

**МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ в АРМЕНИИ**  
**ВАНСКОГО РАЗРУШИТЕЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 23 октября 2011 г.**

**с  $K_p^P=17.3$ ,  $M_w=7.1$ ,  $I_0=9-10$  (Турция)**

**Г.В. Саргсян, Г.Р. Абгарян, К.А. Мхитарян, А.Г. Макарян, А.А. Гонян**

*Агентство Национальной службы сейсмической защиты Республики Армения,  
г. Ереван, heghinesar@mail.ru*

23 октября на юго-востоке Турции провинцию Ван потрясло разрушительное землетрясение с магнитудой  $MS=7.3$  (MOS). Эпицентр землетрясения находился в г. Ван рядом с иранской границей. Согласно NEIC [1], «604 человека погибли, 2068 получили ранения, 40000 были перемещены, 5739 зданий были разрушены и 4882 были повреждены в районе Эрцисс-Табанли-Ван. Телекоммуникации, электро- и водоснабжение были нарушены, наблюдалось повреждение поверхности и сжижение грунтов». Подземные толчки ощущались за сотни километров.

**Инструментальные данные.** Очаг землетрясения находился в 203 км к юго-западу от Еревана, столицы Армении. Землетрясение ощущалось по всей территории республики Армения до 6-ти баллов. В табл. 1 приведены основные параметры Ванского землетрясения по данным разных сейсмических центров.

**Таблица 1.** Основные параметры Ванского землетрясения 23 октября  $10^h41^m$  с  $M_w=7.1$

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источ- ник
			$\varphi^\circ$ , N	$\delta$ , км	$\lambda^\circ$ , E	$\delta$ , км	$h$ , км	$\delta h$ , км		
HCC3 PA	10 41 17.47		38.68		43.22		10		$M_s=7.4$ , $K_p^P=17.3$	[2]
MOS	10 41 20.3	1.4	38.655	3.6	43.435	2.5	10		$M_s=7.3/126$ , $MPLP=7.4/10$ , $MPSP=6.7/140$ , $M_w=7.3/1$ , $M_0=9.6 \cdot 10^{19}$ H·м	[3]
ISN	10 41 19.0	0.9	38.902	52.3	43.49	7.7	12.4		$ML=7.3$	[1]
DDA	10 41 20.8		38.689		43.466		19.0		$ML=6.7$	– " –
IDC	10 41 21.0	1.2	38.733	5.5	43.483	4.9	0f		$M_s=7.2/54$ ; $m_b=6.1/73$	– " –
ISK/KOERI	10 41 21.0		38.750		43.426		5.0f		$ML=6.6$ , $M_w=7.2$	– " –
DSN	10 41 21.6	0.5	38.614	11.3	43.380	5.7	7.0		$M_s=(7.5 \pm 0.2)/8$ ; $m_b=(6.8 \pm 0.5)/5$	– " –
NEIC	10 41 23.2	0.1	38.721	2.3	43.508	1.5	18.0f		$M_w=7.1$ , $M_0=6.4 \cdot 10^{19}$ H·м, $M_0=5.6 \cdot 10^{19}$ H·м	– " –
BJI	10 41 21.7		38.90		43.45		20.0		$M_s=7.4/95$ , $m_b=6.7/70$	– " –
CSEM	10 41 22.1	0.1	38.757	2.0	43.478	1.5	10.0		$M_s=7.3$ ; $m_b=(6.8 \pm 0.4)/99$ , $M_w=7.2$	– " –
GCMT	10 41 22.9	0.1	38.64	1.1	43.40	0.5	12.0	0.3	$M_w=7.1/155$ , $M_0=6.27 \cdot 10^{19}$ H·м, $M_0=6.27 \cdot 10^{19}$ H·м	– " –
TEH	10 41 27.8		38.665		43.708		18.0	17	$ML=7.1$	– " –
ISC	10 41 22.01	0.4	38.729	2.0	43.445	1.7	7.6	2.1	$M_s=(7.3 \pm 0.1)/534$ ; $m_b=(6.8 \pm 0.2)/639$	– " –

Как видим, диапазон вариации широты составил  $\Delta\varphi=38.61^\circ-38.90^\circ$ , т.е. около трети градуса, вариации долготы  $\Delta\lambda=43.22^\circ-43.71^\circ$ , т.е. половина градуса. Глубина очага  $h$  данного землетрясения по данным разных агентств колеблется от 5 до 20 км. В Национальной службе сейсмической защиты по данным сейсмических станций Армении глубина залегания получилась  $h=10$  км.

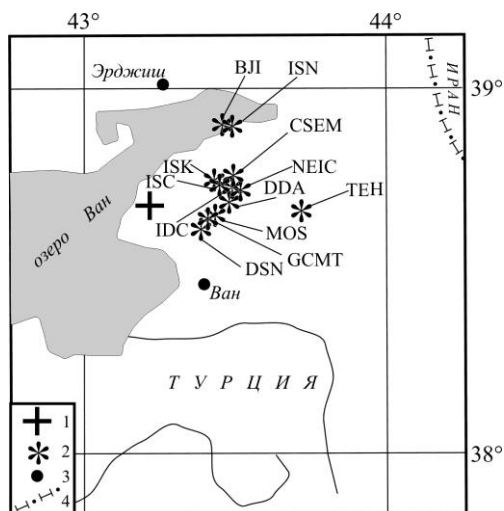


Рис. 1. Разные решения эпицентра Ванского землетрясения 23 октября в  $10^h41^m$  с  $K_p=17.3$ ,  $M_w=7.1$

1 – инструментальный эпицентр НССЗ РА;  
2 – решения поданным других сейсмологических служб; 3 – населенный пункт.

Относительное расположение разных решений эпицентров, представленное на рис. 1, свидетельствует о компактности расположения по целой группе агентств, таких как ISC, ISK, IDC, CSEM, NEIC и DDA. К этой группе примыкают с юго-запада еще три решения – MOS, GCMT и DSN. Решение Армении, изображенное традиционно прямым крестом, удалено на 24 км к запад-юго-западу от названной группы. Примерно так же, на 21 км, удалено решение ТЕН, но к восток-юго-востоку, а решения ВJI и ISN близки между собой, но от центра группы равноудалены на 19 км.

Согласно ISC, это землетрясение записали 4394 сейсмические станции Земли. Запись Объединенного института сейсмологических исследований (IRIS) скопирована на рис. 2.

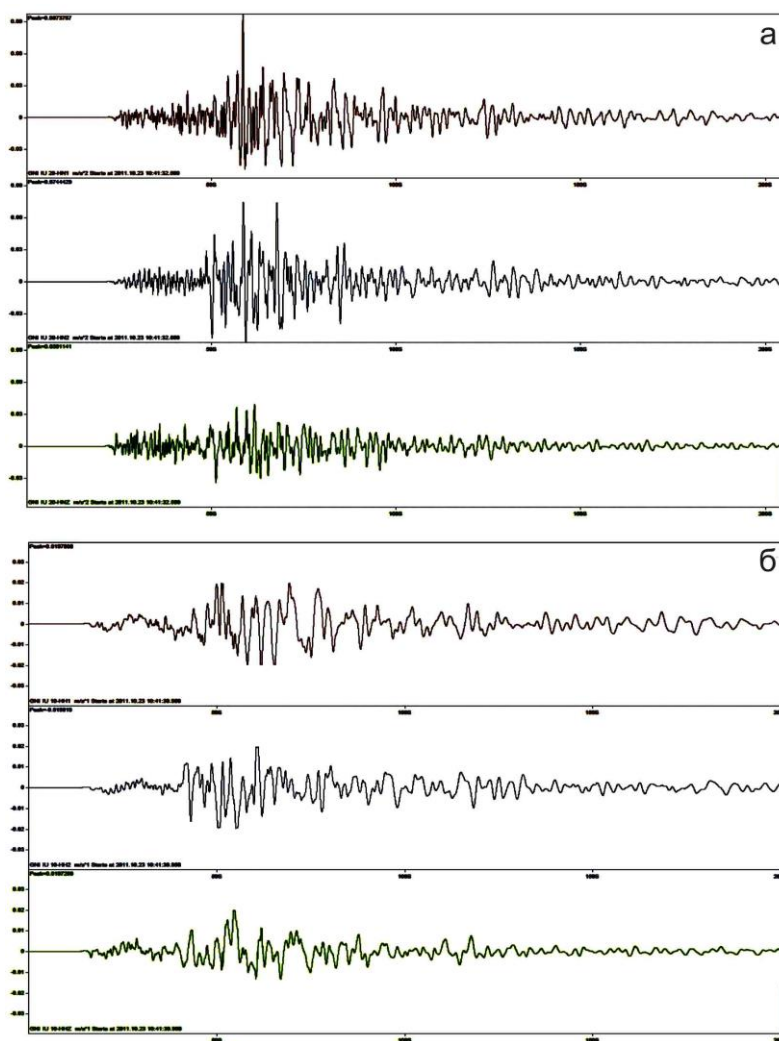
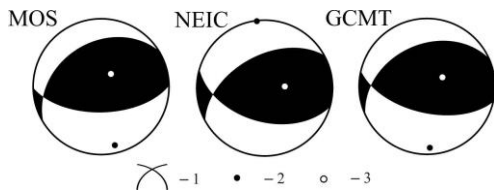


Рис. 2. Записи международной станции IRIS основного толчка Ванского землетрясения 23 октября  $10^h41^m$ : а – акселограмма; б – велосиграмма

**Механизм очага.** Согласно информационному сообщению [4], «механизм очага землетрясения 23 октября 2011 г. в  $10^{\text{h}}41^{\text{m}}$  был рассчитан в ИОЦ ГС РАН по знакам первых вступлений продольных волн на 295 станциях, из них на 290 зарегистрированы волны сжатия (знаки плюс), на 5 – волны разрежения (знаки минус). Станции расположены в интервале эпицентральных расстояний  $1^{\circ}$ – $94^{\circ}$  и равномерно по азимутам ( $1^{\circ}$ – $360^{\circ}$ ). Механизм очага в стереографической проекции на нижней полусфере показан на рис. 3, элементы механизма представлены в табл. 2. В табл. 2 и на рис. 3 приведены также решения механизма очага, рассчитанные по моменту центра в Национальном центре информации о землетрясениях (NEIC) Геологической службы США (USGS) и по методу тензора момента в Global CMT Catalog, США».

**Таблица 2.** Параметры механизма очага землетрясения 23 октября 2011 г. в  $10^{\text{h}}41^{\text{m}}$  с  $K_p=17.3$ ,  $M_w=7.1$

Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	$h$ , км	Магнитуды			Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Агент- ство
			$M_w$ [10]	$MS$ [3]	$M_s$ [9]	$T$		$N$		$P$		$NP1$			$NP2$			
						$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$STK$	$DP$	$SLIP$	$STK$	$DP$	$SLIP$	
23.10	10 41 20.3	10		7.3		71	38	14	261	12	167	89	59	107	239	35	65	MOS
23.10	10 41 21.6	13			7.3	65	85	24	262	1	353	106	49	123	241	51	58	NEIC
23.10	10 41 22.9	12	7.1			69	60	18	271	10	178	103	58	112	246	38	60	GCMT



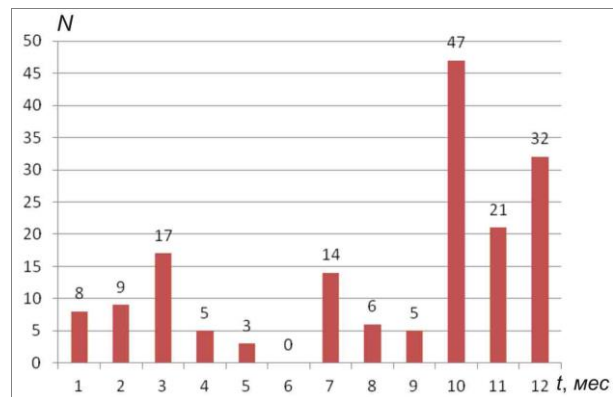
**Рис. 3.** Стереогаммы фокальных механизмов Ванского разрушительного землетрясения 23 октября 2011 г. в  $10^{\text{h}}41^{\text{m}}$  с  $M_w=7.1$  по данным разных агентств

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

Согласно всем решениям, представленным в табл. 2 и на стереограммах, землетрясение возникло под действием близгоризонтальных ( $PL_p=12^{\circ}$ ,  $1^{\circ}$ ,  $10^{\circ}$ ) напряжений сжатия и крутых ( $PL_p=71^{\circ}$ ,  $65^{\circ}$ ,  $69^{\circ}$ ) напряжений растяжения. Такая система напряжений вызвала движение типа взброс с заметными (NEIC) или небольшими (MOS, GCMT) компонентами сдвига, правостороннего по плоскостям  $NP1$  и левостороннего – по  $NP2$ .

**Форшоки и афтершоки.** Согласно каталогу [2], землетрясения в очаговой зоне Ванского землетрясения наблюдались с начала года, составляя его форшоки. Все они отмечены в каталоге меткой «фор». Вслед за основным толчком наблюдается интенсивный афтершоковый период, все афтершоки отмечены в каталоге меткой «афт». Ежемесячное распределение количества форшоков и афтершоков Ванского землетрясения 23 октября 2011 г. по данным сейсмической сети республики Армения приведено на рис. 4.

Максимальные из них реализовались в течение суток после главного толчка (23 октября в  $10^{\text{h}}56^{\text{m}}$  с  $K_p=14.1$ , в  $11^{\text{h}}32^{\text{m}}$  с  $K_p=14.6$ , в  $20^{\text{h}}45^{\text{m}}$  с  $K_p=14.6$ ) и 25 октября в  $14^{\text{h}}55^{\text{m}}$  с  $K_p=14.1$ . До конца года зарегистрировано 77 афтершоков, 57 из них ощущались в г. Гюмри. Три афтершока с  $K_p=13$ – $14$ , произошедшие 23 октября в  $10^{\text{h}}56^{\text{m}}$  с  $K_p=14.1$ , 8 ноября в  $22^{\text{h}}05^{\text{m}}$  с  $K_p=13.5$ , 14 ноября в  $22^{\text{h}}08^{\text{m}}$  с  $K_p=13.4$ , вызвали сотрясения с интенсивностью  $I_1=4$  балла, еще четыре с  $K_p \div 12$  (9 ноября в  $19^{\text{h}}30^{\text{m}}$  с  $K_p=12.1$  и в  $22^{\text{h}}38^{\text{m}}$  с  $K_p=12.3$ , 22 ноября в  $03^{\text{h}}30^{\text{m}}$  с  $K_p=12.5$ , 27 декабря в  $19^{\text{h}}18^{\text{m}}$



**Рис. 4.** Гистограмма ежемесячного распределения количества форшоков и афтершоков Ванского разрушительного землетрясения 23 октября 2011 г., зарегистрированных сетью сейсмологических наблюдений республики Армения

с  $K_p=12.1$ ) – с интенсивностью  $I_i=3-4$  балла, остальные – с  $I_i=2-3$  балла [5]. Ранее, при изучении В.И. Халтуриным материалов Спитакского землетрясения [6] было отмечено повышение на 1 балл интенсивности сотрясений в г. Гюмри, что повторилось в 2011 г. и при Ванском землетрясении.

**Макросейсмические проявления.** На рис. 5 приведен пример разрушения в турецкой провинции Ван по данным РИА-Новости [7].



Рис. 5. Разрушения в турецкой провинции Ван по данным РИА-Новости [7]

Землетрясение ощущалось и на территории республики Армения с интенсивностью до 6 баллов по шкале MSK-64 [8].

**I=6 баллов** – была зафиксирована в Арарате, Арташате, Норашене, Вагаршападе, Мецаморе. Люди в испуге выбегали из домов, детей из школ послали по домам, из детских садов – забрали. Качались люстры, посуда в шкафах. Появились трещинки на перегородках. Внутри помещения отмечены сильная тряска и колебания предметов. У многих начались головокружения и тошнота.

**I=5 баллов** – отмечена в Ереване, Аштараке, Каджаране, Мегри,

Гораване, где землетрясение было замечено всеми, жители испытывали испуг, гремела посуда, колебались висючие предметы.

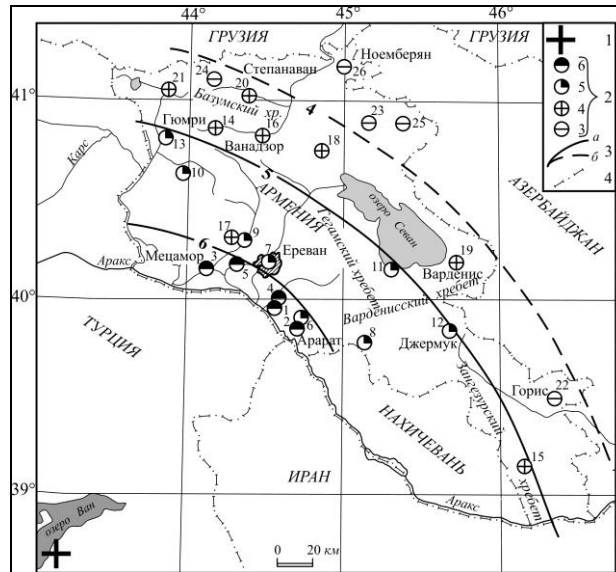
**I=4 балла.** Землетрясение было замечено всеми жителями, испуга не было. Афтершоки, у которых магнитуда превышала 4, ощущали на территории Гюмри (см. каталог в наст. ежегоднике). Как при Спитакском землетрясении 7 декабря 1988 года на большей части территории Турции ощущали землетрясение, так теперь при Ванском его ощущали на всей территории Армении. Землетрясения не признают границ.

В табл. 3 приведены все собранные на территории республики Армения макросейсмические проявления Ванского землетрясения 23 октября.

Таблица 3. Макросейсмические данные о Ванском землетрясении 23 октября 2011 г. в  $10^{h41m}$  с  $K_p=17.3$ ,  $M_w=7.1$  на территории республики Армения

№	Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	№	Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E
<b>6 баллов</b>					<b>4 балла</b>				
1	Арташат	119	39.95	44.56	14	Ширакамут	193	40.85	44.16
2	Арарат	118	39.84	44.71	15	Каджаран	193	39.15	46.15
3	Мецамор	121	40.14	44.12	16	Ванадзор	195	40.81	44.47
4	Норашен	125	40.00	44.59	17	Агарак	196	40.30	44.28
5	Вагаршапад	128	40.167	44.31	18	Дилижан	198	40.741	44.863
<b>5 баллов</b>					19	Варденис	199	40.18	45.73
6	Гораван	124	39.90	44.73	20	Степанаван	210	41.01	44.384
7	Ереван	136	40.18	44.52	21	Ашоцк	215	41.037	43.858
8	Чива	140	39.767	45.141	<b>3 балла</b>				
9	Аштарак	142	40.29	44.36	22	Горис	221	39.50	46.33
10	Артик	166	40.62	43.96	23	Иджеван	224	40.88	45.15
11	Мартуни	171	40.14	45.31	24	Алаверди	225	41.10	44.15
12	Джермук	178	39.84	45.67	25	Берд	232	40.884	45.382
13	Гюмри	185	40.79	43.85	26	Ноемберян	242	41.172	44.994

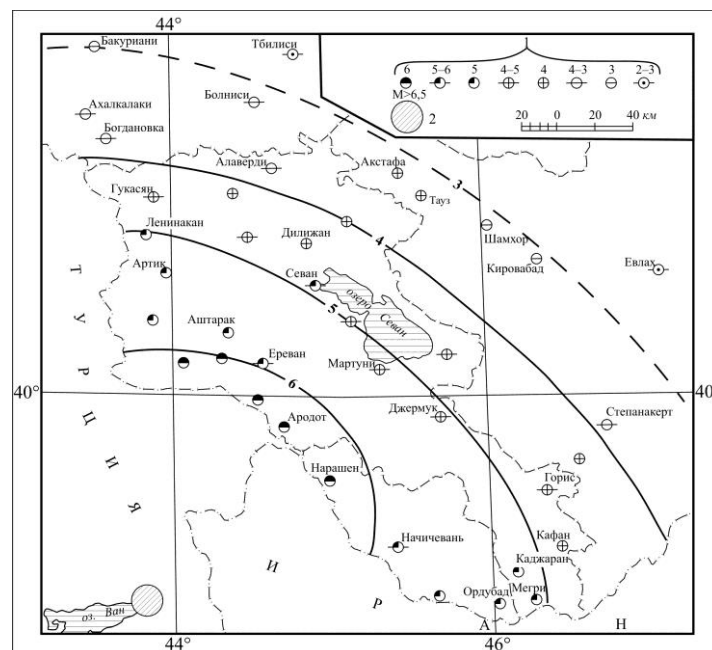
Построенная по данным табл. 3 карта изосейст изображена на рис. 4.



**Рис. 6.** Карта изосейст Ванского землетрясения 23 октября 2011 г. на территории республики Армения  
1 – инструментальный эпицентр НССЗ РА; 2 – интенсивность сотрясений в баллах по шкале MSK-64; 3 – изосейста: уверенная (а), неуверенная (б); 4 – государственная граница.

**Исторические сведения.** Ванская очаговая зона расположена в сейсмоактивном регионе, испытывающем частые разрушительные землетрясения. Согласно [9], «эпицентр землетрясения 23 октября 2011 г. расположен в зоне столкновения Аравийской и Евразийской плит. Оно напоминает о многих катастрофических событиях, которые Турция пережила в недалеком прошлом». Это Восточно-Анатолийское землетрясение 26.12.1939 г. [10], в результате которого погибли приблизительно 33 тыс. человек [9].

Это разрушительное землетрясение в Восточной Анатолии 24.11.1976 г. с  $K_p=16$ ,  $MLH=7.0$ ,  $h=13$  км [11], в районе оз. Ван. Согласно [12], около 200 населенных пунктов были полностью разрушены или имели большие разрушения, погибло несколько тысяч человек. Карта его изосейст из [12], изображенная на рис. 5, практически такая же, как и на рис. 4 для описываемого Ванского землетрясения 2011 г.



**Рис. 7.** Карта изосейст землетрясения 24.11.1976 г. на территории республики Армения  
1 – интенсивность сотрясений в баллах по шкале [8]; 2 – инструментальный эпицентр [11].

Это наглядный пример устойчивости макросейсмического поля землетрясений, разнесенных во времени (на 35 лет), но из одной очаговой зоны. Оно также ощущалось на территории Армении с интенсивностью до 6 баллов.

#### Л и т е р а т у р а

1. **International Seismological Centre (ISC)**, On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2014. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
2. **Саргсян Г.В. (отв. сост.), Абгарян Г.Р., Айдосян Г.Г., Гонян А.А., А.Г., Мугнецян Э.А. (сост.)**. Каталог землетрясений Армении в государственных границах +30 км за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD\_ROM.
3. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2011 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2011–2012. – URL: [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2011](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2011).
4. **Геофизическая служба РАН**. Информационное сообщение о разрушительном землетрясении в Турции, 23 октября 2011 года. – URL: [http://www.ceme.gsras.ru/cgi-bin/info\\_quake.pl](http://www.ceme.gsras.ru/cgi-bin/info_quake.pl).
5. **Саргсян Г.В. (отв. сост.), Михайлова Р.С., Артёмова Е.В., Левина В.И. (сост.)**. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Армении за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD\_ROM.
6. **Гедакян Э.Г., Голинский Г.Л., Папалашвили В.Г., Хромецкая Е.А., Шебалин Н.В.** Спитакское землетрясение 7 декабря 1988 г., карты изосейст // Землетрясения в СССР в 1988 году. – М.: Наука, 1991. – С. 74–86.
7. **Проншествия** // РИА Новости [сайт]. – URL: <https://ria.ru/incidents/>.
8. **Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В.** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64 // Сейсмическое районирование СССР (Ред. С.В. Медведев). – М.: Наука, 1968. – С. 158–162.
9. **Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Коломиец М.В.** Хроника сейсмичности Земли. Сейсмичность Земли в июле–ноябре 2011 г. Разрушительное землетрясение в Турции // Земля и Вселенная. – 2012. – № 2. – С. 103–105.
10. **Бабаян Т.О., Кулиев Ф.Т., Папалашвили В.Г., Шебалин Н.В., Вандышева Н.В. (отв. сост.)**. П б. Кавказ [50–1974 гг.,  $M \geq 4.0$ ,  $I_0 \geq 5$ ] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 69–170.
11. **Папалашвили В.Г. (отв. сост.), Дарахвелидзе Л.К., Лабадзе Л.В., Чиковани В.В., Саргсян Г.В., Израилевский А.** Региональный каталог Кавказа за 1976 г. // Землетрясения в СССР в 1976 г. – М.: Наука, 1980. – С. 127–136.
12. **Баграмян А.Х., Гедакян Э.Г., Папалашвили В.Г.** Землетрясение 24 ноября в районе озера Ван // Землетрясения в СССР в 1976 г. – М.: Наука, 1980. – С. 16–18.