

СЕЙСМИЧНОСТЬ АРМЕНИИ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ В 2015 г.

Г.В. Саргсян, Г.Р. Абгарян, Э.А. Мугнецян, А.А. Геворгян

*Агентство Национальной службы сейсмической защиты
Республики Армения, г. Ереван, ovash@yandex.ru*

Аннотация. Проведен анализ землетрясений Армении и сопредельных территорий за 2015 г. В пределах республики наибольший уровень сейсмической активности зафиксирован на севере, в очаговой зоне Спитакского землетрясения 07.12.1988 г., а вне Армении – в зоне Ванского землетрясения 23.11.2011 г. в Турции и дуплета Ахаринских землетрясений 11.08.2012 г. в Иране. Описаны семь землетрясений, ощущавшихся на территории Армении. Три из них локализованы в Армении и по одному – в Иране, Грузии, Турции и Азербайджане. Для трех землетрясений, расположенных на территории Армении, определены механизмы очагов.

Ключевые слова: цифровые, телеметрические и аналоговые станции, карта K_{\min} , статистика землетрясений, интенсивность сотрясений, механизм очага.

DOI: 10.35540/1818-6254.2021.24.05

Для цитирования: 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

Введение. В Армении с 1995 г. [1] существуют два центра обработки сейсмологической информации – в городах Ереване и Гюмри, которые оперативно собирают данные с пунктов мониторинга сейсмичности. После обмена информацией и обработки данных в этих центрах, составляются сводные сейсмологические бюллетени, затем формируется каталог землетрясений Армении и прилегающих территорий.

Сеть станций. В Армении в 2015 г. функционировало 17 сейсмических станций [2] (рис. 1). Среди них – восемь цифровых станций, установленных в 2014 г. вокруг Еревана («Амберд», «Аруч», «Вайк», «Вананд», «Гарни», «Капутан», «Мецамор», «Нарек») и оснащенных приборами GURALP [3]; две временные французские цифровые станции («Капан», «Степанаван-1»), работавшие с 2012 г. [4]; две телеметрические станции («Спитак», «Чкаловка»), оснащенные сейсмографами СМ-3-КВ и входившие ранее в локальную Спитакскую сеть [5]. Из аналоговых станций на территории Армении остались четыре: «Варденис», «Горис», «Гюмри» и «Степанаван». При этом трехкомпонентная запись велась лишь на двух станциях: смещений – на станции «Варденис» сейсмографом СКМ-3 с $V_{\max}=5000$, ускорений – на станции «Горис» акселерографом ССРЗ-М с чувствительностью 0.002 c^2 . На двух других аналоговых станциях из-за отсутствия фотобумаги производилась запись смещений только на составляющей «Е»: длиннопериодным прибором СКД с $V_{\max}=1000$ на станции «Гюмри» («Ленинакан») и короткопериодным сейсмографом СКМ-3 с $V_{\max}=20870$ на станции «Степанаван». На аналоговой станции «Степанаван» (STE) размещена также упомянутая выше временная цифровая станция «Степанаван-1» (STE1) (рис. 1).

Еще одна аналоговая станция, «Степанакерт», данные которой часто использовались при обработке, находилась вне Армении (39.83°N , 46.77°E) [2].

Карта K_{\min} . Уровень представительной регистрации землетрясений рассчитан минимум по трем станциям и соответствует $K_{3\min}$. Положение всех станций и обеспечиваемая ими энергетическая представительность землетрясений показаны на карте K_{\min} (рис. 1), которая не изменилась по сравнению с приведенной в [3], т.к. сеть не изменилась. Согласно этой карте, в 2015 г. уровень представительной регистрации землетрясений вблизи Еревана и Гарни равен $K_{3\min}=5-6$, в центральной области – $K_{3\min}=7$, на севере, в Спитакской зоне, $K_{3\min}=6$, а для всей территории Армении – $K_{3\min}=8$.

Обработка землетрясений по территории с $\varphi=38.0-42.0^{\circ}\text{N}$, $\lambda=42.0-47.0^{\circ}\text{E}$ проводилась машинным способом с применением стандартной программы НУРО-71 [6] для ближней зоны. Кроме того, использовалась программа, разработанная в 2016 г. под руководством Г.В. Саргсян [7] на основе метода засечек Н.А. Введенской и Вадати [8] с применением GIS технологии и введенная в практику непосредственно после апробации [9]. В программу заложены годографы

Лебедевой-Левицкой для Кавказа при $h=25$ км [10], А.Д. Цхакая – для Джавахетского нагорья при $h=0-10$ км [11], Н.В. Кондорской и А.А. Саакяна – для Армянского нагорья при $h=0, 5, 10, \dots, 50$ км [12]. При определении первичных данных для GURALP использована программа DIMAS [13].

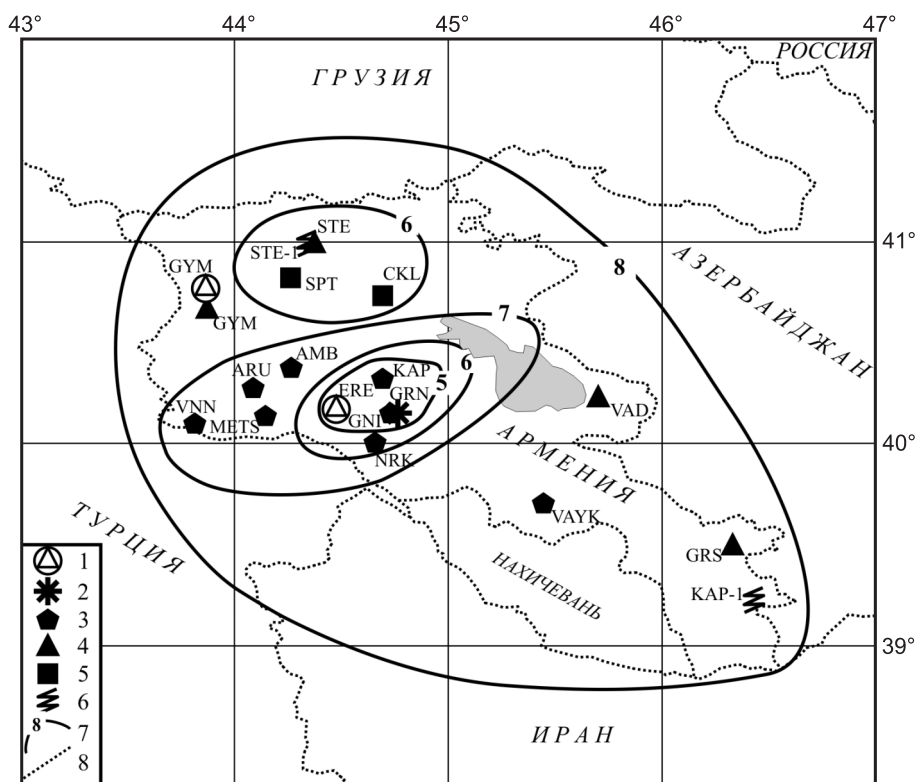


Рис. 1. Карта K_{min} для территории Армении в 2015 г.

1 – центры сбора и обработки данных в Гюмри (GYM) и Ереване (ERE); 2 – IRIS в Гарни; 3 – цифровые станции GURALP; 4, 5 – аналоговая и телеметрическая сейсмическая станция соответственно; 6 – французские станции; 7 – изолиния K_{min} ; 8 – государственная граница

Для всех землетрясений использовались данные аналоговой, телеметрической и цифровой сетей Национальной службы сейсмической защиты Республики Армения (НССЗ РА). Для более сильных событий привлекались сведения ФИЦ ЕГС РАН (MOS), региональной сети Грузии (TIF), Национального центра информации о землетрясениях Геологической службы США (NEIC), Европейско-Средиземноморского сейсмологического центра (CSEM), национальной сети Университета Тегерана (ПЕЕС) и Кандилийской обсерватории научно-исследовательского института по изучению землетрясений Ирана (КОЕРИ). Расшифровка кодов агентств дана в условных обозначениях к настоящему выпуску журнала [14].

Классификация землетрясений выполнена по магнитудам M_L :

$$M_L = \lg\left(\frac{A}{T}\right) + 2.56 \{ \lg(dist) \} + 0.67. \quad (1)$$

Эта формула заложена в программе [6] для обработки близких землетрясений. Расчеты сделаны по 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_p – расчетные из магнитуд M_L по формуле Т.Г. Раутиан: $K=4+1.8 M$ [15].

Как и ранее [3], в *редколлегии* в каталог [16] добавлены несколько граф с магнитудами по поверхностным (MS_{MOS} , MS_{ISC}), объемным ($MPSP_{MOS}$, m_b_{ISC}) волнам и моментными магнитудами MW_{GCMT} из международных бюллетеней [17] и [18].

Оценка балльности производилась с использованием формулы для Закавказья [19]:

$$I_0 = 1.4 M - 3.5 \lg \Delta + 4.2. \quad (2)$$

Каталог землетрясений. Общее число землетрясений, зарегистрированных сетью сейсмологических наблюдений НССЗ РА в 2015 г., около $N=2100$, из них 30 % – землетрясения с неустановленным классом. В каталог [16] включено $N=1113$ землетрясений с эпицентрами на территории Армении и вблизи ее границ с Азербайджаном и Грузией, а также землетрясения в Турции и Иране. Карта всех эпицентров изображена на рис. 2. Как видим, территория Армении оконтурена зонами активной сейсмичности на территориях соседних государств: с запада – Турции, с юга – Ирана, а с севера – Джавахетскими землетрясениями. Как и по данным предыдущих лет, продолжает оставаться активной очаговая зона Спитакского землетрясения 07.12.1988 г. [20] на северо-западе и Ванского землетрясения 23.11.2011 г. [21] на юго-западе Армении. Глубина очагов находится в пределах $h=1-32$ км (рис. 3).

Статистика землетрясений. Распределение землетрясений 2015 г. по расчетным из магнитуд энергетическим классам K_r и суммарной сейсмической энергии по районам приведено в табл. 1. Величина суммарной сейсмической энергии составила $6.55 \cdot 10^{13}$ Дж, что почти в два раза превышает таковую в 2014 г. ($3.88 \cdot 10^{13}$ Дж [3]). Районы в табл. 1 соответствуют схеме, стандартной для всего Кавказа [22].

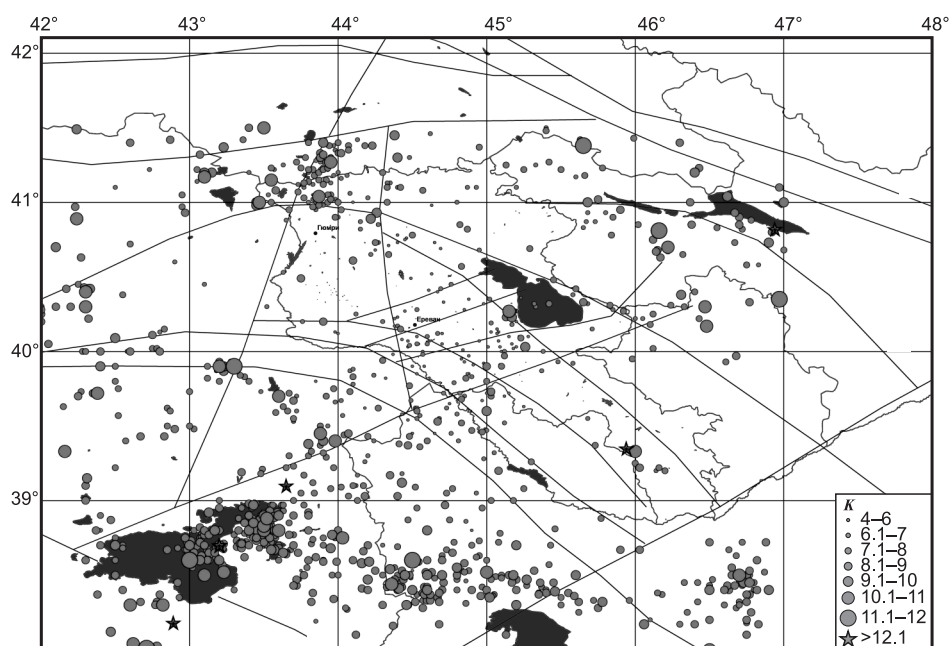


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений на территории Армении и сопредельных государств за 2015 г. (схема разломов дана по [20])

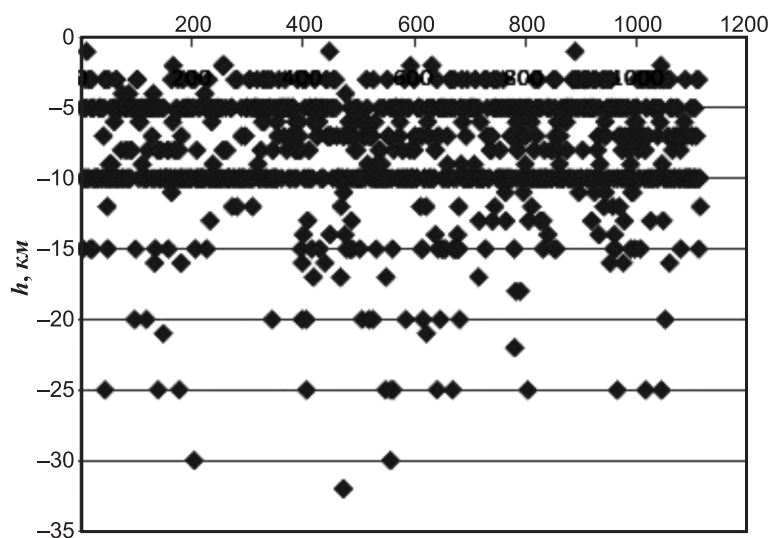


Рис. 3. Распределение землетрясений на территории Армении и сопредельных государств по глубинам очагов за 2015 г.

Таблица 1. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам в 2015 г.

№	Район	K_p												N_{Σ}	ΣE , Джс
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
3	Западный Кавказ	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	1	$5.01 \cdot 10^{12}$
6	Джавахетское нагорье	–	–	14	30	15	5	4	–	–	–	–	–	68	$6.60 \cdot 10^{10}$
7	Куринская депрессия	–	–	1	7	19	7	1	1	2	–	1	–	39	$5.28 \cdot 10^{13}$
8	Восточная часть Малого Кавказа	–	3	28	56	27	3	5	3	1	–	–	–	127	$1.63 \cdot 10^{12}$
9	Армянское нагорье	2	34	56	20	10	3	1	–	–	–	–	–	126	$3.72 \cdot 10^{10}$
16	Турция Район	–	1	20	114	238	75	37	13	2	1	–	–	501	$1.04 \cdot 10^{13}$
17	Иран	–	2	19	48	122	42	16	2	–	–	–	–	251	$5.14 \cdot 10^{11}$
	Всего	2	40	138	275	431	136	64	20	5	1	1	–	1113	$6.55 \cdot 10^{13}$

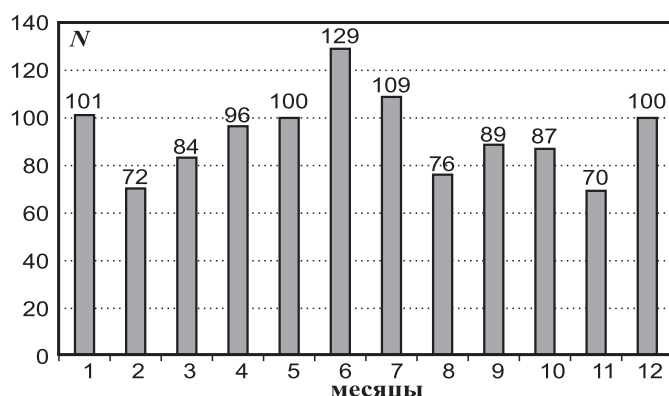


Рис. 4. Ежемесячное распределение числа землетрясений Армении и сопредельных государств по месяцам за 2015 г.

Распределение землетрясений по месяцам 2015 г. приведено на гистограмме (рис. 4). Абсолютный максимум зарегистрирован в июне и связан с заметным ($K_p=12.1$) землетрясением 23 июня в 22^h35^m в Турции с его фор- и афтершоками [16].

Сводная за 1993–2015 гг. статистика распределения числа землетрясений на территории Армении и сопредельных государств по энергетическим классам K_p и суммарной сейсмической энергии ΣE по годам дана в табл. 2.

Таблица 2. Распределение числа N землетрясений на территории Армении и сопредельных государств по энергетическим классам K_p и годам, а также суммарной сейсмической энергии ΣE по годам за период 1993–2015 гг.

Год	K_p																	N_{Σ}	ΣE , 10^{12} Джс
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17					
1993	–	–	–	–	8	61	16	7	5	–	–	–	–	–	–	–	97	4.22	
1994	–	–	–	–	13	65	31	6	4	–	–	–	–	–	–	–	119	4.48	
1995	–	–	1	108	78	65	20	11	2	–	–	–	–	–	–	–	285	2.75	
1996	1	3	70	215	142	71	40	11	5	1	–	–	–	–	–	–	559	9.72	
1997	–	2	112	242	122	76	34	15	10	–	–	–	–	–	–	–	613	12.50	
1998	–	4	65	125	88	84	33	25	6	–	–	–	–	–	–	–	430	8.63	
1999	2	13	149	225	178	104	35	6	5	2	–	–	–	–	–	–	719	13.87	
2000	–	7	77	108	66	49	33	8	4	1	–	–	–	–	–	–	353	8.25	
2001	1	9	49	105	77	55	21	9	6	1	–	–	–	–	–	–	333	20.23	
2002	–	–	38	94	69	46	31	11	–	–	–	–	–	–	–	–	289	2.58	
2003	1	3	42	106	80	63	22	16	2	3	1	–	–	–	–	–	339	70.02	
2004	1	3	100	182	87	42	38	13	10	–	1	–	–	–	–	–	477	111.18	
2005	–	2	53	133	91	60	38	29	7	6	–	–	–	–	–	–	419	96.24	
2006	–	4	91	317	190	199	158	17	2	1	–	–	–	–	–	–	979	10.93	
2007	–	7	123	467	341	482	140	36	13	4	0	–	–	–	–	–	1613	39.76	
2008	–	–	–	1274	208	119	52	6	2	1	–	–	–	–	–	–	1662	12.37	
2009	–	–	15	47	123	138	50	14	7	–	–	–	–	–	–	–	394	9.00	
2010	–	–	61	79	171	133	43	10	–	–	–	–	–	–	–	–	497	1.55	
2011	6	10	73	115	213	220	92	32	54	10	4	–	–	1	–	–	829	20077.60	
2012	12	17	75	139	590	904	325	83	36	9	2	2	–	–	–	–	2194	5050.10	
2013	3	4	38	136	545	338	142	34	13	1	–	–	–	–	–	–	1254	41.47	
2014	14	112	245	373	401	161	76	24	10	3	–	–	–	–	–	–	1419	38.79	
2015	2	40	138	275	431	136	64	20	5	1	1	–	–	–	–	–	1113	65.55	
Среднегодовое	2.3	13.3	89.7	270.3	239.4	204	85	24.5	11.5	2.3	0.5	0.1	–	–	–	–	688.1	1115	

Графики повторяемости землетрясений за 2015 г. и среднегодовых значений за период 1993–2015 гг., построенные по этой таблице, изображены на рис. 5 а, б.

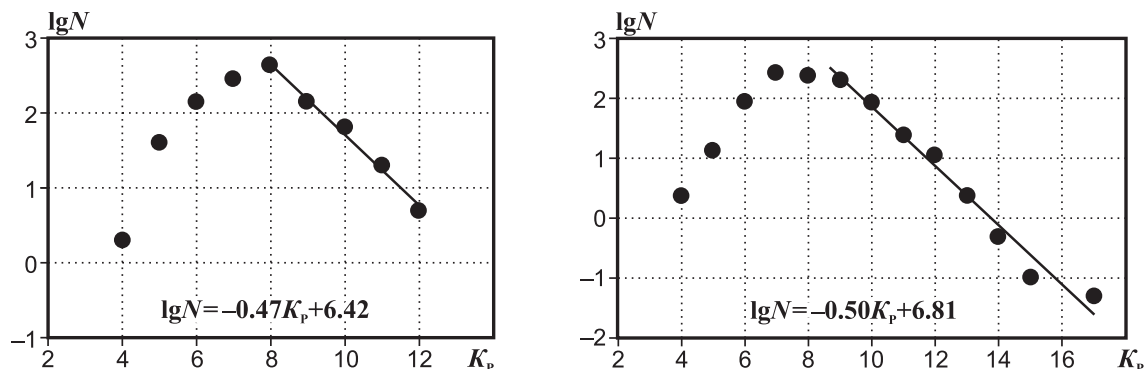


Рис. 5. Графики повторяемости землетрясений на территории Армении и сопредельных государств за 2015 г. (а) и среднегодовых значений из табл. 2 за 1993–2015 гг. (б)

Методом наименьших квадратов получены логлинейные зависимости с высоким коэффициентом корреляции $\rho=0.99$:

$$\lg N_{2015} = -(0.47 \pm 0.03) K_p + (6.42 \pm 0.40) \quad \text{за 2015 г.,} \quad (3)$$

$$\lg N_{1993-2015} = -(0.50 \pm 0.04) K_p + (6.81 \pm 0.44) \quad \text{за 1993–2015.} \quad (4)$$

Из приведенных уравнений видно, что в пределах погрешности определяемых величин параметры закона повторяемости землетрясений в 2015 г. соответствуют долговременным средним.

Сейсмичность территории Республики Армения рассмотрим отдельно, используя карту эпицентров землетрясений на рис. 6 и каталог [16].

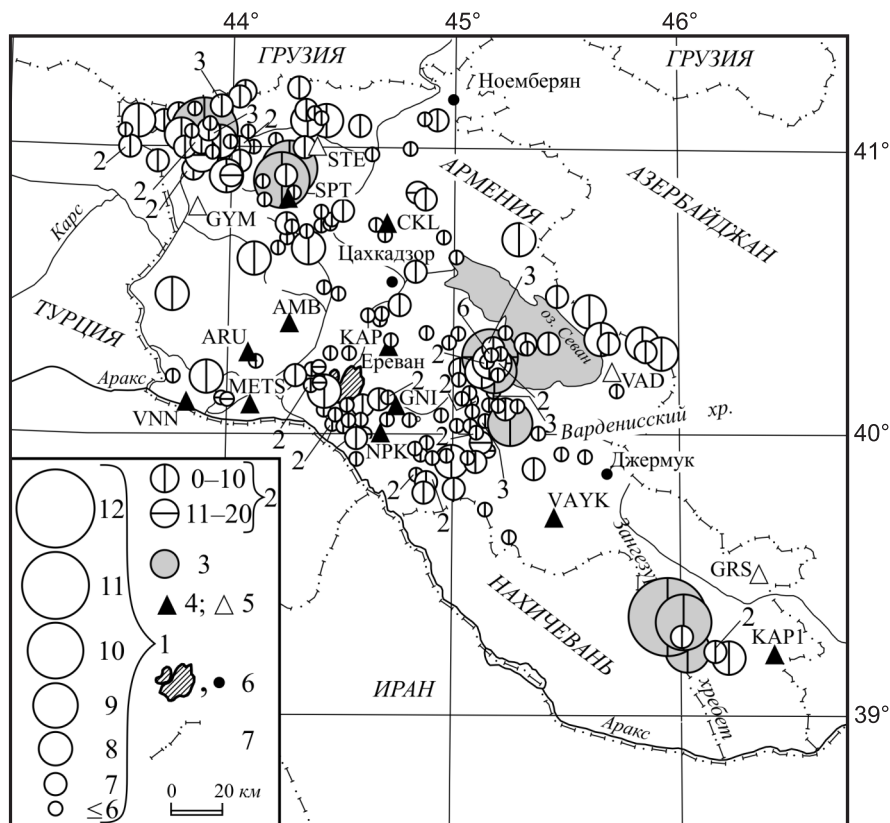


Рис. 6. Карта эпицентров землетрясений в границах Армении за 2015 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 4–5 – сейсмическая станция, цифровая и аналоговая соответственно; 6 – г. Ереван и населенный пункт соответственно; 7 – государственная граница.

Согласно каталогу [16], непосредственно внутри государственных границ Армении зарегистрировано 202 землетрясения с $M_L=0.2-4.5$, $K_p=4.4-12.1$. Их распределение по классам дано в табл. 3.

Таблица 3. Распределение числа землетрясений Армении по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE за 2015 г.

K_p	4	5	6	7	8	9	10	11	12	N_{Σ}	$\Sigma E, Дж$
N	2	35	75	58	23	3	4	1	1	202	$1.39 \cdot 10^{12}$

График повторяемости по данным табл. 3 с коэффициентом корреляции $\rho=0.94$ имеет вид:

$$\lg N_{\Sigma} = -(0.37 \pm 0.06) K_p + (4.22 \pm 0.60). \quad (5)$$

Как видим, полученное за 2015 г. значение наклона графика повторяемости землетрясений внутри границ Армении ($|\gamma|=0.37$) оказалось заметно меньше, чем для всей совокупности из 1113 землетрясений ($|\gamma|=0.47$).

Максимальным в Армении явилось землетрясение в Зангезурском хребте ($\varphi=39.35^\circ N$, $\lambda=45.94^\circ E$), произошедшее 7 января в 23^h00^m с $M_L=4.5$, $K_p=12.1$, $h=10$ км. Расчетная по формуле (2) интенсивность I_0^P в его эпицентре равна 7 баллов. По данным опросов, колебания в 6 баллов ощущались в Ацаване (11 км), Сисиане (14 км); 5 баллов – в Каджаране (33 км); до 4 баллов – в Капане (44 км) и Горисе (36 км) [23, 24]. Согласно табл. 4, в его очаге преобладали близгоризонтальные ($PL_p=15^\circ$) напряжения сжатия, ориентированные на восток–северо-восток ($AZM_p=67^\circ$). Тип подвижки в очаге – взброс по крутой ($DP_1=64^\circ$) плоскости $NP1$ северо-западного ($STK_1=318^\circ$) простираения с незначительными компонентами левостороннего сдвига, или сдвига-надвиг по пологой ($DP_1=36^\circ$) плоскости $NP2$ близмеридионального ($STK_1=186^\circ$) простираения с существенными компонентами правостороннего сдвига. Учитывая простираение Зангезурского хребта на рис. 6, в качестве действующей плоскости можно считать плоскость $NP1$.

Таблица 4. Параметры механизмов очагов землетрясений Армении в 2015 г. из [26]

Дата, д м	$t_0,$ ч мин с	$h,$ км	M_L	K_p	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
					T		N		P		NP1			NP2		
					PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
07.01	23 00 57.5	10	4.5	12.1	62	187	23	330	15	67	318	64	64	186	36	132
24.03.	16 00 53.3	9	3.8	10.8	7	290	66	185	23	23	158	79	-159	64	69	-12
06.04.	01 26 30.8	12	3.6	10.5	15	97	70	233	13	3	230	89	20	140	70	179

Следующее по величине ($M_L=3.8$, $K_p=10.8$) землетрясение произошло 24 марта в 16^h00^m на севере республики ($\varphi=41.04^\circ N$, $\lambda=43.87^\circ E$), в очаговой зоне Спитакского землетрясения (рис. 6). Это землетрясение с глубиной $h=9$ км и расчетной интенсивностью в эпицентре $I_0^P=6$ баллов ощущалось в Бавре (10 км) с интенсивностью $I_1=4$ балла, в Гюмри (28 км) – до 3 баллов [25]. В его очаге преобладали близгоризонтальные ($PL_T=7^\circ$) напряжения растяжения, ориентированные близшироотно ($AZM_T=290^\circ$). Напряжения сжатия, ориентированные на север–северо-восток ($AZM_T=23^\circ$), также имели небольшой ($PL_T=23^\circ$) наклон к горизонту (табл. 4). В результате в очаге реализовались движения типа правостороннего сдвига с небольшой сбросовой компонентой подвижки по крутой ($DP_1=79^\circ$) плоскости $NP1$, простирающейся на юг–юго-восток ($STK_1=158^\circ$), или левостороннего сдвига по менее крутой ($DP_1=69^\circ$) плоскости $NP2$ с простираением на восток–северо-восток ($STK_1=64^\circ$).

Третье землетрясение с известным механизмом очага произошло 6 апреля в 01^h26^m с $M_L=3.6$, $K_p=10.5$ юго-западнее оз. Севан, в центральной зоне республики Армения. Расчетная интенсивность в его эпицентре составила $I_0^P=5$ баллов. Оно ощущалось с интенсивностью $I_1=3-4$ балла в с. Еранос (10 км) и в г. Гавар (12 км), г. Мартуни (32 км); в г. Ереване (56 км) – $I_1=2-3$ балла [25]. Для него в табл. 4 приведено решение механизма очага, согласно которому наклоны к горизонту осей напряжений сжатия и растяжения, ориентированных на север ($AZM_p=3^\circ$) и на запад ($AZM_T=97^\circ$) соответственно, невелики и близки между собой ($PL_p=13^\circ$, $PL_T=15^\circ$). В результате в очаге реализовались практически чистые сдвиги, левосторонний по вертикальной ($DP_1=89^\circ$) плоскости $NP1$, простирающейся на юго-запад ($STK_1=230^\circ$), и правосторон-

ний – по крутой ($DP_2=70^\circ$) плоскости NP_2 , простирающейся на юго-восток ($STK_2=140^\circ$). В качестве действующей в очаге плоскости разрыва с большой долей вероятности является плоскость NP_1 с простираением вдоль Арарат-Севанского разлома.

Следует отметить еще четыре землетрясения, произошедшие вне границ Армении, но ощущаемые на ее территории [25]:

– в Иране – 2 марта в 19^h09^m с $M_L=3.3$, $K_p=9.9$, $h=16$ км, ощущалось с $I_i=3$ балла (58 км) на юге Армении, в Мегри, на расстоянии 60 км;

– в Грузии – 27 июля в 06^h58^m с $M_L=4.1$, $K_p=11.4$, $h=20$ км, было обработано во многих агентствах, ощущалось на территории северо-восточной части Республики Армения с $I_i=4-5$ баллов в Барекамаване (50 км) и Ноемберяне (59 км); 4 балла – в Кохбе (60 км); 3–4 балла – в Иджеване (70 км); 3 балла – в Степанаване (113 км);

– в Турции – 5 августа в 07^h17^m с $M_L=3.8$, $K_p=10.8$, $h=10$ км, ощущалось в Бавре с $I_i=3-4$ балла (58 км) и 3 балла – в Гюмри (75 км);

в Азербайджане – 4 сентября в 04^h49^m с $M_L=5.4$, $K_p=13.7$, $h=15$ км, вызвавшее сотрясения в Нагорно-Карабахской республике с $I_i=4$ балла, а также в ряде населенных пунктов Армении: 4–5 баллов – Айгедзоре (160 км) и Чоратане – (164 км); 4 балла – в Иджеване (190 км) и Ноемберяне (204 км); 3–4 балла – в Ереване (263 км) и 3 балла – в Степанаване (256 км).

Заключение. Сейсмический процесс в пределах республики по-прежнему характеризуется устойчивой повышенной активностью на севере, севернее очаговой зоны 10-балльного Спитакского землетрясения 1988 года. Весьма активна в 2015 г. была область юго-западнее оз. Севан, в зоне влияния Арарат-Севанского разлома. Однако максимальная энергия выделилась немногочисленной группой наиболее сильных землетрясений в средней части Зангезурского хребта.

Л и т е р а т у р а

1. Саргсян Г.В., Гаспарян В.Р., Аракелян А.Р. Армения // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – М.: ГС РАН, 2001. – С. 24–29.
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.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>
3. 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. 66–81.
4. Саргсян Г.В., Абгарян Г.Р., Мугнецян Э.А., Геворгян А.А. Армения // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 67–71.
5. Саргсян Г.В., Гаспарян В.Р. Армения // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ГС РАН, 2003. – С. 47–51.
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, June. – P. 75–311.
7. Саргсян Г.В. Программа обработки землетрясений методом засечек по территории Кавказа, разработанная по GIS технологии // Фонды ИГИС АН Армении. – Гюмри, 2016. – 29 с.
8. Введенская Н.А., Розова Е.А., Левицкая А.Я., Чернявкина М.К. Примеры обработки землетрясений // Руководство по производству и обработке наблюдений на сейсмических станциях СССР. – М.: АН СССР, 1954. – С. 51–122.
9. Саргсян Г.В., Абгарян Г.Р., Мугнецян Э.А., Геворгян А.А. Армения // Землетрясения Северной Евразии в 2010 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2016. – С. 92–101.
10. Лебедева Т.М. Левицкая А.Я. Годографы сейсмических волн на Кавказе // Квартальный сейсмологический бюллетень. – Тбилиси: Мецниереба, 1953. – Т. 2, № 1–4. – С. 51–60.
11. Цхакая А.Д. Сейсмичность Джавахетского нагорья и прилегающих районов // Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, 1957. – Т. 16. – С. 177–219.
12. Кондорская Н.В., Саакян А.А. Кинематические особенности P -волн для землетрясений Армянского нагорья // Физика Земли. – 1984. – № 8. – С. 67–71.
13. Дрознин Д.В., Дрознина С.Я. Интерактивная программа обработки сейсмических сигналов DIMAS // Сейсмические приборы. – 2010. – Т. 46, № 3. – С. 22–34.
14. Обозначения // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 371–374.
15. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9 (176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.

16. Саргсян Г.В. (отв. сост.), Абгарян Г.Р., Хачкалян К.Л. Каталог землетрясений Армении и сопредельных территорий за 2015 год // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>
17. Сейсмологический бюллетень (сеть телесеismicических станций), 2015. (2021) // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2015
18. International Seismological Centre (2021). On-line Bulletin. <https://doi.org/10.31905/D808B830>
19. Шебалин 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.
20. Геодакян 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.
21. Саргсян Г.В., Абгарян Г.Р., Мхитарян К.А., Макарян А.Г., Гонян А.А. Макросейсмические проявления в Армении Ванского разрушительного землетрясения 23 октября 2011 г. с $K_p=17.3$, $M_w=7.1$, $I_0=9.5-10$ (Турция) // Землетрясения Северной Евразии в 2011 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 436–441.
22. 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.
23. Саргсян Г.В. (отв. сост.), Артёмов Е.В. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Армении за 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>
24. Саргсян Г.В., Пойгина С.Г., Артёмов Е.В. Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Армении за 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>
25. Геворгян А.А. (отв. сост.). Каталог механизмов землетрясений Армении за 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>

SEISMICITY of ARMENIA and ADJACENT TERRITORIES in 2015

H.V. Sargsyan, G.R. Abgaryan, E.A. Mughnetsyan, A.A. Geworgyan

Survey for Seismic Protection Agency, Erevan, Armenia, ovash@yandex.ru

Abstract. We have analyzed the seismicity of Armenia and adjacent territories in 2015. The highest level of seismic activity was recorded in the northern part of the Republic, in the focal zone of the Spitak earthquake 1988. The tangible earthquakes of the territory of Armenia are described.

Keywords: digital, telemetry and analog seismic stations, map of K_{min} , earthquake statistics, shaking intensity, focal mechanism.

DOI: 10.35540/1818-6254.2021.24.05

For citation: Sargsyan, H.V., Abgaryan, G.R., Mughnetsyan, E.A., & Geworgyan, 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

R e f e r e n c e s

1. Sargsyan, H.V., Gasparyan, V.R., & Arakelyan, A.R. (2001). [Armenia]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 1995 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 1995], (pp. 24–29). Moscow, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
2. Sargsyan, H.V. (2021). [Armenia seismic stations and their parameters in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).
3. Sargsyan, H.V., Abgaryan, G.R., Mughnetsyan, E.A., & Geworgyan, A.A. (2020). [Armenia]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 66–81. (In Russ.).
4. Sargsyan, H.V., Abgaryan, G.R., Mughnetsyan, E.A., & Geworgyan, A.A. (2018). [Armenia]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21(2012), 67–71. (In Russ.).

5. Sargsyan, H.V., & Gasparyan, V.R. (2003). [Armenia]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 1997 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 1997], (pp. 47–51). Moscow, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
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. Sargsyan, H.V. (2016). *Programma obrabotki zemletriasenii metodom zasechek po territorii Kavkaza, razrabotannaia po GIS tekhnologii* [The program of processing earthquakes by the method of sents on the territory of the Caucasus developed by the GIS-technology]. Gyumri, Armenian: The IGIS foundation of the Armenian Academy of Sciences, 29 p. (In Armenian.).
8. Vvedenskaya, N.A., Rozova, E.A., Levitskaya, A.Ya., & Chernyavkina, M.K. (1954). [Examples of earthquake processing]. In *Rukovodstvo po proizvodstvu i obrabotke nablyudenij na seismicheskikh stantsiyakh SSSR* [Manual for the production and processing of observations at seismic of the USSR] (pp. 51–122). Moscow, Russia: AN USSR Publ. (In Russ.).
9. Sargsyan, H.V., Abgaryan, G.R., Mugnetsyan, E.A., & Geworgyan, A.A. (2016). [Armenia]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2010 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2010], (pp. 92–101). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
10. Lebedeva, T.M., & Levitskaya, A.Ya. (1953). [Hodographs of seismic waves in the Caucasus]. *Kvartal'nyj seismologicheskij bulletin* [Quarterly seismological bulletin], 2(1–4), 51–60. (In Russ.).
11. Tskhakaya, A.D. (1957). [The seismic activity of Javakheti highland and surrounding areas]. *Trudy Instituta Geofiziki AN GSSR* [Proceedings of the IG of the GSSR Academy of Sciences], 16, 177–219. (In Russ.).
12. Kondorskaya, H.V., & Sahakyan, A.A. (1984). [Kinematic features of *P*-waves for earthquakes in the Armenian highlands]. *Phizika Zemli* [Izvestiya. Physics of the Solid Earth], 8, 67–71.
13. Droznin, D.V., & Droznina, S.Y. (2010). Interactive DIMAS program for processing seismic signals. *Seismic Instruments*, 46(3), 22–34.
14. [Designations]. (2021). *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 371–374. (In Russ.).
15. Rautyan, T.G. (1960). [Earthquake energy]. *Trudy IFZ AN SSSR* [Proceedings of the IPE of the USSR Academy of Sciences], 9(176), 75–114. (In Russ.).
16. Sargsyan, H.V., Abgaryan, G.R., & Khachkalyan, K.L. (2021). [Catalog of earthquakes in Armenia for 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).
17. GS RAS. (2021). Bulletin of Teleseismic Stations, 2015. Retrieved from ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2015
18. International Seismological Centre. (2021). On-line Bulletin: <https://doi.org/10.31905/D808B830>
19. Shebalin, N.V. (1977). [Reference earthquakes and macroseismic field equations]. *Novyi katalog sil'nykh zemletriasenii na territorii SSSRs drevneishikh vremen do 1975 g.* [A new catalog of strong earthquakes in the USSR from ancient times to 1975]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 20–30. (In Russ.).
20. Geodakyan, E.G., Golinskiy, G.L., Papalashvili, V.G., Xromeckaya, E.A., & Shebalin, N.W. (1991). [Spitak earthquake on December 7, 1988, isoseist maps]. *Zemletriaseniia v SSSR v 1988 godu* [Earthquake in the USSR in 1988] (pp. 74–86). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
21. Sargsyan, H.V., Abgaryan, G.R., Mkhitaryan, K.A., Makaryan, A.G., & Gonyan, A.A. (2017). [Macroseismic manifestations in Armenia of the Van destructive earthquake on Oktober 23, 2011 with $K_p=17.3$, $M_w=7.1$, $I_0=9.5-10$ (Turkey)]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2011 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2011] (pp. 436–441). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
22. Tskhakaya, A.D., Dzhibladze, E.A., Papalashvili, V.G., Sultanova, Z.Z., Lebedeva, T.M., Tabutsadze, C.A., Darakhvelidze, L.K., Kakhiani, L.A., Labadze, L.V., & Alimamedova, V.P. (1973). [Earthquakes of Caucasus]. In *Zemletriaseniia v SSSR v 1969 godu* [Earthquakes in the USSR in 1969] (pp. 19–28). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
23. Sargsyan, H.V., & Artemova, E.W. (2021). [Macroseismic effect of tangible earthquakes in populated areas of Armenia for 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).
24. Sargsyan, H.V., Poygina, S.G., & Artemova, E.W. (2021). [Information on points for which data about macroseismic manifestations of tangible earthquakes in Armenia in 2015 are available]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).
25. Gevorgyan, A.A. (2021). [Catalog of Earthquake Focal Mechanisms in Armenia for 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).