

ВАНЧСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 2 января 2010 г. с $K_p=13.5$, **$M_w=5.4$, $I_0^P=7$ (Северный Памир, Таджикистан)****Р.С. Михайлова¹, Т.Р. Улубиева²**¹Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, raisa@gsras.ru²Геофизическая служба АН Республики Таджикистан, г. Душанбе, tanya_55_08@mail.ru

В Памирской зоне неглубоких землетрясений Таджикистана 2 января в 02^h15^m произошло заметное землетрясение с $K_p=13.5$ [1], $M_w=5.4$ [2] на территории Горно-Бадахшанской автономной области (ГБАО) Таджикистана вблизи (16 км) селения Ванч, расположенного на берегу р. Ванч, притока р. Пяндж, недалеко от места их слияния.

По данным NEIC [3], в результате этого землетрясения были разрушены 98 домов, около 1000 повреждены и 783 человека остались без крова в Кухистони на территории Афганского Бадахшана на левобережья р. Пяндж, что может соответствовать интенсивности сотрясений $I_0=7-8$ баллов. На правом берегу р. Пяндж, на территории Горно-Бадахшанской автономной области Республики Таджикистан максимальная интенсивность сотрясений не превысила 5–6 баллов, отмеченных в селении Ванч, расположенном на берегу р. Ванч, притока р. Пяндж, недалеко от места их слияния. К сожалению, идентифицировать сведения NEIC с имеющимися на карте селениями афганского левобережья не удастся, возможно, что слово «Кухистони» означает просто горную область.

В Таджикистане макросейсмических данных немного, всего 5 пунктов. Три из них в пределах упомянутой Горно-Бадахшанской области. Это уже названный Ванч, а также г. Хорог (87 км) (столица Автономной области) и селение Сарез в прибрежной зоне всемирно известного Сарезского озера, образовавшегося после Сарезского землетрясения 18.02.1911 г. с $M=7.3$, с грандиозным обвалом, перекрывшим долину р. Мургаб плотиной высотой 700 м, длиной 7 км при ширине 4 км [4, 5]. На остальной территории республики имеются сведения из не менее знаменитого селения Хаит (после катастрофического Хаитского землетрясения 10.07.1949 г. с $M=7.6$, когда на пос. Хаит обрушился селевой поток и образовал завал длиной 5 км при ширине 1 км [6, 7]) и из г. Душанбе, столицы Таджикистана. Все скудные сведения о Ванчском землетрясении 2010 г. собраны в табл. 1.

Таблица 1. Макросейсмические данные о Ванчском землетрясении 2 января 2010 г. с $K=13.5$, $M_w=5.4$

№	Пункт	Δ , км	I_0 (h=10 км)	I_0 (h=35 км)	φ° , N	λ° , E	№	Пункт	Δ , км	I_0 (h=10 км)	I_0 (h=35 км)	φ° , N	λ° , E
1	<u>5–6 баллов</u>	16	6.5	5.6	38.37	71.44	4	<u>2–3 балла</u>	110	6.1	4.3	39.18	70.88
	Ванч							Хаит					
2	<u>5 баллов</u>	87	8.3	6.5	37.49	71.56	5	<u>2 балла</u>	234	6.8	4.9	38.57	68.79
	Хорог							Душанбе					
3	<u>3 балла</u>	116	6.7	4.9	38.20	72.80	Среднее I_0						
	Оз. Сарез												

Согласно ISC [8], землетрясение записано на 1080 станциях мировой сети. В табл. 2 приведено решение его эпицентра в Геофизической службе Академии наук Республики Таджикистан (ГС АН РТ) для сопоставления с решениями основных мировых агентств.

Величина землетрясения в этой таблице характеризуется двумя близкими оценками энергетического класса: $K_p=13.5$ – по региональным данным [1] и $K_p=13.2$ – по данным казахского агентства NNC [8], т.е. в среднем 13.35, и в пересчете по известному уравнению

Т.Г. Раутиан [10] в магнитуду получится $M(K)=5.2$. Магнитуды по поверхностным волнам, равные $M_S=5.0_{MOS}$ [9], $M_S=5.1_{ISC}$, на 0.1, 0.2 ниже, а моментная магнитуда равна $M_w=5.4$, т.е. на 0.2 выше расчетной. Однако в целом согласованность вполне удовлетворительная.

Таблица 2. Основные параметры Ванчского землетрясения 2 января 2010 г. с $M_w=5.4$ по данным Таджикистана (ГС АН РТ) 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		
ГС АН РТ	02 15 05		38.30		71.50		10	$K_p=13.5$	[1]
MOS	02 15 08.9	1.1	38.21	0.05	71.42	0.03	33f	$MPSP=5.5/113$, $MS=5.0/73$	[9]
ISC	02 15 10.1	0.5	38.29	0.04	71.45	0.03	29.9 35.0*	$m_b=5.3/291$, $M_S=5.1/209$ $h_{pp}=35.0^*$	[8]
NEIC	02 15 12.1	0.5	38.24	0.04	71.47	0.03	47	$m_b=5.4/133$, $M_S=5.1/116$	[3]
GCMТ	02 15 12.1	0.1	38.40	0.01	71.41	0.01	14	$M_w=5.4/100$	[2]
NNC	02 15 08.5	3.2	38.50	0.24	70.88	0.18	6	$K_p=13.2$, $m_b=5.9$ $m_{pv}=5.6$	[8]
ВЛ	02 15 10.0		38.4		71.5		40	$M_S=5.5/60$, $m_b=5.0/50$	[8]
IDC	02 15 05.5	0.4	38.25	0.10	71.51	0.08	0f	$M_S=4.9/42$, $m_b=5.0/38$	[8]

Глубины согласуются хуже, разброс от регионального значения $h=10$ км [1] до $h=47$ км по NEIC [3], хотя наличие оценки глубины в ISC [8] по обменным волнам $h_{pp}=35$ км, безусловно, важно. По имеющимся инструментальным данным ($M_S=5.1$ и $M_w=5.4$; $h=10$ и 35 км) и уравнению макросейсмического поля Н.В. Шебалина [11] в виде:

$$I_0=1.5 M-3.5 \lg h+3.0,$$

расчетная интенсивность сотрясений в эпицентре варьирует от $I_{01}=7.1$ или $I_{02}=7.6$ баллов для мелкого очага $h=10$ км до $I_{03}=5.2$ или $I_{04}=5.7$ баллов – для $h_{pp}=35$ км, т.е. в среднем $I_0^p=7.35$ при $h=10$ км и $I_0^p=5.45$ баллов при $h=35$ км.

С другой стороны, можно рассчитать I_0 , не используя магнитуды, а по пунктам-баллам на основе разностного уравнения, а именно:

$$I_0=1.5 M-3.5 \lg h+3.0,$$

$$I_i=1.5 M-3.5 \lg r+3.0,$$

$$I_0-I_i=3.5 (\lg r-\lg h) \text{ и}$$

$$I_0=I_i+3.5 (\lg r-\lg h).$$

Результаты расчетов приведены в табл. 1 как для $h=10$ км, так и для $h=35$ км. Средняя оценка по пяти пунктам-баллам соответствует в среднем $I_0^p=6.9$ при $h=10$ км и $I_0^p=5.2$ балла при $h=35$ км. Поскольку принять $I_0=5$ баллам нельзя из-за факта наблюдаемой интенсивности $I_i=5-6$ баллов в Ванче, то получим $I_0^p=7$ баллов и меньшую макросейсмическую глубину $h_m=10$ км, оставляя в наличии большее значение $h_m=35$ км как инструментальной глубины очага.

Ванчское землетрясение сопровождалось большой серией афтершоков. Всего повторных толчков в январе зафиксировано 445 с $K_p=6.0-11.7$, из которых 70 с $K_p \geq 8.6$, а всего за 2010 г. $N_{\text{афт}}=481$, с максимальным ($K_p=11.9$) афтершоком 20 апреля в 10^h58^m . Их список дан в Приложении к наст. сб. [12], а карта эпицентров – на рис. 2.

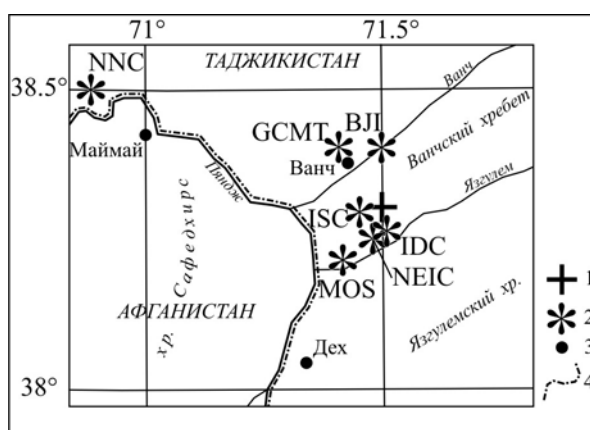


Рис. 1. Сопоставление решения эпицентра Ванчского землетрясения 2 января 2010 г. по региональным данным с решениями других агентств

1 – инструментальный эпицентр ГС АНРТ; 2 – решения по данным других сейсмологических служб; 3 – населенный пункт; 4 – государственная граница.

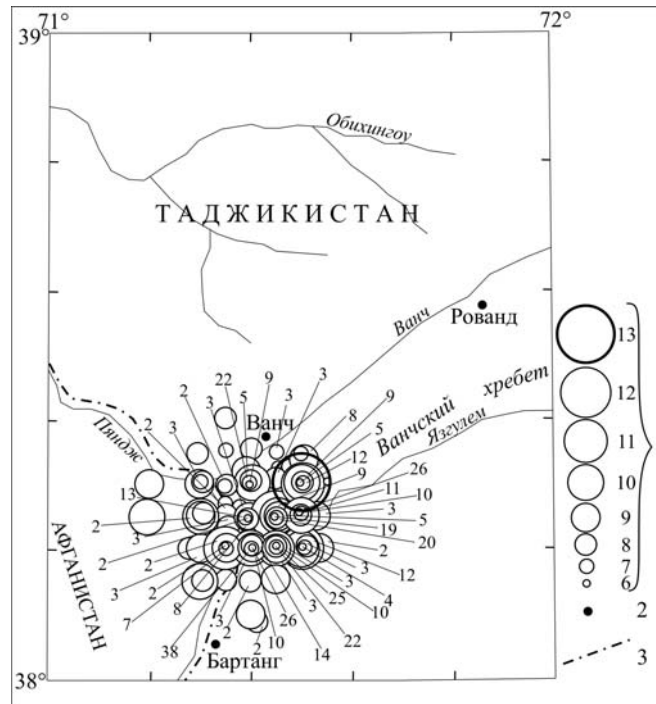


Рис. 2. Карта эпицентров афтершоков Ванчского землетрясения 2 января 2010 г. с $K_p=13.5$, $M_w=5.4$

1 – энергетический класс K_p ; 2 – населенный пункт; 3 – государственная граница; числа указывают количество афтершоков с одинаковыми координатами.

Как видим, главный толчок находится на северо-западе, на краю области афтершоков, по форме, близкой к круговой, т.к. ее размеры по широте и долготе составляют 31 и 33 км. Тогда площадь афтершоков равна $S_{афт}=1023 \text{ км}^2$.

Была предпринята попытка выяснить наличие миграции афтершоков со временем (по пятидневкам) в период наиболее активной стадии серии (в январе) и на разных энергетических срезах: $K_p=8$ и $K_p>8$. Результат изображен на двух картах эпицентров на рис. 3 а,б.

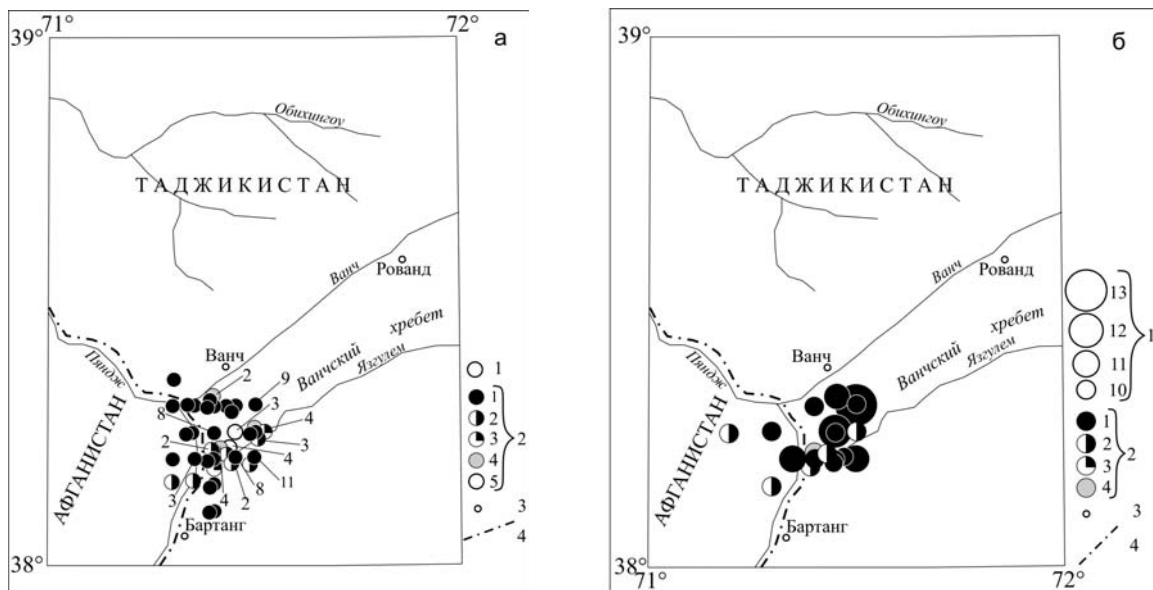


Рис. 3. Афтершоки Ванчского землетрясения с $K_p=8$ (а) и $K_p>8$ (б)

1 – энергетический класс K_p ; 2 – период 2–6 января (1), 07.01.–11.01. (2), 12.01.–16.01. (3), 17.01.–21.01. (4), 22.01.–26.01. (5), а в период 27.01.–31.01. были более слабые афтершоки; 3 – населенный пункт; 4 – государственная граница.

Из этих рисунков следует, что афтершоки слабо мигрировали в юго-западном направлении, но достаточно слабо и в основном «работала» вся зона.

Рассмотрим распределение афтершоков по классам, включая всю совокупность до конца года. Оно представлено в табл. 3.

Таблица 3. Распределение афтершоков Ванчского землетрясения 2 января в 02^h15^m с $K_p=13.5$, $M_w=5.4$ по энергетическим классам

K_p	6	7	8	9	10	11	12	Сумма
$N(K_p)$	103	179	95	75	29	8	2	491

Построенный по этим данным график повторяемости афтершоков изображен на рис. 4.

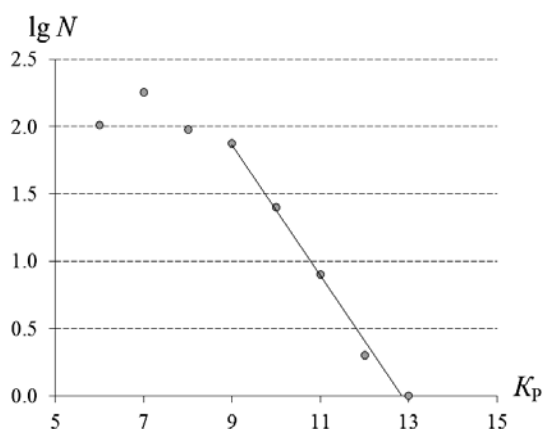


Рис. 4. График повторяемости афтершоков землетрясения 2 января в 02^h15^m с $K_p=13.5$, $M_w=5.4$

Уравнение графика повторяемости в диапазоне $K_p=9-13$ имеет вид:

$$\lg N_{K=9-13} = 6.23 - 0.48 K_p.$$

Значение наклона графика повторяемости $\gamma = |0.48|$ соответствует среднему долговременному $\gamma = |0.49|$ в Таджикистане [13].

Самые сильные повторные толчки с $K_p=11.7$ и 11.9 отмечены через час после главного толчка в 7 км от него и 24 апреля в 0113 – в 6 км. Энергетическая ступень между главным толчком и максимальным афтершоком составила

$$\Delta K_a = 13.5 - 11.9 = 1.6.$$

Согласно [14], в очаге землетрясения 2 января преобладали близгоризонтальные ($PL_1=7^\circ$) напряжения растяжения восток–юго-восточной ($AZM=102^\circ$) ориентации (табл. 4).

Таблица 4. Параметры механизмов очагов землетрясений 02.01.2010 г. с $K_p=13.5$ из [14] и 03.03.2009 г. с $K_p=13.0$ из [15] вблизи Вранча

Дата, д м год	t_0 , ч мин с	h , км	Магнитуды			K_p	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Агент- ство
			M_w	MS	Ms		T		N		P		NP1			NP2			
							PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
02.01.2010	02 15 05	10	5.4	5.0	5.1	13.5	7	102	51	3	38	197	232	58	-24	336	70	-145	GCMT
03.03.2009	14 22 12	20	5.1	4.6	4.6	13.0	4	98	57	1	33	191	230	64	-21	329	71	-152	GCMT

Такие напряжения привели к движению в очаге типа сброс по более крутой ($PL_1=70^\circ$) плоскости NP2 север–северо-западной ориентации, с компонентами правостороннего сдвига, а по менее крутой ($PL_2=58^\circ$) плоскости NP1 юго-западной ориентации – к левостороннему сдвигу с компонентами сброса (рис. 5, а).

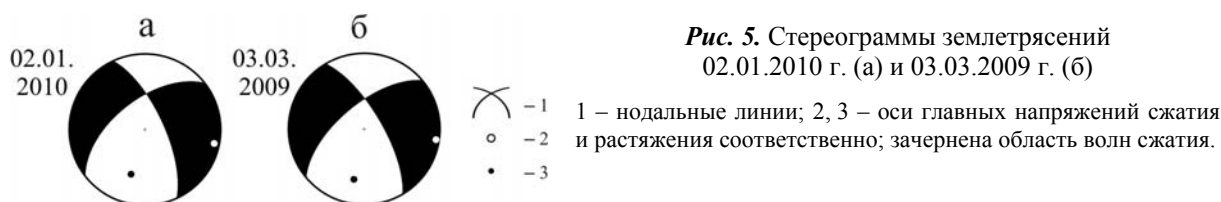


Рис. 5. Стереодиаграммы землетрясений 02.01.2010 г. (а) и 03.03.2009 г. (б)

Ранее, в 2008 г., в этой же зоне было произошли три землетрясения 12-го класса, зарегистрированные 07.04.2008 г. в 22^h00^m и в 22^h02^m с $K_p=11.8$ и 11.6; 19.07.2008 г. – с $K_p=11.9$ [16], а 03.03.2009 г. – с $K_p=13.0$ [17]. Очаг землетрясения 2 января 2010 г. располагался на среднем расстоянии 20 км к юго-западу от очагов 7 апреля и 19 июля 2008 г. и в 15 км к северо-

ро-востоку от очага землетрясения 3 марта 2009 г. Для последнего привлечено решение механизма его очага из [15].

Как видим, параметры в табл. 4 у землетрясения 03.03.2009 г. почти те же, что и у описанного выше события 2 января 2010 г., поэтому и его стереограмма на рис. 5 б такая же. Это удивительно, и свидетельствует о постоянно существующих напряжениях растяжения в очаговой зоне Ванчского землетрясения в условиях всеобщего поля сжатия при надвигании Памира на структуры Тянь-Шаня.

Л и т е р а т у р а

1. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Михайлова Р.С., Нилобекова З.М., Маматкулова З.С., Дмитриева Т.Н., Кутузова А.П., Валявская Т.Н., Артёмова Е.В. (сост.). Каталог землетрясений Таджикистана за 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
2. Global CMT Catalog Search. – URL: <http://www.globalcmt.org/>.
3. GS National Earthquake Information Centre. – URL: <ftp://hazards.cr.usgs.gov/edr/>.
4. Голицын Б.Б. О землетрясении 18 февраля 1911 г. – Известия Российской академии наук. – 1915. – 9. – № 10.
5. Gutenberg B., Richter C.F. Seismicity of the Earth and Associated Phenomena. – Princeton Univ. Press, 1954.
6. Леонов Н.Н. Хаитское землетрясение 1949 г. и геологические условия его возникновения // Известия АН СССР. – Серия геофизическая. – 1960. – № 3. – С. 409–424.
7. Губин И.Е. Закономерности сейсмических проявлений на территории Таджикистана. – М.: АН СССР, 1960.
8. International Seismological Centre, On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2013. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
9. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2010 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2010–2011. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2010.
10. Раутман Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
11. 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.
12. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Михайлова Р.С. (сост.). Афтершоки Ванчского землетрясения 2 января 2010 г. с $M_w=5.4$, $K_p=13.5$, $I_0^p=7$. (Таджикистан). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
13. Михайлова Р.С. Сейсмическая сотрясаемость Таджикистана от коровых очагов // Сейсмическая сотрясаемость территории СССР. – М.: Наука, 1979. – С. 113–124.
14. Артёмова Е.В., Михайлова Р.С. (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Таджикистана за 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
15. Артёмова Е.В., Левина В.И., Михайлова Р.С. (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Таджикистана за 2009 год // Землетрясения Северной Евразии, 2009 год. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – (На CD).
16. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Михайлова Р.С., Нилобекова З.Г., Маматкулова З.С., Дмитриева Т.Н., Кутузова А.П., Валявская Т.Н. (сост.). Каталог землетрясений Таджикистана ($N=5755$) и возможных ($N=56$) взрывов за 2008 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – (На CD).
17. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Михайлова Р.С., Нилобекова З.М., Маматкулова З.С., Дмитриева Т.Н., Кутузова А.П., Валявская Т.Н., Артёмова Е.В. (сост.). Каталог землетрясений Таджикистана за 2009 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2009 год. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – (На CD).