

АРМЕНИЯ

Г.В. Саргсян, Л.В. Мазманиян, Е.Г. Байбуртян, Л.С. Саргсян, О.М. Демирчян, А.А. Геворкян

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

Сеть сейсмологических наблюдений в 2008 г. на территории Республики Армения, по сравнению с таковой в 2007 г. [1], не изменилась и состояла из 8 аналоговых и 28 телеметрических станций [2]. На рис. 1 показаны все станции и два центра обработки сейсмологической информации в городах Ереване и Гюмри, оперативно собирающие данные из наблюдательных пунктов. Обеспечиваемая всей сетью энергетическая представительность K_{\min} землетрясений показана на рис. 1. Согласно этой карте, уровень представительной регистрации землетрясений в 2008 г. остался неизменным, по сравнению с таковым в 2007 г. [1], и равен $K_{3\min}=7.5$ для всей территории Армении, а за ее пределами – $K_{3\min}=9.5$.

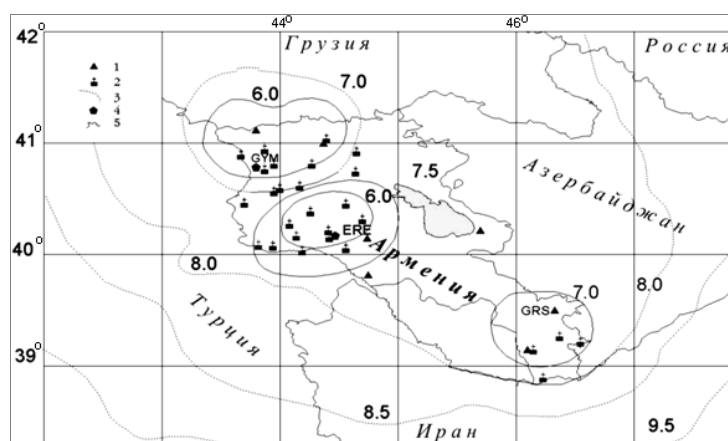


Рис. 1. Карта энергетической представительности K_{\min} на территории Армении в 2008 г.

1, 2 – аналоговая и телеметрическая сейсмическая станции соответственно; 3 – изолиния K_{\min} ; 4 – центр сбора и обработки данных; 5 – государственная граница.

Однако график повторяемости землетрясений Армении в пределах ее государственных границ, построенный по данным табл. 1 и приведенный на рис. 2, свидетельствует о лучшей ситуации.

Таблица 1. Распределение землетрясений Армении (в пределах государственных границ) по энергетическим классам за 2008 г.

$K_{\text{расч}}$	4	5	6	7	8	9	10	N_{Σ}	$\Sigma E, \text{Дж}$
$N(K)$	8	72	137	33	32	12	4	298	$4.828 \cdot 10^{10}$

Как видим, в левом загибе графика остались точки для чисел землетрясений с $K=4$ и $K=5$, но представительны землетрясения, начиная с $K_{\min}=6$, а не с $K_{\min}=7.0$ и тем более $K_{\min}=7.5$. Наклон γ линейной правой части графика равен $\gamma=0.51$.

Методы определения основных параметров землетрясений те же, что и в [1]. Для всех землетрясений использовались данные аналоговой и телеметрической сетей НССЗ РА. Для более сильных событий привлекались сведения Геофизической службы РАН (МОС), региональной сети Грузии (ТИФ), Национального центра информации о землетрясениях Геологической службы США (NEIC), Европейско-Средиземноморского сейсмологического центра (CSEM), национальной сети Тегеранского университета в Иране (ПЕЕС) и Кандилийской обсерватории научно-

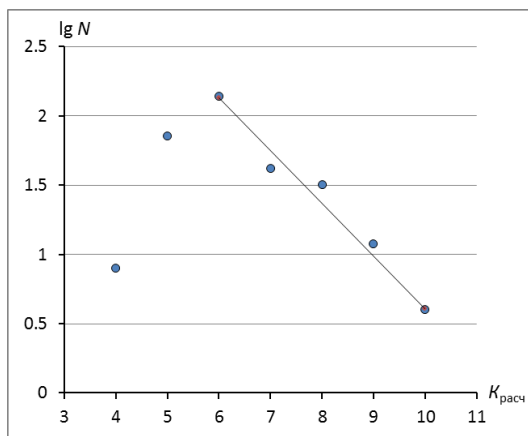


Рис. 2. График повторяемости землетрясений Армении в 2008 г.

исследовательского института Турции (ISK). При локализации землетрясений на юге Республики Армения совместно со станциями армянской сети использовались данные национальной сети Ирана. Обработка землетрясений проводилась машинным способом по программе НУРО-71 [3] для ближней зоны и ручным – способом засечек и изохор. В этой же программе заложена классификация землетрясений по локальным магнитудам Md .

С этой магнитудой связаны новшества в классификации землетрясений, которые впервые появились в каталоге землетрясений за 2006 г., когда резко (почти в три раза) возросло годовое число событий в каталоге Армении. Если в оригинале каталога землетрясений за 2005 г. содержалось $N_{\Sigma}=556$ землетрясений [4], то в 2006 г. их стало $N_{\Sigma}=1306$ [5], в 2007 г. – $N_{\Sigma}=1901$ [6] и в 2008 г. –

$N_{\Sigma}=1662$ [7]. При этом вместо измерения энергетического класса по сейсмограмме стали внедрять пересчет магнитуды Md в K_p по формуле Т.Г. Раутиан [8]:

$$K=4+1.8 Md,$$

и чем дальше, тем для большего числа землетрясений. В итоге при анализе каталога [7] в *ред.* обнаружено, что за 2008 г. имеется мало измеренных по сейсмограммам значений классов, всего $N_{изм.}=94$, все остальные классы ($N_{расч.}=1568$) – расчетные, что, конечно, очень плохо, так нарушилась преимственность каталогов Армении.

Кроме того, как и ранее [1], *ред.* в каталог добавлены графы с магнитудами MS_{MOS} , $MPSP_{MOS}$ из [9], M_{ISC} , m_{bISC} , Md_{ISK} , ML_{ISK} , ML_{THE} , ML_{THR} – из [10]).

Каталог землетрясений. Общее число зарегистрированных землетрясений сетью сейсмологических наблюдений НССЗ РА в 2008 г. (в пределах координат $\varphi=38.0-41.5^{\circ}N$, $\lambda=42.0-48.0^{\circ}E$), как указано выше, равно $N_{\Sigma}=1662$ [7]. Карта эпицентров более сильных ($K_{расч}\geq 7.6$) из них дана на рис. 3.

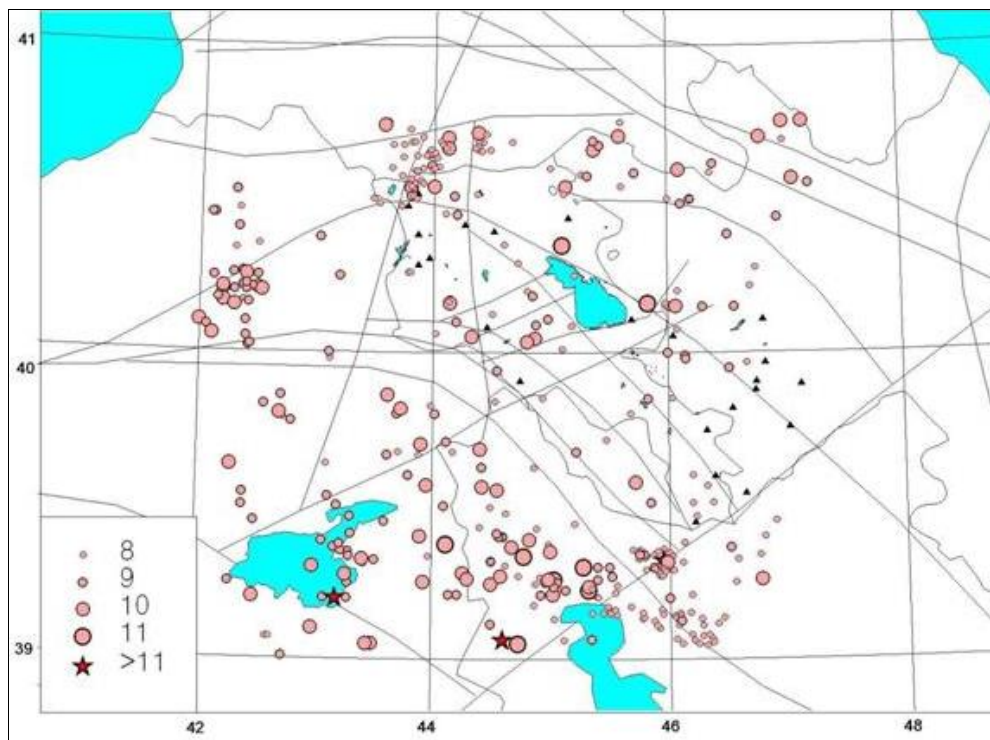


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений с $K_{расч}\geq 7.6$ за 2008 г., локализованных Службой Армении

Как видим, территория локации землетрясений включает большую часть Кавказа, Турции и Ирана. Подавляющая часть эпицентров лоцированы вне государственных границ Республики Армения и, следовательно, особого интереса в аспекте обзора сейсмичности непосредственно территории Армении и ее ближайшего приграничья (не далее 30 км от границ) не представляют. По этой причине все землетрясения, произошедшие от границ республики далее 30 км, выведены *ред.* из каталога в качестве дополнительных данных [11] на отдельный лист Приложения к наст. сб. по Армении. Все оставшиеся 880 событий включены в основной каталог [12], который содержит указанные 298 землетрясения непосредственно на территории Армении и толчки, локализованные армянской сетью во внешней приграничной полосе шириной 30 км на соответствующих прилегающих участках Грузии ($N=96$), Азербайджана ($N=27$) с Нахичеванской АО ($N=14$), Турции ($N=2$) и Ирана ($N=445$). Отличие от предыдущих выпусков Сборника состоит в одинаковой ширине полосы для всех соседних государств, хотя раньше из Турции и Ирана добавлялись все землетрясения, обработанные в Армении. В табл. 2 приведено распределение землетрясений в каталоге [12] по традиционным для Кавказа районам О.Д. Цхакая [13], таких как Джавахетское нагорье (№ 6), Куринская депрессия (№ 7), Восточная часть Малого Кавказа (№ 8), Армянское нагорье (№ 9), Турция (№ 16) и Иран (№ 17).

Таблица 2. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам за 2008 г.

№	Район	K								N_{Σ}	$\Sigma E,$ Дж
		4	5	6	7	8	9	10	11		
6	Джавахетское нагорье		7	7	53	33	2	3		99	$3.717 \cdot 10^{10}$
7	Куринская депрессия			1	3	2	3	1		10	$1.528 \cdot 10^{10}$
8	Восточная часть Малого Кавказа	8	69	136	31	25	13	4	1	287	$1.693 \cdot 10^{11}$
9	Армянское нагорье			7	7	12	6	2		35	$2.935 \cdot 10^{10}$
16	Турция					2				2	$5.158 \cdot 10^8$
17	Иран	2	145	274	15	10	1			447	$2.689 \cdot 10^9$
	Всего	10	221	425	109	84	25	10	1	880	$2.540 \cdot 10^{11}$

Однако наибольшую значимость для оценки сейсмичности Армении представляют только 298 землетрясений, произошедших непосредственно на ее территории. Диапазон их магнитуд составил $M_d=0.1-3.3$, что соответствует значениям расчетных классов $K_{расч}=4.2-10.0$. Карта их эпицентров дана на рис. 4. Рассмотрим их подробно.

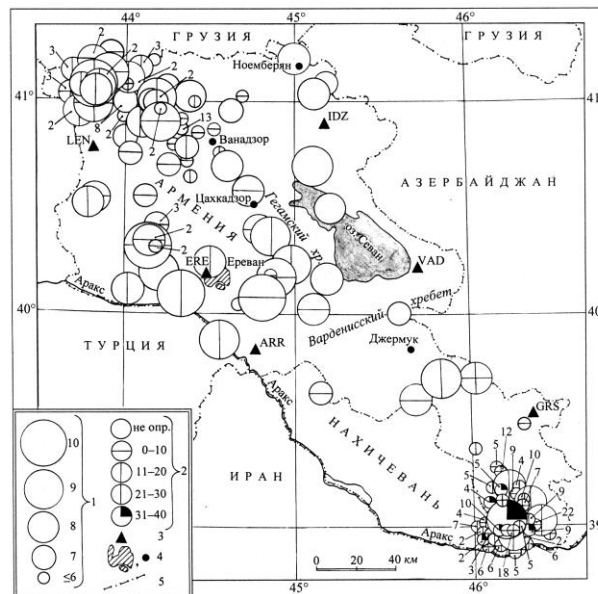


Рис. 4. Карта эпицентров 298 землетрясений на территории Армении в 2008 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – сейсмическая станция; 4, 5 – г. Ереван и населенный пункт соответственно; 6 – государственная граница.

Как видим, высокая плотность эпицентров имеет место на севере республики в очаговой зоне Спитакского землетрясения [14]. Максимальным ($Md=3.3$, $K=10.0$) в этой группе толчков явилось землетрясение 24 апреля в 11^h46^m с $h=13$ км. Землетрясение произошло в 5 км от Бавры и 10 км от Зуйгахпюра, где проявилось с интенсивностью $I=4$ балла, а в Гюмри ($\Delta=31$ км), Степанаване (50 км) – 3 балла [15]. Оно сопровождалось в этот же день в 15^h22^m сравнительно глубоком ($h=24$ км) афтершоком с $Md=2.8$, $K=8.8$ [12] с интенсивностью сотрясений в Бавре $I=3$ балла. Землетрясение 1 апреля в 08^h00^m , произошедшее на территории Грузии, ощущалось на севере республики в Бавре (45 км) с интенсивностью $I=3$ балла. Землетрясение 18 июня в 08^h54^m с $Md=3.9$, $K=9.9$ ощущалось на севере республики с интенсивностью $I=3-4$ балла в Степанаване ($\Delta=47$ км) и Бавре (59 км). Через два часа (в 11^h04^m) после указанного толчка произошел афтершок с $Md=3.5$, $K=10.3$, который проявился в Степанаване (49 км) с $I=4$ балла. Землетрясение с $Md=3.4$, $K=10.1$, возникшее 13 мая в 05^h27^m на границе Армении и Азербайджана (рис. 4), вызвало в Иджеване (52 км) колебания с интенсивностью до 3 баллов. Также в Иджеване (23 км) и Берде (31 км) ощущалось с интенсивностью $I=4$ балла землетрясение от 20 июня в 23^h41^m с $Md=3.4$, $K=10.1$.

В центральной части республики отметим землетрясение, произошедшее 29 апреля в 05^h20^m , с эпицентром на расстоянии 18 км восточнее Вардениса. Оно ощущалось в Варденисе с интенсивностью $I=4-5$ баллов, в Мартуни (48 км), Джермуке (55 км) – 3–4 балла. Заметна группа из трех землетрясений (19 августа в 15^h34^m с $Md=3.2$, $K=9.8$, $h=5$ км; 23 сентября в 00^h41^m с $Md=2.7$, $K=8.8$; 4 ноября в 18^h53^m с $Md=3.2$, $K=9.8$, $h=13$ км) к западу от Еревана и из четырех толчков (18 апреля в 03^h13^m с $Md=3.3$, $K=9.9$, $h=10$ км; 12 октября в 03^h05^m с $Md=2.8$, $K=9.0$, $h=15$ км; 11 декабря в 21^h25^m с $Md=2.9$, $K=9.2$, $h=5$ км; 12 декабря в 17^h06^m с $Md=2.8$, $K=9.0$, $h=15$ км) – к востоку от него. Землетрясение 19 августа произошло в 6 км от села Аруч и ощущалось с $I=3-4$ балла в Аруче, Амберде, Агараке, Коше. Землетрясение 18 апреля в 03^h13^m произошло в 8 км от Гарни и проявилось в Гарни, Арарате (25 км), Ереване (27 км) с интенсивностью сотрясений $I=3$ балла. Непосредственно вблизи Еревана ($\varphi=40.25^\circ N$, $\lambda=44.50^\circ E$) 12 мая в 08^h45^m реализовалось относительно заглубленное ($h=17$ км) землетрясение 8-го класса ($Md=2.4$, $K=8.3$) [12].

22 августа в 08^h12^m произошло землетрясение с $Md=2.4$, $K=8.3$, эпицентр которого находился в Нагорном Карабахе, в 14 км от Степанакерта. Оно ощущалось в Мартакерте с интенсивностью до 4 баллов, в Степанакерте – 3 балла.

Обращает на себя внимание на рис. 3 облако высокой плотности землетрясений на юге Армении. Всего этих событий в 2008 г. зарегистрировано $N=188$ и, согласно рис. 5, в течение года наблюдалась тенденция к росту их числа по месяцам.

Дело в том, что, начиная с 2006 г. [16], в эксплуатацию вошли Каджаранские карьеры, где производятся взрывы. После каждого взрыва возможно возникновение наведенной сейсмичности, что послужило причиной активизации данного района [17]. Пример такого последствия дан на записи одного из каджаранских взрывов на рис. 6, где вслед за взрывом 30 января наблюдаются слабые наведенные толчки. В результате юг республики наполнился эпицентрами слабых землетрясений с $Md=0.1-2.4$, $K=4.2-8.8$ [12].

Максимальное ($K=12.8$, $Md=4.9$) землетрясение в 2008 г. произошло 2 сентября в 20^h00^m на территории Ирана у южных границ республики ($\varphi=38.65^\circ N$, $\lambda=45.95^\circ E$) [11] и сопровождалось большим числом афтершоков, которые мигрировали в сторону Армении. Это землетрясение сильно ощутили жители юга республики, особенно в Мегри, где интенсивность сотрясений была до 5 баллов. Землетрясение произошло в вечернее время, люди от испуга не

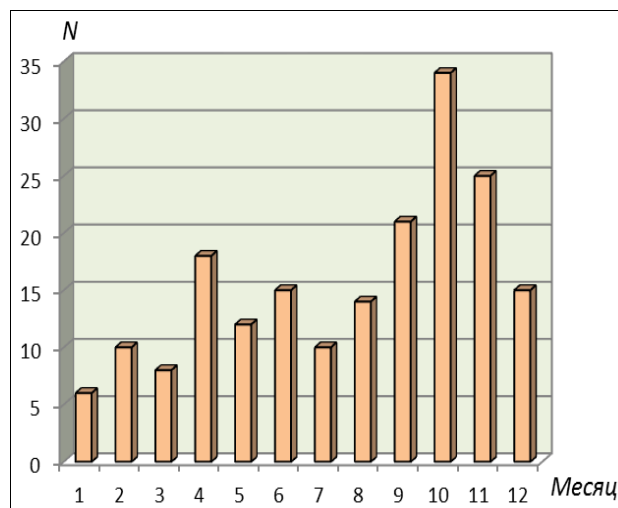


Рис. 5. Число событий в месяц на юге Армении в 2008 г.

заходили в дома. В Капане, Сисиане, Горисе оно ощущалось с интенсивностью $I=4$ балла, Джермуке, Ехегнадзоре – 3 балла.

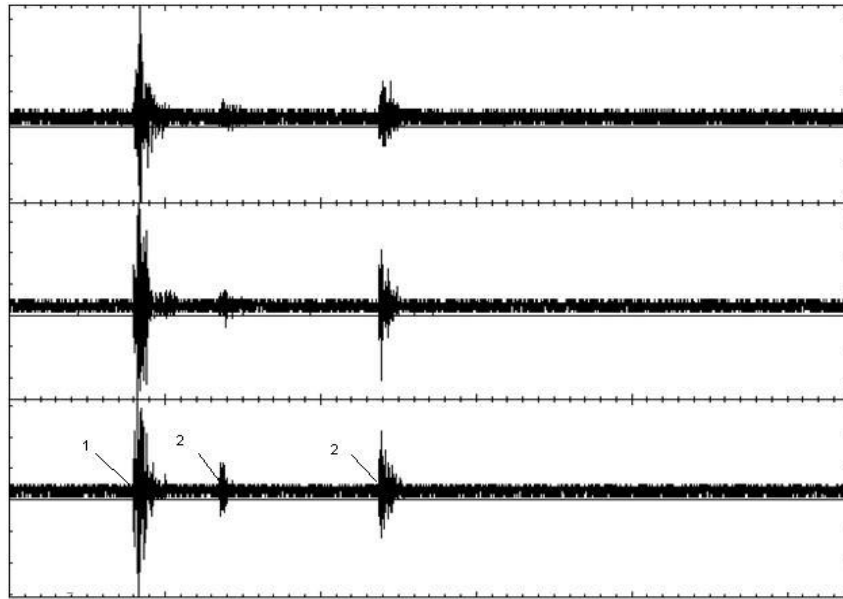


Рис. 6. Запись одного каджаранского взрыва и след за ним двух наведенных толчков (авторы благодарны сотруднику южного департамента Национальной службы сейсмической защиты Антоняну Асмику за представленный материал по каджаранским взрывам)

Подвижка в его очаге вызвана близкими по величине близгоризонтальными ($PL_p=8^\circ$, $PL_1=6^\circ$) напряжениями сжатия север–северо-западной ориентации и напряжениями растяжения север–северо-восточной ориентации [18]. По обеим плоскостям произошел чистый сдвиг по близвертикальной ($DP_1=80^\circ$) нодальной плоскости $NP1$ и по вертикальной ($DP_2=89^\circ$) плоскости $NP2$ (рис. 8).

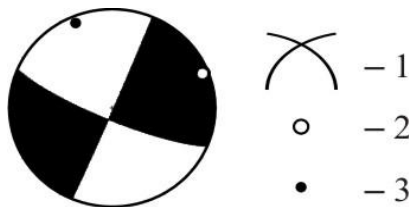


Рис. 8. Стереограмма механизма очага землетрясения 2 сентября 2008 г. с $K_p=12.8$, $M_d=4.9$ в проекции нижней полусферы
1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений сжатия и растяжения соответственно; зачернена область волн сжатия.

В заключение отметим спокойный фон сейсмичности в пределах государственных границ Армении, где максимальные толчки имели энергетические классы $\div 10$. Все более сильные события возникли вне Армении.

Л и т е р а т у р а

1. Саргсян Г.В., Абгарян Г.Р., Мугнецян Э.А. Армения // Землетрясения Северной Евразии, 2007 год. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 88–94.
2. Саргсян Г.В. Сейсмические станции, работавшие в Армении в 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
3. Lee W.H.K., Lahr J.C. HYPO-71 (Revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude and first motion patting of local earthquakes // USGS Survey open-file Report. – 1975, June. – P. 75–311.
4. Саргсян Г.В. (отв. сост.), Абгарян Г.Р., Саргсян Л.С. Каталог (оригинал) землетрясений Армении за 2005 год ($N=546$). – Обнинск: Фонды ГС РАН, 11.03.2010. – 10 с.
5. Саргсян Г.В. (отв. сост.), Абгарян Г.Р., Саргсян Л.С. Каталог (оригинал) землетрясений Армении за 2006 г. ($N=1306$). – Обнинск: Фонды ГС РАН, 12.11.2010 г. – 10 с

6. **Саргсян Г.В. (отв. сост.), Абгарян Г.Р., Саргсян Л.С.** Каталог (оригинал) землетрясений Армении за 2007 год ($N=1901$). – Обнинск: Фонды ГС РАН, от 11.11.2011 г. – 39 с.
7. **Саргсян Г.В. (отв. сост.), Абгарян Г.Р., Саргсян Л.С., Гонян А.А.** Каталог (оригинал) землетрясений и взрывов Армении и прилегающих территорий других государств за 2008 г. ($N=1662$). – Обнинск: Фонды ГС РАН, 04.03.2013 г.
8. **Раутиан Т.Г.** Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
9. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2008 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2008–2009. – URL: http://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2008.
10. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2008.** – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2010. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
11. **Саргсян Г.В. (отв. сост.), Абгарян Г.Р., Саргсян Л.С., Гонян А.А.** Дополнительные данные о землетрясениях ($N=367$) и взрывах ($N=415$) за пределами границ Армении (>30 км) за 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
12. **Саргсян Г.В. (отв. сост.), Абгарян Г.Р., Саргсян Л.С., Гонян А.А.** Каталог землетрясений ($N=277$) и возможных взрывов ($N=603$) Армении в государственных границах $+30$ км за 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
13. **Цхакая А.Д., Джибладзе Э.А., Папалашвили В.Г., Султанова З.З., Лебедева Т.М., Табуцадзе Ц.А., Дарахвелидзе Л.К., Кахиани Л.А., Лабадзе Л.В., Алимамедова В.П.** Землетрясения Кавказа // Землетрясения в СССР в 1969 году. – М.: Наука, 1973. – С. 19–28.
14. **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.
15. **Саргсян Г.В. (отв. сост.).** Макросейсмический эффект ощутимых ($N=16$) землетрясений в населенных пунктах Армении за 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
16. **Саргсян Г.В., Абгарян Г.Р., Мугнецян Э.А.** Армения // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 72–77.
17. **Саргсян Г.В., Саакян А.А., Абгарян Г.Р.** // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Пятой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 192–197.
18. **Михайлова Р.С. (сост.).** Каталог механизмов очагов землетрясений ($N=1$) Армении за 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).