Землетрясения Северной Евразии

2024. – Вып. 27 (2020). – С. 60–68. DOI: https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.05 EDN: DGRSUO *Metadata in English is at the end of the article*

УДК 550.348 (479.25)

СЕЙСМИЧНОСТЬ АРМЕНИИ и ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ в 2020 году Г.Р. Абгарян¹, Г.В. Саргсян¹, А.А. Геворгян¹, Н.В. Петрова²

 $^{1}\Gamma$ НКО «Региональная служба сейсмической защиты» МВД Республики Армения, ovash@yandex.ru $^{2}\Phi$ ИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия, npetrova@gsras.ru

Аннотация. Приведен обзор сейсмичности территории Республики Армения и сопредельных стран за 2020 год. Обработано более 3000 местных землетрясений, но в электронный каталог землетрясений по территории «Армения», являющийся приложением к настоящей статье, включены 1642 землетрясения с M_L =0.1–6.0 ($K_{\rm pac}$ =4.2–14.8). Наклон графика повторяемости землетрясений за 2020 г. (γ =–0.42) не изменился по сравнению с таковым в предыдущем году, но был ниже по абсолютной величине, чем его долгосрочное значение, полученное за 1993–2017 гг. (γ =0.49). Самые крупные землетрясения в зоне ответственности произошли за пределами Республики, на турецко-иранской границе, 23 февраля в 05^h53^m с M_L =5.7 и в 16^h00^m с M_L =6.0. Непосредственно в пределах Республики наивысший уровень сейсмической активности зафиксирован на севере, в очаговой зоне 10-балльного Спитакского землетрясения 1988 г. с M_L =6.9. В статье описаны также землетрясения 2020 г., ощутимые на территории Армении, и механизмы очагов землетрясений, определенные Региональной службой сейсмической защиты Республики Армения.

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

Для цитирования: Абгарян Г.Р., Саргсян Г.В., Геворгян А.А., Петрова Н.В. Сейсмичность Армении и прилегающих территорий в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. — Вып. 27 (2020). — С. 60—68. DOI: https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.05 EDN: DGRSUO

Введение. Как и ранее [1], обработка данных мониторинга сейсмичности Армении и прилегающих территорий проводилась в двух сейсмологических центрах Армении, расположенных в Ереване и Гюмри. Здесь составлен каталог землетрясений, зарегистрированных в 2020 г. сетью сейсмических станций Республики Армения в границах $\Delta \phi$ =38.0–41.5° N, $\Delta \lambda$ =42.5–47.4° Е [Прил. 2]. Этот каталог использовался при анализе сейсмичности указанной территории, результаты которого приведены в данном обзоре.

Сеть сейсмологических наблюдений Армении в 2020 г., по сравнению с таковой в 2019 г., незначительно изменилась: 30 декабря 2019 г. была закрыта станция Степанаван (STE1), и большую часть года на территории Республики функционировало 20 станций [Прил. 1]. 1 октября 2020 г. прекратила работу станция Адрут (HDRT). На рис. 1 показано расположение на территории Республики Армения сейсмических станций в 2020 г. и обеспечиваемая ими магнитудная представительность M_{\min} регистрации землетрясений, которая не изменилась по сравнению с представленной в [1].

Методика определения основных параметров землетрясений не изменилась, в основу всех составленных программ заложен метод засечек. Для определения кинематических и динамических параметров сейсмических событий, зарегистрированных станциями с оборудованием GURALP, использовалась программа DIMAS [2]. Для наиболее сильных событий, особенно при локации землетрясений юга Республики Армения, привлекались сведения ФИЦ ЕГС РАН (GS RAS) [3], а также опубликованные в [4] данные региональной сети Грузии ТІГ (Институт наук о Земле / Национальный центр сейсмического мониторинга Грузии), Национального центра информации о землетрясениях Геологической службы США (NEIC), национальной сети Университета Тегерана (IIEES) в Иране и Кандилийской обсерватории научно-исследовательского института по изучению землетрясений (КОЕRI). Обработка землетрясений проводилась, в основном, машинным способом по программе НУРО-71 [5], для более сильных землетрясений переходили и к ручной обработке. Классификация землетрясений выполнена по магнитудам M_L , которые определялись по формуле для локальной магнитуды:

$$M_{\rm L} = \log_{10}(A/T) + 2.56 \cdot \log_{10}(\Delta) + 0.67,$$
 (1)

где A — максимальная амплитуда в μ m; T — преобладающий период в измеряемой волне (c); Δ — расстояние от станции до источника в κM .

Эта формула заложена в программах IRIS и DIMAS для обработки близких землетрясений. Расчеты сделаны по поперечной S-волне. Все энергетические классы $K_{\text{расч}}$ рассчитаны из магнитуд M_{L} по формуле Т.Г. Раутиан: $K_{\text{расч}}$ =4+1.8· M_{L} [6].

Для всех землетрясений время в статье приводится по Гринвичу.

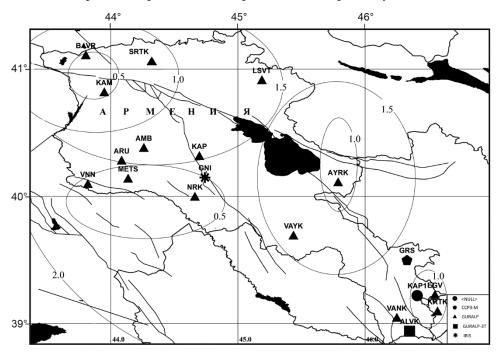


Рис. 1. Положение сейсмических станций Армении на конец 2020 г. и обеспечиваемая ими магнитудная представительность M_{\min} на фоне карты-схемы разломов по А.А. Габриеляну [7]

Особенности сейсмического процесса. Общее число землетрясений Кавказа, зарегистрированных Национальной сетью сейсмологических наблюдений Республики Армения (НССЗ РА) в 2020 г., — около 3000. В каталог землетрясений за 2020 г. [Прил. 2] включено 1642 землетрясения с $M_{\rm L}$ =0.1—6.0 ($K_{\rm pacq}$ =4.2—14.8), в результате реализации которых общая высвобожденная энергия составила ΣE =9.07·10¹⁴ \mathcal{J} ж. Это более чем на порядок выше, чем в 2018 г. (ΣE =6.42·10¹² \mathcal{J} ж) и в 2019 г. (ΣE =3.48·10¹³ \mathcal{J} ж) [1] в сумме. В табл. 1 и на рис. 2 приведены ежемесячные количества землетрясений N и высвобожденной сейсмической энергии ΣE в 2020 году. Значения сейсмической энергии ΣE и рассчитывались как сумма энергий отдельных землетрясений E=10^Kрасч.

Таблица 1. Ежемесячные количества землетрясений N и высвобожденной энергии ΣE в 2020 г.

Месяц №.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N	77	364	183	131	96	114	83	107	87	110	100	190
$\Sigma E \cdot 10^{12} Дж$	0.062	840.4	3.64	9.78	0.90	50.48	0.066	0.47	0.17	0.064	0.02	1.28

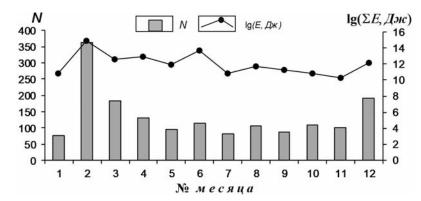


Рис. 2. Ежемесячные количества землетрясений N и логарифмов высвобожденной сейсмической энергии $\lg(\Sigma E, \mathcal{Д} \mathscr{H})$ в 2020 г.

Максимальные значения N и ΣE , наблюдаемые в феврале (табл. 1, рис. 2), связаны с возникновением 23 февраля на границе Турции с Ираном двух сильных землетрясений с M_L =5.7 (Mw_{GCMT} =5.8) и M_L =6.0 (Mw_{GCMT} =6.0).

На основе данных каталога за 2020 г. [Прил. 2] построена карта эпицентров землетрясений на территории, условно названной «Армения», охватывающей Армению и прилегающие участки соседних стран (рис. 3). Как видно из рисунка, в 2020 г. самая высокая плотность эпицентров землетрясений отмечалась на юге указанной территории, в районах озер Ван (Турция) и Урмия (Иран), причем сейсмичность на турецко-иранской границе связана с реализацией 23 февраля вышеупомянутых землетрясений с Mw_{GCMT} =5.8 и 6.0 и их афтершоков.

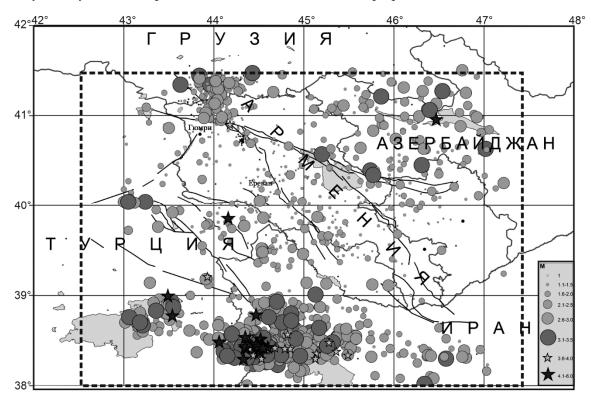


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Армении и сопредельных территорий за 2020 г.

Разломы приведены согласно [7]. Пунктиром показаны границы территории «Армения», в рамках которой составлен каталог землетрясений [Прил. 2].

Непосредственно в границах Армении самая сейсмоактивная зона, примыкающая к Джавахетскому нагорью, расположена на северо-западе Республики. Здесь 07.12.1988 г. произошло разрушительное Спитакское землетрясение с MLH=6.8 [8], I_0 =10 баллов. Его очаговая зона до сих пор остается сейсмоактивной [9].

В табл. 2 приведено распределение количества землетрясений по энергетическим классам в 2020 г. и, для сравнения, долговременные среднегодовые значения $N_{\rm cp}$, рассчитанные за период 1993—2017 гг. Как видно из таблицы, в 2020 г. количества землетрясений всех энергетических классов, кроме $K_{\rm pacy}$ =13, превышают долговременные среднегодовые значения.

Таблица 2. Распределение по расчетным энергетическим классам $K_{\text{расч}}$ числа землетрясений в 2020 г. N_{2020} и среднегодовых значений $N_{\text{ср}}$ за период 1993–2017 гг. из [10]

	$K_{ m pac ext{ iny }}$												
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17
N_{2020}	22	153	302	276	456	262	119	29	19	1	1	1	_
$N_{ m cp\ 1993-2017}$	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

На основе данных табл. 2 построен график повторяемости землетрясений за 2020 г. (рис. 4). *Линейная часть графика аппроксимирована уравнением:*

$$\log_{10}N = -0.42K_{\text{pacy}} + 6.15.$$

Абсолютное значение наклона графика повторяемости для изучаемой территории в 2020 г. (γ =-0.42) не изменилось по сравнению с таковым в 2019 г. [1], тогда как долговременное среднегодовое значение γ за период 1993–2017 гг. (γ =-0.49) выше этих значений. Излом графика повторяемости, наблюдаемый при $K_{\text{расч}}$ =8 в 2020 г., так же, как и в 2018–2019 гг. [1], свидетельствует о том, что представительность каталогов землетрясений за эти три года оставалась неизменной. Также следует отметить дефицит землетрясений с $K_{\text{расч}}$ =13 в 2020 г. (рис. 4).

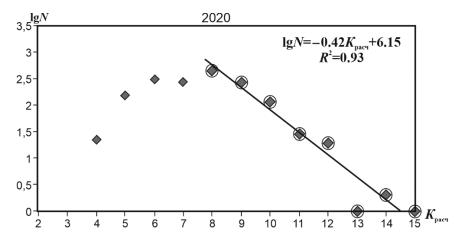


Рис. 4. График повторяемости землетрясений территории «Армения» за 2020 г.

Макросейсмические проявления ощутимых землетрясений. В населенных пунктах Армении в 2020 г. ощущались 23 землетрясения. Их эпицентры локализованы как на территории Армении, так и в соседних странах. Интенсивность сотрясений в населенных пунктах Армении не превышала 4 баллов по шкале MSK-64 [11]. Сведения об ощутимых землетрясениях и подвергшихся сотрясениям населенных пунктах приведены в [Прил. 4, 5], а наиболее заметные события описаны ниже.

18 января в 01^h28^m произошло ощутимое землетрясение с M_L =3.7. В селах Ашоцк, Ширакамут, Артагюх интенсивность сотрясений составила 4 балла, в городах Спитаке и Гюмри, в селах Джаджур и Халтахчи – 3–4 балла. Через 3 часа вслед за этим толчком произошел афтершок с M_L =2.6, который ощущался в Гюмри и Дзорашене с интенсивностью 3 балла.

23 февраля в 05^h53^m на границе Ирана с Турцией произошло землетрясение с M_L =5.7, MS=5.4. Очаг находился в 25 κM к юго-западу от г. Салмаса (Иран) на глубине 10 κM . В Армении землетрясение ощущалось в Ереване, Арарате с интенсивностью 3—4 балла; в Мегри, Горисе — 3 балла.

Через 10 часов, в 16^h00^m , произошел толчок с магнитудой M_L =6.0. Эпицентр располагался на расстоянии 141 κm к западу от иранского г. Тебриза и 71 κm к юго-востоку от турецкого г. Озалпа. Очаг залегал на глубине 10 κm . Эпицентр второго толчка расположен в 15 κm к юго-юго-западу от первого. Второй толчок ощущался в районе населенных пунктов Вайоц Дзор, Арарат и Сюник с интенсивностью 4 балла, в Ереване 3–4 балла. Основные параметры землетрясений 23 февраля, определенные в разных агентствах, приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 3. Основные параметры землетрясения 23 февраля в 05^h53^m на турецко-иранской границе по данным разных агентств

Агентство	t_0 ,		Гипоц	ентр		Магнитуда/	Источник
	ч мин с	φ°, N	λ°, E	ч, км	$N_{ m cr}$	число станций	
RSSP	05 53 00.3	38.44	44.49	10	15	$M_{\rm L}\!\!=\!\!5.7$	[Прил. 2]
GS RAS	05 52 59.9	38.35	44.50	11	198	MS=5.4/54, mb=5.7/55	[3]
GCMT	05 53 02.1	38.34	44.45	14.5	160	Mw=5.8/160	[4]
ISC	05 53 00.7	38.41	44.50	5.9	1810	Ms=5.5/423, mb=5.5/403	[4]

Примечание. RSSP – Региональная служба сейсмической защиты Республики Армения; GS – Global CMT Project, Lamont Doherty Earth Observatory, Columbia University, Palisades, USA; ISC – International Seismic Centre, Thatcham, United Kingdom.

Таблица 4. Основные параметры землетрясения 23 февраля $16^{\rm h}00^{\rm m}$ на турецко-иранской границе по данным разных агентств

Агентство	t_0 ,		Гипоц	ентр		Магнитуда/число станций	Источник
	ч мин с	φ°, N	λ°, E	ч, км	$N_{ m cr}$		
RSSP	16 00 29.4	38.42	44.55	10	15	$M_{\rm L}\!\!=\!\!6.0$	[Прил. 2]
GS RAS	16 00 30.3	38.41	44.55	10	178	MS=5.8/65, mb=5.8/55	[3]
GCMT	16 00 33.4	38.32	44.47	14.4	164	Mw=6.0/164	[4]
ISC	16 00 31.3	38.42	44.50	5.6	1904	<i>MS</i> =5.9/521, <i>mb</i> =5.5/410,	[4]
						$h_{\rm pP} = 6.0$	

Примечание. См. Примечание к табл. 3.

На рис. 5. представлены записи землетрясений 23 февраля сейсмической станцией глобальной сети мониторинга IRIS GSN, установленной в обсерватории г. Гарни.

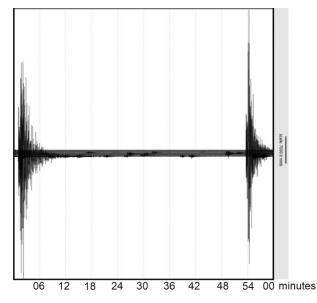


Рис. 5. Записи сейсмической станции Гарни (GNI) глобальной сейсмической сети IRIS GSN землетрясений на турецко-иранской границе 23 февраля в $05^{\rm h}53^{\rm m}$ с $M_{\rm L}{=}5.7$ и в $16^{\rm h}00^{\rm m}$ с $M_{\rm L}{=}6.0$

По данным РИА Новости, на востоке Турции в результате землетрясений погибли десять человек, по меньшей мере 50 пострадали. Число пострадавших в иранском округе Хой достигло 104 человек. Полностью или частично разрушены жилые помещения в 43 населенных пунктах округов Хой и Сельмас (рис. 6). На территории Армении землетрясения 23 февраля ощущались интенсивностью до 4 баллов.



Рис. 6. Разрушения от землетрясения 23 февраля 2020 г. в $16^{\rm h}00^{\rm m}$ с $M_{\rm L}$ =6.0 ($Mw_{\rm GCMT}$ =6.0) в деревне района Котур иранской провинции Западный Азербайджан

После землетрясений 23 февраля 2020 г. в $05^{\rm h}53^{\rm m}$ и в $16^{\rm h}00^{\rm m}$ наблюдались многочисленные афтершоки (рис. 3).

11 августва в **23^h29^m** в Турции, в 12 κm юго-восточнее г. Игдыра, произошло землетрясение с M_L =4.2, которое ощущалось в Армавирской и Араратской губерниях Армении с интенсивностью 4 балла. Жители Еревана, Арташата, Армавира, Эчмиадзина, Абовяна, Егварда проснулись от толчков с интенсивностью до 4 баллов.

30 августа в 15^h14^m и в 18^h14^m на территории Республики Армения произошло два ощутимых толчка. Первый, в 20 км к северо-западу от г. Ехигнадзора с M_L =2.8, ощущался в этом городе с интенсивностью 3–4 балла. Толчок в 18^h14^m, хотя и имел такую же небольшую магнитуду M_L =2.9, ощущался сильнее: Ашоцк – 4 балла, Большой Сепасар, Мусаелян, Амасия, Зуйгахпюр, Гюмри – 3 балла.

Механизмы очагов. В [Прил. 3] и на рис. 7 приведены механизмы очагов 24 землетрясений, решения для которых получены в Региональной службе сейсмической защиты Республики Армения (RSSP) на основе знаков первых вступлений *P*-волн на станциях RSSP PA и соседних государств. Расчеты проведены по программе FM (focal mechanism). Эпицентры всех показанных на рис. 7 землетрясений локализованы на условной территории «Армения», границы которой показаны на рис. 3, за исключением механизма № 19.

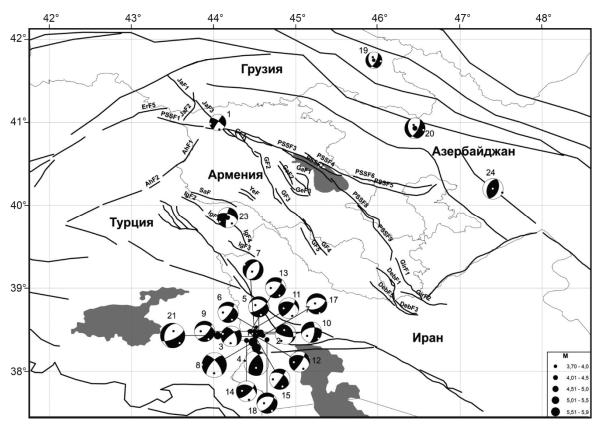


Рис. 7. Стереограммы механизмов очагов землетрясений Армении за 2020 г. по данным RSSP, цифры рядом со стереограммами соответствуют их нумерации в [Прил. 3]

Среди полученных фокальных механизмов у землетрясений № 2, 4, 11, 12, 14, 24 — взбросовый или взбросово-сдвиговый тип подвижки в очаге, события № 5, 6, 7, 9, 10, 13, 15, 19, 20, 21 — сбросы или сбросово-сдвиги, а №1, 3, 8, 23 — сдвиги.

Особый интерес вызывают механизмы очагов крупнейших на рассматриваемой территории землетрясений 23 февраля в $05^{4}53^{1}$ с M_{L} =5.7 (№ 4 на рис. 7) и в $16^{4}00^{1}$ с M_{L} =6.0 (№ 8 на рис. 7). Решения механизмов очагов по данным разных агентств приведены в [Прил. 3] и в табл. 5, 6. Решения по данным GS RAS [3], NEIC и GCMT [4] близки, тогда как решение Региональной службы сейсмической защиты Республики Армения (RSSP), при совпадении простирания нодальных плоскостей с таковым в решениях других агентств, отличается от них зна-

ком вступлений P-волн и, соответственно, направлением подвижки. Вероятно, это отличие связано с недостаточным числом знаков вступлений P-волн на станциях RSSP и их односторонним расположением, что делает решение RSSP ненадежным.

Таблица 5. Параметры механизма очага землетрясения 23 февраля в $05^{\rm h}53^{\rm m}$ на границе Турция-Иран

	(Эси гл	авных	к напря	жени	й		Нода					
Центр	T		P		1	N		NP1			NP2	Источник	
	PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
RSSP	60	184	5	282	_	_	344	48	48	217	57	126	[Прил. 3]
GS RAS	10	84	48	185	41	346	324	66	-136	212	50	-32	[12]
NEIC	15	270	52	160	34	10	322	42	-146	206	68	-53	[4]
GCMT	11	78	49	181	39	339	318	66	-133	205	48	-33	[5]

Примечание. См. Примечание к табл. 3. NEIC – National Earthquake Information Center; Geological Survey, Denver, USA.

Таблица 6. Параметры механизма очага землетрясения 23 февраля в $16^{\rm h}00^{\rm m}$ на границе Турция-Иран

	(Оси главных напряжений							Нодальные плоскости						
Центр	T		i	$P \qquad \qquad N$		N		NP1		NP2			Источник		
	PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP			
RSSP	0	271	35	181	_	_	221	67	-26.2	322	66	-154	[Прил. 3]		
GS RAS	15	72	7	340	74	225	115	75	174	206	85	16	[12]		
NEIC	8	255	14	347	73	135	122	86	-164	30	74	-4	[4]		
GCMT	7	72	1	342	82	242	117	84	176	207	86	6	[5]		

Примечание. См. Примечание к табл. 3, 5.

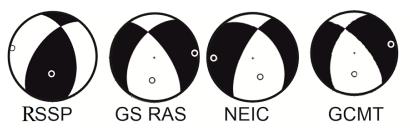


Рис. 8. Стереограммы механизма очага землетрясения 23 февраля в 05^h53^m на границе Турция-Иран по данным разных агентств

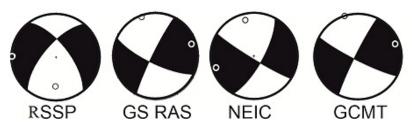


Рис. 9. Стереограммы механизма очага землетрясения 23 февраля в 16^h00^m на границе-Турция-Иран по данным разных агентств

Землетрясение 23 февраля в $05^{\rm h}53^{\rm m}$ возникло под действием превалирующих напряжений растяжения, ориентированных на восток в решениях GS RAS и GCMT и на запад согласно NEIC. Плоскость NPI простирается на северо-запад, NP2 — на юг—юго-запад, обе плоскости наклонены к горизонту под близкими углами. Тип движения по плоскости NPI — правосторонний сдвиг с компонентой сброса, по NP2 — левосторонний сдвиг с компонентой сброса согласно GS RAS и GCMT и сброс с компонентой левостороннего сдвига согласно NEIC. По данным NEIC, сейсмический момент M_0 =7.25· 10^{17} H·M, Mww=5.8.

Землетрясение 23 февраля в $16^{\rm h}00^{\rm m}$ возникло под действием близких по величине напряжений сжатия, ориентированных на север—северо-запад (для RSSP — на юг) и растяжения, на-

правленных на восток—северо-восток (GS RAS и GCMT), запад (RSSP) или запад—юго-запад (NEIC). Плоскость NP1 простирается на восток—юго-восток, NP2 — на юг—юго-запад. Плоскости наклонены к горизонту достаточно круто под близкими углами. Тип движения по плоскости NP1 для GS RAS, NEIC и GCMT — правосторонний сдвиг (для RSSP — левосторонний сдвиг), по NP2 — левосторонний сдвиг (для RSSP — правосторонний сдвиг). По данным GCMT, M_0 =1.17·10¹⁸ H·M, MW=6.0.

Заключение. Сейсмическая энергия, высвобожденная в 2020 г. на расширенной территории, условно названной «Армения», составила ΣE =9.07·10¹⁴ \mathcal{J} ж, что более чем на порядок превышает таковую за 2018 г. (ΣE =6.42·10¹² \mathcal{J} ж) и 2019 г. (ΣE =3.478·10¹³ \mathcal{J} ж). Наклон графика повторяемости $N(K_{\text{расч}})$ землетрясений за 2020 г. (γ =-0.42) ниже по абсолютной величине, чем его долгосрочное значение за 1993–2017 гг. (γ =-0.49). Повышенная сейсмическая активность непосредственно в пределах Республики Армения, как и в предыдущие годы, наблюдалась в зоне разрушительного Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 года. Значительные землетрясения, часть из которых ощущалась на территории Республики, зафиксированы на окружающих территориях Турции, Ирана и Азербайджана. Самые крупные среди них — землетрясения 23 февраля в 05^h53^m с M_L =5.7 и в 16^h00^m с M_L =6.0, произошедшие на турецко-иранской границе. Большинство механизмов очагов землетрясений исследуемой территории имело сбросо-сдвиговый тип подвижки.

В подготовке электронных приложений к данной статье принимали участие Г.В. Саргсян, Г.Р. Абгарян, А.А. Геворгян, Н.А. Лукаш, В.И. Левина, С.Г. Пойгина, Г.М. Бахтиарова.

Электронное приложение App03b_Armenia_2020 (http://www.gsras.ru/zse/app-27.html): 1 – Сейсмические станции, работавшие в Армении в 2020 г.; 2 – Каталог землетрясений Армении и сопредельных территорий за 2020 год; 3 – Каталог механизмов очагов землетрясений Армении за 2020 год; 4 – Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Армении в населенных пунктах за 2020 год; 5 – Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Армении за 2020 год.

Литература

- 1. Абгарян Г.Р., Саргсян Г.В. Сейсмичность Армении и прилегающих территорий в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. 2023. Вып. 26 (2018–2019 гг.). С. 67–72. DOI: https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.05 EDN: ZKJOJW
- 2. Дрознин Д.В., Дрознина С.Я. Интерактивная программа обработки сейсмических сигналов DIMAS // Сейсмические приборы. М.: ИФЗ РАН, 2010. Т. 46, № 3. С. 22–34.
- 3. Сейсмологический бюллетень (сеть телесейсмических станций), 2020. (2024) // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. –URL: http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic bulletin/2020/
- 4. International Seismological Centre. (2024). On-line Bulletin. https://doi.org/10.31905/D808B830
- 5. Lee W.Y.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.
- 6. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9 (176)). М.: ИФЗ АН СССР, 1960. С. 75–114.
- 7. Габриелян А.А., Саргсян О.А., Симонян Г.П. Сейсмотектоника Армянской ССР (с приложениями: Сейсмотектоническая карта Кавказа. Составитель: Габриелян А.А.). Ереван: Ереванский гос. университет, 1981. 283 с.
- 8. 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.
- 9. Саргсян Г.В., Абгарян Г.Р., Григорян А.А., Петрова Н.В. Серия ощутимых землетрясений 2018–2019 гг. в очаговой зоне 10-балльного Спитакского землетрясения 1988 года // Землетрясения Северной Евразии. 2023. Вып. 26 (2018–2019 гг.). С. 312–322. DOI: https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.28 EDN: EUEYPC
- 10. 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: https://doi.org/10.35540/1818-6254.2022.25.05 EDN: PRTXLW
- 11. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Международная шкала сейсмической интенсивности MSK-64. М.: МГК АН СССР, 1965. 11 с.
- 12. Виноградов Ю.А., Рыжикова М.И., Пойгина С.Г., Петрова Н.В., Коломиец М.В. Сильные землетрясения на территории земного шара и России в І полугодии 2020 г. по данным ФИЦ ЕГС РАН // Российский сейсмологический журнал. -2020. Т. 2, № 3. С. 7–21. DOI: https://doi.org/10.35540/2686-7907.2020.3.01

SEISMICITY of ARMENIA and ADJACENT TERRITORIES in 2020 G.R. Abgaryan¹, G.V. Sargsyan¹, A.A. Gevorgyan¹, N.V. Petrova²

¹SNCO "Regional Seismic Protection Survey" of the Ministry of Internal Affairs, ovash@yandex.ru ²Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Obninsk, Russia, npetrova@gsras.ru

Abstract. An overview of seismicity in the territory of the Republic of Armenia and neighboring countries for 2020 is provided. More than 3000 local earthquakes were processed, but the catalog of earthquakes for the territory of "Armenia", being an electronic supplement to this article, included 1642 earthquakes with ML=0.1–6.0 (K_R =4.2–14.8). The slope of the earthquake frequency graph for 2020 (γ =-0.42) is lower in absolute value than its long-term value for 1993–2017 (γ_{av} =-0.49). Within the Republic, the highest level of seismic activity was registered in the north, in the focal zone of the 10-points Spitak earthquake of 1988 with MLV=6.9. The strongest earthquakes in the area of responsibility occurred on February 23 at 05 h 53 m with ML=5.7 and at 16 h 00 m with ML=6.0 outside the Republic, on the Turkish-Iranian border. The article describes the earthquakes felt in the territory of Armenia in 2020 and the focal mechanisms of earthquakes, determined by the Regional Seismic Protection Survey of the Republic of Armenia.

Key words: seismicity, seismograph, catalogue, earthquake, Armenia, seismic activity, source zone.

For citation: Abgaryan, G.R., Sargsyan, H.V., Gevorgyan, A.A., & Petrova, N.V. (2024). [Seismicity of Armenia and adjacent territories in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 60–68. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.05 EDN: DGRSUO

References

- 1. Abgaryan, G.R., & Sargsyan, H.V. (2023). [Seismicity of Armenia and adjacent territories in 2018-2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 67–72. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.05 EDN: ZKJOJW
- 2. Droznin, D.V., & Droznina, S.Y. (2011). Interactive DIMAS program for processing seismic signals. *Seismic Instruments*, 47(3), 215–224. DOI: https://doi.org/10.3103/S0747923911030054
- 3. GS RAS, Bulletin of Teleseismic Stations, 2020. (2024). Retrieved from http://www.gsras.ru/ ftp/Teleseismic bulletin/2020/
- 4. International Seismological Centre. (2024). On-line Bulletin. Retrieved from https://doi.org/10.31905/D808B830
- 5. 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.
- 6. Rautian, 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.).
- 7. Gabrielyan, A.A., Sargsyan, O.A., & Simonyan, G.P. (1981). Sejsmotektonika Armyanskoj SSR (s prilozheni-yami: Sejsmotektonicheskaya karta Kavkaza. Sostavitel': Gabrielyan A.A.) [Seismotectonics of the Armenian SSR (with appendices: Seismotectonic map of the Caucasus. Compiled by: Gabrielyan A.A.)]. Yerevan, Armenia: Yerevan State University Publ., 283 p.
- 8. Geodakyan, E.G., Golinskiy, G.L., Papalashvili, V.G., Chromeckaya, E.A., & Shebalin, N.V. (1991). [Spitak earthquake on December 7, 1988, isoseist maps]. In *Zemletriasenia v SSSR v 1988 godu* [Earthquake in the USSR in 1988] (pp. 74–86). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
- 9. Sargsyan, G.V., Abgaryan, G.R., Grigoryan, A.A., & Petrova N.V. (2023). [Series of perceptible earthquakes in 2018–2019 in the source zone of the 1988 Spitak earthquake]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 312–322. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.28 EDN: EUEYPC
- 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: https://doi.org/10.35540/1818-6254.2022.25.05 EDN: PRTXLW.
- 11. Medvedev, S.V., Shponhoyer, V., & Karnik, V. (1965). *Mezhdunarodnaya shkala seysmicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 International seismic intensity scale]. Moscow, Russia: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p. (In Russ.).
- 12. Vinogradov, Yu.A., Ryzhikova, M.I., Poygina, S.G., Petrova, N.V., & Kolomiets, M.V. (2020). [Strong earthquakes in the Globe and Russia in the first half of 2020 according to the GS RAS]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 2(3), 7–21. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.35540/2686-7907.2020.3.01