

ГАРМСКОЕ-V ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 21 июля 2007 г. с $K_p=13.4$, $M_w=5.2$, $I_0=6-7$ (Таджикистан)**¹Р.У. Джураев, ²Р.С. Михайлова**¹Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии
АН Республики Таджикистан, г. Душанбе, ygge.dushanbe@gmail.com²Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, raisa@gstras.ru

21 июля 2007 г. в 22^h44^m (22 июля в 03^h44^m местного времени) в 158 км восточнее Душанбе произошло землетрясение с $K_p=13.4$ [1], $M_w=5.2$ [2], I_0 около 7 баллов. Его макросейсмический эпицентр ($\varphi=38.99^\circ\text{N}$, $\lambda=70.31^\circ\text{E}$) был расположен в Раштском (Гармском) районе, на левом борту р. Сурхоб, южнее кишлака Кулоба. Координаты инструментального эпицентра по данным цифровых станций [3] Геофизической службы АН Республики Таджикистан составили: $\varphi=38.94^\circ\text{N}$, $\lambda=70.33^\circ\text{E}$, глубина очага $h=5$ км [1]. Расстояние между макросейсмическим и инструментальным эпицентром – $\Delta \sim 6$ км. Это уже пятое землетрясение с названием «Гармское». Первые три, произошедшие 20.04.1941 г. с $M=6.4$, $I_0=9$ баллов, 14.04.1966 г. с $M=5.2$, $I_0=6$ баллов и 22.03.1969 г. с $M=5.3$, $I_0=6-7$ баллов, даны в Новом каталоге... [4], четвертое – зарегистрировано 23.02.1987 г. с $M=4.9$, $I_0=6$ баллов и описано в [5].

Решение эпицентра Гармского-V землетрясения по инструментальным и макросейсмическим данным Таджикистана сопоставлено в табл. 1 с решениями других агентств.

Таблица 1. Основные параметры Гармского-V землетрясения 21 июля 2007 г. с $M_w=5.2$ по данным цифровой сети Таджикистана в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр					Магнитуда	Источ- ник	
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км			δh , км
НС АН РТ	22 44 12		38.94 38.99 _{МКР}	0.06	70.33 70.31 _{МКР}	0.06	5 11 _{МКР}		$K_p=13.4$	[1]
ЦА	22 44 16.1	1.3	39.00		70.80				$K_p=13.6$	[6]
MOS	22 44 16.3	1.0	38.99		70.47				$M_s=5.0/48$, $M_{PSP}=5.8/98$	[7]
ISC	22 44 14.9	0.1	38.95	0.02	70.53	0.02	17 17*	2.4*	$M_s=4.9/183$, $m_b=5.5/316$, * $h_{DP}=17\pm 2.4$	[2]
NEIC	22 44 13.6	0.1	38.94		70.49		10		$M_s=5.0/118$, $m_b=5.6/194$	[2]
GCMТ	22 44 13.6	0.2	38.98		70.17		12		$M_w=5.2/77$	[2]
IDC	22 44 16.9	2.4	38.91		70.47		33		$M_s=4.7/31$, $m_b=5.0/29$	[2]
ВЛ			39.08		70.38		15		$M_s=5.3$, $M_{sz}=5.1$, $m_b=5.1$	[2]

Примечание. Расшифровка агентств дана в условных обозначениях к наст. сб.

Все решения представлены на рис. 1. Рассмотрим их особенности.

Прежде всего, как отмечено выше, инструментальный и макросейсмический эпицентры не совпадают, последний смещен на 6 км к север–северо-западу. К макросейсмическому эпицентру наиболее близко (12 км) находятся решения GCMТ и ВЛ, наиболее удалено (42 км) решение Центральной Азии (ЦА). Остальные удалены на 14–19 км. К инструментальному эпицентру близки (13 км) решения MOS и IDC, по-прежнему наиболее (41 км) удалено эпицентр ЦА, остальные – на 14–17 км. В общем, следует признать, что такой большой разброс связан, возможно, с невысокой точностью обработки землетрясений существующей сетью сейсмических станций в данном районе Таджикистана.

Наибольшего внимания в этой таблице заслуживает достаточно надежная оценка глубины гипоцентра в ISC [2] по фазе pP , равная $h^*=17\pm 2$ км, которая согласуется с приведенной ниже макросейсмической глубиной $h_m(I_0)$.

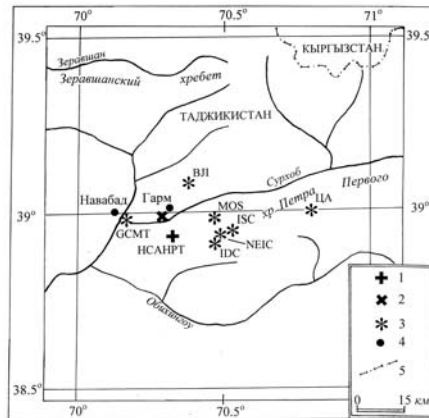


Рис. 1. Сопоставление решения инструментального эпицентра Гармского-V землетрясения 21 июля 2007 г. с $M_w=5.2$ по данным близких станций Таджикистана с макросейсмическим и с решениями других агентств

1, 2 – инструментальный и макросейсмический эпицентр по данным НС АН РТ соответственно; 3 – решения по данным других сейсмологических служб; 4 – населенный пункт; 5 – государственная граница.

Механизм очага Гармского-V землетрясения имеется в бюллетене ISC [2] по определениям GCMT (табл. 2).

Таблица 2. Параметры механизма очага Гармского-V землетрясения 21 июля 2007 г. в 22^h44^m с $M_w=5.2$

Агент-ство	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	Магнитуды			K_p	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источ-ник
				M_w [2]	M_S [7]	M_s [2]		T		N		P		$NP1$			$NP2$			
								PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$	
GCMT	21.07	22 44 12	12	5.2	5.0	4.9	13.4	50	32	39	227	7	131	185	51	35	71	63	135	[2]

Примечание. Глубина соответствует значению h , использованному агентством GCMT при решении механизма очага.

Приведенные в табл. 2 параметры свидетельствуют о том, что Гармское-V землетрясение возникло в условиях существенного превалирования напряжений сжатия, т.к. $PL_p=7^\circ \ll PL_1=50^\circ$, что обусловило движение типа взброс по обеим достаточно крутым ($DP_1=51^\circ$, $DP_2=63^\circ$) нодальным плоскостям, осложненное сдвигом, левосторонним по плоскости $NP1$ близмеридионального ($STK_1=185^\circ$) простираения и правосторонним – по $NP2$ восток-северо-восточного ($STK_2=71^\circ$) простираения. Стереодиаграмма механизма очага и инструментальный эпицентр даны на рис. 2 на фоне известной карты разломов В.Г. Трифонова [8].

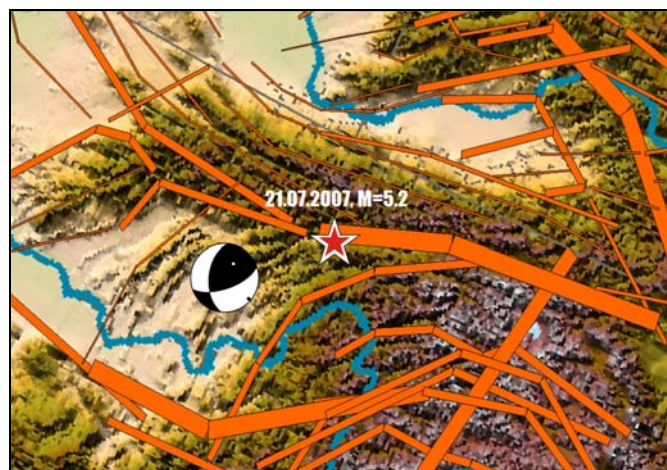


Рис. 2. Стереодиаграмма механизма очага Гармского землетрясения 21 июля 2007 г. с $M_w=5.2$ в проекции нижней полусферы

Как видим, напрямую простирание ни одной из нодальных плоскостей ($STK_1=185^\circ$, $STK_2=71^\circ$) не согласуется с простиранием очень близкого к эпицентру Гармского-V землетрясения крупного Гиссаро-Кокшаальского глубинного разлома I-го порядка (название разлома дано по А.М. Бабаеву [9]).

Афтершоки Гармского-V землетрясения довольно многочисленны, свыше 200 [10]. Поле их эпицентров, представленное на рис. 3, достаточно разбросано, тем не менее, некоторые особенности очевидны. Эпицентры афтершоков расположены в основном южнее и восточнее инструментального эпицентра основного толчка, в пределах северных отрогов хр. Петра Первого.

Все они слабые, максимальный из них имеет энергетический класс $K_p=10.2$ и зарегистрирован примерно через полмесяца после главного толчка (7 августа в 01^h49^m [10]). Энергетическая ступень между главным землетрясением и его максимальным афтершоком превышает три порядка:

$$\Delta K_a = 13.4 - 10.2 = 3.2.$$

Суммарная энергия всей серии вместе с главным событием равна $\Sigma E = 2.515 \cdot 10^{13}$ Дж, тогда как энергия одного главного толчка равна $E = 2.512 \cdot 10^{13}$ Дж. Следовательно, в очагах всех ($N=201$) афтершоков высвобождено всего $\Sigma E = 0.003 \cdot 10^{13}$ Дж, или 1.2% от всей энергии, равно как и от энергии главного толчка. Высокое значение энергетической ступени и слишком малая суммарная энергия афтершоков свидетельствуют о высоком уровне оставшихся напряжений и возможности повторения землетрясений здесь в недалеком будущем.

Что касается геометрии поля афтершоков, то следует отметить положение главного толчка на краю зоны (на западе). В целом поле афтершоков имеет овальную форму, особенно если ориентироваться лишь на более сильные из них с $K_p \geq 7.6$ (контур на рис. 3). Размеры области афтершоков составили 7×15 км. Все поле афтершоков смещено на 5–10 км к юго-востоку от р. Сурхоб и почти параллельно ее руслу, или что то же, Гиссаро-Кокшаальскому глубинному разлому.

Особенности процесса затухания афтершоков во времени демонстрирует рис. 4, где они сгруппированы по пяти дням. Из графика следует, что нулевое значение числа афтершоков в выбранном временном окне зафиксировано с 25 по 29 августа, затем до 28 сентября это число имело значения от 0 до 3. А далее $N_i=0$ нулевое значение характеризует только один интервал, с 29 октября по 2 ноября, во всех других интервалах число афтершоков меняется от 2 до 7. По-видимому, датой завершения серии следует считать 29 августа, после чего наблюдается фоновый режим на уровне $\bar{N}=4$ землетрясения за каждые 5 дней.

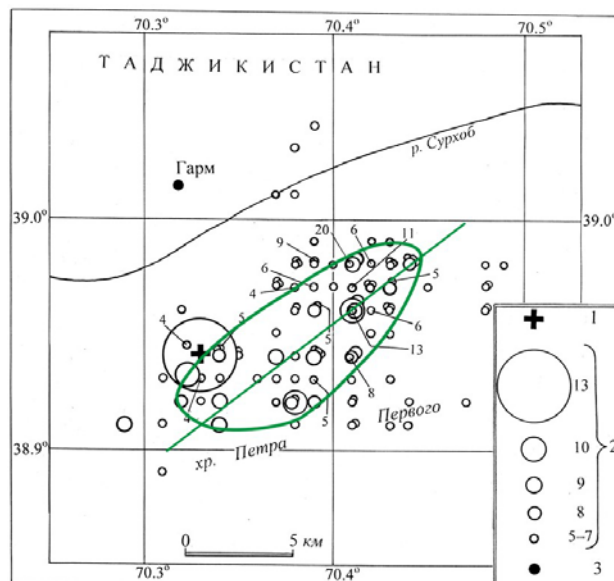


Рис. 3. Карта эпицентров афтершоков Гармского-V землетрясения 21 июля в 22^h44^m с $M_w=5.2$

1 – инструментальный эпицентр главного толчка; 2 – энергетический класс K_p ; 3 – населенный пункт.

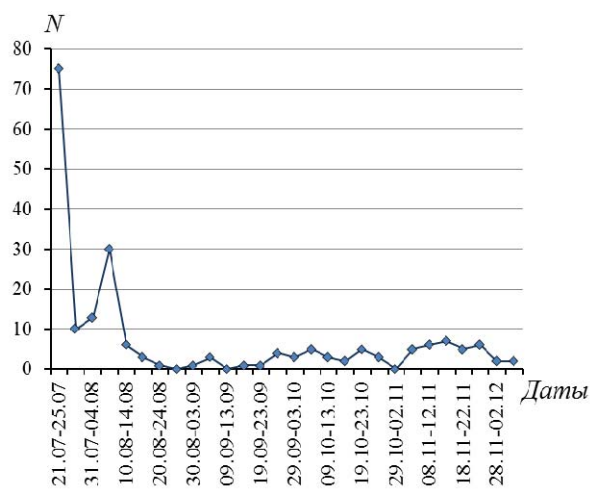


Рис. 4. Распределение афтершоков Гармского землетрясения из [10] по пятидневным интервалам

Макросейсмические проявления. Интенсивность сотрясений в эпицентральной зоне достигала $I_0=6-7$ баллов по шкале MSK-64 [11]. В результате землетрясения наиболее сильно пострадали кишлаки (селения) Кулоба, Чугдабион, Казнок и Качаманди, где интенсивность подземных толчков достигала 6–7 баллов.

Селения Кулоба и Чугдабион расположены на левом борту долины р. Сурхоб, у подножия северных отрогов хр. Петра Первого. Жилые дома и общественные здания в этих кишлаках глинобитные (типа «покса») и из кирпича-сырца. В результате землетрясения во многих жилых домах образовались сквозные трещины шириной от 0.3 до 1.0 см в стенах и угловых сопряжениях стен, с обрушением больших кусков штукатурки. В отдельных случаях наблюдались обрушения частей стен. В относительно новых постройках повреждения были в несколько меньшей степени. Сильно повреждены или частично разрушены глинобитные хозяйственные постройки и дувалы. Южнее кишлака Кулоба, на склоне холма, образовались трещины протяженностью от 10–15 до 100 м, с шириной раскрытия 2.5–3 см. На склонах гор произошли камнепады и небольшие обвалы. В 10–12 км южнее кишлака на склоне горы в результате обрушения тяжелого глинобитного перекрытия временки (летовки), построенной методом врезки в склон холма, погибли 3 человека.

Северная часть селения Кулоба расположена на слабохолмистой поверхности пролювиального конуса выноса, а южная – на склоне холма, сложенной с поверхности суглинками мощностью более 10–15 м. Аналогичное расположение имеет и селение Чугдабион. В результате в жилой зоне, расположенной на склоне холма, степень повреждений домов было несколько больше, чем в северной, на более ровной поверхности.

В селениях Казнок и Качаманди, расположенных на правом борту долины р. Сурхоб, на слабохолмистой поверхности пролювиальных отложений интенсивность подземных толчков достигала также 6–7 баллов. В результате землетрясения во многих глинобитных домах этих селений образовались трещины в стенах, в угловых сопряжениях стен, в некоторых трещины были сквозными. Обрушение части стен наблюдались в нескольких относительно старых домах и подсобных помещениях.



Рис. 5, 6. Повреждения части жилого глинобитного дома и подсобного помещения в селениях Кулоба и Чугдабион по левому борту р. Сурхоб



Рис. 7, 8. Повреждения части жилого глинобитного дома и подсобного помещения в селениях Казнок и Качаманди по правому борту р. Сурхоб

В селениях Казнок и Качаманди на усиление интенсивности землетрясения повлияли, очевидно, грунтовые и гидрогеологические условия (близкое расположение к поверхности грунтовых вод).

Жители отмеченных выше селений проснулись от сильного вертикального толчка, перешедшего в горизонтальные колебания широтного направления. По мнению жителей Казнок и Качаманди, расположенных на правом борту р. Сурхоб, горизонтальные колебания имели направление с восток-юго-востока на запад-северо-запад. Жители в страхе выбегали из помещений. Внутри домов падали неустойчиво стоявшие предметы.

Аналогичные повреждения жилых и общественных зданий, но в несколько меньшей степени, соответствующих 6-балльному сотрясению по шкале MSK-64 [11], произошли и в селениях Калаи Сурх, Кадара, Хост, Лангарак и Кизрог, расположенных на расстоянии от 0.5 до 5.0 км от макросейсмического эпицентра ($\varphi=38.99^\circ\text{N}$, $\lambda=70.31^\circ\text{E}$). Землетрясение проявилось здесь в виде резкого вертикального толчка, как бы взрыва, перешедшего в горизонтальные колебания широтного направления. Люди, просыпаясь, в страхе выбегали из домов. Внутри помещений падали неустойчиво стоявшие предметы. В одном доме упал неустойчиво стоявший железный шкаф.

В десяти селениях (табл. 3), где интенсивность сотрясений достигала $I=5-6$ баллов, в большинстве жилых глинобитных домов образовались тонкие трещины в стенах и увеличались старые.

В 15 населенных пунктах Раштского (Гармского) и Нурабадского (Комсомолабадского) районов, расположенных на расстоянии от 5 до 15 км от макросейсмического эпицентра, землетрясение проявилось с интенсивностью $I=5$ баллов. В этой зоне в отдельных преимущественно старых глинобитных домах образовались тонкие трещины в штукатурке стен, произошло раскрытие и увеличение старых трещин в стенах (чаще в угловых сопряжениях стен). Площадь пятибалльной зоны сотрясения составляла около $S_5=715 \text{ км}^2$.

Четырехбалльные колебания Гармского землетрясения ощущались в западном направлении на расстоянии 21 км (Лабиджар) и в восточном – 29 км (Джафр).

Всего последствия данного землетрясения были обследованы в 40 селениях Раштского (Гармского) и Нурабадского (Комсомолабадского) районов, по результатам которых составлена таблица пунктов-баллов (табл. 3).

Таблица 3. Макросейсмические данные о Гармском-V землетрясении 21 июля 2007 г. в 22^h44^m с $K_p=13.4$, $M_w=5.2$

№	Пункт	Δ , км	φ° , N	λ° , E	№	Пункт	Δ , км	φ° , N	λ° , E
<u>6-7 баллов</u>					19	Летовка	8	38.33	70.27
1	Кулоба	2	38.99	70.31	<u>5 баллов</u>				
2	Чугдабион	3	38.97	70.30	20	Калаи миёна	5	39.032	70.32
3	Казнок	3	39.01	70.26	21	Войдара	8	38.96	70.20
4	Качаманди	4.5	39.11	70.24	22	Калакун	6	39.01	70.36
<u>6 баллов</u>					23	Гарм	8	39.03	70.37
5	Калаи Сурх	0.5	38.995	70.29	24	Рунов	9	39.01	70.37
6	Кадара	1.2	38.98	70.28	25	Бунисуфиён	9	39.02	70.18
7	Хост	4	38.98	70.33	26	Санги малики	9.5	39.03	70.19
8	Лангарак	4	38.99	70.35	27	Племсовхоз	11	38.97	70.15
9	Кизрог	5	39.008	70.23	28	Булкос	11	39.01	70.40
<u>5-6 баллов</u>					29	Шульмак	11	38.53	70.20
10	Сарипуль	3	39.01	70.35	30	Поджи поён	11	39.28	70.18
11	Шулонак	3	38.98	70.25	31	Пос. Навобод	12	39.01	70.15
12	Шуль	4	39.022	70.03	32	Чакихойта	14	38.98	70.40
13	Вардуч	4	39.021	70.27	33	Шархо	14	39.01	70.44
14	Сафедонак	5	38.98	70.24	34	Кишлак Навобод	15	38.92	70.13
15	Диамирбек	5	38.986	70.23	<u>4-5 баллов</u>				
16	Мошкунак	5	39.021	70.26	35	Газорчашма	17	38.99	70.48
17	Сайдон	6	38.985	70.35	36	Ялдымыч	17	39.07	70.45
18	Лойоб	7	39.01	70.22	37	Дахихочали	17	39.13	70.18
					38	Хумдон	17.5	38.90	70.12

№	Пункт	Δ , км	φ° , N	λ° , E	№	Пункт	Δ , км	φ° , N	λ° , E
	<u>4 балла</u>				42	Хайдаракан [12]	110	39.93	71.33
39	Лабиджар	21	38.86	70.11		<u>3 балла</u>			
40	Джафр	29	39.10	70.59	43	Баткен [12]	120	40.05	70.82
	<u>3–4 балла</u>					<u>2–3 балла</u>			
41	Карамык [12]	110	39.48	71.08	44	Душанбе [13]	158	38.56	68.76

Данные табл. 3 послужили основой для построения карты изосейст, изображенной на рис. 9.

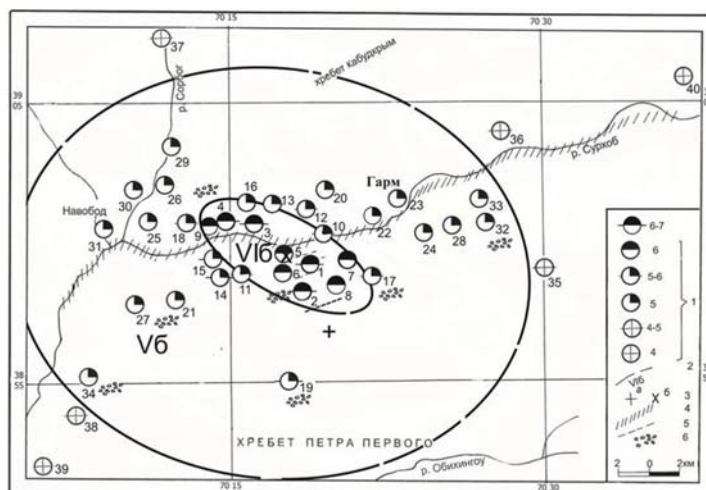


Рис. 9. Карта изосейст Гармского-V землетрясения 21 июля 2007 г. в 22^h44^m с $K_p=13.4$, $M_w=5.2$

1 – интенсивность сотрясений в баллах по шкале MSK-64; 2 – изосейста; 3 – эпицентр, инструментальный (а) и макросейсмический (б); 4 – Гиссаро-Кокшаальский глубинный разлом I-го порядка; 5 – трещина в грунте; 6 – камнепад.

Как видим, изосейста наибольшей интенсивности в 6 баллов имеет форму эллипса, вытянутого в северо-западном ($AZM=300^\circ$) направлении, почти вкрест простирания основных геологических структур района. Продольная ось эллипса в 2.5 раза длиннее поперечной (табл. 4). Но изосейста 5 баллов имеет форму более округлого эллипса с осями, слегка вытянутого в широтном ($AZM=280^\circ$) направлении с отношением осей $l_a/l_b=1.3$ раза, т.е. в два раза меньшим, чем для 6-балльной. Такая разница связана, очевидно, с местной тектонической ситуацией данной зоны и влиянием грунтовых и гидрогеологических условий местности. В табл. 4 приведены результаты измерений геометрических параметров макросейсмического поля.

Таблица 4. Параметры макросейсмического поля Гармского-V землетрясения 21 июля 2007 г. в 22^h44^m с $K_p=13.4$, $M_w=5.2$

I , баллы	l_a , км	l_b , км	\bar{l} , км	l_a/l_b	S , км ²
6	12.6	5.0	7.9	2.5	51.4
5	34.0	26.8	30.2	1.3	715.3

Примечание. $\bar{l} = \sqrt{l_a \cdot l_b}$.

Затухание интенсивности (по изосейстам) на один балл поперек геологических структур происходило на расстоянии 9–10 км, вдоль структур – на расстоянии 12–13 км.

Согласно [14], горизонтальная протяженность очага равна:

$$l_x = d_{\text{imax}} - d_{\text{imin}},$$

где $d_{i\max}$ и $d_{i\min}$ – наибольший и наименьший диаметры первой изосейсты, которые составили $d_{i\max}=12.6$ км и $d_{i\min}=5.0$ км, следовательно, протяженность очага $l_x=7.6$ км.

Глубина очага Гармского-V землетрясения по макросейсмическому уравнению вида

$$I_0 = bM - v \lg h + c$$

при магнитуде $M=5.2$, $I_0=6.5$, $b=1.5$, $v=3.5$ и $c=3.0$ для Средней Азии и Казахстана [15] составляет $h_M(I_0)=17$ км. Учитывая не очень большую площадь распространения землетрясения, эта величина получается несколько завышенной. Если учесть, что в эпицентре интенсивность достигала 7 баллов, то при тех же параметрах глубина очага будет равна $h_M(I_0)=10$ км.

По формуле из [16]

$$I_0 - I_i = v (1 + \Delta^2/h^2)^{1/2}$$

глубина очага составит 6 км. Среднее значение глубины очага по макросейсмическим данным будет равна 11 км.

В геологическом плане данный район относится к зоне сочленения геологических структур Южного Тянь-Шаня, состоящих в основном из пород палеозойского возраста и Таджикской депрессии, сложенной мезокайнозойскими образованиями (рис. 10 и 11).

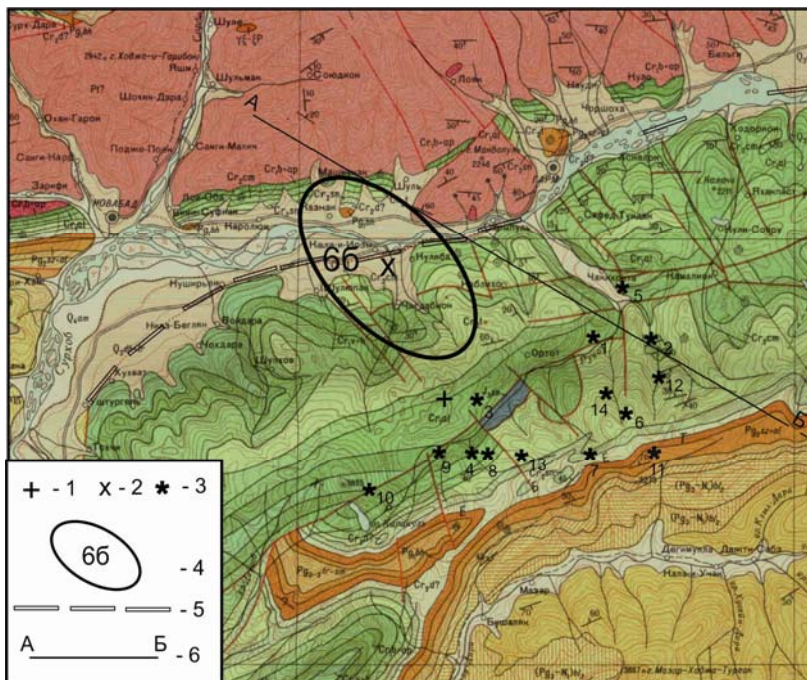


Рис. 10. Плейстосейстовая зона Гармского-V землетрясения 21 июля в $22^{\text{h}}44^{\text{m}}$ с $K_p=13.4$, $M_w=5.2$ и эпицентры афтершоков с $K_p=7.6-10.2$ за период с 21 июля по 29 августа 2007 г.

1, 2 – инструментальный и макросейсмический эпицентр соответственно; 3 – эпицентр афтершоков с $K_p \geq 7.6$; 4 – область сотрясений с $I \geq 6$; 5 – Гиссаро-Кокшаальский глубинный разлом I-го порядка; 6 – профиль АБ вертикального разреза геологических структур очаговой зоны Гармского-V землетрясения для рис. 11.

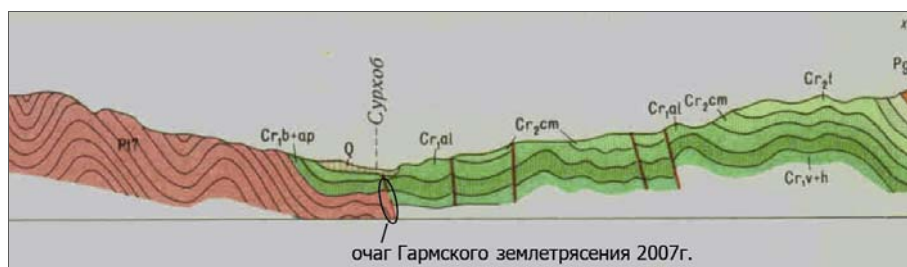


Рис. 11. Геологический разрез района Гармского-V землетрясения 21 июля в $22^{\text{h}}44^{\text{m}}$ с $K_p=13.4$, $M_w=5.2$

Эпицентральная область землетрясения была расположена в зоне прохождения Гиссаро-Кокшаальского глубинного разлома первого порядка (его фронтальной части) близширотной ориентации и, несомненно, своим происхождением связана с тектоническими подвижками по нему. Однако, на рис. 10 видно, что вдоль 6-балльной зоны в пределах депрессионной части района расположен ряд второстепенных тектонических нарушений, простирающихся с юго-востока на северо-запад, которые, возможно, пересекают Гиссаро-Кокшаальский разлом. Именно по ним, видимо, и произошло первоначальное высвобождение накопившейся подземной энергии, вследствие чего шестибалльная изосейста вытянута в субмеридиональном направлении. И в качестве действующей в очаге плоскости разрыва в таком случае следует выбрать близмеридиональную ($STK=185^\circ$) нодальную плоскость NPI , по которой произошел взброс на структуры депрессии под углом $DP=51^\circ$ одновременно с левосторонним сдвигом в направлении к хребту Петра Первого.

История сейсмичности очаговой зоны. В сейсмическом отношении Гармский район является одним из наиболее активных на территории Таджикистана. Землетрясения интенсивности, подобной Гармскому-V землетрясению, здесь не являются редкостью. В табл. 5 представлена подборка сведений о заметных ощутимых землетрясениях исследуемой зоны (в пределах координат $\varphi=38.80^\circ-39.30^\circ N$, $\lambda=70.00^\circ-70.60^\circ E$) за период 1930–2006 гг., а карта их эпицентров – на рис. 12.

Таблица 5. Параметры заметных ощутимых землетрясений в исследуемом районе за период с 1930 по 2007 г.

№	Дата, д м год	t_0 , ч мин с $\pm \delta t_{0,c}$	Эпицентр		h , км $\pm \delta h$	M $\pm \delta M$	I_0 , балл $\pm \delta I_0$	Примечания	Источ- ник
			φ°, N $\pm \delta \varphi^\circ$	λ°, E $\pm \delta \lambda^\circ$					
1	16.09.1924	02 36 02 $\pm 5 c$	38.9 ± 1.0	70.5 ± 1.0	(20) 10–40	6.4 ± 0.2	0 2	4–5–160(1); 3–4–225(1); $M_{LH}=6.3(4)$, $M_\tau=6.5(9)$	[4]
2	02.01.1925	23 15 50 $\pm 10 c$	38.8 ± 1.0	70.0 ± 1.0	(10) 5–20	5.6 ± 0.3	0 1	3–100(1); $M_{LH}=5.5(3)$, $M_\tau=5.6(3)$	– " –
3	30.06.1925	22 51 46 $\pm 10 c$	38.8 ± 1.0	70.0 ± 1.0	(10) 5–20	5.7 ± 0.3	0	$M_{LH}=5.9(4)$, $M_\tau=5.5(4)$	– " –
4	14.10.1935	20 20 12 $\pm 5 c$	38.8 ± 0.2	70.5 ± 0.2	8 5–12	4.9 ± 0.3	7–8 ± 1	7–10(1); 4–110(1); $M_{LH}=4.9(7)$, $M_\tau=5.0(1)$	– " –
5	30.05.1939	10 07 06 $\pm 3 c$	38.98 ± 0.1	70.45 ± 0.1	6 4–9	5.8 ± 0.2	8–9 ± 0.5	Каратегинское-II: (8–9)–3(5); 8–6(6); 7–9(15); 6–16(21); 5–30(17); 4–(45); 3–(60)(2); $M_{LH}=5.8(5)$, $M_\tau=5.8(9)$; форшок и афтершоки	– " –
6	20.04.1941	17 38 27 $\pm 3 c$	39.2 ± 0.2	70.5 ± 0.2	8 4–16	6.4 ± 0.2	9 ± 0.5	Гармское-I: 9–7(14); 8–12(20); 7–30(50); 6–60(22); 5–105(7); 4–210(3); 3–(360)(3); большое число повторных толчков	– " –
7	26.04.1941	23 10 58 $\pm 5 c$	39.3 ± 0.5	70.6 ± 0.5	(10) 5–20	5.5 ± 0.2	(7–8) ± 1	Афтершок к 20.IV; 3–4–180(1); $M_{LH}=5.5(10)$, $M_\tau=5.5(6)$	– " –
8	06.05.1941	16 55 29 $\pm 5 c$	39.3 ± 0.2	70.6 ± 0.2	10 5–20	5.6 ± 0.2	(7–8) ± 0.5	Назарайлокское: афтершок к 20.IV; 7–(5)(1); 4–80(1); 3–170(1); $M_{LH}=5.6(10)$, $M_\tau=5.6(6)$	– " –
9	11.04.1956	01 45 10 $\pm 2 c$	38.85 ± 0.1	70.42 ± 0.1	5 ± 5	5.0 ± 0.3	(7) ± 0.5	5–20(1); 4–35(2); 2–3–150(1); $M_{LH}=5.1(6)$, $M_\tau=4.9(3)$	– " –
10	22.09.1956	14 02 24 $\pm 2 c$	38.95 ± 0.05	70.51 ± 0.05	5 ± 5	4.5 ± 0.5	7–8 ± 0.5	Газорчашминское-I: 7–5(6); 5–14(25); 3–30(26); $M_{LH}=4.6(2)$, $M_\tau=4.3(1)$; $K=12(5)$	– " –
11	07.01.1958	06 05 09 $\pm 2 c$	38.90 ± 0.1	70.33 ± 0.1	5 ± 5	5.5 ± 0.2	(8) ± 1	Каратегинское-III; 7–20(15); 6–60(26); 5–50(12); 4–(90)(1); 3–(130)(1); $M_{LH}=5.6(9)$, $M_\tau=5.4(2)$	– " –
12	31.07.1959	19 53 02 $\pm 2 c$	38.90 ± 0.05	70.40 ± 0.05	8 5–12	5.3 ± 0.2	(7) ± 1	6–20(1); 5–50(2); 3–(120)(1); $M_{LH}=5.2(15)$, $M_\tau=5.5(3)$; большое число афтершоков	– " –

№	Дата, д м год	t_0 , ч мин с $\pm \delta t_0$, с	Эпицентр		h , км $\pm \delta h$	M $\pm \delta M$	I_0 , балл $\pm \delta I_0$	Примечания	Источ- ник
			φ° , N $\pm \delta \varphi^\circ$	λ° , E $\pm \delta \lambda^\circ$					
13	11.04.1966	16 42 51 ± 2 с	38.97 ± 0.07	70.59 ± 0.07	10 7-14	5.1 ± 0.2	6-7 ± 0.5	Форшок; 6-10(1); 5-30(2); 4-80(1); 3-150(1); 14.IV – 10 фор- шоков с $M=3.0-3.5$; форшок 14.IV в 13 ^h 55 ^m с $M=4.2$	– " –
14	14.04.1966	21 06 14 ± 2 с	38.96 ± 0.05	70.55 ± 0.05	10 5-20	5.2 ± 0.2	6 ± 0.5	Гармское-II: 6-17(9); 5-38(10); 4-85(4); 3-160(7); много афтершоков	– " –
15	22.03.1969	04 52 32 ± 2 с	38.93 ± 0.07	70.55 ± 0.07	9 5-20	5.3 ± 0.2	(6-7) ± 0.5	Гармское-III: 5-30(2); 4-70(4); 3-170(3); 10 форшоков и 50 аф- тершоков	– " –
16	03.09.1976	21 52 43.0 ± 1 с	38.97 ± 0.05	70.60 ± 0.05	5 ± 5	5.3 ± 0.2	6-7 ± 0.5	Газорчашминское-II: 6-7-10(1); 5-6-14(2); 5-11(7); 4-24(16); 3-4-31(5); 3-32(7); $K=13$, $M_{LH}=5.3$	[17]
17	26.02.1983	20 07 44.4 ± 1 с	38.94 ± 0.02	70.51 ± 0.02	6 ± 3	5.3 ± 0.2	7 ± 0.5	Газорчашминское-III: 7-7(3); 6-7-10(2); 6-10(7); 5-6-14(8); 5-23(18); 4-5-29(8); 4-34(7); 3-4-155(3); 3-135(8); 2-3-201(3); 2-293(1); $K=13.6$, $M_{LH}=5.3$	[18]
18	23.02.1987	00 21 18.3 ± 2 с	38.97 ± 0.05	70.58 ± 0.05	8 ± 3	4.9 ± 0.2	6 ± 0.5	Гармское-IV: 6-11(10); 5-6-14(12); 5-23(8); 4-5-31(11); 4-45(7); 3-4-62(7); 3-99(6); 2-3-121(4); 2-208(5); $K=13.3$, $M_{LH}=4.9$, много афтершоков	[19]
19	02.10.1993	01 17 30.0 ± 0.5 с	39.06 ± 0.03	70.03 ± 0.03	5 ± 3	4.9 ± 0.2		4-5-15(1); 4-21(1); 3-152(2); 2-3-152(3); $K=12.5$, $MS=4.4$	[20]
20	10.06.1994	03 00 44.6 ± 0.5 с	38.82 ± 0.05	70.50 ± 0.05	7 ± 3	4.9 ± 0.2	5-6 ± 0.5	5-6-5(1); 3-158(5); 2-3-150(2); 2-210(1); $K=13.1$, $MS=4.9$	[21]
21	13.07.2003	14 36 14 ± 2.2 с	39.20 ± 0.1	70.30 ± 0.1	10 ± 5	4.2 ± 0.2		2-3-150(1); $K=13.1$, $MS=4.2$	[22]
22	21.07.2007	22 44 12 ± 2 с	38.94 ± 0.06	70.33 ± 0.06	5 ± 3	5.2 ± 0.2	6-7 ± 0.5	Гармское-V: 6-7-3(4); 6-3(5); 5-6-5(10); 5-10(15); 4-5-17(4); 4-25(2); $K=13.4$, $M_w=5.2$, много афтершоков (201)	наст. статья

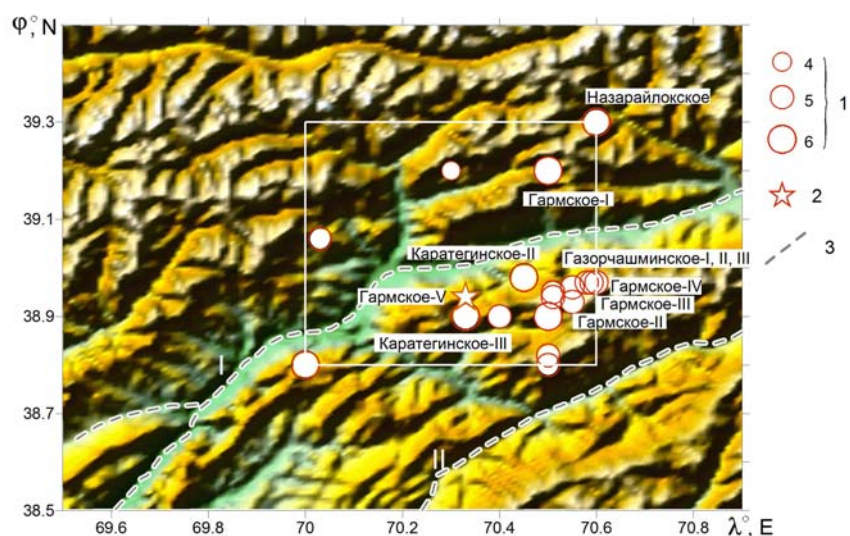


Рис. 12. Карта эпицентров землетрясений исследуемой зоны за 1930–2007 гг. с $M \geq 4.5$

1 – магнитуда M ; 2 – инструментальный эпицентр; 3 – глубинный разлом первого порядка, Гиссаро-Кокшаальский (I) и Дарваз-Каракульский (II).

Как видим, почти все землетрясения из табл. 5 реализовались в депрессионной части района (в пределах хребта Петра Первого) и только три события, в том числе и 9-балльное Гармское-I 20.04.1941 г. с $M=6.4$, – севернее Гиссаро-Кокшаальского разлома. Наибольшая плотность эпицентров наблюдается в очаговой зоне Газорчашминских землетрясений, где за период с 1956 по 1987 г. произошли семь подземных толчков интенсивностью от 6 до 7 баллов [23], включая три Гармских и три Газор-Чашминских землетрясения. Совокупный Газорчашминский очаг находится в 16–17 км восточнее эпицентра Гармского-V землетрясения 2007 г. В районе последнего ранее (7 января 1958 г.) произошло лишь одно Каратегинское-III землетрясение 07.01.1958 г. с $M=5.5$ и $I_0=(8)$ [4], с координатами $\varphi=38.90^\circ\text{N}$, $\lambda=70.33^\circ\text{E}$, т.е. в 4.5 км южнее Гармского-V землетрясения.

Л и т е р а т у р а

1. Улубиева Т.Р. (ГС) (отв. сост.), Рислинг Л.И., Михайлова Р.С., Нилобекова З.М., Маматкулова З.С., Дмитриева Т.Н., Кутузова А.П., Валявская Т.Н. // Хусейнова Г.А. (ИГССС) (отв. сост.), Шараускас Л.М., Малюта Н.Б., Давлятова Р., Шараускас Н.В. Каталог землетрясений Таджикистана за 2007 г. ($N=2634$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
2. *Bulletin of the International Seismological Centre for 2007*. – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2009.
3. Негматуллаев С.Х. Современная сеть сейсмического мониторинга Таджикистана // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 125–131.
4. Михайлова Р.С., Каток А.П., Матасова Л.М., Джанузаков Л.М., Сыдыков А. (отв. сост.). III. Средняя Азия и Казахстан [300 до н.э. – 1974 гг., $M \geq 5.0$, $MPSP \geq 5.6$, $MPVA \geq 5.3$; $I_0 \geq 6.0$] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 198–296.
5. Барина А.Я., Шакиржанова Г.Н., Шварц А.В., Шукурова Р., Абдукадыров А.А., Калмыкова Н.А. Землетрясения Средней Азии и Казахстана // Землетрясения в СССР в 1987 г. – М.: Наука, 1990. – С. 46–59.
6. Джанузаков К.Д. (отв. сост. по региону), Шукурова Ы.Б. (Кыргызстан), Калмыкова Н.А. (Казахстан), Холикова М.А. (Узбекистан), Соколова Н.П., Сопиева К., Шипулина С.А., Проскурина Л.П., Ульянина И.А., Гайшук Л.Н., Тулегенова М.К., Джалилова С.С. Каталог землетрясений Центральной Азии за 2007 г. ($N=486$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
7. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2007 г. / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2007–2008. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2007/
8. Трифонов В.Г., Соболева О.В., Трифонов Р.В., Востриков Г.А. Современная геодинамика Альпийско-Гималайского коллизийного пояса. – М.: Геос, 2002. – 224 с.
9. Бабаев А.М., Киняпина Т.А., Мирзоев К.М., Михайлова Р.С., Кошлаков Г.В.. Сейсмическое районирование территории Таджикистана // Сейсмическое районирование территории СССР. – М.: Наука, 1980. – С. 175–182.
10. Улубиева Т.Р. (отв. сост.). Афтершоки ($N=201$) Гармского землетрясения 21 июля 2007 г. с $M_w=5.2$, $K_p=13.4$, $I_0=6-7$ (Таджикистан). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
11. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
12. Джанузаков К.Д., Муралиев А.М., Калмыкова Н.А., Холикова М.А. Центральная Азия. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
13. Улубиева Т.Р. (отв. сост. ГС АН РТ), Хусейнова Г.А. (отв. сост. ИГССС АН РТ); сост.: Рислинг Л.И., Нилобекова З.М., Туракулова З., Дмитриева Т.Н., Кутузова А.П., Валявская Т.Н. (НС АН РТ); Малюта Н.Б., Шараускас Л.М., Давлятова Р. (ИГССС АН РТ). Каталог (оригинал) землетрясений Таджикистана за 2007 г. ($N=2624$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
14. Шебалин Н.В. Очаги сильных землетрясений на территории СССР. – М.: Наука, 1974. – 54 с.
15. Шебалин Н.В. Коэффициенты уравнения макросейсмического поля по регионам // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 30.

16. **Шебалин Н.В.** Методы использования инженерно-геологических данных в сейсмическом районировании // Сейсмическое районирование СССР. – М.: Наука, 1968. – С. 95–111.
17. **Уломов В.И., Фленова М.Г., Каток А.П., Фаина М.П., Джанузаков К.Д., Оспанов О.Б., Садыков Ф.С.** Землетрясения Средней Азии и Казахстана // Землетрясения в СССР в 1976 году. – М.: Наука, 1980. – С. 27–39.
18. **Баринаева А.Я., Шакиржанова Г.Н., Джанузаков К.Д., Шукурова Р., Михайлова Н.Н., Абдукадыров А.А., Шварц А.В., Джураев Р.У., Иодко В.К.** Землетрясения Средней Азии и Казахстана // Землетрясения в СССР в 1983 году. – М.: Наука, 1986. – С. 45–61.
19. **Баринаева А.Я., Шакиржанова Г.Н., Шварц А.В., Шукурова Р., Абдукадыров А.А., Калмыкова Н.А.** Землетрясения Средней Азии и Казахстана // Землетрясения в СССР в 1987 г. – М.: Наука, 1990. – С. 46–59.
20. **Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Давлятова Р., Максименко Т.И.** Таджикистан за 1993 год // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – М.: ГС РАН, 2001. – С. 232–257.
21. **Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Максименко Т.И., Давлятова Р.** Таджикистан за 1994 год // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – М.: ГС РАН, 2001. – С. 258–276.
22. **Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Хусейнова Г.А., Давлятова Р., Михайлова Р.С., Улубиев А.Н., Максименко Т.И.** Каталог землетрясений Таджикистана за 2003 год // Землетрясения Северной Евразии, 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – (На CD).
23. **Джураев Р.У.** Макросейсмическое проявление сильных землетрясений в районе строительства Рогунской ГЭС. – Душанбе: Мир полиграфии, 2013 – 63 с.