

УДК 550.343.6

**АНАЛИЗ ФОРШОКОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ОХОТСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 24.05.2013 г.**

Гаджиев Аюб Акбашович

канд. тех. наук

Ахмедулаева Месей Магомедхабибовна

аспирант

Дагестанский государственный технический университет, Махачкала

author@apriori-journal.ru

Аннотация. В работе дано описание фенотипа Охотского землетрясения 24.05.2013 г. как совокупности признаков сильного землетрясения, а также свойств геофизических процессов форшоковой деятельности, которые обусловили формирование очаговой зоны землетрясения. Предложена гипотетическая модель генеза условий подготовки и совершения главного толчка, а также подхода к решению задачи прогноза времени и места совершения землетрясения на основе данных о форшоковой деятельности.

Ключевые слова: землетрясение; форшоки; прогноз; модель; очаговая зона.

ANALYSIS OF FORESHOCK ACTIVITY OF OKHOTSK EARTHQUAKE 24.05.2013

Gadjiev Ajub Akbashovich

candidate of technical sciences

Ahmedulaeva Mesej Magomedhabibovna

post-graduate student

Dagestan state technical university, Makhachkala

Abstract. In this work is given a description of the phenotype of Okhotsk earthquake of 24.05.2013 as a set of attributes of a strong earthquake, as well as the properties of the geophysical processes of foreshock activity, which resulted in the formation of the focal zone of the earthquake. Here is proposed a hypothetical genesis model of conditions of preparation and commission of the main shock, and the approach to the task of prediction time and place of earthquake on the basis of data of foreshock activity.

Key words: earthquake; foreshock; forecast; model; focal zone.

1. Постановка задачи

Охотское землетрясение 24.05.2013 г. по глубине расположения гипоцентра главного толчка относится к классу глубокофокусных сильных землетрясений (ЗТ), формирование очаговой зоны которого происходило в особых условиях состояния вещества – слоях верхней мантии (астеносфере).

Результаты анализа форшоковой (ФС) деятельности Охотского ЗТ 24.05.2013 г. представляют научный и практический интерес с точки зрения разработки моделей и методов решения задачи прогноза времени и

места его совершения. Анализ Охотского ЗТ нас интересует, во-первых, потому что случай, когда физическое состояние вещества среды, где условия зарождения и развития геофизических процессов глубоководного и столь сильного ЗТ (M7.7, $h=630$ км), ранее в сейсмологической практике не встречался. Во-вторых, интерес представляет рассмотрение двух сильных ЗТ, происшедших в одном сейсмоактивном районе (Охотское море, п-ов Камчатка), но ФШ деятельность которых происходила в различных условиях физического состояния вещества геологической среды – коровое Корякское ЗТ 20.04.2006 г. (M7.8, $h = 3,5$ км по данным Камчатского филиала ГС РАН, $h = 40$ км по данным сейсмостанции «Махачкала» ГС РАН) и в верхней мантии Охотского ЗТ 24.05.2013 г. (M7.7, $h = 630$ км).

Анализ ФШ деятельности Охотского ЗТ 24.05.2013 г., приведённый ниже, выполнен по методике, предложенной автором в работе [1].

2. Общий анализ статистических данных о наблюдениях ФШ деятельности Охотского ЗТ 24.05.2013 г.

По данным Камчатского филиала ГС РАН 24.05.2013 г. в 05 ч. 44 мин. 48,9 с. в Охотском море произошло сильное ЗТ с координатами гипоцентра: $\varphi = 54,89^\circ$ с.ш., $\lambda = 153,34^\circ$ в.д., на глубине $h = 629,81$ км, магнитудой M7.7, сотрясение которого на дневной поверхности ощущалось на огромных расстояниях от эпицентра.

По нашим оценкам ФШ деятельность развивалась примерно с 01.05.2013 г. по 24.05.2013 г. (продолжительность ФШ деятельности $T_{\text{ФШ}} = 24$ суток). Данные о посуточном развитии ФШ деятельности приведены в табл. 1.

Из данных табл.1 следует, что время ФШ деятельности по динамике развития ФШ процесса можно подразделить на три участка: с 1.05 по 17.05, (продолжительностью 17 суток), с 18.05 по 21.05 (продолжительностью 4 суток) и с 22.05 по 24.05.2013 г. (продолжительностью 3 суток).

Обобщённые данные по этим участкам времени по динамике развития, интенсивности потока событий и диссипации сейсмической энергии ФШ деятельности приведены в табл. 2.

Таблица 1

Данные о развитии ФШ деятельности Охотского ЗТ 24.05.2013 г.

Дата	Кол-во событий	Энергия, $E \times 10^9$ Дж	Дата	Кол-во событий	Энергия, $E \times 10^9$ Дж	Дата	Кол-во событий	Энергия, $E \times 10^9$ Дж
01.05.13	0	0	09.05	0	0	17.05	0	0
02.05	2	10,51	10.05	0	0	18.05*	12	2699,7
03.05*	6	4271,2	11.05	0	0	19.05*	51	29561
04.05	1	3,681	12.05	0	0	20.05*	35	35162
05.05	0	0	13.05	3	111,7	21.05*	70	504017
06.05	2	6,929	14.05*	5	7456,6	22.05*	14	1361,7
07.05	0	0	15.05	3	5,988	23-05*	10	429,81
08.05	3	4,434	16.05	2	271,1	24.05*	32	1400,4
						Σ	251	$588,77 \cdot 10^{12}$

Таблица 2

Обобщённые данные о динамике развития ФШ деятельности Охотского ЗТ 24.05.2013 г.

Интервалы времени	Количество Событий $N_{\text{соб}}$	Средняя интенсивность потока событий I_N соб/сутки	Кол-во энергии $E \cdot 10^{12}$ Дж	Средняя интенсивность диссип. энергии I_E Дж/сутки
1-17.05.13г.	27	1,6	12,142	0,71
18-21.05.13г.	168 (67%)	42	573,44 (98%)	143,25
22-24.05.13г.	56	18,6	3,192	1,064
Σ	251	-	588,774	-

Из данных табл. 2 следует, что наибольшей интенсивностью потока событий и диссипации сейсмической энергии характеризуется непродолжительный участок 2, где значения этих параметров ФШ деятельности на много порядков выше, чем на начальном участке 1 и заключительном участке 3.

По графику временного развития ФШ деятельность можно рассматривать как прерывный процесс (П-тип развития по К. Моги), а на заключительном участке развития ФШ деятельности наблюдается спад интенсивности перед ГТ 24.05.13 г., что мы рассматриваем как общую закономерность, характерную практически для развития ФШ деятельности всех сильных ЗТ.

3. Гипотетическое физико-химическое объяснение генеза геофизических процессов ФШ деятельности Охотского ЗТ 24.05.2013 г.

О характере простираения геофизических процессов в пространстве локального участка ЗК можно судить по распределению гипоцентров событий по глубине на тех же временных участках развития ФШ деятельности, приведённых в табл. 2.

Таблица 3

Распределение гипоцентров ФШ событий Охотского ЗТ 24.05.2013 г.

Интервалы времени	МФ	СФ	ГФ ₁	ГФ ₂	ГФ ₃	ГФ ₄	Σ
	0-30 км	31-50 км	51-100 км	101-300 км	301-500 км	501-700 км	
1-17.05.13	6	10	9	1	1	-	27
18-21.05.13	29	40	99	-	-	-	168
22-24.05.13	4	12	16	-	-	24	56
Σ	39 (15,5 %)	62 (25 %)	124 (50 %)	1	1	24 (9,5 %)	251

Из данных табл. 3 следует отметить следующие особенности развития ФШ деятельности:

1) характер распределения событий во времени и по глубине:

- на интервале времени 1-17.05 гипоцентры 27 событий расположены в основном на глубинах $h = 0-100$ км, при этом гипоцентры 16 событий – на глубинах до 50 км и 9 событий на глубинах $h = 51-100$ км;
- на непродолжительном четырёхсуточном интервале времени 18-21.05 гипоцентры 168 событий (67 %, больше половины ФШ событий) приурочены тем же глубинам, причём гипоцентры 69 событий расположены на глубинах до 50 км и 99 событий на глубинах $h = 51-100$ км;
- на заключительном трёхсуточном интервале времени ФШ деятельности 22-24.05 – гипоцентры 16 событий располагаются на глубинах до 50 км и 16 событий на глубинах 51-100 км;

2) однако, примечательное явление в развитии ФШ деятельности Охотского ЗТ 24.05.2013 г. мы наблюдаем на третьем заключительном

участке времени: в течение последних 3 суток на глубинах $h = 501-700$ км произошли 24 события (45 % от общего числа 56 событий этого интервала);

3) и, наконец, глубинное расположение гипоцентров событий имеет следующий характер:

- гипоцентры 101 события (~40,5 %) – МФ и СФ события – располагаются на глубинах $h = 0-50$ км;
- гипоцентры 150 событий (~59,5 %) приурочены к глубинам $h = 51-700$ км, в том числе 124 события (25 %) – глубинам $h = 51-100$ км, 26 событий (10 %) – глубинам $h = 100-700$ км. Эти события происходили последние 3 суток перед ГТ 24.05.13 г. Для того чтобы выяснить характер реальных физических процессов, связанных с совершением событий, приуроченных глубинам верхней мантии (астеносферы, слоям Гутенберга и Голицына, $h = 500-700$ км), следует обратить внимание на физическое состояние и параметры вещества на этих глубинах: температура $t \approx 1500 - 1800$ °С, давление $p = (14-15) \cdot 10^9$ Н/м², плотность вещества $\rho \approx 3,6 - 4,0$ т/м³, вязкость $\eta \approx 10^{19} - 10^{21}$ пуаз. Вещество с такими физическими параметрами находится в жидком расплавленном состоянии.

Спрашивается: какой характер носят дислокации вещества в таком состоянии, которые были зарегистрированы техническими средствами на дневной поверхности?

По нашему мнению, эти дислокации связаны с разрушением «пузырей», образованных ювенильными газами в результате химических процессов, происходящих в пограничном слое между внешним ядром (геосфера E) и нижней мантией (геосфера D).

Правдоподобное предположение, объясняющее механизмы этих процессов, дано в дискуссионной (по мнению авторов) работе [2]:

«По-видимому, здесь идёт речь о всплывании плюма сквозь более плотное вещество астеносферы, подобно пузырькам углекислоты

сквозь дрожжевое тесто или сусло, но в этих случаях пузырьки углекислоты легче вещества вмещающей среды, и здесь механизм движения ясен – газлифт.

В нашем же случае всё наоборот. Вещество плюма более плотное и больше нагрето относительно среды, сквозь которую он движется. Движущая сила плюма, очевидно, заключается в очень больших перепадах давления, т.е. – «эрлифт». Какое-то другое объяснение здесь не просматривается».

Однако, по нашему мнению, подобное предположение не объясняет действительные физико-химические процессы, которые наблюдались в развитии ФШ деятельности Охотского ЗТ 24.05.2013 г., особенно в заключительной части ФШ процесса.

По нашему мнению, дислокации в верхнемантийных слоях, связанные с сейсмическими событиями на этих глубинах, обусловлены перемещением каплевидных каверн (газовых пузырьков) к подошве ЗК. По видимому, каплевидные каверны (как газовые пузырьки) образуются в результате сложного взаимодействия двух одновременно происходящих процессов.

Первый процесс обусловлен следующими обстоятельствами:

а) все геосферы Земли (земная кора А, мантия В (B_1 , B_2 , С, D), ядро G, F, E) не являются неподвижными – они вращаются друг относительно друга;

б) геосферы характеризуются разными массой (m), физическими параметрами (плотность, вязкость, температура, давление), вследствие чего вращаются с различной скоростью друг относительно друга;

в) плотность, давление и температура повышаются к центру – ядру (G), или, наоборот, падают к дневной поверхности.

Второй процесс: вследствие вращения геосфер друг относительно друга происходит механическое перемешивание вещества пограничных слоёв геосфер, как в химической колбочке (реторте), по крайней мере, в

переходном слое F и в слое внешнего ядра E, способствующее образованию газовых пузырьков, (по-видимому, очень сложного химического состава), которые, увеличивая свои размеры, перемещаются вверх, интрузируя мантийные слои к астеносфере, и далее к подошве земной коры.

Глубина расположения гипоцентра ГТ Охотского ЗТ 24.05.2013 г. (около 630 км) обусловила распространение сейсмических волн на очень большие расстояния (тысячи км). Однако, остаётся пока неясным собственно физический процесс, связанный с совершением ГТ на такой глубине. Данные, приведённые в табл. 3, не позволяют дать правдоподобный ответ на этот вопрос.

Мы склонны выдвинуть следующую гипотезу об условиях совершения ГТ на такой глубине. Коль скоро мы предположили, что ГТ связан с каплевидной каверной (с газовым пузырьком), то возникает вопрос, не является ли совершение главного события Охотского ЗТ 24.05.2013 г. следствием взрыва водородно-газовой смеси – плюма, накопленного в ограниченном пространстве пузырька, образовавшегося в результате множества событий, происшедших в течение последних трёх суток перед ГТ. А если говорить более точно, то из 56 событий за это время 24 приурочены к 24.05 на глубине 650-720 км, и взрыва, обусловленного высокой концентрацией (плотностью) газовой смеси и высокой температурой окружающей среды (1500-1800 °С). Это подобно подземному атомному взрыву – при М7,7 высвободилось огромное количество энергии, примерно $2,2 \cdot 10^{16}$ Дж.

4. Об особенностях модели формирования очаговой зоны Охотского ЗТ 24.05.2013 г.

Анализ ФШ деятельности ряда сильных ЗТ, происшедших в районах с разной геологией и сейсмотектоникой (в частности, на п-ове Камчатка (Корякия) – 04. 2006 г., в Италии – 04.2009 г. [3] и Турции – 2010, 11, 12 гг., в Новой Зеландии – 02.2011 г. и Японии – 11.03.2011 г., на о-ве

Гаити – 01.2010 г., в Чили – 2010 г., Мексике (Калифорния) – 2010 г. и др.), показал, что закономерности развития геофизических процессов формирования очаговой зоны ГТ, характеризуются некоторыми общими свойствами. В частности, в начале ФШ процесса наблюдается повышение интенсивности потока событий, в средней его части приобретает определённый характер развития – непрерывный (Н-тип), или прерывный (П-тип) по К. Моги, в заключительной части, перед совершением ГТ происходит концентрация гипоцентров событий в некотором ограниченном пространстве, обусловленная резким увеличением интенсивности потока событий и диссипации сейсмической энергии.

Это – описание одной из моделей формирования очаговой зоны ГТ, которую мы назвали *влажной (флюидной, fluid – model)*.

Вторая модель формирования очаговой зоны ГТ сформулирована нами на основе результатов анализа ФШ деятельности Турецких ЗТ – 2010, 11, 12 годов и Корякского ЗТ 20.04.2006 г. Эта модель отличается от первой модели по физике механизма формирования очаговой зоны, особенно в заключительной части ФШ деятельности. В этом случае концентрация гипоцентров событий в ограниченном объёмном пространстве не наблюдается, а подготовка геологической среды к совершению ГТ происходит за время всей ФШ деятельности путём механического разрушения горных пород в огромном пространстве благодаря интенсивному потоку событий («взрывов») в данном сейсмически активном участке ЗК.

Эту модель формирования очаговой зоны ГТ мы назвали *сухой моделью (dry-model)*.

Анализ ФШ деятельности Охотского ЗТ 24.05.2013 г. приводит нас к заключению, что возможна третья модель формирования очаговой зоны ГТ, отличная от первых двух моделей, которые являются характерными для геологической среды коровых слоёв.

Модель формирования очаговой зоны Охотского ЗТ 24.05.2013 г. примечательна тем, что геофизические процессы ФШ деятельности

приурочены к астеносферным слоям верхней мантии, где физические параметры и состояние вещества существенно отличаются от физических параметров и состояния вещества коровых слоёв.

В третьей модели геофизические процессы ФШ деятельности и формирование очаговой зоны, как мы показали выше, связаны с конвективными процессами перемещения вещества сложного химического состава, насыщенного различными ювенильными газами, в том числе, водородом. Эту модель мы назвали *газовой (конвективно-газовой) моделью (convection – model)*.

Эта модель была подтверждена визуальным представлением ФШ деятельности с помощью формальных моделей 2D распределения эпицентров и 3D распределения гипоцентров событий в статике и динамике их развития.

Выводы:

1. Выполнен подробный анализ ФШ деятельности Охотского ЗТ 24.05.2013 г. по методике, предложенной автором.
2. Как показал анализ ФШ деятельности Охотского ЗТ 24.05.2013 г., построение графика временного развития ФШ деятельности, 2D распределение эпицентров и 3D распределения гипоцентров событий в динамике позволяют сделать ФШ процесс информационно прозрачным для решения прогнозных задач.
3. Отмечены три различные по физической сущности модели формирования очаговой зоны сильного ЗТ, позволяющие сформулировать формально общий подход к решению задачи прогноза времени и места совершения сильного ЗТ применительно к районам с разной сейсмотектоникой.

Список использованных источников

1. Гаджиев А.А. О возможности прогноза сильного землетрясения: на примере анализа форшоковой деятельности Японского землетрясения 11.03.2011 г. // Вестник Дагестан. гос. тех. ун-та. Технические науки. 2011. Т. 21. Вып. № 2. С. 71-76.
2. Осика Д.Г., Черкашин В.И., Пономарёва Н.Л. Плюмтектоника и природа катастрофических землетрясений. (В порядке обсуждения). // Сб. науч. тр. Ин-та геологии Дагестанского Научного Центра РАН. Вып. № 50. «Геология и материально-сырьевые ресурсы Южного Федерального округа». Матер. науч.-практ. конф. (13-15.09.2006 г.). Махачкала, 2006. С. 237-249.
3. Gadjev A.A., Gazanova N.Sh., Ahmedulaeva M.M. On the possibility prediction of the Italian earthquake on 04.06/2009, based on analysis of foreshock activity. (Part 1) // Book of abstracts. The 33rd General Assembly of the European Seismological Commission (GAESC2012), 19-24 August 2012 and Joang Seismologist Training Course (JSTC 2012), 25-30 August 2012. Moscow-Obninsk. P. 176-177.