

А.А. Гаджиев

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗА СИЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ: НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА ФОРШОКОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЯПОНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 11.03.2011 г.

Автор осуществил всесторонний анализ форшоковой деятельности Японского землетрясения 11.03.2011г.

В работе утверждается тезис о возможности прогноза сильного землетрясения на основе анализа форшоковой деятельности с применением современных технологий.

Ключевые слова: *землетрясения, форшоковая деятельность, временное развитие форшокового процесса, пространственное развитие форшокового процесса, прогноз землетрясения.*

A.A.Gadgiev

ABOUT THE POSSIBILITY OF PREDICTION OF STRONG EARTHQUAKES: THE EXAMPLE OF ANALYSIS OF THE JAPANESE EARTHQUAKE 11.03.2011 G.

The author has carried out the all-round analysis foreshock activity of Japanese earthquake 03.11.2011.

The thesis affirms as work about possibility of the forecast of strong earthquake on the basis of the analysis foreshock activity with application of modern technologies.

Keywords: *earthquakes, activity, time development foreshock process, spatial development foreshock process, the earthquake forecast.*

1. Постановка задачи

Японское землетрясение (ЗТ) 11.03.2011г. магнитудой М9 – это первое в этом столетии и одно из редких катастрофических ЗТ наивысшей силы, происшедших на Земле.

Пристальное внимание мировой общественности (не только учёных) к этому ЗТ обусловлено его последствиями. Приведём краткий перечень этих последствий:

а) изменение геологической структуры локального участка земной коры (ЗК) – трещины и разрывы большой протяжённости;

б) деформации географии дневной поверхности вблизи эпицентра (ЭЦ) ЗТ, в частности, по сообщениям Института географии Японии:

- о. Хонсю, вблизи которого произошло ЗТ, сдвинулся на 2,5 м, а полуостров Осика на северо-востоке о. Хонсю – на 5,3 м;

- через неделю после главного толчка (ГТ) (11.03.) на 25 см сдвинулась кора под г. Ямада и на 17 см – под г. Тёси;

в) возникновение цунами с высотой волны 15 м, которая привела к огромным инфраструктурным разрушениям: остановке множества крупных промышленных предприятий, разрушению энерго-, газо- и водоснабжения;

г) выход из строя четырёх из шести реакторов АЭС «Фукусима-1», расположенной в зоне активного действия ЗТ и цунами с сохраняющейся угрозой радиоактивного заражения прилежащих территорий;

д) общий экономический ущерб, по оценке представителей японского правительства, более 300 млрд. долл., но ещё до конца точно не установленный; и, наконец,

е) огромные человеческие жертвы – по официальным данным, которые ежедневно уточняются, на 25.03. погибло более 10 тыс. чел., и 17541 чел. считаются пропавшими без вести, следовательно, число жертв будет увеличиваться;

ж) в зоне бедствия полностью разрушено более 18 тыс. зданий, из которых свыше 5 тыс. – жилые дома; значительный ущерб нанесён ещё более 130 тыс. домам.

Как последствие этого ЗТ в мировом масштабе следует отметить и тот факт, что оно оказало своё влияние на энергетическую политику многих стран мира – общественность и руководства ряда высокоразвитых и развивающихся стран поставили под сомнение целесообразность дальнейшего планирования строительства АЭС и развития атомной энергетики.

Возникает естественный вопрос: можно ли было спрогнозировать Японское ЗТ 11.03.2011г. и минимизировать ущерб, причинённый им?

Анализ форшоковой (ФШ) деятельности этого ЗТ, проведённый на основе наших исследований последних лет и сейсмологических данных Геологической службы США, дал положительный ответ на этот вопрос.

Ниже мы попытаемся обосновать тезис о возможности и необходимых условиях для успешного прогноза сильного ЗТ на примере Японского ЗТ 11.03.2011г.

2. Статистический анализ временного развития ФШ деятельности ЗТ

На основе данных сейсмологических наблюдений ГС США мы рассматриваем ФШ деятельность на промежутке времени с 1.01.2011г. по 10.03.2011г., на котором были отмечены 77 событий:

- в январе произошло 22 события с М4,2 – М5,3;
- в феврале – 19 событий с М4,3 – М5,5;
- с 1 по 8 марта наблюдалось сейсмическое «затишье»;
- 9.03. произошло 26 событий, из которых умеренно сильных 23 события с М4,7 – М5,7, сильных – 2 события с М6,0 и одно очень сильное – с М7,3;
- 10.03. произошло 10 событий с М4,6 – М5,6.

По классификации японского учёного К. Моги ФШ процессы подразделяют на два типа – прерывные (П-тип) и непрерывные (Н-тип) [1]. Приведённое развитие ФШ процесса показывает, что японское ЗТ 11.03 соответствует Н-типу.

Если в январе-феврале из 59 были отмечены как сейсмически активные 32 сутки, а остальные – по 1, 2, 3 и 4 сутки события приведённых выше значений магнитуд не фиксировались. По общепринятой практике регистрации сейсмические события с М3 и ниже, как слабые по энергетическому содержанию, не всегда регистрируются. По нашему мнению, это обстоятельство исключает возможность полного описания качества геофизических процессов, поскольку этих классов события в определённой степени оказывают влияние на физическое состояние вещества аномальной зоны (АЗ), где происходит подготовка очага будущего сильного ЗТ [2].

Наибольшей динамикой геофизических процессов были отмечены 9.03. и 10.03. В табл. 1 и 2 приведены данные почасового развития интенсивности ФШ процесса в эти сутки.

Таблица 1. Данные о почасовом развитии ФШ процесса 9.03.

02-03ч.	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-10	10-11	11-12	12-14	14-18	18-21	21-23	23-01ч.	Кол. соб.
2	2	5	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	26

Таблица 2. Данные о почасовом развитии ФШ процесса 10.03.

01-04	04-07	07-08	08-09	09-11	11-16	16-21	21- 22ч.44м.	Кол. соб.
2	1	2	1	1	1	1	1	10

Данные о ФШ деятельности 9.03 и 10.03 по интенсивности и энергетическому содержанию свидетельствуют о грядущем очень сильном ЗТ, о возникшей настоятельной необходимости почасового контроля развития ФШ процесса.

Главный толчок (ГТ) произошёл в 05ч. 46 мин.11.03, т.е. после последнего события 10.03 (22ч. 44мин.) до ГТ 11.03 (05ч.46мин.) был ещё резерв времени 7 часов, в течение которого были возможны оперативный анализ сложившейся сейсмической ситуации и принятия решения о прогнозе сильного ЗТ на уровне экспертов-сейсмологов и организации оперативных действий на уровне правительства страны.

Заметим особо, что эффективным инструментом, использованным нами для временного анализа ФШ процесса, является применение компьютерных технологий для визуализации статистики и динамики его развития по эпицентрам в 2D представлении и гипоцентрам в 3D представлении процесса [3,4].

3. Анализ пространственного развития ФШ деятельности ЗТ

Зона ФШ деятельности в январе-феврале ограничена координатами: по широте φ $\min=32,33^\circ$ с.ш., φ $\max=43,06^\circ$ с.ш., $\Delta\varphi = 10,73^\circ$; по долготе $\lambda_{\min}=142,37^\circ$ в.д., $\lambda_{\max}=146,02^\circ$ в.д., $\Delta\lambda = 8,67^\circ$; в км соответственно $\Delta\varphi \times \Delta\lambda = 1191 \times (704-814)$ (км²).

Зона ФШ деятельности ЗТ 9.03 и 10.03 ограничена координатами: по широте φ $\min=38,25^\circ$ с.ш., φ $\max=38,87^\circ$ с.ш., $\Delta\varphi = 0,62^\circ$; по долготе $\lambda_{\min}=142,42^\circ$ в.д., $\lambda_{\max}=143,47^\circ$ в.д., $\Delta\lambda = 1,05^\circ$; в км соответственно $\Delta\varphi \times \Delta\lambda = 68,8 \times 85,2$ (км²).

Обратим внимание на тот факт, что точка с координатами ГТ $\varphi = 38,29^\circ$ с.ш. и $\lambda=142,4^\circ$ в.д. располагается в нижнем левом углу прямоугольника зоны ФШ деятельности (9-10).03, т.е. зоны очага ГТ, как мы покажем это ниже в табл.3.

Таблица 3. Распределение ГЦ ФШ событий по глубине

	Глубина, км	Январь-февраль (41 событие)	(9-10).03 (36 событий)
Мелкофокусные ЗТ (МФ)	0-30	18	31
Среднефокусные ЗТ (СФ)	30-50	13	5
Глубокофокусные ЗТ (ГФ)	>50	10*	0

Примечание к табл.3:*) – из отмеченных 10 ГЦ 6 событий расположены на глубине $h > 100 \text{ км}$ ($103 \leq h \leq 284$).

Данные табл.3 дают наглядное представление о характере динамики ФШ деятельности по мере приближения момента совершения ГТ: за двое суток (9-10.03) не были зарегистрированы ГФ события, более чем в два раза уменьшилось число СФ событий, и почти в двукратно увеличилось число МФ событий. Если в январе-феврале

сейсмическая активизация характеризовалась как почти равномерно распределённая по глубине, то 9-10.03 ГЦ событий были сосредоточены на глубинах ближе к дневной поверхности. При более внимательном анализе МФ событий можно выделить три группы событий, расположенных соответственно: на первой критической глубине $h_{1кр} < 20$ км, $N_{1кр} = 19$ событий, на второй - $15 \leq h_{2кр} \leq 20$ (км), $N_{2кр} = 7$, и на третьей критической глубине (т.е. на глубине ГЦ ГТ) $h_{3кр} = 19$ км, $N_{3кр} = 3$, из которых 2 события произошли 10.03. (В качестве критической глубины мы рассматриваем глубину расположения ГЦ ГТ $h_{гт} = 19$ км).

Таким образом, динамика ФШ деятельности 9-10.03 характеризуется тенденцией к формированию очага ГТ и постепенной концентрацией ГЦ событий около ГЦ ГТ.

Приведённые выше соображения, мы считаем, являются ключевыми для решения задачи прогноза времени и места совершения ожидаемого сильного ЗТ. Технология решения этой очень сложной (и трудной) задачи кажется очевидной – отслеживать с помощью компьютерных технологий динамику ФШ деятельности, особенно на конечном участке, с визуализацией пространственного (в 2D и 3D представлениях) и временного развития процессов.

4. Анализ энергетики ФШ деятельности ЗТ

В п.п. 2 и 3 мы показали, как в результате ФШ деятельности формируется сначала аномальная зона (АЗ), которая обуславливает образование очаговой зоны (ОЗ), где интенсивно развиваются геофизические процессы, приводящие в конечном счёте к созданию ГЦ будущего сильного ЗТ.

С физической точки зрения АЗ – это пространство некоторого объёма V , где давление p и температура T вещества в результате ФШ деятельности от почти статического (естественного) состояния переходит в изменчивое, так как происходит разрядка поля механических напряжений в геологической среде, сопровождающаяся высвобождением энергии и выделением тепла.

На конечном участке времени ФШ деятельности в результате более интенсивного высвобождения сейсмической энергии в небольшом объёме АЗ вещество переходит в критическое состояние – формируется ОЗ как неравновесная термодинамическая система (ТДС) с другими параметрами – объёмом V_0 , давлением p_0 и температурой T_0 . В результате интенсивной ФШ деятельности в ОЗ при почти постоянном значении объёма V_0 значения давления и температуры вещества становятся существенно отличными от значений давления и температуры окружающей ОЗ вещества. Это, в свою очередь, в некоторый момент приводит к движению вещества из окружающей среды в ОЗ, что и представляет собой момент совершения ГТ, сопровождающееся дислокациями окружающей геологической среды и высвобождением огромного количества энергии и тепла. Так ГЦ (и ЭЦ) ГТ возникает на границе ОЗ и не разрушенной окружающей среды.

Как нами установлено, приведённая здесь модель подтверждается ФШ деятельностью ряда сильных ЗТ, происшедших за последние десять лет.

К сожалению, эти вопросы – механизмы изменения физических свойств вещества – в сейсмологии, в частности, теории прогнозирования ЗТ, изучены недостаточно глубоко.

Ниже приводятся сравнительные данные по энергетике Японского ЗТ 11.03.2011г. (табл.4).

Таблица 4. Энергетическая оценка ФШ деятельности Японского ЗТ 11.03.2011г.

	Количество событий	Энергия E , Дж	Эквивалент тепла Q , ккал
Январь	22	$2,9528 \cdot 10^{13}$	$7,06 \cdot 10^9$
Февраль	19	$6,0328 \cdot 10^{13}$	$14,42 \cdot 10^9$

9.03	26	593,1048·10 ¹³	1417,0·10 ⁹
10.03	10	4,4740·10 ¹³	10,69·10 ⁹
∑	77	6,066·10 ¹⁵	1,45·10 ¹²
ГТ	1	1,585·10 ¹⁸	378,5·10 ¹²

Примечание к табл.4. Значительно высокие (на два порядка больше) значения энергии и эквивалента тепла событий 9.03 по отношению к этим же значениям на других интервалах времени связано с одним событием с М7,3, которое произошло 9.03.

При Японском ЗТ 11.03.2011г. с М9 высвободилось сейсмической энергии $E_{я}=1,585 \cdot 10^{18}$ Дж. в течение 10-15 сек. Это – взрыв колоссальной силы. С чем его можно сравнить?

а. При взрыве 103 ктонн тринитротолуола выделилась бы энергия $E=4,2 \cdot 10^{15}$ Дж. 6 августа 1945 г. на г. Хиросима была брошена атомная бомба мощностью 20 ктонн. Простой арифметический расчёт показывает, что энергия Японского ЗТ эквивалентна энергии взрыва 18870 атомных бомб, брошенных на Хиросиму.

б. Установленная мощность четырёх агрегатов Чиркейской ГЭС $P=1100$ МВт. При непрерывной работе всех агрегатов в течение одного года Чиркейская ГЭС выработала бы энергии $E_{чгэс}=9,636 \cdot 10^{12}$ Втчас= $34,69 \cdot 10^{15}$ Дж. Следовательно, энергия Японского ЗТ эквивалентна энергии выработки на полной мощности в течение года гипотетических 45 Чиркейских ГЭС, но высвобождаемой в течение 10-15 сек.

Эти оценки подтверждают те катастрофические геологические и разрушительные последствия Японского ЗТ 11.03.2011г., с которых мы начали эту статью.

5. Некоторые заключительные соображения о возможности прогноза сильного ЗТ

Место локализации ОЗ, её формы и масштабы, как правило и как показано выше, обусловлены событиями ФШ деятельности. Контуры ОЗ Японского ЗТ 11.03.2011г. были окончательно очерчены событиями последних двух суток – 9 и 10.03.

Оперативно построенное визуальное трёхмерное изображение пространственно временного распределения ГЦ ФШ событий позволяет, как показано на примере Японского ЗТ 11.03, успешно осуществлять прогноз места и времени совершения сильного ЗТ.

Мы не рассматриваем задачу прогноза третьего параметра ЗТ – силы ЗТ – по следующим соображениям.

Во-первых, сила ЗТ (магнитуда или энергетический класс) зависит: а) от глубины расположения очага ЗТ, следовательно, от объёмной силы тяжести массы столба вещества, простирающегося до дневной поверхности; б) от физических свойств вещества АЗ (затем и ОЗ) на этой глубине, т.е. свойств вещества осадочного, гранитного или базальтового слоя ЗК; в) от накопленной в течение длительного времени после предыдущего сильного ЗТ механической (сейсмической) энергии; и, наконец, г) от интенсивности и мощности геофизических процессов в ОЗ в результате данной ФШ деятельности (т.е. в данной ТДС).

Во-вторых, ЗТ с магнитудой в диапазоне М6,4(15,5 кл.) – М7(16,6 кл.) и более можно всегда рассматривать как разрушительные. Если события с магнитудой в этом диапазоне значений происходят в течение ФШ деятельности, то, естественно, следует ожидать ГТ с более высокой магнитудой, как это происходило перед Японским ЗТ 11.03.2011г.

Как известно, ФШ деятельность каждого сильного ЗТ характеризуется индивидуальными особенностями, зависящими от геологии и тектоники данного сейсмоактивного района, и является основным источником информации о грядущем ЗТ. Задача состоит в том, чтобы получить эту информацию необходимо осуществлять непрерывный контроль и экспертный анализ ФШ деятельности, где могут быть рассмотрены и учтены приведённые нами выше и много других разных соображений.

Выводы:

1. Необходимо организовать непрерывный мониторинг ФШ деятельности с использованием компьютерных технологий для её визуализации с целью определения:
 - начала ФШ процесса; характера ФШ процесса – непрерывного (Н-типа) или прерывного (П-типа); её заключительной части и интенсивности;
 - принятия решения о прогнозе ГТ и приведения в действие системы оповещения и защиты систем жизнеобеспечения населения, снижения экономического ущерба.
2. Развитие компьютерных технологий визуализации пространственно-временного распределения ФШ деятельности (в статике и динамике), по-видимому, является эффективным инструментом для разработки методов и успешного решения задачи прогноза места и времени сильного ЗТ.
3. Приведённые выше соображения нами были проверены ранее на Новозеландском ЗТ 21.02.2011г. и ряде других сильных ЗТ, происшедших в разных регионах Земли за период с 1999г. по 2010г.

Библиографический список

1. К. Моги. Предсказание землетрясений. Пер. с англ. – М.: «Мир», 1988. – 382с.
2. Гаджиев А.А. Предсказание землетрясений. Нетрадиционный подход к решению. – Махачкала: издательский дом «Эпоха», 2005. – 406 с.
3. Гаджиев А.А., Газанова Н.Ш., Ахмедова Ф.М. Топологическая модель сейсмического режима локального участка земной коры. //Вестник Дагестанского государственного технического университета, №12, 2009. – С.113-117.
4. Гаджиев А.А., Ахмедова Ф.М., Газанова Н.Ш. 2D модель пространственно-временного распределения сейсмических событий в зоне Восточного Предкавказья за период 2001-2007 г.г. и задача прогноза места землетрясения. //Материалы Всероссийских научно-технических конференций (Computer-Based Conferences). Декабрь 2009г. XVIII ВНТК «Информационные технологии в науке, проектировании и производстве». III ВНТК «Методы и средства измерений физических величин». VI ВНТК «Современные промышленные технологии». Нижний Новгород, 2009. – с.7-9.