

СЕЙСМИЧНОСТЬ АРМЕНИИ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ в 2016–2017 гг.

Г.В. Саргсян¹, Г.Р. Абгарян¹, А.А. Геворгян¹, К.Л. Хачкалян¹, Р.С. Михайлова²

¹ГНКО «Региональная служба сейсмической защиты» МЧС Республики Армения, *ovash@yandex.ru*

²ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия, *raisa@gsras.ru*

Аннотация. Приведен обзор сейсмичности территории Республики Армения и сопредельных стран за 2016 и 2017 гг. Дана информация о сейсмических станциях сети Армении. Проведена апробация нового цифрового сейсмографа, разработанного в г. Гюмри, приведены примеры зарегистрированных им сейсмограмм. Обработано более 7000 местных землетрясений, 2025 из них включены в сводный каталог. В пределах Республики наибольший уровень сейсмической активности зафиксирован на севере, в очаговой зоне 10-балльного Спитакского землетрясения 1988 г. с $MLV=6.9$. Анализ графиков повторяемости землетрясений за 2016 г., 2017 г. и за 1993–2017 гг. показал, что наклон графиков для событий каталогов за 2016 и 2017 гг. ($\gamma=-0.44$ и -0.43 соответственно) несколько ниже по абсолютной величине, чем среднее значение $\gamma=-0.49$ за все годы. Описаны ощутимые на территории Армении землетрясения за 2016 и 2017 гг.

Ключевые слова: сейсмичность, сейсмограф, каталог, землетрясение, Армения, сейсмическая активность, очаговая зона.

DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.05 **EDN:** PRTXLW

Для цитирования: Саргсян Г.В., Абгарян Г.Р., Геворгян А.А., Хачкалян К.Л., Михайлова Р.С. Сейсмичность Армении и прилегающих территорий в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 66–73. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.05. EDN: PRTXLW

Введение. Как и ранее [1], после обмена информацией в двух сейсмологических обрабатывающих центрах Армении, в Ереване и Гюмри, составлены сводные сейсмологические бюллетени, затем – каталоги землетрясений Армении и прилегающих территорий в границах: $\varphi=38.0-41.5^{\circ}\text{N}$, $\lambda=42.0-47.5^{\circ}\text{E}$. Они положены в основу анализа сейсмичности обозначенной территории.

Сеть сейсмологических наблюдений на территории Республики Армения в 2016 г., по сравнению с таковой в 2015 г. [2], практически не изменилась и работала без перебоев до декабря 2016 г., когда из-за отсутствия фотобумаги были приостановлены две аналоговые станции («Гюмри», «Степанаван»).

В 2017 г. сеть изменилась существенно: с июня демонтированы три последние телеметрические станции («Спитак», «Чкаловка», «Степанаван»), но установлены три новые цифровые станции, оснащенные аппаратурой GURALP: «Саратовка» на севере Армении (10.09.2017 г.), «Егвард» – на юге (декабрь 2017 г.), «Ванк» – в Арцахе, Нагорный Карабах (15.10.2017 г.). Процесс монтажа станции «Ванк» с координатами: $\varphi=40.05^{\circ}\text{N}$, $\lambda=46.55^{\circ}\text{E}$, расположенной на левом берегу р. Хачинчай в Мартакертском районе НКР, приведен на рис. 1.

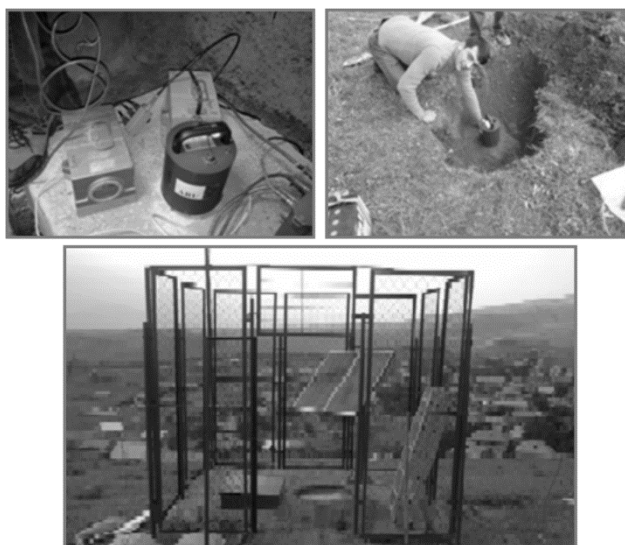


Рис. 1. Монтаж сейсмической станции «Ванк»

По-прежнему работали восемь цифровых станций GURALP вокруг Еревана («Амберд», «Вайк», «Капутан», «Вананд», «Аруч», «Мецамор», «Нарек», «Гарни»), три аналоговые станции («Варденис», «Горис», Степанакерт) и две временные французские цифровые станции («Капан», «Степанаван», код STE1) [3].

Кроме того, сотрудниками Северного отдела Региональной службы сейсмической защиты при МЧС РА разработан сейсмограф, установленный для апробации в г. Гюмри, сильно пострадавшем во время разрушительного 10-балльного Спитакского землетрясения 07.12.1988 г. [4]. Запись этим сейсмографом ощутимого землетрясения **4 июля 2017 г. с $M_L=3.7$** приведена на рис. 8 в конце статьи.

Положение всех станций в 2017 г. и обеспечиваемая ими магнитудная представительность M_{\min} землетрясений показаны на рис. 2. Согласно этой карте, для всего Кавказа уровень представительной регистрации землетрясений в 2017 г. равен $M_{3\min}=3.0$ ($K=9.4$).

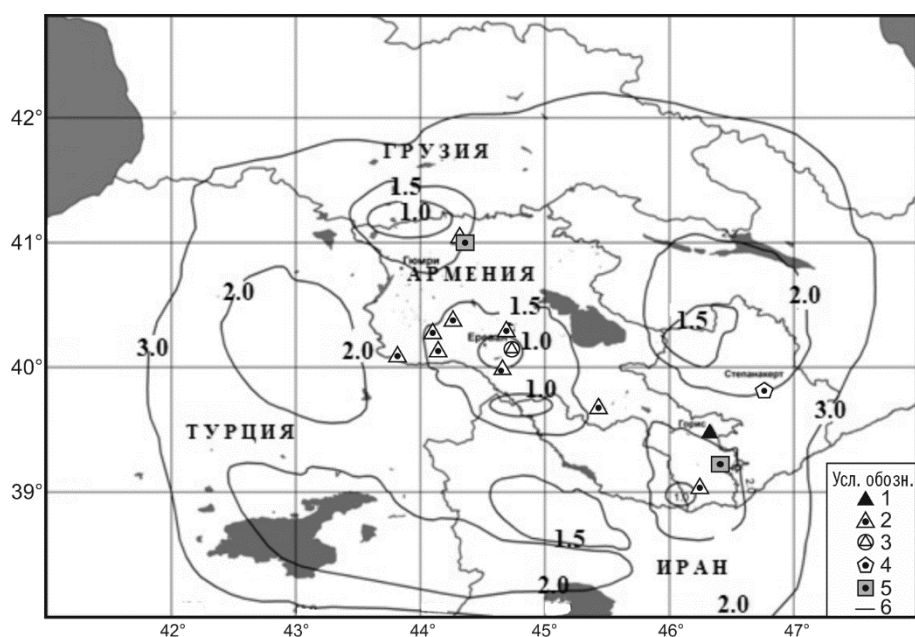


Рис. 2. Карта M_{\min} на территории Армении и сопредельных стран в 2017 г.

1–6 – аппаратура ССРЗ-М, GURALP, IRIS, аналоговая, французская и телеметрия соответственно; 7 – изолиния M_{\min} .

Методика определения основных параметров землетрясений не изменилась по сравнению с [5], а именно:

– классификация землетрясений выполнена по локальным магнитудам M_L :

$$M_L = \log_{10} \left(\frac{A}{T} \right) + 2.56 \{ \log_{10} (dist) \} + 0.67 ,$$

которые определяются программой IRIS при обработке близких землетрясений [6]. Расчеты в программе сделаны по поперечной S -волне: A – максимальная амплитуда в (μm); T – преобладающий период в измеряемой волне (c); $dist$ – расстояние от станции до источника в км;

– все энергетические классы K – расчетные из магнитуд M_L по формуле Т.Г. Раутиан из [7]:

$$K=1.8M+4.$$

– оценка балльности в эпицентре производилась с использованием формулы для Закавказья из [8]:

$$I_0=1.4M-3.5lgh+4.2.$$

Каталог землетрясений. Общее число зарегистрированных землетрясений в 2016 г. около $N_{\Sigma}=4000$, из них 20 % определены с невысокой точностью «неклассные», т.е. ошибка определе-

ния координат превышает 75 км. В каталоге [9] приводятся основные параметры для 1075 землетрясений в Республике Армения и на сопредельных территориях за 2016 год. За 2017 г. зарегистрировано около 5000 землетрясений, из которых свыше 1000 местных являются «неклассными», в том числе в районе сейсмических станций «Степанаван» и «Гарни». В каталог [9] вошли $N_{\Sigma}=1150$ землетрясений. Суммарное число землетрясений за два года составило 2225, их эпицентры расположены на территории Армении и вблизи ее границ на территориях Азербайджана, Грузии, Турции и Ирана. В каталог землетрясений *ред.* добавлены значения магнитуд $MPSP$ и M_s из [10], m_b , M_s по данным ISC из [11] и M_w по данным GCMТ из [12].

Приложения к каталогу содержат макросейсмические данные для 20 землетрясений [13] с оценкой балльности по шкале MSK-64 [14], перечень 63 населенных пунктов Армении, в которых ощущались сотрясения, с указанием их координат [15], параметры механизмов очагов 48 землетрясений [16]. Эпицентры большинства ощутимых землетрясений локализованы в Армении ($N_{ощ.}=14$), пяти – в Грузии, одного – в Иране. Одно землетрясение, произошедшее 4 июля с $M_L=3.7$, $K=10.7$, $I_0=5-6$ баллов в 13 км от Гюмри, было обследовано и описано в отдельной статье настоящего выпуска журнала [17].

Пространственное и временное распределение сейсмичности. Карта эпицентров включенных в каталог землетрясений изображена на рис. 3.

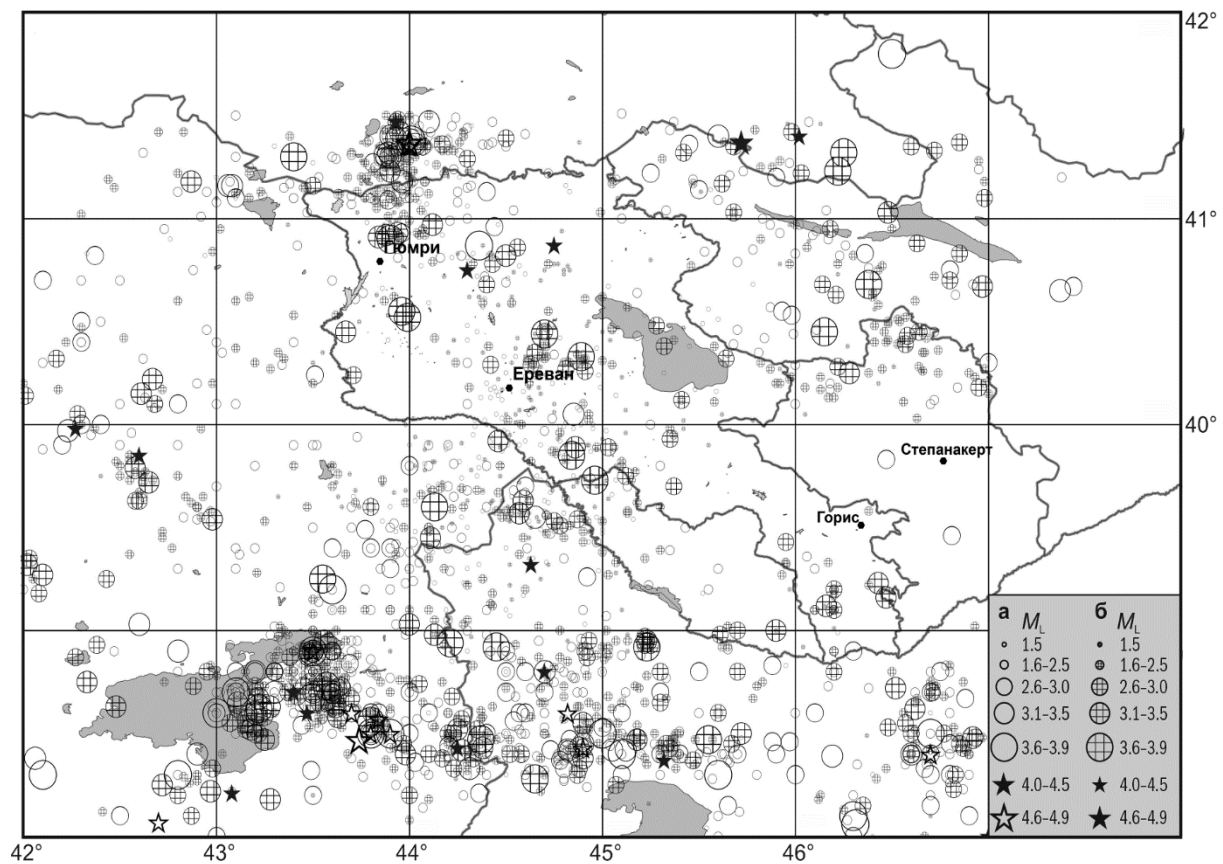


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений территории Армении и сопредельных государств за 2016 (а) и 2017 (б) гг.

На рис. 4 приведена гистограмма ежемесячного распределения количества землетрясений за 2016 и 2017 гг. Наибольшее их количество в 2016 г. наблюдалось в марте, а в 2017 г. – в ноябре. На рис. 5 приведен график ежемесячного распределения суммарной высвобожденной энергии (ΣE) землетрясений за 2016 и 2017 г. Наибольшее значение суммарной высвобожденной энергии (ΣE) землетрясений в 2016 г. наблюдалось в июле, а в 2017 г. – в июне. Таким образом, во времени максимумы количества землетрясений и выделенной сейсмической энергии не совпадают.

В табл. 1 приведены данные для построения графиков повторяемости землетрясений территории Армении и сопредельных государств за 2016 г., 2017 г., 1993–2017 гг.

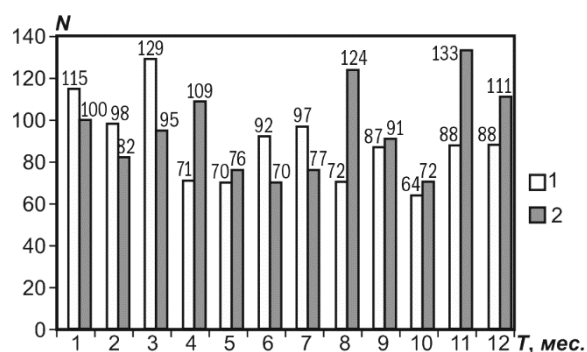


Рис. 4. Ежемесячное распределение количества (N) землетрясений за 2016 (1) и 2017 (2) гг.

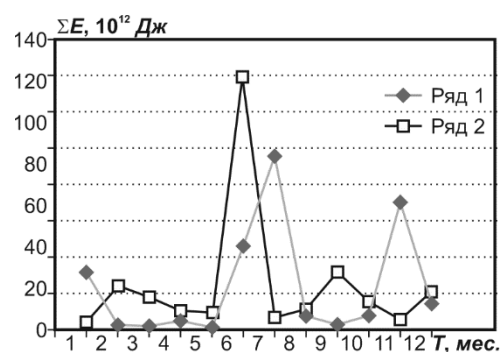


Рис. 5. Ежемесячное распределение суммарной высвобожденной сейсмической энергии (ΣE) за 2016 (Ряд 1) и 2017 (Ряд 2) гг.

Таблица 1. Распределение $N(K_p)$ за 2016, 2017, 1993–2017 гг., их суммарные значения N_{Σ} за эти годы и средние значения N_{cp} за период 1993–2017 гг.

Годы	K_p													N_{Σ}
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	
2016	15	59	149	306	352	124	41	21	6	2		–	–	1075
2017	6	45	171	263	426	150	61	22	3	2	1	–	–	1150
1993–2017	64	344	1935	5434	5087	3947	1632	485	216	46	10	2	1	19200
N_{cp}	2.6	13.8	77.4	217.4	203.5	157.9	65.3	19.4	8.6	1.8	0.4	0.08	0.04	768

Построенные по этим данным графики повторяемости изображены на рис. 6.

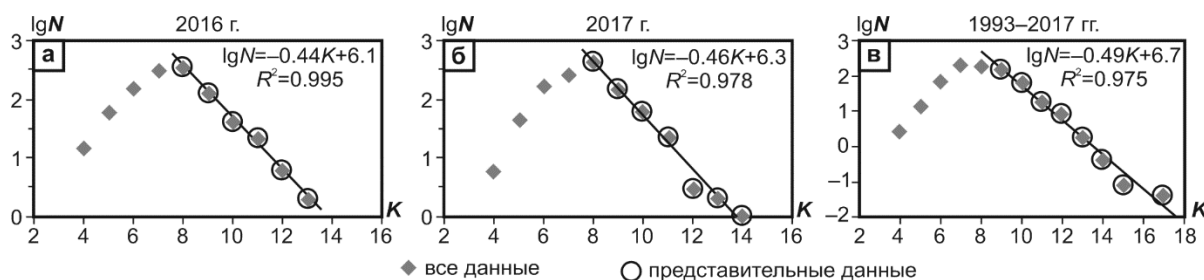


Рис. 6. Графики повторяемости землетрясений территории Армении и сопредельных государств

Согласно рис. 6, уравнения корреляции $lgN(K)$ получены для представительных данных всех трех периодов (рис. 6 а, б, в) с высокой достоверностью аппроксимации ($R^2=0.975-0.995$). Наклон графика повторяемости γ за 2016 г. равен $\gamma=-0.44$, в 2017 г. – $\gamma=-0.43$, а за период с 1993 г. по 2017 г. γ нормализуется до среднего по Кавказу $\gamma=-0.49$.

Макросейсмические проявления ощутимых землетрясений. Согласно карте эпицентров на рис. 3, территория Армении оконтурена активной сейсмичностью соседних государств – с запада Турецкими землетрясениями Турции, с юга – Ирана, а с севера Джавахетскими землетрясениями Республики Грузия. Максимальными в каталоге явились два внешних (в Азербайджане) землетрясения: в 2016 г. 1 августа в 04^h46^m с $M=5.2$, $K_p=13.4$, $h=10$ км; в 2017 г. – 15 ноября в 19^h48^m с $M=5.4$, $K_p=13.7$, $h=10$ км [9]. Непосредственно на территории Республики Армения в 2016 г. максимальным явился толчок 16 марта в 21^h02^m с $M_s=3.6$, $K_p=10.5$, $h=10$ км [9], вызвавший сотрясения с $I_i=3-4$ балла в Спитаке ($\Delta=9$ км), Гюлакараке (14 км), Степанаване (15 км) и 2–3 балла в Ванадзоре (15 км), Ташире (28 км), Ноемберяне (62 км) [10, 13] (в пределах очаговой зоны известного Спитакского землетрясения 07.12.1988 г. с $I_0=9-10$ [4]), а в 2017 г. – 20 декабря в 21^h40^m с $M=3.8$, $K_p=10.8$ [9] (сведений о его ощутимости нет).

Ниже кратко рассматриваются 20 ощутимых за два года землетрясений, и лишь одно, произошедшее 4 июля 2017 г. с $M=3.7$, $K=10.7$, $I_0=5-6$ баллов в 13 км от Гюмри, описано отдельно [17]. Все расстояния до населенных пунктов взяты из [13].

В 2016 г. ощутимых землетрясений оказалось 11, а именно:
 – 5 января в 12^h24^m с $M=3.4$, $K=10.1$ на границе Армения-Грузия, ощущалось в Бавре (32 км) с $I_i=4$ балла, в Гюмри (65 км) – 3 балла;

– 9 марта в 12^h12^m с $M=3.0$, $K=9.4$ в очаговой зоне Спитакского разрушительного землетрясения 1988 г., ощущалось в Саратовке (9 км) 4 балла; Степанаване (13 км), Гюлакараке (20 км) – 3–4 балла.

– 16 марта в 21^h02^m с $M=3.6$, $K=10.5$ в Спитакской очаговой зоне, ощущалось с интенсивностью 3–4 балла в Спитаке (9 км), Гюлакараке (14 км), Степанаване (15 км); 2–3 балла – в Ванадзоре (12 км), Ташире (28 км) и Ноемберяне (63 км);

– 24 марта в 03^h54^m с $M=2.8$, $K=9.0$ на северо-востоке Республики Армения, $I_i=3$ балла в Ноемберяне (52 км);

– 25 марта в 20^h11^m с $M=2.9$, $K=9.2$ на границе Армения-Грузия, ощущалось в Бавре (8 км) с $I_i=4$ балла;

– 12 июля в 10^h14^m с $M=4.8$, $K=12.6$ в Грузии, сотрясшее территорию северной Армении с $I_i=5$ баллов в семи населенных пунктах – Сарагюх (29 км), Бавра (32 км), Ашоцк (39 км), Степанаван (51 км), Алаверди (63 км), Кохб (84 км), Бердаван (85 км); 4–5 баллов – в четырех пунктах – Ширакамут (59 км), Ванадзор (74 км), Ноемберян (86 км), Дилижан (101 км); 3–4 балла – в Гюмри (66 км); 3 балла – в Ереване (139 км) и Гаваре (147 км);

– 21 июля в 15^h17^m с $M=4.1$, $K=11.4$ (сильный афтершок землетрясения 12 июля) и с $I_i=4$ –5 баллов в Бавре (30 км), Ашоцке (37 км), Степанаване (50 км), Ширакамуте (57 км), Алаверди (62 км); 4 балла – в Гюмри (64 км), Ванадзоре (72 км), Ноемберяне (85 км), Бердаване (85 км), Дилижане (99 км);

– 17 октября в 08^h11^m с $M=3.4$, $K=10.1$ на границе Армения-Грузия, $I_i=4$ балла в Бавре (22 км), Степанаване (55 км); 3 балла – в Ванадзоре (75 км);

– 21 октября в 18^h02^m с $M=2.8$, $K=9.0$, $I_i=3$ балла в области Гюмри (16 км);

– 28 октября в 08^h05^m с $M=2.7$, $K=8.9$ в Иране, несмотря на малый энергетический класс, ощущалось на юге Республики Армения в Мегри (6 км) с интенсивностью 3 балла;

– 31 октября в 11^h04^m с $M=1.7$, $K=7.1$, ощущалось с $I_i=3$ балла в Ванадзоре (12 км).

В 2017 г. на территории Республики Армения отмечены девять ощутимых землетрясений:

– 16 февраля в 09^h36^m с $M=2.1$, $K=7.8$ на границе Армения-Грузия, ощущали жители пос. Бавра (8 км) на северо-западе республики Армения с интенсивностью 4 балла;

– 18 февраля в 06^h15^m с $M=2.8$, $K=9.0$ в Гехакюнийской губернии, около с. Ваган, ощущалось с $I_i=3$ балла;

– 8 февраля в 06^h17^m с $M=3.5$, $K=10.3$ на юге Республики Армения, ощущалось с $I_i=5$ баллов в Капане (8 км); 4–5 баллов – в Каджаране (27 км) и Горисе (40 км); 2 балла – в Ереване. Согласно данным [16], это землетрясение произошло под действием горизонтальных растягивающих и сжимающих напряжений ($PL_T=12^\circ$, $PL_P=4^\circ$). Обе плоскости подвижки крутые – 84° и 79° . Тип подвижки по плоскости $NP1$ северо-восточного простирания ($STK_1=28^\circ$) – правосторонний сдвиг, по плоскости $NP2$ юго-восточного ($STK_2=119^\circ$) простирания – левосторонний сдвиг (рис. 7).



Рис. 7. Диаграмма механизма очага землетрясения 28 февраля 2017 г. в проекции нижней полусферы

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

– 18 апреля в 06^h49^m с $M=3.4$, $K=10.1$ в приграничной полосе с Грузией, с интенсивностью в эпицентре $I_0=3$ –4 балла, ощущалось в Дзорашене (6 км) и Сарапате (7 км) с $I_i=3$ балла;

– 7 июня в 18^h25^m с $M=4.9$, $K=12.8$, $h=12$ км, произошедшее вне Армении (в приграничной полосе Грузия-Азербайджан), ощущалось в северо-восточной части Республики с $I_i=4$ –5 балла в Берде (62 км) и в Ноемберяне (65 км); 4 балла – в Дилижане (100 км), Севане (111 км), Степанаване (120 км) и Ташире (123 км); 3 балла – в Ванадзоре (122 км), Раздане (125 км), и Гюмри (170 км);

– 29 июня в 06^h41^m с $M=3.1$, $K=9.6$ в центральной части Республики Армения, в Арагацотной губернии, записанное станцией «Гюмри» (рис. 8 в), ощущалось в селах Сорик (6 км), Акко (7 км) с $I_i=4$ –5 баллов; в селах Тлик (6 км) и Гетап (9 км) – 3–4 балла;

– 4 июля в 06^h21^m, как указано выше, произошло землетрясение с $M=3.7$, $K=10.7$ в районе г. Гюмри, на одной из ветвей Спитакского землетрясения 1988 г., на глубине 10 км, подробно описанное в [17] (запись этого землетрясения на станции «Гюмри» приведена на рис. 8);

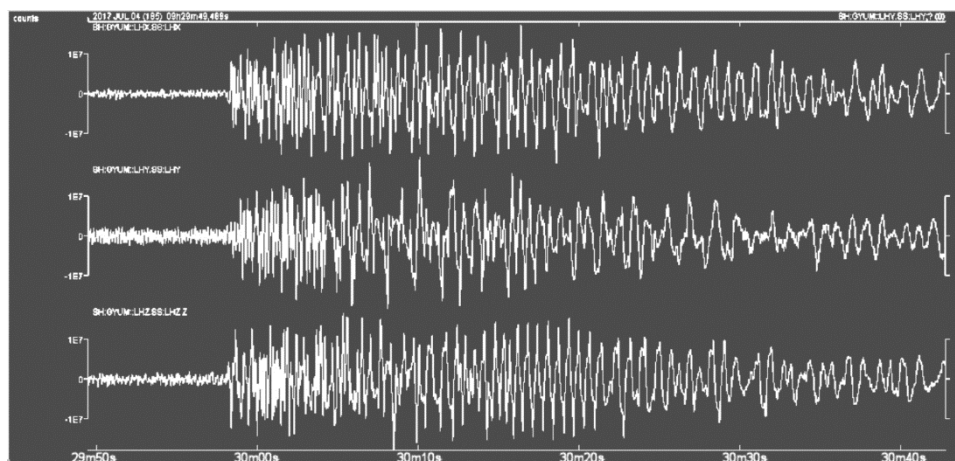


Рис. 8. Запись на станции «Гюмри» землетрясения 4 июля 2017 г.

– 15 августа в районе г. Гюмри произошли два землетрясения в 03^h51^m с $M=3.2$, $K=9.8$ и в 05^h12^m с $M=3.3$, $K=9.9$, проявившиеся: первый толчок с интенсивностью до 3 баллов в Гюмри (13 км); второй – с интенсивностью 4 балла и подземным гулом в Гюмри (15 км) и Ширакамута (25 км); до – 3 баллов в Кети (6 км) и Дзорашене (16 км).

Механизмы очагов рассчитаны для 48 землетрясений [16], два из которых (28 февраля и 4 июля) произошли на территории Армении, 46 – в сопредельных странах. Решения механизмов очагов землетрясений получены на основе первых вступлений P -волн. В качестве исходных данных использовались знаки смещений первых вступлений P -волн на станциях НССЗ РА и на станциях соседних государств. Расчеты проведены по программе FM (focal mechanism). На рис. 9 приведены стереограммы фокальных механизмов 48 землетрясений за 2016–2017 гг. в проекции нижней полусферы. Получены разнообразные типы механизмов, среди которых наблюдаются следующие типы движений: сброс, взброс, сбросо-сдвиг и взбросо-сдвиг.

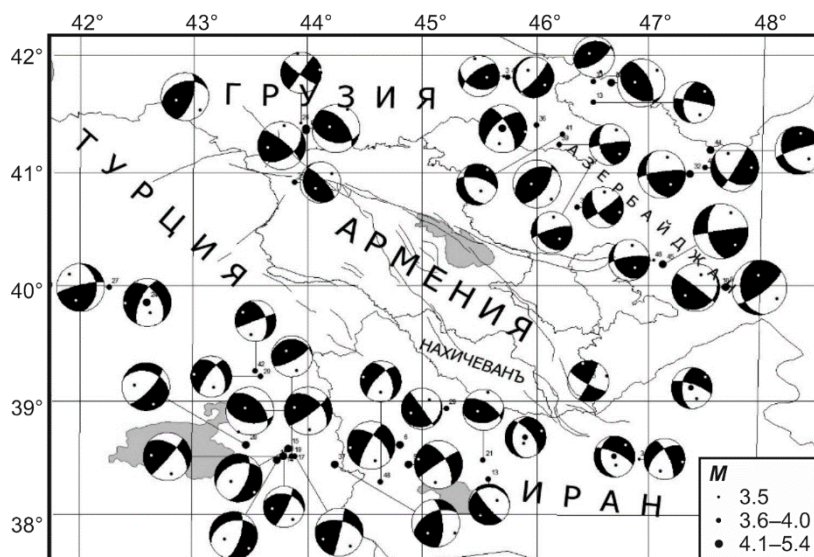


Рис. 9. Карта фокальных механизмов 48 землетрясений [16] за 2016–2017 гг., зачернены области сжатия (см. условные обозначения к рис. 7)

Закключение. Сейсмический процесс на исследуемой территории достаточно устойчив. Повышенная сейсмическая активность в пределах Республики, как и в предыдущие годы, наблюдалась в зоне разрушительного Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 года. Кроме того, значительные землетрясения, часть из которых ощущалась на территории Республики, зафиксированы на окружающих территориях Турции, Ирана, Азербайджана. Полученные для изучаемой территории коэффициенты наклона графика повторяемости в 2016 г. и в 2017 г., равные $\gamma=-0.44$ и -0.43 соответственно, несколько меньше по абсолютной величине среднестатистического $\gamma=-0.49$ по Кавказу.

Л и т е р а т у р а

1. Саргсян Г.В., Абгарян Г.Р., Мугнецян Э.А., Геворгян А.А. Сейсмичность Армении и прилегающих территорий в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 60–68. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.05
2. Саргсян Г.В. Сейсмические станции, работавшие в Армении в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-24.html>
3. Саргсян Г.В. Сейсмические станции, работавшие в Армении в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
4. Геодакян Э.Г., Голинский Г.Л., Папалашвили В.Г., Хромецкая Е.А., Шебакин Н.В. Спитакское землетрясение 7 декабря 1988 г., карты изосейст // Землетрясения в СССР в 1988 году. – М.: Наука, 1991. – С. 74–86.
5. Саргсян Г.В., Абгарян Г.Р., Мугнецян Э.А., Геворгян А.А. Армения // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 61–67. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.05
6. 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. – P. 75–311.
7. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9 (176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
8. Шебакин Н.В. Опорные землетрясения и уравнения макросейсмического поля // Новый Каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 20–31.
9. Саргсян Г.В. (отв. сост.); Абгарян Г.Р., Хачкалян К.Л., Мхитарян М.Г. Каталог землетрясений Армении и сопредельных территорий за 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
10. Сейсмологический бюллетень (сеть телесейсмических станций), 2016–2017. (2022) // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2016/
11. International Seismological Centre. (2022). On-line Bulletin. <https://doi.org/10.31905/D808B830>
12. Global Centroid Moment Tensor (GCMT). Catalog Search. (2022). [Site]. – URL: <https://www.globalcmt.org/>
13. Саргсян Г.В. (отв. сост.); Абгарян Г.Р., Лукаш Н.А. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Армении в населенных пунктах за 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
14. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Международная шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
15. Саргсян Г.В., Пойгина С.Г., Артёмова Е.В. Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Армении за 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
16. Геворгян А.А. (отв. сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Армении за 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
17. Абгарян Г.Р., Саргсян Г.В., Петрова Н.В. Ощутимое землетрясение 4 июля 2017 г. с $ML=3.7$, $I_0=5-6$ баллов на северо-западе очаговой зоны Спитакского землетрясения 1988 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 354–360. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.33. EDN: MQTRVZ

SEISMICITY of ARMENIA and ADJACENT TERRITORIES in 2016–2017

G.V. Sargsyan¹, G.R. Abgaryan¹, A.A. Gevorgyan¹, K.L. Khachkalyan¹, R.S. Mikhailova²

¹*Survey for Seismic Protection Agency of the Ministry of Emergencies of the Republic of Armenia, Erevan, Armenia, ovash@yandex.ru*

²*Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Obninsk, Russia, raisa@gsras.ru*

Abstract. A review of seismicity of the Armenia Republic territory and neighboring countries for 2016–2017 is carried out, information about seismic stations of Armenia network is given. Testing of a new digital seismograph developed in the city of Gyumri was carried out, example of its recording of perceptible earthquake is given. More than 7000 local earthquakes were processed, 2025 of them are included in the consolidated catalog. Within the Republic, the highest level of seismic activity was recorded in the North, in the source zone of Spitak earthquake 1988 with $MLV=6.9$, $I=10$. The recurrence graphs for 2016, 2017 and 1993–2017 have shown, that the

long-term coefficient $\gamma = -0.49$ corresponds to its normal value for Caucasus, but its values for 2016 and 2017 are somewhat underestimated as regards to its absolute value. The Spitak earthquake zone was active since June.

Keywords: seismicity, seismograph, catalog, earthquake, Armenia, seismic activity, source zone.

DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.05. **EDN:** PRTXLW

For citation: Sargsyan, G.V., Abgaryan, G.R., Gevorgyan, A.A., Khachkalyan, K.L., & Mikhailova, R.S. (2022). [Seismicity of Armenia and adjacent territories in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 66–73. (In Russ.) DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.05. EDN: PRTXLW

References

1. Sargsyan, H.V., Abgaryan, G.R., Mughnetsyan, E.A., & Gevorgyan, A.A. (2021). [Seismicity of Armenia and adjacent territories in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 60–68. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.05
2. Sargsyan, H.V. (2021). [Seismic stations operating in Armenia in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).
3. Sargsyan, H.V. (2022). [Seismic stations operating in Armenia in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
4. Geodakyan, E.G., Golinskiy, G.L., Papalashvili, V.G., Chromeckaya, E.A., & Shebalin, N.W. (1991). [Spitak earthquake on December 7, 1988, isoseist maps]. In *Zemletriaseniia v SSSR v 1988 godu* [Earthquake in the USSR in 1988] (pp. 74–86). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
5. Sargsyan, H.V., Abgaryan, G.R., Mughnetsyan, E.A., & Gevorgyan, A.A. (2020). [Armenia]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 61–67. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.05
6. Lee, W.H.K., & Lahr, J.C. (1975). HYPO-71 (Revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude and first motion patting of local earthquakes. *USGS Survey. Open-file report*, 75–311.
7. Rautyan, T.G. (1960). [Energy of earthquakes]. In *Metody detal'nogo izucheniya seismichnosti (Trudy IFZ AN SSSR, № 9(176))* [Methods of Detail Study of Seismicity] (pp. 75–114). Moscow, Russia: Inst. Fiz. Zemli Akad. Nauk SSSR Publ. (In Russ.).
8. Shebalin, N.V. (1977). [Reference earthquakes and macroseismic field equations]. In *Novyi catalog sil'nykh zemletriasenii na territorii SSSR s drevneishikh vremen do 1975 g.* [A new catalog of strong earthquakes in the USSR from ancient times to 1975] (pp. 20–30). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
9. Sargsyan, H.V., Abgaryan, G.R., Khachkalyan, K.L., & Mkhitarian, M.G. (2022). [Catalog of earthquakes in Armenia for 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
10. GS RAS, Bulletin of Teleseismic Stations, 2016–2017. (2022). Retrieved from http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2016/
11. International Seismological Centre. (2022). On-line Bulletin. Retrieved from <https://doi.org/10.31905/D808B830>
12. Global Centroid Moment Tensor (GCMT). Catalog Search. (2022). Retrieved from <https://www.glob-alcmt.org/>
13. Sargsyan, H.V., Abgaryan, G.R., & Lukash, N.A. (2022). [Macroseismic effect of tangible earthquakes in populated areas of Armenia for 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
14. Medvedev, S.V., Shponhoyer, V., & Karnik, V. (1965). *Mezhdunarodnaya shkala seymicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 International seismic intensity scale]. Moscow, Russia: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p. (In Russ.).
15. Sargsyan, H.V., Poygina, S.G., & Artemova, E.W. (2022). [Information about the points for which there is information about the macroseismic manifestations of tangible earthquakes in Armenia in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
16. Gevorgyan, A.A. (2022). [Catalog of Earthquake Focal Mechanisms in Armenia for 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
17. Abgaryan, G.R., & Sargsyan, G.V., Petrova, N.V. (2022). [Felt earthquake of July 4, 2017 with $M_L=3.7$, $I_0=5-6$ to northwest of the 1988 Spitak earthquake source zone]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 354–360. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.33. EDN: MQTRVZ