

УДК 550.343.6

## **АНАЛИЗ ФОРШОКОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОРЯКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 20.04.2006 г.**

**Гаджиев Аюб Акбашович**

канд. тех. наук

**Ахмедулаева Месей Магомедхабибовна**

аспирант

Дагестанский государственный технический университет, Махачкала

*author@apriori-journal.ru*

**Аннотация.** Выполнен анализ пространственно-временного распределения энергетики форшоковой деятельности Корякского землетрясения 20.04.2006 г., указаны возможные причины и дано обоснование несостоявшегося прогноза землетрясения. Сформулированы гипотетические модели формирования очаговой зоны землетрясения в районах с разной геологией и сейсмотектоникой.

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

# ANALYSIS OF FORSHOCKS ACTIVITY OF THE KORYAK EARTHQUAKE OF 20.04.2006.

**Gadjiev Ajub Akbashovich**

candidate of technical sciences

**Ahmedulaeva Mesej Magomedhabibovna**

post-graduate student

Dagestan state technical university, Makhachkala

**Abstract.** In this work made analysis of existential distribution of power of forshocks activity of the Koryak earthquake of 20.04.2006 year. The possible reasons are specified and justification of the cancelled forecast of the earthquake is given. Hypothetical models of formation of focal zone of the earthquake in areas with different geology and seismotectonics are formulated.

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

## 1. Постановка задачи

Корякское землетрясение (ЗТ) 20.04.2006 г., мы считаем, относится к классу сильных ЗТ, которое не вписывается в схему анализа и физического объяснения форшоковой (ФС) деятельности для прогноза времени и места сильных ЗТ. Разработанная нами схема анализа ФС деятельности [1] предполагает образование аномальной зоны в результате происходящих на начальном этапе событий и срединной части ФС деятельности, затем, на конечном участке ФС процесса – формирование очаговой зоны будущего главного толчка (ГТ).

Мы считаем, что сейсмические события ФШ процесса, его характер и интенсивность определяют глубину расположения, форму и простираие очаговой зоны в локальном участке земной коры (ЗК), что делает возможным выносить суждения о правдоподобном (возможно, и достоверном) прогнозе времени и места ожидаемого сильного ЗТ.

ФШ деятельность Корякского ЗТ 20.04.2006 г. представляет научный и практический интерес, поскольку прогноз этого ЗТ ни по времени совершения (декабрь 2005 г.), ни по месту расположения эпицентра (ЭЦ) не состоялся – ЗТ произошло через четыре месяца (20.04.2006 г.) и с эпицентром на большом расстоянии от предположительного места прогноза.

Возникает естественный вопрос: какой отличительной особенностью характеризуется процесс подготовки Корякского ЗТ 20.04.2006 г., информация о которой не была учтена ни при принятии решения о прогнозе, ни при нашем разностороннем анализе ФШ деятельности по предлагаемой нами схеме. Ниже мы попытаемся ответить на этот вопрос.

## **2. Общий анализ статистических данных о наблюдениях ФШ деятельности Корякского ЗТ 20.04.2006 г.**

Общий и разносторонний анализ ФШ деятельности Корякского ЗТ 20.04.2006 г. построены на статистических данных Геофизической службы РАН.

Продолжительность ФШ деятельности ( $T_{фш}$ ) принята равной 110 суток (с 1.01. по 20.04.2006 г.), в течение этого времени произошло 1684 события различных энергетических классов.

В табл. 1 приведены общие данные о продолжительности ФШ деятельности, количестве сейсмических событий, высвободившейся энергии и, соответственно, выделившейся теплоте, вычисленных по значениям магнитуд ФШ событий.

**Общие данные о ФШ деятельности Корякского ЗТ 20.04.2006 г.**

Интервалы времени (мес.)	Количество событий, N	Количество энергии, $E \cdot 10^{12}$ Дж	Количество теплоты, $Q \cdot 10^9$ ккал
Январь	328	1,374	0,328
Февраль	462	3,977	0,950
Март	434	1,484	0,355
Апрель (1-20.04)	460	7,622	1,820
$\Sigma$	1684	14,457	3,453

Наиболее сейсмически активными по высвободившейся энергии (и теплоте) были отмечены числа: в январе: 3, 4, 14, 19 и 26.01; в феврале: 6, 7, 8, 11, 12, 16, 18 и 23.02; в марте: 1, 2, 18, 20 и 30.03; в апреле: 1.04 и с 12 по 20.04 до главного толчка.

Сейсмическая активность с 1 по 20.04 требует более внимательного и детального изучения, как заключительного участка ФШ процесса. Результаты анализа ФШ процесса этого промежутка времени приведены в п. 4.

По картине распределения ЭЦ ФШ событий формирование аномальной зоны Корякского ЗТ 20.04.2006 г. носит особенный характер:

1. все ЭЦ событий до ГТ сосредоточены вдоль восточного побережья п-ва Камчатка, охватывая предгорье Восточного хребта, Авачинский залив, Кропоцкий залив, Камчатский залив, Камчатский п-ов и залив Озерной;
2. ГТ произошёл в районе залива Корф и пос. Тилички в точке с координатами  $\varphi = 61,06^\circ$  с.ш.,  $\lambda = 167,58^\circ$  в.д., глубина расположения ГЦ  $h = 3,5$  км. Однако последние ФШ события произошли в районе, ограниченном по широте и долготе  $\varphi_{\max} = 56,61^\circ$ ,  $\lambda_{\min} = 164,01^\circ$  (18.04.) и  $\varphi_{\min} = 56,09^\circ$ ,  $\lambda_{\max} = 163,84^\circ$  (20.04., 4 ч. 15 мин), ( $\Delta\varphi \approx 5^\circ$ ), т.е. на расстоянии  $L = 5^\circ \times 65,01$  км/град. = 325 км к северу от зоны, где произошли все ФШ события.

Следовательно, предположение о приуроченности формирования очаговой зоны ГТ к месту совершения ФШ событий, как мы предполагали по аналогии с результатами анализа ФШ деятельности других сильных ЗТ, не подтвердилось. Это обстоятельство требует иного физического объяснения механизма формирования очаговой зоны.

Как показывает общая картина развития ФШ деятельности Корякского ЗТ 20.04.2006 г., прогноз места его совершения был невозможен, т.е. оперативный мониторинг ФШ деятельности не приносит достаточной информации для принятия прогнозного решения. К этому вопросу мы вернёмся в п. 5 (заключительной части этой работы).

### 3. Анализ временного распределения энергии, интенсивности высвобождения энергии Корякского ЗТ 20.04.2006 г.

В табл. 2 приведены данные о распределении магнитуд ФШ событий по месяцам ФШ деятельности, в табл. 3 – данные о временном распределении энергии и интенсивности высвобождения энергии (соответственно и теплоты).

Таблица 2

#### Распределение магнитуд ФШ событий во времени

Мес.	Магнитуды ФШ событий						$\Sigma$	M <sub>max</sub> – M <sub>min</sub>
	1,1-2,0	2,1-2,5	2,6-3,0	3,1-3,5	3,6-4,0	4,1-5,1		
Янв.	203	75	32	9	7	2	328	1,0-4,3
Февр.	292	90	49	16	8	7	462	1,0-4,8
Март	305	86	24	14	4	1	434	1,0-4,7
Апрель (1-20.04)	348	71	24	8	4	5	460	1,0-5,1
$\Sigma$	1148	322	129	47	23	15	1684	-
% от общего колич.	68,17	19,12	7,66	2,79	1,36	0,89	100	-

**Данные о временном распределении энергии и теплоты,  
и их интенсивности**

Месяцы	Январь	Февраль	Март	Апрель (1-20.04)	$\Sigma$
$N_c$	328	462	434	460	1684
$T_{фш}$ , сутки	31	28	31	20	110
$T_{фш}$ , часы	744	672	744	480	2640
$E \times 10^{12}$ , Дж	1,374	3,977	1,485	7,622	14,46
$Q \times 10^9$ , ккал	0,328	0,950	0,355	1,820	3,453
$I_{E1} \times 10^9$ , Дж/сутки	44,33	142,04	47,90	381,1	-
$I_{E2} \times 10^9$ , Дж/час	1,85	5,92	1,996	15,88	-
$I_{Q1} \times 10^6$ , ккал/сутки	10,59	33,92	11,44	91,0	-
$I_{Q2} \times 10^6$ , ккал/час	0,44	1,41	0,48	3,79	-

Из данных табл. 2 и 3 следует:

1) в общем количестве ФШ событий основную часть (87,3 %) составляют события низких значений магнитуд ( $M = 1,1-2,5$ );

2) наиболее сейсмически активным на начальном этапе ФШ деятельности является февраль, как по количеству событий, так и по высвободившейся энергии, т.е. имело место большее число событий высоких значений магнитуд, чем в январе и марте, следовательно, ФШ деятельность в целом относится к П-типу развития (по К. Моги);

3) общее количество высвободившейся энергии на начальном этапе ФШ деятельности (январь-февраль-март)  $E_{яфм} = 6,836 \cdot 10^{12}$  Дж, что меньше чем высвободилось на 20-суточном заключительном участке ФШ процесса  $E_{1-20.04} = 7,622 \cdot 10^{12}$  Дж – это половина (53 %) общего количества энергии событий всей ФШ деятельности;

4) соответственно наблюдалась высокая интенсивность диссипации энергии (и теплоты). Так, с 1 по 20.04 интенсивность диссипации сейсмической энергии наблюдалась в 2,7 раз выше, чем в феврале, и в 8,6 раз выше, чем в январе и 8 раз выше, чем в марте.

Эти данные характеризуют резкое повышение интенсивности геофизических процессов в аномальной зоне, формировавшейся в результате ФШ деятельности, что свидетельствует о завершающем этапе

формирования очаговой зоны ожидаемого ГТ. Однако ГТ произошёл не в зоне интенсивного развития геофизических процессов ФШ деятельности, но в другом месте.

Рассмотрим ещё одну таблицу данных о характере распределения ФШ событий по глубине, которая дополняет информацию о пространственном и глубинном развитии ФШ деятельности.

Таблица 4

**Данные о пространственно-временном распределении ФШ событий Корякского ЗТ 20.04.2006 г.**

Глубина ГЦ, h км	Январь	Февраль	Март	Апрель (1-20.04)	$\Sigma$
$0 \leq h \leq 50$	240	368	331	388	1327
$h > 50$	88 (27 %)	94 (21 %)	103 (23,7 %)	72 (15,6 %)	357 (21,2 %)
$\Sigma N$	328	462	434	460	1684

Приведём ещё одну примечательную таблицу о пространственном и временном распределении событий ФШ деятельности, гипоцентры которых приурочены к верхней мантии (табл.5).

Таблица 5

**Данные о пространственно-временном распределении ФШ событий Корякского ЗТ 20.04.2006 г., приуроченных к верхней мантии**

h, км	80-100	101-200	201-300	301-600	$\Sigma$
январь	14	36	4	3	57 (26,5 %)
февраль	26	31	1	-	58 (27 %)
март	23	40	3	3	69 (32,1 %)
Апрель (1-20.04)	13	18	-	-	31 (14,4 %)
$\Sigma$	76	125	8	6	215

По данным табл. 4 и 5 ГЦ значительной части ФШ событий приурочены к слою Мохо и верхней мантии ( $h = 75$  км и более); данные табл. 5 свидетельствуют о том, что только малая их часть (около 15 %) относятся к заключительной части ФШ деятельности – 1-20.04., и они, по видимому, не определяли энергетику процессов подготовки очаговой зоны ГТ.

#### 4. Анализ пространственно-временного распределения событий и диссипации сейсмической энергии на завершающем промежутке времени ФШ процесса (с 1.04 по 20.04.2006 г.)

Практический интерес представляют временное распределение ФШ событий по глубине ( $h$  км) (табл. 6) и временное распределение событий по значению магнитуды (табл. 7).

Таблица 6

**Распределение ФШ событий по глубине (с 1.04 по 20.04)**

Дата	Глубина, $h$ км				$\Sigma$	Дата	Глубина, $h$ км				$\Sigma$
	МФ	СФ	ГФ	ВМ и более			МФ	СФ	ГФ	ВМ и более	
1	8	4	1	-	13	11	12	2	2	3	19
2	14	3	1	2	20	12	33	1	3	2	39
3	16	2	1	4	23	13	37	2	-	1	40
4	7	1	-	1	9	14	27	2	2	2	33
5	6	2	1	-	9	15	21	3	2	1	28
6	4	2	2	2	10	16	33	3	2	2	40
7	13	2	3	2	20	17	37	3	2	2	44
8	15	2	-	2	19	18	24	-	2	2	28
9	8	1	1	4	14	19	13	5	-	2	20
10	11	5	2	-	18	20	7	5	2	1	15
$\Sigma$	102	24	12	17	155	$\Sigma$	244	26	17	18	305

В табл. 6 все ФШ события с 1.04 по 20.04. 2006 г. по глубине расположения ГЦ разделены на четыре группы: мелкофокусные (МФ) –  $h = 0-30$  км, среднефокусные (СФ) –  $h = 31-50$  км, глубокофокусные (ГФ) –  $h = 51-75$  км и события с ГЦ, расположенными (условно) ниже слоя Мохо и в верхней мантии (ВМ) с  $h > 75$  км.

Из табл. 6 следует, что: 1) из общего количества ФШ событий последних двадцати суток до ГТ ( $N_{1-20} = 460$ ) 346 событий (75,2 %) относятся к группе МФ, 2) 50 событий (10,9 %) – группе СФ, 3) 29 событий (6,3 %) – к группе ГФ, 4) 35 событий (7,6 %) – к слою верхней мантии (ВМ) –  $h = 76$  км и более, некоторые из этих событий приурочены к глубинам до 300 км и более, что, по-видимому, является свидетельством действия, характерного для этого участка ЗК, – явления субдукции. Дру-



гими словами, ФШ деятельность характеризовалась весьма сложными глубинными тектонофизическими процессами.

Таблица 7

**Распределение ФШ событий по магнитуде (с 1.04 по 20.04)**

Дата	Колич. событий	Магнитуды				E·10 <sup>9</sup> , Дж	I <sub>E</sub> ·10 <sup>9</sup> , Дж/сут.
		1,0-2,5	2,6-3,5	3,6-4,0	4,1-5,5		
1.04	13	12	-	1(4,0)	-	101,15	
2.04	20	20	-	-	-	1,387	
3.04	23	19	4	-	-	8,367	
4.04	9	9	-	-	-	0,405	
5.04	9	9	-	-	-	0,209	
6.04	10	10	-	-	-	1,384	
7.04	20	20	-	-	-	1,497	
8.04	19	19	-	-	-	1,601	
9.04	14	14	-	-	-	1,116	
10.04	18	17	1	-	-	3,621	
Σ <sub>1</sub>	155	149	5	1	-	120,737	0,503
11.04	19	18	1	-	-	3,347	
12.04	39	35	3	-	1(5,1)	3848,5	
13.04	40	35	3	-	2(4,6;4,7)	1764,66	
14.04	33	33	-	-	-	2,633	
15.04	27	24	2	-	1	275,21	
16.04	40	35	5	-	-	31,01	
17.04	44	39	3	2	-	76,445	
18.04	28	23	5	-	-	18,404	
19.04	20	18	-	1	1(4,8)	1457,31	
20.04	15	10	5	-	-	23,648	
Σ <sub>2</sub>	305	270	27	3	5	7501,167	31,2
Σ	460	419	32	4	5	7621,9	
N <sub>2</sub> /N <sub>1</sub> (E <sub>2</sub> /E <sub>1</sub> )	2	1,8	5,4	3/1	5/0	(62)	

Данные табл. 7 указывают на значительное повышение интенсивности потока событий и диссипации энергии на промежутке времени с 11.04 по 20.04. По этому признаку, для оценки динамики геофизических процессов промежутков времени 1-20.04.2006 г. разбит на два равных интервала с 1 по 10.04 и 11-20.04.

Распределение событий на этих интервалах характеризуется следующей особенностью: если в группах СФ, ГФ и ВМ распределение событий было одинаковым, т.е. значительная (по количеству событий) интенсивность потока событий не претерпела изменений, то интенсивность потока МФ событий на втором интервале (перед ГТ) наблюдалась очень высокой (70 %). Как мы полагаем, это обстоятельство свидетельствует о том, что процесс погружения нижних слоёв ЗК в верхнюю мантию (субдукция) инициировал и поддерживал интенсивность потока событий в верхних слоях ЗК.

Из данных табл. 7 о распределении ФШ событий во времени и магнитуде следует, что из 460 зарегистрированных на указанном промежутке времени событий, в первой декаде произошли 155 событий, и с 11 по 20.04 – 305 событий, т.е. во второй декаде интенсивность потока событий увеличилась в два раза. Распределение событий в диапазоне магнитуд  $M(1,0-2,5)$   $N_1 = 149$ ,  $N_2 = 217$ , в диапазоне  $M(2,6-3,5)$  –  $N_1 = 5$ ,  $N_2 = 32$ , а события с более высокими значениями магнитуд ( $M(3,6-4,0)$  и  $M(4,1-5,5)$ ) были отмечены в основном во второй декаде. Следовательно, более интенсивное высвобождение сейсмической энергии происходило в течение 10 суток перед ГТ – в 62 раза больше, чем в первой декаде.

Эти данные свидетельствуют о том, что с 11 по 20.04 ФШ деятельность характеризуется очень высокой интенсивностью, что связано с существенными изменениями поля механической напряжённости в блочной структуре геологического строения обширного пространства локального участка ЗК п-ова Камчатка.

Приведённый выше количественный анализ ФШ деятельности не позволяет вынести какое-либо заключение о месте формирования очаговой зоны ЗТ. Попытаемся проанализировать особенности сейсмотектоники п-ова Камчатка.

## 5. О тектогенезе Корякского ЗТ 20.04.2006 г.

Обратим внимание на следующее обстоятельство особенного характера протекания геофизических процессов, связанных с ФШ деятельностью в целом Корякского ЗТ 20.04.2006 г.

Из всех ФШ событий ( $N_{\text{фш}} = 1684$ ) с 1.04 по 20.04, происшедшие до ГТ, распределены в широтном направлении с юго-запада на северо-восток с  $\varphi_{\text{min}} = 49^\circ$  до  $\varphi_{\text{max}} = 57^\circ$ , на протяжении  $\Delta\varphi = 8^\circ$  или на расстояние  $l_{\text{ш}} \approx 890$  км, с дисперсией по долготе  $\Delta\lambda \approx 6^\circ$ , т.е. на расстояние  $l_{\text{д}} \approx 390$  км.

В этом огромном пространстве – площадью  $S = 890 \times 390 = 347,1$  тыс. кв. км, на глубинах  $h \leq 50$  км ( $N_1 = 1387$  событий) и  $h > 50$  км до верхней мантии ( $N_2 = 351$  событие), при средней интенсивности потока сейсмических событий ( $I \approx 15$  событий в сутки, а в последние 20 суток перед ГТ – 23 события в сутки – происходят, со все возрастающей интенсивностью, «взрывы» в ЗК, которые могли, по-видимому, вследствие продолжительности ФШ деятельности («взрывов») привести к значительным изменениям в структуре геологической среды. В свою очередь, в этот разрушительный дислокационный процесс, по-видимому, был вовлечён тектонически сопряжённый район, где образовался очаг ГТ.

В подтверждение этой гипотезы приведём утверждение акад. М.А. Садовского о том, что «для регулирования дробления больших объёмов горных пород необходимо не повышение пикового давления, а увеличение длительности воздействия взрыва на породу» [7].

Однако, как этот процесс прогнозировать? Как описать математически и объяснить физически эту закономерность?

Это – вопросы, на которые сейчас нет ответов. Мы попытаемся сформулировать некоторые соображения, позволяющие, как мы полагаем, объяснить тектогенез Корякского ЗТ 20.04.2006 г.

Мы обратились к двум авторитетным источникам, в которых описываются особенности геологического строения и тектоники п-ова Камчатка.

В работе [2] авторы отмечают: «Основная особенность тектонического строения – наличие генетически различных структур двух прости-

раний: северо-восточных, связанных с развитием Курило-Камчатской вулканической дуги, и северо-западных, соответствующих простиранию основных структур Приохотья. Для первой системы характерно развитие надвигов, для второй – крутопадающих нарушений».

В работе [3] В.В. Белоусов, отмечая сложную тектоническую природу Камчатки, пишет: «Можно думать, что только там, в *Корякском нагорье*, была сформирована и развивалась геосинклиналь альпийского цикла. Южнее – на самом полуострове – условия не были геосинклинальными. Возможно, что их следует считать парагеосинклинальными». (Здесь и далее курсив мой – А.Г.).

Как известно, геосинклиналь – одно из важнейших понятий современной тектоники, возникшее из противопоставления относительно подвижных и устойчивых областей ЗК.

Геосинклиналь в широком смысле представляет собой зоны, которым присущи следующие признаки:

- 1) высокая подвижность;
- 2) контрастные изменения геодинамических напряжений;
- 3) большая мощность (10-25 км) отложений;
- 4) значительная расчленённость и повышенная проницаемость ЗК, выражающаяся в активном *магматизме* и *метаморфизме*;
- 5) это – линейно вытянутые, дугообразно изогнутые или мозаично построенные зоны ЗК, зарождение и развитие которых тесно связано с глубинными разломами;
- 6) в начальных стадиях своего развития они характеризуются преобладанием погружений (собственно геосинклинальная стадия) и морскими условиями, а в заключительных стадиях – преобладанием поднятий (орогенная стадия) и горообразованием;
- 7) это также пластичные зоны, физическое состояние которых обуславливает интенсивные складкообразовательные процессы;
- 8) мощность и строение ЗК и верхней мантии в пределах геосинклинали подвержены значительным *колебаниям*;

9) современные (и, вероятно, древние) геосинклинали отличаются *высокой сейсмичностью*.

В поисках причинно-следственных связей в развитии геофизических процессов ФШ деятельности Корякского ЗТ 20.04.2006 г. мы обратили внимание на 1-4 и 9 признаки геосинклинали, характеризующие особенности динамики геологических структур и связанных с ней *магматическими* и *метаморфическими* процессами, а также сейсмичность зон этих структур.

Как известно, главными факторами метаморфизма являются температура, давление (гидростатическое и одностороннее), состав и химическая активность растворов и флюидов. Существенное значение имеют также состав и строение исходных пород, и геологические условия метаморфизма (пространственные и генетические взаимосвязи с тектоническими движениями, магматизмом и т.п.). Таким образом, метаморфизм можно отнести к процессам, способствующим и сопутствующим образованию геосинклинальных зон в ЗК.

С другой стороны, динамика геологических структур определяется *тектоническим режимом*, характерным для данного локального участка ЗК. Известно, что геосинклинальный тектонический режим отличается (от других типов – орогенного и платформенного) большими амплитудами и резкой дифференцированностью вертикальных движений ЗК, повышенной сейсмичностью, активным вулканизмом, формированием складчатых и разрывных структур и т.д. Несмотря на то, что п-ов Камчатка располагается на стыке больших Русской и Тихоокеанской платформ, тектонический режим п-ова Камчатка с учётом других признаков скорее можно отнести к геосинклинальному типу, чем к платформенному типу.

Отмеченные выше геологические и тектонические особенности строения локального участка ЗК п-ова Камчатка предопределили продолжительный по времени и сложный по форме характер ФШ деятельности Корякского ЗТ 20.04.2006 г.

Механизм формирования очаговой зоны, подготовки и совершения ГТ, характерный для многих ЗТ, сформулированный нами в результате

количественного и качественного анализа геофизических процессов ФШ деятельности ряда сильных ЗТ, происшедших в районах с разной сейсмотектоникой, в частности, Дагестанского ЗТ – 1999 г., Алтайского ЗТ – 2003 г., Гаитянского ЗТ – 2010 г., Чилийского ЗТ – 2010 г., Новозеландского ЗТ – февраль 2011 г., Японского – март 2011 г., физически, как термодинамической системы, в сценарии механизма формирования очага, подготовки и совершения Корякского ЗТ 20.04.2006 г. не наблюдается.

Таким образом, мы пришли к выводу, что формирование очаговой зоны сильного ЗТ, хотя в большинстве случаев происходит в соответствии с общими физическими законами, зависит от характера ФШ деятельности, определяемого геологическим и тектоническим строением локального участка ЗК. В связи с этим возникает задача классификации ФШ деятельности на основе более глубокого анализа её качества, количественных характеристик, геологического строения и сейсмотектоники соответствующего локального участка ЗК.

## **6. Метаморфизм как основа формирования геосинклинальной зоны Корякского ЗТ 20.04.2006 г.**

Как известно, метаморфизм – это разнообразные эндогенные процессы, с которыми связаны те или иные изменения в структуре, в минеральном и химическом составе горных пород в условиях, отличающихся от их первоначального образования (поверхностного или глубинного).

Известен также множественный характер метаморфизма, в частности, различают метаморфизм региональный, а по физической сущности процессов – ударный, термодинамический, динамотермальный и другие [5].

Наилучшим образом, учитывая результаты количественного анализа, приведённого выше в п.п. 2, 3 и 4, объясняет физические механизмы предмета нашего анализа – геофизические процессы ФШ деятельности Корякского ЗТ 20.04.2006 г. – понятие *ударного метаморфизма*.

*Ударный метаморфизм* – это изменения в горных породах и минералах, обусловленные прохождением мощной ударной (метеоритной) волны. Единственным известным природным процессом, при котором

может проявиться ударный метаморфизм, является падение крупных метеоритов. Ударный метаморфизм характеризуется *мгновенностью проявления*, высоким пиковым давлением (от 10-100 кбар до Мбар) и остаточной температурой (свыше 1500 °С), кинетическими реакциями преобразования вещества. При ударном метаморфизме происходит *дробление минералов, разрушение их кристаллических решёток, плавление минералов и горных пород. Ударный метаморфизм воспроизводится и при подземных взрывах больших энергий* [5].

Отметим, что о метеоритном происхождении ударного метаморфизма в ФШ деятельности Корякского ЗТ 20.04.2006 г. здесь речь не идёт, но эквивалентным ему (метеоритному происхождению), как мы предполагаем, оказалось развитие ФШ деятельности в последние двадцать суток перед ГТ (см. табл. 7):

а) средняя интенсивность событий («взрывов») с 1.04 по 20.04  $I_N = 15$  событий в сутки, а с 11 по 20.04 – 23 события в сутки, т.е. наблюдалась всёвозрастающая интенсивность потока событий и высвобождаемой при этом энергии, следовательно, и выделения теплоты. Другими словами, происходило *«дробление минералов, разрушение их кристаллических решёток, плавление минералов и горных пород»*.

О выделении значительного количества теплоты в результате ФШ деятельности свидетельствуют также данные о вариациях температуры почвы и воздуха на дневной поверхности в эпицентральной зоне Корякского ЗТ 20.04. 2006 г. (район пос. Тиличики и Корф), отмеченные ближайшими территориальными метеостанциями (табл. 8).

Таблица 8.

**Вариации температуры в эпицентральной зоне Корякского ЗТ  
20.04.2006 г.**

Дата	11.04	12.04	13.04	14.04	15.04	16.04	17.04	18.04	19.04	20.04
Темп. °С	-13,1	-11,7	-11,3	-8,0	-1,6	-10,2	-9,9	-8,1	-1,4*	-6,7

Сравнивая данные, приведённые в табл. 7 и 8, можно отметить, что вариации температуры, как следствие, повторяют вариации высвобождения сейсмической энергии ФШ событий в обширной эпицентральной зоне.

Таким образом, возвращаясь к началу наших рассуждений о тектогенезе Корякского ЗТ 20.04.2006 г., отметим, что становится ясным – оперативный прогноз этого ЗТ был затруднён при существующих методах прогноза, поскольку, как показано выше, требуется одновременно с оперативным наблюдением развития ФШ деятельности в реальном времени анализировать разноплановое развитие (по многим физическим параметрам) геофизических процессов.

## **7. Некоторые заключительные соображения о физических механизмах подготовки и совершения Корякского ЗТ 20.04.2006 г.**

1. Нашей главной целью анализа ФШ деятельности Корякского ЗТ 20.04.2006 г. является выяснение условий, по которым не состоялся прогноз Института Физики Земли РАН этого ЗТ.

2. Анализ ФШ деятельности многих сильных ЗТ последних пятнадцати лет, проведённый нами по методике [1] с применением формальных технологий (математика, физика, информатика), показал, что геофизические процессы ФШ деятельности сильного ЗТ обуславливают формирование достаточно обширной пространственно аномальной зоны, внутри которой при определённых условиях (в частности, высокой интенсивности потока событий в ограниченном объёмном пространстве) происходит формирование очаговой зоны ЗТ, как термодинамической системы. В такой зоне физические свойства вещества геологической среды претерпевают существенные изменения (в частности, появляется жидкая составляющая), которые приводят к возникновению разности потенциалов поля механической напряжённости между средой очаговой зоны и окружающей эту зону среды. Это в свою очередь способствует началу процесса перемещения вещества из окружающей среды в очаговую зону, и совершению главного толчка.



Подобный генез очаговой зоны и механизма главного толчка мы назвали *флюидной (или влажной) моделью (fluid-model) дислокаций* в очаговой зоне. Эта модель нашла подтверждение при анализе ФШ деятельности практически абсолютного большинства сильных ЗТ за период 1999-2012 годы; она не нашла подтверждения в анализе Корякского ЗТ 2006 г. и ЗТ в Турции (2010, 2011 г.).

3. Особенный характер носят дислокации, связанные с Корякским ЗТ 2006 г. Как известно, прогноз этого ЗТ, проведённый ИФЗ РАН ни по времени (декабрь 2005 г.), ни по месту расположения эпицентра не состоялся.

Визуализация пространственно-временного распределения эпицентров и гипоцентров событий ФШ деятельности в динамике 2D и 3D моделей позволила получить наглядное представление о геофизических процессах ФШ деятельности Корякского ЗТ 20.04.2006 г.

Проведённый нами анализ показал, что геологические и тектонические особенности п-ова Камчатка обусловили дислокации не по флюидной модели, описанной выше, а по другой схеме. ФШ деятельность (около 1680 событий) продолжалась примерно с 1.01.2006 г. до момента главного толчка 20.04.2006 г. со средней интенсивностью потока 15-16 событий в сутки, при этом гипоцентры 79 % событий расположены на глубинах  $h = 0-50$  км, образуя обширную аномальную зону на всём протяжении п-ова Камчатка (см. п. 4). При этом не наблюдается формирование очаговой зоны, как термодинамической системы – при распределении эпицентров и гипоцентров на значительных расстояниях друг от друга энергия событий (как «взрывов») успевала рассеяться в окружающую среду.

Известно, что для регулирования дробления больших объёмов горных пород необходимо не повышение пикового давления, а увеличение длительности воздействия взрыва на породу [6].

По-видимому, такой характер пространственно-временного распределения событий ФШ деятельности обусловил ослабление межблочных механических связей в Корякии (понижению механической напряжённости поля) в ограниченном пространстве тектонически сопряжённого рай-

она, и образование очага главного толчка на значительном расстоянии от основного расположения ФШ деятельности.

Эту модель, в отличие от флюидной модели, мы назвали *сухой моделью (dry-model) формирования очаговой зоны и дислокаций, связанных с главным толчком*.

4. В этих моделях мы отмечаем аналогию с влажной и сухой моделью дилатансии в очаговой зоне, предшествующей главному толчку.

Относительно сухой модели дилатансии в [7] Рикитаке отмечает: «Согласно Моги, первый и второй этапы, т.е. накопление деформаций при тектоническом процессе (этап I) и возникновение дилатансии (этап II) могут быть теми же, что и во влажной модели. Однако во время следующего этапа (этап III) дилатансия и связанное с нею напряжение концентрируются в очень ограниченной зоне – таким образом, уменьшение напряжений будет наблюдаться всюду, кроме этой ограниченной зоны, где, в конце концов, произойдёт разрыв».

Проводя аналогию между сухой моделью дилатансии и характером развития ФШ деятельности Корякского ЗТ 20.04.2006 г., следует, однако, отметить, что физическое объяснение механизма сухой модели процессов подготовки и совершения Корякского ЗТ, данное нами, отличается от сухой модели дилатансии. Полная аналогия в моделях отсутствует: во-первых, эпицентр главного толчка оказался в большом отдалении от основных событий ФШ деятельности, во-вторых, никаких предвестников, кроме аномального изменения температуры, в эпицентральной зоне перед главным толчком не было отмечено, ни влажная, ни сухая модель дилатансии не объясняет вариации температурного поля в эпицентральной зоне, в-третьих, наблюдается иной характер механизма дислокаций в обширном пространстве геологической среды.

Из приведённых выше соображений следует необходимость разработки разных подходов к построению алгоритма краткосрочного прогноза ЗТ.

Общие выводы:

1. Выполнен подробный анализ пространственно-временного распределения событий ФШ деятельности Корякского ЗТ 20.04.2006 г.
2. Выполнен анализ механизмов дислокаций геологической среды и энергетической диссипации ФШ деятельности Корякского ЗТ 20.04.2006 г.
3. Сформулированы две возможные модели формирования очаговой зоны ГТ.
4. Успешное решение задачи прогноза времени и места ГТ, по видимому, зависит от знания физических механизмов формирования очаговой зоны, которые, как нами установлено, могут быть различными в зависимости от геологического строения и сейсмотектоники локального участка ЗК.

#### **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. Кушев С.Л., Тихонов В.И. Геологическое строение. Камчатка. БСЭ. Т. 11. М.: Советская энциклопедия, 1973. С. 288.
3. Белоусов В.В. Основные вопросы геотектоники. М.: «Госгеолтехиздат», 1962. 608 с.
4. Красный Л.И. Геосинклиналь. Геологический словарь. В 2 т. Т. 1. М.: «Недра», 1973. С. 147.
5. Геологический словарь. В 2 т. Т. 1. М.: «Недра», 1973. 488 с.
6. Механический эффект подземного взрыва / под ред. М.А. Садовского. М., 1971.
7. Рикитакэ Т. Предсказание землетрясений. М.: «Мир», 1979. 390 с.