солнца. Вулканология и сейсмология, М., № 3, 1985, с.64-67.
13. Цирель С.В. О возможной зависимости вулканической деятельности от солнечной активности. В кн. Атлас Временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Том 3. М., Янус-К, 2002, с.с.254-256.
14. Буланже Ю.Д. Некоторые результаты изучения неприливных изменений силы тяжести. В кн. Проблемы расширения и пульсации Земли. М.: Наука, 1984, с.73-84.
15. Сытинский А.Д. О влиянии солнечной активности на сейсмичность Земли. ДАН СССР, т.208, 1973, № 5.
16. Сытинский А.Д. Зависимость сейсмичности Земли от процессов на Солнце, в межпланетной среде и в атмосфере. В кн. Атлас временных вариаций природных антропогенных и социальных процессов. Том 2. М., Научный Мир, 1998, с.70-72.
17. Цирель С.В. О возможной зависимости вулканической деятельности от солнечной активности. В кн. Атлас Временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Том 3. М., Янус-К, 2002, с.с.254-256.
18. Хаин В.Е., Гончаров М.А. Геодинамические циклы и геодинамические системы разного ранга: их соотношение и эволюция в истории Земли. Геотектоника. 2006. №5. с.3-24.
19. Харгривс Дж.К. Верхняя атмосфера и солнечно-земные связи. Л., Гидрометеиздат, 1982, 351 с.
20. Gribbin I.K. The next California earthquake. New York. Walker, 1974, 136.
21. Machado F.A. A hipotese de uma pulsacao de gravitacao com periodo de il anos. – Gareia Orta. Ser, geol. 1973, 1, No2, 27-35.
22. Simpson I.F. Solar activity as a triggering mechanism for earthquakes. Earth and Planet. Sci. Letter, 1968, v.3, No5, p.417-425.
23. Stoyko A., Stoyko N. Rotation de la terra, phenomenes geophysiques et activite du soleil. – Bull. Cl. Sci. Acad. Roy. Belg., 1969, t.55, p.279-285.