

УДК 550.34.013.2

## **ВАРИАЦИИ НЕРАВНОМЕРНОГО ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ КАК ТРИГГИРУЮЩИЙ ФАКТОР СЕЙСМИЧНОСТИ ПЛАНЕТЫ**

© 2012 В. И. Уткин, член-корр РАН, А. К. Юрков, к.г.-м.н., И. А. Цурко

Институт геофизики УрО РАН, Россия, 620016, г.Екатеринбург, ул.Амундсена, 100, Институт геофизики УрО РАН, e-mail: voutkin@mail.ru

На основании данных каталогов NEIC и IERS рассмотрены связи между неравномерностью скорости вращения Земли и общей сейсмичностью, проявляющуюся в количестве землетрясений за единицу времени. Показано, что сейсмичность Земли увеличивается как при ускорении, так и при замедлении вращения планеты. Дано объяснение факту возникновения почти одновременно «роя» землетрясений, расположенных в различных точках земного шара. Показано, что между изменением скорости вращения и началом процесса землетрясения проходит 2 и более суток, что дает возможность организации краткосрочного прогноза тектонического события.

**Ключевые слова:** землетрясения, вращение Земли, прогноз

### **Введение**

В последние годы интенсивно изучается вопрос о возможной связи между глобальной сейсмичностью Земли и неравномерностью ее вращения [Горькавый и др., 1999; Викулин, 1992; Певнев, 2003; Сидоренков, 2002, 2004; Фридман и др., 2005; Уткин и др. 2006]. Эти исследования показали, что непостоянство угловой скорости вращения Земли существенно зависит от состояния атмосферы и гидросферы планеты. Развитие этих идей привело к формулировке понятия глобальной компоненты сейсмической активности Земли [Горькавый и др., 1994, 1999]. Можно сказать, что в работах предыдущих лет показано, что изменение скорости вращения Земли интегрально отражает изменения, происходящие в оболочках планеты (литосфера, гидросфера, атмосфера). Большинство из указанных работ рассматривали корреляционные связи между различными параметрами в сильно усредненном (глобальном) приближении, что при несомненной ценности этих данных, не позволяет судить о причинно-следственных связях этих параметров в процессе развития изменений в указанных оболочках. Кроме того, в многочисленных публикациях по данному вопросу практически не рассматриваются проблемы прогноза тектонических землетрясений, не рассматривается вопрос о том, как отражаются указанные изменения скорости вращения Земли на поведении земной коры, подготовке и реализации сейсмических событий [Завьялов, 2006; Кейлис-Борок, 1984; Кисилев, 1980; Соболев, 1993, 2003; Шебалин, 2006]. В то же время, очевидно, что такая связь должна существовать, ибо земная кора активно участвует в обмене энергией с другими оболочками Земли. Изучение этих связей на основе данных международных каталогов NEIC и IERS представлено в данной статье.

При анализе были приняты следующие допущения. Трещиновато-пористая среда, каковой являются все горные породы, считается квазиупругой, которая обладает способностью при деформации накапливать упругую энергию. Причем деформационный процесс развивается не за счет деформации (или разрушения) отдельных

блоков земной коры, а за счет движения их по межблочным соединениям [Певнев, 2003]. Ансамбли блоков могут накапливать достаточно большую упругую энергию при деформации и сбрасывать ее при движении массива. При этом отдельные сейсмогенные блоки сохраняют свою величину и участвуют в следующих процессах подготовки землетрясений, а наблюдаемые разрывы сплошности массива проходят, как правило, по зонам исторических разломов (дислокаций). Такое приближение вполне соответствует наблюдаемым эффектам в сейсмогенных районах [Рогожин, 2000, 2004].

Другим допущением принято следующее. Поскольку отдельные литосферные блоки в процессе движения литосферных плит испытывают торможение, деформацию с накоплением упругой энергии и далее сброс этой энергии, землетрясения в данной точке принимаются как независимые события, поскольку параметры подготовки землетрясения существенно зависят от свойств сейсмогенерирующей среды, в которой расположен данный литосферный блок и величины накопленной энергии [Рогожин, 2004]. Об этом свидетельствуют данные экспериментов по мониторингу радона в сейсмогенной области [Уткин и др., 2006; King Chi-Yu et al., 1991].

При анализе использовались данные каталога NEIC о землетрясениях с магнитудой более 5. Эта величина была выбрана из соображений существенного уменьшения наносимого ущерба событиями с магнитудами менее 5. Кроме того, принято, что радиус области подготовки землетрясения с магнитудой равной 5 не превышает 100 км [Рикитаке, 1979; Уткин и др., 2006; King Chi-Yu et al., 1991], то есть только в таких пределах возникает возможность влияния друг на друга двух независимых тектонических событий (землетрясений). И последнее: поскольку землетрясение является следствием разрядки (сброса) упругих напряжений, накопленных в горном массиве, принимаем, что триггирование события внешними силами возможно только в «подготовленной» части земной коры, когда упругие силы, накопленные в процессе движения литосферных плит (блоков) уже достаточно велики, но недостаточны для обеспечения спонтанной «разрядки» (сброса) накопленных упругих напряжений, то есть предполагается, что землетрясения могут быть следствием воздействия на массив мощного триггирующего фактора, спускового механизма сброса упругих напряжений в земной коре, например описанного в [Боков, 2003].

Ознакомление с данными каталога NEIC показало, что в отдельные моменты наблюдается наличие большого числа землетрясений, возникающих практически одновременно (в течение нескольких суток) с разрывом в несколько часов. Это явление было условно названо – «рой землетрясений» [Завьялов, 2006; Соболев, 1993]. Появление «роя» землетрясений наблюдается, во-первых, при афтершоковых процессах, при восстановлении равновесия литосферных блоков после землетрясения (например, данные по Чилийскому или Суматринскому землетрясениям [каталог NEIC]). Во-вторых, такое явление возможно в том случае, когда на участки земной коры, находящиеся в упругом «предсбросовом» состоянии действует одновременно некий глобальный фактор, вызывающий (инициирующий) сброс этих напряжений. Таким глобальным триггирующим фактором, по нашему мнению, может быть только изменение скорости вращения земного шара, и возникающие при этом высокие неотектонические напряжения, что и определило в данном случае изучение влияния неравномерности вращения планеты на ее сейсмичность.

## Полученные результаты и обсуждение

В первую очередь в проводимых исследованиях была изучена связь между плотностью возникновения во времени (единиц в течение суток) землетрясений с особенностями вращения планеты. Были рассмотрены события за 2000–2010 гг. В подсчет вошли все сейсмические события с  $M > 5$ , в том числе повторяющиеся в одном и том же районе, с небольшим временным интервалом. За исходную информацию принято изменение длительности суток (ускорение или замедление вращения) по данным каталога IERS.

Выбранное для анализа в качестве исходного параметра ускорение вращения планеты (фактически первая производная от изменения длительности суток) имеет важное значение с точки зрения изменения планетой ее кинетической энергии при прохождении от одной точки изменения ускорения до другой. Необходимо отметить, что на возможную связь ускорения (первой производной скорости вращения планеты) с общей сейсмичностью планеты указывалось ранее [Горькавый Н. Н. и др., 1994], однако не рассматривалась возможность использования этих данных при решении проблем прогноза землетрясений.



Рис. 1. Изменение плотности землетрясений (ед./сутки) в зависимости от изменения скорости вращения Земли: по оси абсцисс – скорости (длительность дня «*lod*», мс/сутки, (Каталог IERS, <http://hpiers.obspm.fr/eop-pc/index.php?index=C04&lang=en>); по оси ординат – плотность землетрясений во времени (ед./сутки).

На рис.1. представлены результаты анализа данных по изменению плотности землетрясений (числа землетрясений в сутки) при вариациях длительности суток для января-июня 2000 г. [каталог IERS] Указанный период времени был выбран исходя из наличия надежных табулированных данных.

Графики, построенные в координатах плотность землетрясений (ед./сутки) – вариации ускорения вращения (мс/сутки) на различных временах вращения Земли, оказались практически аналогичны и показали следующее. Во-первых, наблюдается ранее выявленная тенденция [Горькавый Н. Н. и др. 1994] к увеличению общей сейсмичности планеты при увеличении модуля изменения ускорения вращения, то есть существует слабая пропорциональность между величиной вариации скорости вращения планеты (ускорением/замедлением) и общей сейсмичностью земного шара (величиной плотности во времени числа землетрясений); во-вторых, не на-

блюдается, кажущейся очевидной, высокая корреляционная связь между величиной неравномерности вращения и максимальным значением магнитуд сейсмических событий, то есть величина «триггирующей» функции может быть значительно меньше амплитуды сбрасываемой энергии при разрядке упругого состояния массива. Основным выводом, вытекающим из приведенных данных, можно считать то, что неравномерность вращения Земли является одним из важных «триггирующих» факторов, инициирующих землетрясения достаточно большой величины ( $M > 6$ ) практически по всей поверхности планеты.

Математически можно записать, что количество землетрясений на земном шаре увеличивается при возникновении вариаций вращения как положительного (ускорение), так и отрицательного (замедление) знака (вариации различного направления):

$$N = k \cdot |dw/dt|,$$

где  $N$  – общее число землетрясений;  $|dw/dt|$  – абсолютное значение вариации скорости вращения Земли во времени;  $k$  – коэффициент пропорциональности. Указанные связи можно проиллюстрировать на конкретных примерах. В качестве последних выбран временной промежуток январь – апрель 2000 г. (рис 2).

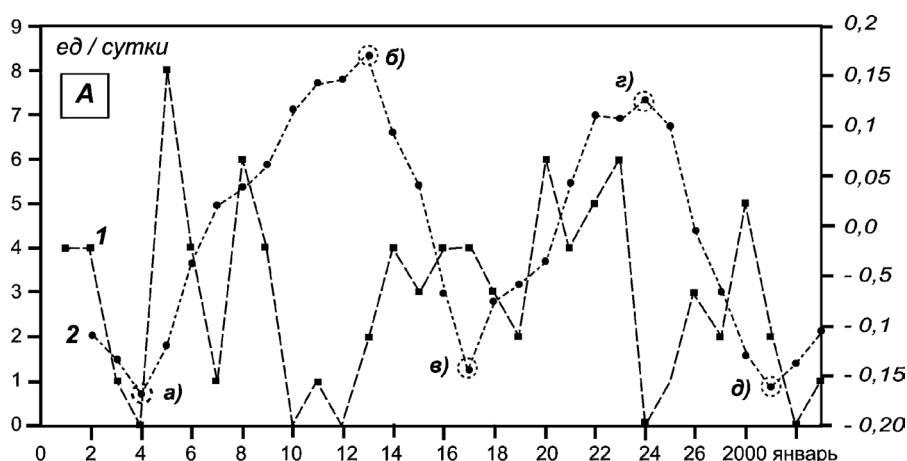


Рис. 2. Связь ускорения вращательного движения Земли за январь 2000 г. и общей сейсмичности Земли: 1 – плотность землетрясений (ед/сутки); 2 – вариации ускорения вращения Земли (мс/сутки); а, б, в, г, д – характерные точки изменения направления ускорения вращения Земли.

На графике рис. 2, отражающем величину вариаций вращения Земли, и значение общей сейсмичности (сумма сейсмических событий) можно отметить несколько характерных точек, определяющих изменение плотности землетрясений (а, б, в, г, д). В указанных точках существенно изменяется направление вращательного ускорения (в точке а от  $-0,15$  до  $+0,1$  мс/сутки; в точке б от  $+1$  до  $-3$ , и т.д.). Эти же точки характеризуются заметным увеличением общей сейсмичности от 0 ед/сутки до 8 ед/сутки. Разница по времени между началом изменения вращательного ускорения и ростом (увеличение числа землетрясений) составляет от 24 до 48 часов. В целом подтверждается закономерность, вернее тенденция, указанная ранее на рис. 1.

На графике ускорения рис. 2 видно, что 4 января замедление вращения Земли изменяется на ускорение (точка а). Это немедленно (в течение суток) приводит к перераспределению напряжений в земной коре и, соответственно, к сбросу упругой энергии (землетрясениям) в сейсмогенных районах, где упругие напряжения в зем-

ной коре достигают своего «критического» значения. Сброс упругих напряжений продолжается почти 7 суток, при этом достигается высокая (до 9 событий в сутки) плотность землетрясений во времени.

На этом же графике видно, что резкая смена направления ускорения 4 января (точка **а**) приводит к резкому увеличению общей сейсмичности, начиная с 5 января. Смена ускорения на замедление (точка **б**) скорости вращения 13 января вызывает рост общей сейсмичности, который поддерживается за счет вариаций неравномерности вращения практически до конца месяца. При этом видно, что изменение ускорения в точке **в** (16 января) вызывает рост сейсмичности 19 января, изменение ускорения в точке **г** (23 января) вызывает рост сейсмичности с 24 января и так далее.

Приблизительно равномерное ускорение вращения Земли от точки **а** до точки **б** практически не вызывает роста числа землетрясений. Вероятно, в это время происходит процесс накопления упругих напряжений (деформаций). Поэтому резкое замедление вращения Земли (точка **б**) немедленно приводит к увеличению сейсмичности (с 12 по 23 января).

Из приведенных графиков следует еще один важный вывод: увеличение общей сейсмичности в планетарном масштабе наблюдается минимум через 24–48 часов после изменения параметров вращения Земли (после изменения направления ускорения вращения планеты). Это обстоятельство отражает инерционность системы перестройки верхней части земной коры под действием изменяющихся за счет вариаций ускорения сил вращения.

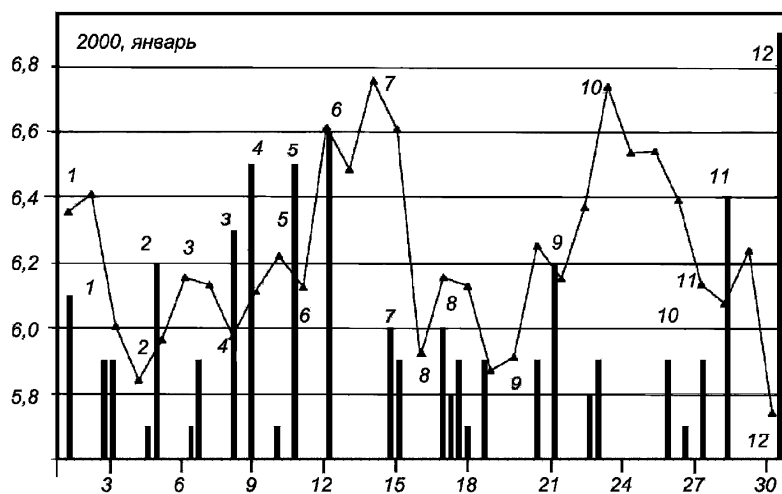


Рис.3. Сопоставление вариаций скорости вращения Земли (ломаная линия) и прошедших вслед за ними тектоническими землетрясениями (столбики): одинаковыми цифрами отмечены резкие изменения скорости вращения Земли и последовавшие следом за ними тектонические землетрясения.

На рис. 3 более детально (с учетом магнитуды прошедших событий) представлено сопоставление вариаций скорости вращения Земли и прошедших тектонических землетрясений. Из графиков рис. 3 следует, что всем крупным ( $M > 6$ ) тектоническим землетрясениям всегда предшествует резкий излом кривой производной скорости вращения Земли (ускорения вращения). Одинаковыми цифрами на графике отмечены резкие изменения скорости вращения Земли и последовавшие следом за ними тектоническими землетрясениями. Поскольку резкое изменение производной скорости происходит за 24–48 часов до сейсмического события, мож-

но предполагать возможность эффективного использования особенностей кривой производной скорости вращения для разработки системы краткосрочного прогноза землетрясения.

Наибольший интерес всегда вызывает вопрос – как отражается подготовка и наступление крупного (магнитуда более 6) землетрясения в функции предвестника, каковым можно считать изменение скорости вращения планеты. На графиках рис. 4 представлен типичный пример сопоставления вариаций скорости вращения Земли и прошедших вслед за ними тектонических землетрясений. На графиках указаны как «ожидаемые» землетрясения (следующие за изменением направления ускорения вращения Земли), так и «спонтанные», которые «триггированы» не изменением вращения, а другими функциями.

Как видно из приведенного графика, все крупные ( $M > 6$ ) «ожидаемые» землетрясения происходят через 24–48 часов после резкого изменения величины ускорения вращения планеты. Исключение составляют землетрясения, произошедшие 5, 16–17 ноября 2000 г. Вообще для периода 15–17 ноября характерен «рой» землетрясений: в это время произошло свыше 50 землетрясений с магнитудой более 5. Причем происходили они в основном в районе островов Новая Британия-Новая Ирландия на площади приблизительно  $130 \times 130$  км. По расположению эпицентров афтершоков землетрясений и карты глубин океана данного региона можно предположить, что произошла разгрузка (сброс упругих напряжений) одного крупного литологического блока протяженностью около 130 км. Практически одновременно (разница около суток) с этими землетрясениями произошли события с магнитудой около 5 на достаточно удаленных расстояниях от эпицентров «роя» – в Центральной Америке, в Тихом океане и на Кавказе. Причиной такого совпадения, вероятно, послужило существенное изменение параметров вращения, как триггирующей функции, действующей одновременно на всю литосферу Земли: в течение четырех предыдущих суток ускорение вращения Земли составило практически 1 мс/сутки. Анализ данных за 2000–2010 гг. показал, что такое явление возникает 5–6 раз в году и требует дополнительных исследований.

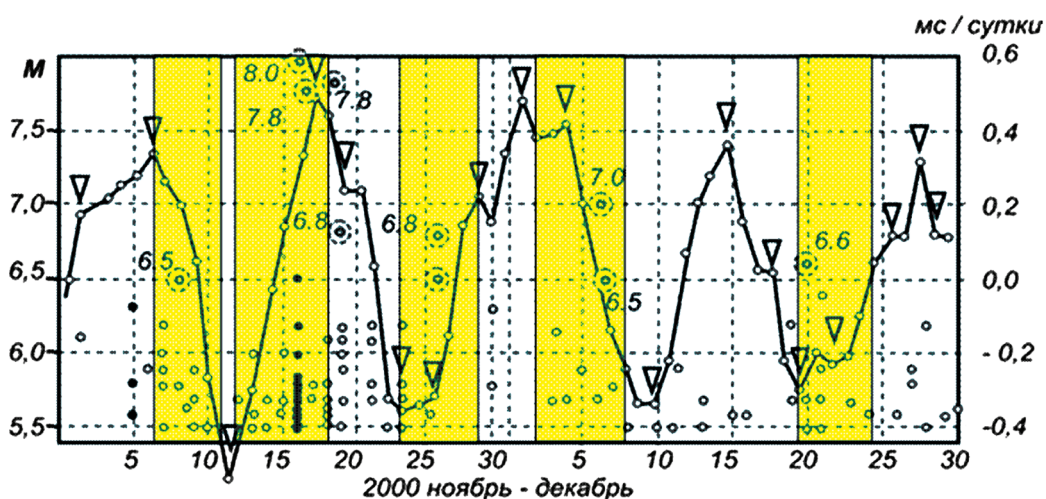


Рис. 4. Сопоставление фактических данных (онлайн мониторинг) тектонических событий с ноября по декабрь 2000 с прогнозными интервалами ожидаемых крупных землетрясений. Условные обозначения: 1 – кривая ускорения вращения Земли; 2 – точки изменения направления ускорения; 3 – землетрясения ожидаемые; 4 – землетрясения неожиданные; 5 – наиболее крупные землетрясения; 6 – прогнозируемые землетрясения.

Для детального анализа воздействия вариаций вращения Земли как триггирующего фактора на возникновение крупных ( $M > 6$ ) землетрясений, по данным 2000–2010 гг. была построена таблица взаимной связи величины действующего возмущения – амплитуды и длительности ускорения (замедления), предшествующие смене знака ускорения вращения, и запаздывания тектонического события (в сутках) после смены знака ускорения.

Таблица 1.

Число землетрясений с  $M > 6$  при различной величине триггирующего воздействия и дней запаздывания тектонического события относительно момента триггирования.

$\Delta\tau$ , мс	сутки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,15	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0,2	0	2	2	0	0	1	1	0	0	0
0,25	1	5	6	5	2	3	2	1	0	0
0,3	1	12	10	5	6	5	2	2	1	0
		<b>7,1;</b>	<b>7,0;</b> <b>7,9; 7,5</b>		<b>7,0</b>	<b>7,7;</b> <b>7,1</b>	<b>7,4</b>	<b>7,8</b>		
0,35	5	14	14	11	12	5	5	1	1	0
			<b>7,2</b>	<b>7,2; 7,0</b>	<b>7,2; 7,0;</b> <b>7,3</b>	<b>7,4</b>				
0,4	10	20	15	16	11	6	4	3	0	0
		<b>7,0;</b> <b>7,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,4;</b> <b>7,3; 7,3</b>	<b>7,1; 7,3;</b> <b>7,5</b>		<b>7,7</b>			
0,45	8	17	14	15	13	9	8	5	0	0
			<b>7,0;</b> <b>7,3; 7,0</b>	<b>7,4; 7,3</b> <b>7,0;</b>	<b>7,5; 7,8;</b> <b>7,6; 8,0</b>	<b>7,8;</b> <b>7,8;</b>		<b>7,1;</b> <b>7,7</b>		
0,5	10	6	6	5	5	3	4	1	0	0
		<b>7,1</b>	<b>7,1</b>	<b>7,1; 7,8</b>						
0,55	9	3	4	4	3	4	3	2	0	0
0,6	2	1	1	1	1	2	2	0	0	0

В первой графе таблицы указана величина изменения ускорения между двумя последовательными точками смены направления ускорения. Этот период можно интерпретировать как время накопления упругих деформаций в отдельных участках земной коры. Далее в таблице указано количество землетрясений, произошедшее после очередной смены знака ускорения. В отдельных ячейках таблицы меньшим

размером шрифта указаны максимальные магнитуды событий, произошедшие с соответственной задержкой относительно момента смены знака ускорения. Периоды с максимально аномальными магнитудами землетрясений выделены рамками.

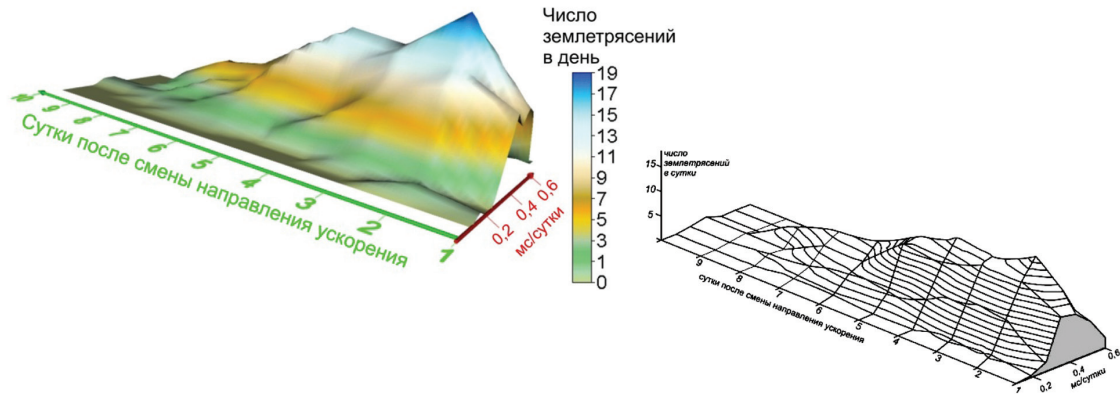


Рис. 5. Трехмерная модель сейсмичности при триггирующих сигналах, соответствующих вариациям дня 0,2–0,6 мс/сутки

Детальный анализ соотношений величины возмущающего (триггирующего) фактора и ответной реакции среды показал следующее. Во-первых, тектоническое событие происходит спустя, как минимум 24–36 часов после резкого изменения производной скорости вращения. Во-вторых, наиболее крупные сейсмические события происходят в течение 3–6 суток после резкого изменения производной скорости вращения. В-третьих, сейсмическое событие не происходит, если величина возмущающего фактора меньше 0,25 мс/сутки или больше 0,55 мс/сутки. Если первое из выясненных обстоятельств понятно с физической точки зрения – энергия возмущающего сигнала имеет недостаточную величину для триггирования, то выявленное последнее обстоятельство требует дальнейшего рассмотрения, ибо связано, вероятно, с особенностями поведения горного массива при подготовке тектонического землетрясения. Наблюдаемая максимальная сейсмичность доходит до 10 событий в сутки, как правило, на третий день после смены знака ускорения вращения. В-четвертых, в течение последующих 6–7 суток активность сейсмогенных блоков затухает, а спустя 7–8 суток после смены знака ускорения практически не наблюдается.

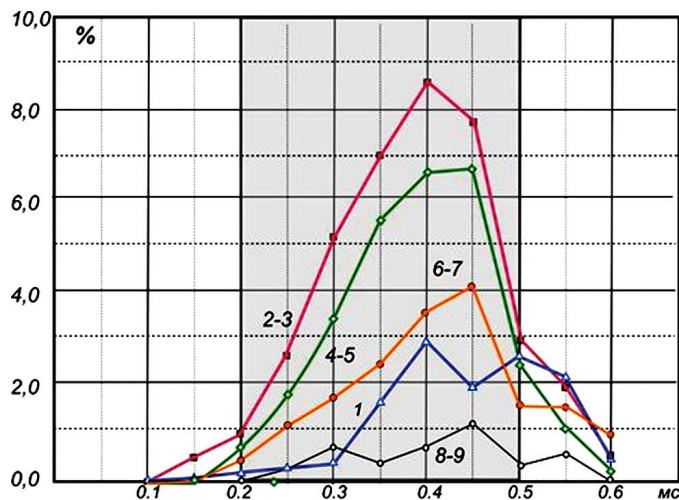


Рис. 6. Вклад в общую величину сейсмичности в зависимости от значения триггирующего сигнала и дней, прошедших с момента (ось абсцисс) резкого изменения направления ускорения (шифр кривых). Затененная часть графика оптимальная область прогнозных параметров для расчета вероятности ожидаемого землетрясения



Построенная по данным таблицы 1 трехмерная модель (рис. 6.) показывает, что наибольшее число землетрясений наблюдается при значениях амплитуды предыдущего изменения длительности дня равному 0,35–0,45 мс, и запаздыванию момента землетрясения на 3–4 дня относительно момента изменения направления ускорения планеты.

Для выбора оптимальных условий прогноза землетрясений на основе данных таблицы 1 и рис. 5 построены графики вклада интенсивности в общую сейсмичность в зависимости от величины триггирующего сигнала и дней, прошедших с момента резкого изменения направления ускорения (рис. 7).

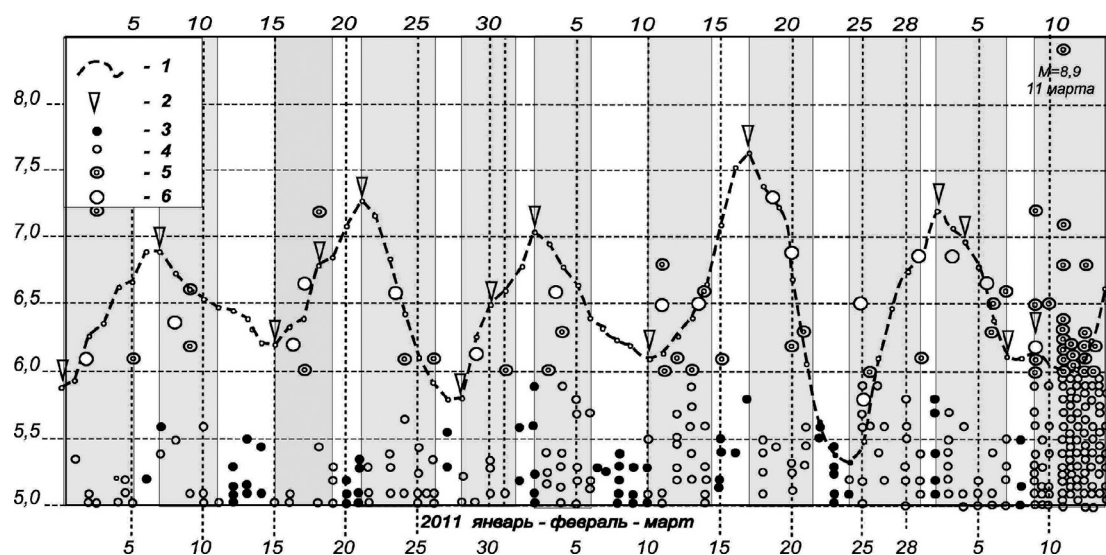


Рис. 7. Сопоставление фактических данных (онлайн мониторинг) тектонических событий с января по март 2011 с прогнозными интервалами ожидаемых крупных землетрясений. Условные обозначения: 1 — кривая ускорения вращения Земли; 2 — точки изменения направления ускорения; 3 — землетрясения ожидаемые; 4 — землетрясения неожиданные; 5 — наиболее крупные землетрясения; 6 — прогнозируемые землетрясения.

По графикам рис. 7 легко определить, например, что при триггирующем сигнале величиной 0,4 мс землетрясение произойдет на 4–5 день с вероятностью около 7%. Из графиков рис. 7 следует, что наиболее вероятно возникновение сильного ( $M \geq 6$ ) землетрясения спустя 3–5 дней при триггирующем сигнале 0,35–0,4 мс. Эти данные позволяют сделать вывод о возможности определения сейсмического события за 48–120 часов до его наступления.

Тестирование указанных предположений было проведено в течение января – марта 2011 года. Для предварительной оценки возможного прогнозирования тектонического события были выбраны следующие прогнозные величины: а) величина ускорения между двумя точками смены знаков ускорения в пределах от 0,3 до 0,6 мс/сутки; б) запаздывание тектонического события относительно момента смены знака ускорения равно 4 суткам, то есть землетрясение должно произойти в течение указанного времени запаздывания. Результаты использования указанных критериев для прогноза тектонических событий представлены на графике рис. 7, где проведено сопоставление фактических данных по событиям января-марта 2011 года и прогнозными интервалами ожидаемых крупных землетрясений ( $M > 6$ ). Как видно из представленного графика, за указанный период было определено одиннадцать прогнозных временных интервалов, в которых прогнозировались сейсмические события высокой магнитуды.

В каждом прогнозном интервале всегда было отмечено, как минимум, одно ожидаемое сейсмическое событие с  $M \geq 6$ . При этом задержка события относительно момента смены знака ускорения составляет от 2-х до 4-х суток. Кроме того, в эти же прогнозные интервалы могут попадать несколько тектонических событий (например, 4 в интервале 10–15 марта и т.д.), что требует специального анализа.

Данная статья была окончена 9-го марта 2011 года, а 11 марта произошло катастрофическое землетрясение в Японии, которое можно было предположить по данным диаграммы рис. 5. За несколько дней после 11 марта произошло более 50 достаточно крупных афтершоковых явлений с  $M$  около 6. Сопоставление пространственного их распределения с учетом батиметрии данного региона океана показывает, что произошла «разрядка» (снятие упругого напряжения) с литосферной плиты (ансамбля литосферных блоков) размером приблизительно 450 на 150 км. В первом приближении распределение афтершоков и их частота во многом повторяют описанную ранее (рис.3 данной статьи) ситуацию 15–20 ноября 2000 года или ситуацию, наблюдаемую при Суматринском землетрясении (декабрь 2004 года), когда форшоковые и афтершоковые явления наблюдаются по краям литосферной плиты (ансамбля блоков), а эпицентр главного события находится приблизительно в центре этой плиты. Эта общая закономерность может быть использована, например, при среднесрочном прогнозе сейсмических событий.

### Выводы

Неравномерность вращения планеты является одним из мощных «триггирующих» факторов, воздействующих на земную кору и приводящую к инициализации землетрясений практически в различных точках по всей планете.

Вариации вращения планеты **всегда** предшествуют росту общей сейсмичности Земли поскольку изменение скорости вращения планеты вызывает перераспределение масс в земной коре и соответствующее воздействие на участки земной коры, накопившие избыток упругой энергии: как правило, это известные сейсмогенные зоны.

Наибольшее увеличение общей сейсмичности планеты (общего количества землетрясений в единицу времени) наблюдается при смене знака ускорения вращения планеты на противоположный или при прохождении точки  $d\mathbf{w}/dt = 0$ , где  $\mathbf{w}$  – скорость вращения Земли.

За счет перестройки земной коры при изменении скорости вращения Земли рост сейсмичности (появление первых землетрясений, инициированных изменением скорости вращения) наблюдается минимум через 24–36 часов после регистрируемого изменения скорости вращения Земли. Этот факт имеет исключительно важное значение при оценке возможности краткосрочного прогноза землетрясения.

Смена знака ускорения вращения планеты служит общим (для всех землетрясений планеты) краткосрочным предвестником тектонического землетрясения. При этом всем землетрясениям с магнитудой более 6 обязательно предшествует резкое изменение ускорения вращения Земли.

Все вышесказанное подтверждает, что главным объектом в процессе подготовки и реализации тектонического землетрясения является земная кора, поэтому исследование ее поведения в условиях сжатия-растяжения при подготовке сейсмического события является главной частью решения вопроса о прогнозе землетрясения.

Статья подготовлена при поддержке Программы 16 Президиума РАН и гранта РФФИ 5-10-0409.

## Литература

1. Боков В. Н. Изменчивость атмосферных циркуляций – инициатор крупных землетрясений. // Известия РГО РАН, СПб., 2003, т.135, вып.6, с.54–65.
2. Горькавый Н. Н., Левицкий Л. С., Тайдакова Т. А., Трапезников Ю. А., Фридман А. М. О корреляции графиков угловой скорости вращения земли и модуля ее производной с частотой землетрясений в зависимости от их магнитуды // Физика Земли, 1994, № 10, с. 33–38.
3. Горькавый Н. Н., Левицкий Л. С., Тайдакова Т. А. и др. О зависимости корреляции между региональной сейсмичностью Земли и неравномерностью ее вращения от глубины очагов землетрясений // Физика Земли, 1999, № 10, с.52–66.
4. Викулин А. В. Сейсмичность и вращение Земли // Вычислительные технологии, 1992, Новосибирск, ИВТ СО РАН, т.1, № 3. с.124–130.
5. Завьялов А. Д. Среднесрочный прогноз землетрясений : основы, методика, реализация/М., Наука, 2006, 254 с.
6. Каталог NEIC, USGS/<http://www.usgs.gov/>
7. Каталог IERS, <http://hpiers.obspm.fr/eop-pc/index.php?index=C04&lang=en>
8. Кейлис-Борок В. И., Кособоков В. Г. // Землетрясения и предупреждение стихийных бедствий. // XXVII Междунар. геол. конгр. (Москва, 1–4 авг. 1984), М., Наука, 1984, Т.6, с.56–66.
9. Кисилев В. В. Неравномерность суточного вращения Земли. Новосибирск, Наука, 1980, 158 с.
10. Певнев А. К. Пути к практическому прогнозу землетрясений. М., ГЕОС, 2003, 153 с.
11. Рогожин Е. А. История активизации сейсмогенерирующих структур Северной Евразии в голоцене // Докл. РАН, 2000, т. 370, № 3, с.390–392.
12. Рогожин Е. А. Блоковое строение земной коры Северной Евразии // Физика Земли, 2004, № 10, с. 81–94.
13. Рикитаке Т. Предсказание землетрясений. М., МИР, 390 с.
14. Сидоренков Н. С. Физика нестационарного вращения Земли. М., Наука, 2002, 245 с.
15. Сидоренков Н. С. Нестабильность вращения Земли // Вестник Российской академии наук, 2004, т. 74, № 8, с. 701–715.
16. Соболев Г. А. Основы прогноза землетрясений. М., Наука, 1993, 314 с.
17. Соболев Г. А., Пономарев А. В. Физика землетрясений и предвестники. М., Наука, 2003, с.270
18. Уткин В. И., Мамыров Э., Кан М. В., Кривашеев С. В., Юрков А. К., Косякин И. И., Шишканов А. Н. Мониторинг радона при изучении процесса подготовки тектонического землетрясения на Северном Тянь-Шане. // Физика Земли, 2006, №9, с.145–155.
19. Фридман А. М., Клименко А. В., Поляченко Е. В., Фридман М. В. О связи глобальной сейсмической активности Земли с особенностями ее вращения // Вулканология и сейсмология, 2005, № 1, с. 67–74
20. Шебалин П. Н. Методология прогноза сильных землетрясений. Вычислительная сейсмология; вып.37, М., ГЕОС, 2006, 292 с.
21. King Chi-Yu, Walkingstick C., Basler D. Field studies of radon in rocks, soil and water. /Gunderson L. and Wanty R. editors/U. S. Geological survey bulletin: 1991, pp. 77–133.

## VARIATIONS OF IRREGULARITY OF EARTH ROTATION AS TRIGGERING FACTOR OF SEISMICITY

**Utkin V. I., Corr. member of RAS, Yurkov A. K., Sc. Candidate (Geol.), Tsurko I. A.**

Institute of geophysics of Ural branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

On the basis of data of NEIC and IERS catalogues correlation between irregularity of Earth rotation and global seismicity as a number of earthquakes per time unit is considered. It is shown that Earth seismicity increases with acceleration as well as with retardation of planet rotation. Explanation of simultaneous earthquake swarm in different points of Earth is given. It is shown that there is 2 days interval between change of rotation velocity and earthquake process which gives possibility of short-term forecast of tectonic events.

**Keywords:** earthquakes, Earth rotation, forecast