

## КУМСАНГИРСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 29 июля 2006 г.

с  $K_p=13.4$ ,  $M_w=5.4$ ,  $I_0=6-7$  (Таджикистан)

Р.У. Джурев

Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии  
АН Республики Таджикистан, г. Душанбе, anton\_ulubiev@mail.ru

На территории Таджикистана 29 июля 2006 г. в  $10^h57^m$ , в 155 км юго-западнее г. Душанбе произошло землетрясение с  $K_p=13.4$  [1],  $M_w=5.4$  [2], с интенсивностью в эпицентре  $I_0=6-7$  баллов. Макросейсмический эпицентр данного землетрясения определен в районе селения Замины Нав, координаты которого составили:  $\varphi=37.30$  N,  $\lambda=68.66^\circ$  E.

По инструментальным данным сейсмических станций Таджикистана его очаг находился вблизи южных границ Таджикистана с Афганистаном, южнее районного центра Дусти (Кумсангирский район). За  $10^h45^m$  до основного толчка здесь же был зафиксирован форшок с  $K_p=12.1$ .

Параметры решений эпицентра форшока и главного толчка, полученных в региональном центре обработки – Институте геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии (ИГССС) АН Республики Таджикистан, а также других агентств, приведены в табл. 1. Интересной особенностью является несогласованность двух магнитуд форшока: расчетной из энергетического класса  $K_p - M^p = (K_p - 4)/1.8 = (12.1 - 4)/1.8 = 4.5$  [3] и моментной магнитудой Гарварда, равной  $M_w=5.6$  по данным 100 мировых станций [2], которая, к тому же, превысила  $M_w=5.4$  главного толчка (табл. 1).

Таблица 1. Основные параметры форшока Кумсангирского землетрясения 29 июля 2006 г. в  $00^h11^m$  и главного толчка по данным Таджикистана в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			$\varphi^\circ$ , N	$\delta\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$ , E	$\delta\lambda^\circ$	$h$ , км	$\delta h$ , км		
Форшок										
ИГССС	00 11 48	0.6	37.35 <sub>н</sub>		68.70 <sub>н</sub>		10 <sub>н</sub>		$K_p=12.1$ , $M^p=4.5$	[1]
ИГССС			37.30 <sub>м</sub>		68.66 <sub>м</sub>		32 <sub>м</sub>		$I_0=4-5$ баллов, $h=f(M^p)=32$ км	наст. ст.
MOS	00 11 50.0	0.9	37.35		68.74		33 f		$MS=5.1/41$ , $MPSP=5.0/64$	[4]
ISC	00 11 52.8	0.1	37.37	0.02	68.67	0.02	37		$Ms=5.2/117$ , $m_b=4.7/142$ ,	[2]
							37*	1.1*	$h_{pP}=37\pm 1.1$	
NEIC	00 11 51.3	0.2	37.26		68.83				$Ms=5.2/53$ , $m_b=4.8/80$ , $M_w=5.4$	[2]
HRVD	00 11 51.3	0.1	37.36		68.56		12		$M_w=5.6/100$	[2]
NNC	00 11 52.3	1.5	37.63		68.40		33 f		$m_b=5.0$ , $m_{pv}=4.9$	[2]
BJI	00 11 54.4		37.83		69.06		34		$Ms=5.6$ , $m_b=4.7$ , $ML=5.3$	
IDC	00 11 46.4	0.5	37.24		68.76		0 f		$Ms=5.1/28$ , $m_b=4.4/24$ ,	[2]
									$ML=4.2/3$	
CSEM	00 11 46.8		37.38		68.74		10 f		$ML=5.5$	[2]
Главный толчок										
ИГССС	10 57 16	0.6	37.35 <sub>н</sub>		68.70 <sub>н</sub>		10 <sub>н</sub>		$K_p=13.4$ , $M^p=5.2$	[1]
ИГССС			37.30 <sub>м</sub>		68.66 <sub>м</sub>		17 <sub>м</sub>		$I_0=6-7$ баллов, $h=f(M^p)=17$ км	настоящая статья
MOS	10 57 18.0	0.9	37.27		68.74		33 f		$MS=5.3/47$ , $MPSP=5.5/80$	[4]
ISC	10 57 17.3	0.1	37.23	0.02	68.73	0.02	16		$Ms=5.3/90$ , $m_b=5.2/190$ ,	[2]
							16*	1.8*	$h_{pP}=16\pm 1.8$	
NEIC	10 57 15.5	0.2	37.13		68.81		10 f		$m_b=5.2/110$ , $M_w=5.4$	[2]

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр					Магнитуда		Источник
			$\varphi^\circ, N$	$\delta\varphi^\circ$	$\lambda^\circ, E$	$\delta\lambda^\circ$	$h$ , км	$\delta h$ , км		
HRVD	10 57 15.5	0.1	37.38		68.54		12		$M_w=5.4/97$	[2]
NNC	10 57 14.1	5.4	37.23		68.29		16	23	$m_b=5.4, m_{pv}=5.4$	[2]
VJI	10 57 16.4		37.39		68.95		10		$M_s=5.9, m_b=5.0$	
IDC	10 57 13.8	0.5	37.16		68.84		0 f		$M_s=5.2/29, m_b=4.9/29,$ $ML=4.3/3$	[2]

Примечание. Индексами «и» и «м» отмечены инструментальный и макросейсмический эпицентры; ISC – Международный сейсмологический центр, г. Беркшир, Великобритания; MOS – Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, Россия; GSR – Геофизическая служба РАН; NEIC – Национальный центр информации о землетрясениях Геологической службы США, г. Денвер, США; HRVD – Гарвардский университет, г. Кембридж, США; IDC – Международный центр данных, г. Вена, Австрия; CSEM – Европейский Средиземноморский центр, г. Брюерес-лэ-Шатель, Франция; NNC – Казахстанский национальный центр данных, г. Алматы, Казахстан; VJI – Сейсмологическое бюро, Институт геофизики, г. Пекин, Китай.

Разброс в оценке координат гипоцентра форшока в диапазоне  $\varphi=37.24\text{--}37.83^\circ N$ ,  $\lambda=68.40\text{--}69.06^\circ E$ ,  $h=0\text{--}33$  км, т.е.  $\Delta\varphi=0.59^\circ$ ,  $\Delta\lambda=0.26^\circ$  и  $\Delta h=33$  км. При этом наиболее «отскакивают» решения агентств NNC, и особенно VJI (рис. 1 а). Если их отбросить, то все остальные решения размещены в плане компактно. Ближе всех к региональному эпицентру расположены решения MOS, ISC и CSEM. Отсюда следует важный вывод: несмотря на значительные трудности, обработка землетрясений в Таджикистане проводится хорошо.

Для главного толчка диапазон значений равен:  $\varphi=37.13\text{--}37.39^\circ N$ ,  $\lambda=68.29\text{--}68.95^\circ E$ ,  $h=0\text{--}33$  км, т.е.  $\Delta\varphi=0.26^\circ$ ,  $\Delta\lambda=0.66^\circ$  и  $\Delta h=33$  км, а значит, по широте он уменьшился на  $0.33^\circ$ , но по долготе возрос на  $0.40^\circ$ . И хотя больших «отскоков» международных решений от регионального нет (рис. 1 б), но все они расположены в плане менее компактно, чем для форшока. Ближе всех к региональному решению эпицентр MOS. Относительно глубин гипоцентров к реальной оценке можно отнести лишь глубину  $h^*=16$  км, определенную в ISC по обменной волне  $pP\text{--}P$ , все остальные глубины фиксированные.

Макросейсмический эпицентр, описанный ниже, в силу временной близости форшока и афтершока разделить трудно, поэтому он одинаков для обоих толчков и расположен южнее инструментальных (рис. 1 а, б).

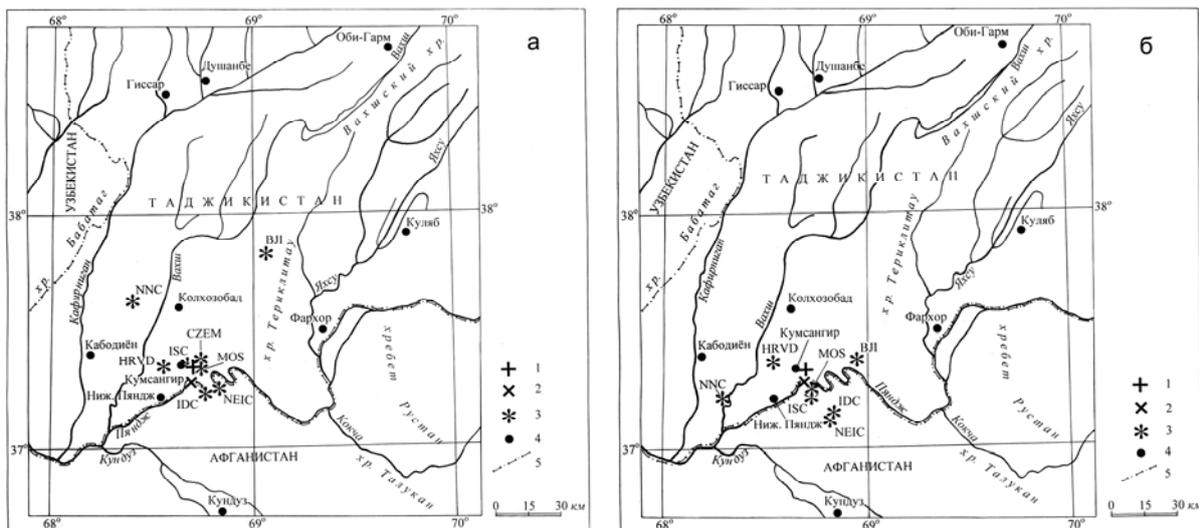


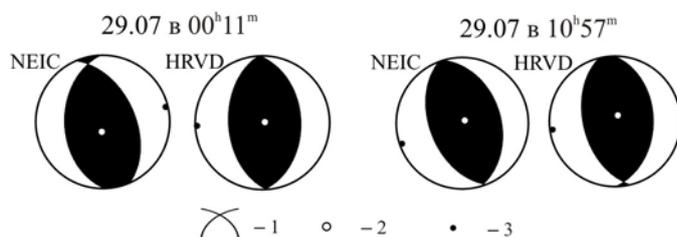
Рис. 1 а, б. Сопоставление решения эпицентра форшока Кумсангирского землетрясения 29 июля 2006 г. в  $00^h11^m$  с  $K_p=12.1$  и главного толчка в  $10^h57^m$  с  $K_p=13.4$  по данным Таджикистана (ИГССС) с решениями других агентств

1,2 – инструментальный и макросейсмический эпицентр соответственно; 3 – решение мировых агентств; 4 – населенный пункт; 5 – государственная граница

**Механизм очага** как для форшока, так и для главного толчка определен агентствами HRVD и NEIC. Их параметры даны в табл. 2 из [5], а стереограммы показаны на рис. 2.

**Таблица 2.** Параметры механизмов очагов форшока и главного толчка Кумсангирского землетрясения 29 июля 2006 г. по данным HRVD и NEIC

Агентство	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	$h$ , км	Магнитуды			$K_p$	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источник
				Mw	MS	Ms		T		N		P		NP1			NP2			
								PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
Форшок																				
HRVD	29.07	00 11 51.3	12	5.6	5.1	5.2	12.1	86	78	1	178	3	268	358	42	91	177	48	89	[2]
NEIC	29.07	00 11 51.3		5.4	5.1	5.2	12.1	78	184	11	345	4	76	336	50	75	178	42	107	[2]
Главный толчок																				
HRVD	29.07	10 57 15.5	12	5.4	5.3	5.3	13.4	82	26	7	172	5	263	166	50	81	0	41	10	[2]
NEIC	29.07	10 57 15.5	10	5.4	5.3	5.3	13.4	86	38	2	161	4	251	159	49	87	344	41	94	[2]



**Рис. 2.** Стереогаммы механизмов очагов землетрясений 29 июля – форшока в 00<sup>h</sup>11<sup>m</sup> с  $K_p=12.1$  и главного толчка в 10<sup>h</sup>57<sup>m</sup> с  $K_p=13.4$  в проекции нижней полусферы

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений сжатия и растяжения соответственно; зачернена область волн сжатия.

Приведенные данные свидетельствуют о большом сходстве вида стереограмм, а значит, и в системе напряжений в очагах форшока и главного толчка: горизонтальные ( $PL=3-5^\circ$ ) оси напряжений сжатия, близвертикальные ( $PL=78-86^\circ$ ) – растяжения (табл. 2), правда, направление осей по HRVD и NEIC несколько различно.

Решение HRVD для форшока дает по обеим нодальным плоскостям чистый взброс, а по решению NEIC – «почти» чистый взброс с очень незначительными компонентами сдвига, правостороннего по плоскости  $NP1$  и левостороннего – по  $NP2$ .

Для главного толчка движение типа чистый взброс получено для наклонной ( $DP=49^\circ$ ) плоскости  $NP1$  по NEIC, а по плоскости  $NP2$  с наклоном  $DP=41^\circ$  решения NEIC имеем надвиг с незначительными компонентами правостороннего сдвига. Для решения HRVD по плоскости  $NP1$  с наклоном  $DP=50^\circ$  получен взброс с незначительными компонентами левостороннего сдвига, а по плоскости  $NP2$  меньшего наклона ( $DP=41^\circ$ ) – надвиг, также с незначительными компонентами правостороннего сдвига.

Важным параметром является азимут простирания нодальных плоскостей главного толчка, который можно сопоставить с ориентацией геологических структур в зоне очага землетрясения. Вообще говоря, из четырех нодальных плоскостей в двух вариантах (HRVD, NEIC) решения механизма очага главного толчка лишь одна плоскость  $NP2_{hrv}$  является меридиональной, т.к.  $STK=0^\circ$  (табл. 2), а остальные три – близмеридиональны (для  $NP2_{neic}$   $STK=344^\circ$ , для  $NP1_{hrv}$  –  $166^\circ$ , для  $NP1_{neic}$  –  $159^\circ$ ).

**Макросейсмические** последствия двух землетрясений разделить непросто, поэтому это совокупный макросейсмический эффект, обследованный в 18 населенных пунктах. Оценка балльности проведена по международной шкале балльности MSK-64 [6].

Интенсивность сотрясений от основного подземного толчка в эпицентре достигала  $I_0=6-7$  баллов. В зоне наибольшего сотрясения оказались населенные пункты Замини Нав, Риссовхоз, Рудаки (участок № 8) и Пионерский (участок № 6). Жилые и общественные здания в этих селениях построены в основном до 1980 г., преимущественно из сырцового кирпича (покса) и из жженого кирпича с низким качеством цементирующего раствора, конструктивные особенности которого не соответствуют строительным нормам в сейсмических районах. Жилые дома возведены без соблюдения антисейсмических мероприятий. Следует отметить, что грунт, из которого изготовлен кирпич-сырец, в своем составе содержит большое количество песка, что снижает прочностные характеристики последних (рис. 3). Указанные особенности стали одной из причин значительных повреждений и разрушений строений в эпицентральной зоне.

Наиболее сильно пострадало селение Замини Нав, где 40% жилых домов были частично разрушены (обрушение одной из несущих стен или части стены), остальные получили серьезные повреждения в виде многочисленных сквозных трещин в стенах с падением больших кусков штукатурки. Полностью разрушены многие ветхие глинобитные подсобные помещения (рис. 3) и частично – дувалы (глинобитный забор). На поверхности земли и асфальтовой автодороге в центре кишлака образовались трещины шириной раскрытия от 0.2 до 1.0 см, протяженностью от 4–5 до 50–60 м.



**Рис. 3.** Характерные повреждения глинобитных домов в эпицентральной зоне Кумсангирского землетрясения 29 июля 2006 г.

Аналогичные повреждения жилых домов, но в несколько меньшей степени наблюдались и в пос. Риссовхоз, на участках № 6 и № 8. В панельных и кирпичных одноэтажных домах Риссовхоза наблюдались тонкие трещины в штукатурке стен, на стыке стен с потолочным перекрытием. В некоторых домах произошло обрушение перегородочных стен, выложенных из кирпича-сырца, частичное разрушение дымовых труб. В глинобитных домах наблюдались трещины в стенах, в угловых сопряжениях стен, с обрушением кусков штукатурки. Были отдельные случаи обрушения части глинобитных дувалов. Частичные разрушения домов наблюдались в центральной и юго-западной части районного центра Дусти (рис. 4).

В километре юго-восточнее кишлака Замини Нав, на склонах высоких (20–30 м) надпойменных террас р. Пяндж на протяжении 800–900 м, произошли многочисленные оползни-обвалы супесчаных грунтов. Нижняя часть склона была сильно обводнена. В результате землетрясения верхняя сухая часть склона обрушилась на нижнюю, обводненную и продвинулась на расстояние от 20–30 до 70 м в сторону реки, образуя своеобразный холмистый рельеф. Обвалы произошли в основном в средней части склона с глубиной захвата от 2–3 до 4–5 м (рис. 5). Обвалы одновременно большого объема супесчаных отложений произошли мгновенно. Смещаясь на большой скорости, они вызывали сильный порыв ветра, о чем свидетельствует лежащее положение зарослей камыша напротив обвалившихся масс.



**Рис. 4.** Повреждение здания электроподстанции (жженный кирпич)



**Рис. 5.** Оползни на склонах высокой надпойменной террасы р. Пяндж

В зоне шестибалльного сотрясения, площадь которой составила около  $104 \text{ км}^2$ , землетрясение проявилось в виде резкого вертикального толчка, которому предшествовал громоподобный подземный гул. Люди в страхе выбегали из помещений.

В поселках Октябрьский, Первомайский, Пахтаабад и в санатории «Дусти», где интенсивность сотрясений достигала  $I=5-6$  баллов, в отдельных жилых глинобитных постройках образовались тонкие трещины в угловых сопряжениях стен, на стенах. Наблюдались отдельные случаи обрушения частей глинобитных заборов (дувалов). В зоне 5-ти и 4-5-балльных сотрясений землетрясение не вызвало повреждений. Четырехбалльные колебания ощущались на расстоянии более 30 км от эпицентра в меридианальном направлении. Слабые колебания отдельные люди ощущали и в Душанбе ( $\Delta=165 \text{ км}$ ).

Собранные при обследовании сведения представлены в совокупности в табл. 3, где впервые в практике макросейсмических обследований ощутимых землетрясений Таджикистана для населенных пунктов указаны не только эпицентральные расстояния, но и их географические координаты.

Карта изосейт составлена по данным макросейсмической табл. 3 и изображена на рис. 6.

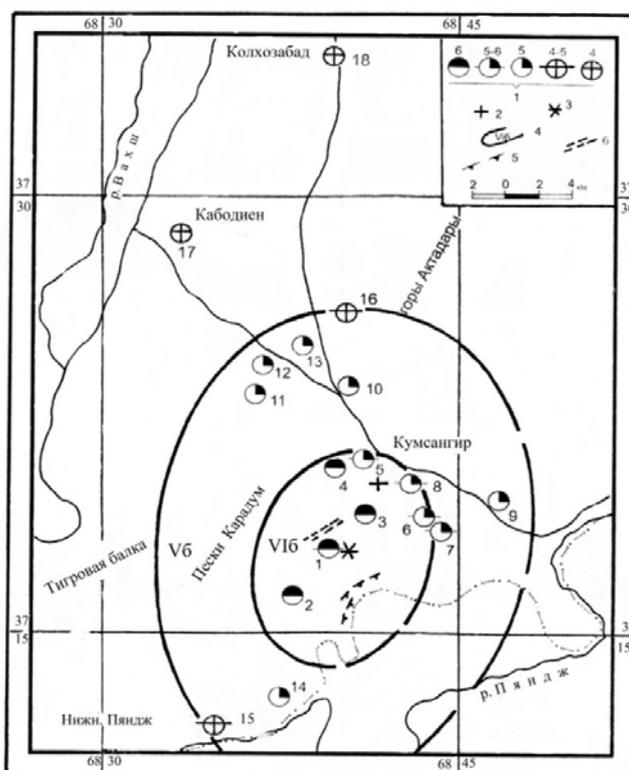


Рис. 6. Карта изосейт Кумсангирского землетрясения 29 июля в  $10^{h57m}$  с  $K_p=13.4$ ,  $M_w=5.4$

1 – интенсивность сотрясений в баллах шкалы [6]; 2, 3 – инструментальный и макросейсмический эпицентр соответственно; 4 – изосейста; 5 – граница оползней; 6 – трещины в грунте.

Таблица 3. Макросейсмические данные о Кумсангирском землетрясении 29 июля 2006 г. в  $10^{h57m}$  с  $K_p=13.4$

Пункт		$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	Пункт		$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E
<u>6–7 баллов</u>									
1	Замини нав	1.0	37.30	68.66	4	Пионерский (участок № 6)	4.5	37.35	68.67
<u>6 баллов</u>					<u>5–6 баллов</u>				
2	Риссовхоз	3.5	37.28	68.63	5	Кумсангир (Дусти)	5.0	37.35	68.67
3	Рудаки (участок № 8)	3.5	37.33	68.67	6	Октябрьский	5.5	37.32	68.71
					7	Пахтаабад	6.0	37.32	38.72

	Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E		Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E
8	Первомайский	6.5	37.30	68.72	14	Пункт 1	10	37.22	68.62
	<u>5 баллов</u>					<u>4–5 баллов</u>			
9	Санаторий «Дусти»	8	37.33	68.78	15	Нижний Пяндж	13.	37.20	68.58
10	10-летие Таджикистана	10	37.39	68.66	16	Насосная	14.5	37.44	68.67
11	Участок Вахшский	11	37.38	68.60		<u>4 балла</u>			
12	Комсомол	12.5	37.39	68.61	17	Кабодиён	22	37.54	68.48
13	Карадум	12	37.41	68.64	18	Колхозабад	32	37.59	68.66

Примечание. Расстояния даны от макросейсмического эпицентра.

Как видим, изосейсты землетрясения с интенсивностью с  $I=6$  баллов и  $I=5$  баллов имеют форму эллипсов, слегка вытянутых в субмеридианальном направлении согласно направлению простираения основных геологических структур района. Азимуты их продольных осей чуть расходятся:  $AZM_{I=6}=20^\circ$ ,  $AZM_{I=5}=10^\circ$ , составляя в среднем  $15^\circ$ .

По карте изосейт можно измерить геометрические параметры макросейсмического поля Кумсангирского землетрясения. Результаты измерений приведены в табл. 4.

**Таблица 4.** Основные параметры макросейсмического поля Кумсангирского землетрясения 29 июля в  $10^h57^m$  с  $K_p=13.4$

$I_i$ , баллы	Геометрические параметры поля изосейст, км				Площадь $S_i$ зоны, км <sup>2</sup>
	$\ell_a$	$\ell_b$	$\bar{\ell}$	$\ell_a/\ell_b$	
6	12.4	10.4	11.4	1.2	104.4
5	29.5	22.6	25.8	1.3	523.3

Примечание. Среднее  $\bar{\ell}$  является средним геометрическим.

**Глубина очага** Кумсангирского землетрясения по макросейсмическому уравнению типа

$$I_0 = b M - v \lg h + c$$

при  $M_{\text{расч}}=5.2$  (по формуле Т.Г. Раутиан  $K_p=4+1.8 M$  [3]),  $I_0=6.5$ ,  $b=1.5$ ,  $v=3.5$  и  $c=3.0$  (для Средней Азии и Казахстана [7]) составляет  $h_m(I_0)=17$  км, а если взять магнитуду землетрясения  $Mw_{\text{hrv}}=5.4$  [2], то получим  $h_m(I_0)=20.6$  км. Напомним, что по обменным  $pP$ -волнам  $h^*=16$  км. Тогда среднее из трех оценок равно  $h \sim 18$  км.

Для форшока макросейсмическая глубина гипоцентра при  $M^p=4.5$ ,  $I_0=4.5$  равна  $h_m=32$  км, что близко к оценке  $h^*=37$  км по обменным волнам  $pP$  (табл. 1). Однако, если использовать моментную магнитуду форшока, равную  $Mw=5.6$ , то при  $I_0=4.5$  глубина окажется равной  $h_m=93$  км, которую принять абсолютно невозможно ввиду исключительно коровой сейсмичности в этом районе Нижнего Пянджа. Остается не выясненным вопрос, почему моментная магнитуда для форшока так велика.

Используя средние геометрические радиусы изосейст с  $\ell_{I=6}=11.4$  км  $\ell_{I=5}=25.8$  км (табл. 4), можно получить макросейсмическую глубину главного толчка другим способом, по изосейстам:

$$I_0 - I_i = v \lg \sqrt{(1 + \ell^2/h^2)},$$

получается –  $h_m(I_{i=6})=11.8$  км и  $h_m(I_{i=5})=10.4$  км, что дает в среднем  $h_{i,M}=11.1$  км. Вторая оценка оказалась меньше, что свидетельствует о наклонном положении плоскости разрыва. Это действительно так, ибо все четыре возможные плоскости разрыва в очаге, описанные выше, имеют наклоны  $DP=41, 41, 49, 50^\circ$ .

Сравнивая все приведенные значения глубин гипоцентров, расчетных и по обменным волнам  $pP$ , можно утверждать о направленности снизу, с  $h \sim 35$  км, вверх до  $h=17$  км процессов разрушений в земной коре от форшока до главного толчка.

**Форшоки, афтершоки.** За период с 29 июля по 6 сентября 2006 г. было зарегистрировано 4 форшока с  $K_p=8-12$  и более 40 афтершоков данного землетрясения с  $K_p=7.2-11.1$  [8], которые

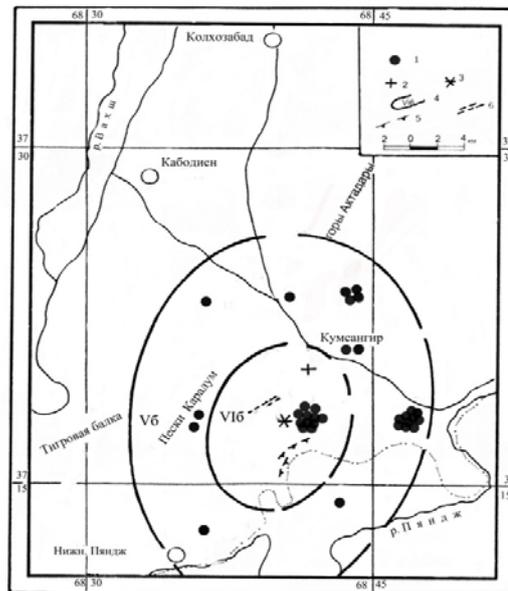
проявились в эпицентре с интенсивностью от 2 до 4–5 баллов. Карта эпицентров афтершоков изображена на рис. 7.

**В геологическом плане** данный район относится к южной части Таджикской депрессии, сложенной мезокайнозойскими образованиями большой мощности. Согласно геолого-геофизическим данным [9], консолидированный фундамент здесь находится на глубине  $h=10-11$  км. Следовательно, очаг Кумсангирского землетрясения в пределах консолидированного фундамента, верхняя часть очага – на границе осадочного чехла с консолидированным фундаментом.

Эпицентральная зона землетрясения расположена в пределах восточного крыла Карадумской антиклинали, которая вытянута с севера на юг на расстоянии 10 км. К югу в направлении р. Пяндж происходит крутое погружение шарнира складки. На южном переклиньяльном окончании складки отмечены разрывные нарушения [10]. Вероятнее всего данное землетрясение своим происхождением связано с тектоническими подвижками, происходящими по этим разрывам.

В качестве действующей плоскости разрыва по всей совокупности данных об ориентации системы изосейст, геолого-геофизических данных и механизма очага Кумсангирского землетрясения следует, по-видимому, выбрать более пологую ( $DP=41^\circ$ ) нодальную плоскость  $NP2_{hrv}$  меридионального ( $STK=0^\circ$ ) простирания, по которой верхнее крыло разрыва надвинулось вверх в восточном направлении и незначительно сдвинулось вправо.

**В истории сейсмичности** в южной части Таджикской депрессии землетрясения, подобные Кумсангирскому, не редкость. Примером этого являются Нижне-Пянджское землетрясение 13.10.1979 г. с  $K_p=11.0$ ,  $I_0=6$  баллов (в пос. Окбай) [11], эпицентр которого был расположен в 8–10 км западнее и в 25 км северо-западнее пос. Дусти, а также Кабодиёнское землетрясение 18.04.1991 г. с  $K_p=13.9$ ,  $MLH=5.4$ ,  $I_0=7-8$  баллов (в пос. Чупон), сопровождаемое форшоками и многочисленными афтершоками [12, 13]. Названные землетрясения имели происхождение, аналогичное Кумсангирскому [14, 15].



**Рис. 7.** Афтершоковая область Кумсангирского землетрясения 29 июля в  $10^h57^m$  с  $K_p=13.4$ ,  $M_w=5.4$

1 – афтершок; 2, 3 – инструментальный и макросейсмический эпицентр соответственно; 4 – изосейста; 5 – граница оползней; 6 – трещины в грунте.

### Л и т е р а т у р а

1. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Шараускас Л.М., Малюта Н.Б., Давлятова Р., Михайлова Р.С., Улубиев А.Н., Шараускас Н.В. Каталог землетрясений Таджикистана за 2006 год ( $N=2164$ ). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
2. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2006.** – Berkshire: ISC, 2008.
3. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Тр. ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
4. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2006 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2006–2007. – [Электронный ресурс]. – [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2006](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2006).
5. Михайлова Р.С. (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Таджикистана за 2006 г. ( $N=10$ ). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
6. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.

7. **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.
8. **Улубиева Т.Р., Джураев Р.Д.** Основные параметры форшоков ( $N=4$ ) и афтершоков ( $N=41$ ) Кумсангирского землетрясения 29 июля в  $10^{\text{h}57^{\text{m}}}$  с  $K_r=13.4$ ,  $M_w=5.4$ . (См. Приложение к наст. сб. на CD).
9. **Беккер А.Я., Кошлаков Г.В., Кузнецов Е.С.** Глубинное строение Юго-Западного Таджикистана по геолого-геофизическим данным // Поиски предвестников землетрясений на прогностических полигонах. – М.: Наука, 1974 г. – С. 16–23.
10. **Бон-Нен Ким, Молчанов А.П. и др.** Геологическое описание листа J-42-XXVII и юго-западной части листа J-42-XXI // Отчет Шаартузской и Бишкентской партии за 1956–1957гг. – Душанбе: Фонды ГУГ при Правительстве РТ, 1958. – 87 с.
11. **Джураев Р.У.** Схема изосейст Нижне-Пянджского землетрясения 13 октября 1979 г. // Землетрясения в СССР в 1979 году. – М.: Наука, 1982. – С. 43–44.
12. **Джураев Р.У., Улубиева Т.Р.** Кабодиёнское землетрясение 18 апреля 1991 г., его форшоки и афтершоки // Землетрясения в СССР в 1991 году. – М.: Наука, 1997. – С. 35.
13. **Барина А.Я. (отв. сост.) и др.** Каталог землетрясений Средней Азии и Казахстана в 1991 г. // Землетрясения в СССР в 1991 году. – М.: Наука, 1997. – С. 102–131.
14. **Джураев Р.У.** Сильные землетрясения в сейсмически малоактивных зонах (Кабодиёнское землетрясение 1991 г.) // Современные аспекты развития сейсмостойкого строительства и сейсмологии (Тр. Международной научной конференции. Душанбе, 2005 г.). – Душанбе: Дониш, 2005. – С. 30–34.
15. **Джураев Р.У., Саломов Н.Г., Каримов Ф.Х., Шварц А.В., Олимов Б.К.** Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Таджикистана за период с 2001 по 2006 год. – Душанбе: Дониш, 2007. – 35 с.