

СЕЙСМИЧНОСТЬ АЗЕРБАЙДЖАНА И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ в 2016–2017 гг.**Г.Д. Етирмишли, Р.Р. Абдуллаева, С.С. Исмаилова, С.Э. Казымова***Республиканский Центр сейсмологической службы НАН Азербайджана
г. Баку, science@azeurotel.com*

Аннотация. В 2016–2017 гг. сеть сейсмических станций Азербайджана состояла из 35 цифровых станций, которые продолжали работать без изменений. Набор параметров, определяемых для оценки величины землетрясения, был таким же, как и в 2015 году. Измерялась только локальная магнитуда $M_{L\text{Azp}}$. Суммарное число землетрясений, зарегистрированных сетью станций Азербайджана в 2016 г., составило 6044, в 2017 г. соответственно 6094. Однако в каталоге землетрясений Азербайджана, публикуемом в приложении к данной статье, приводятся лишь 136 землетрясений, а в 2017 г. – 118 с $M_{L\text{Azp}} \geq 3.0$. Сейсмическая активность на изучаемой территории осталась на прежнем уровне. Число землетрясений представительного уровня ($K \geq 9$), а также выделенная сейсмическая энергия по сравнению с аналогичными параметрами за 2015 г., изменились незначительно. Самыми значительными сейсмическими событиями на территории республики были землетрясение 1 августа с $M_{L\text{Azp}}=5.6$ и интенсивностью в эпицентре $I_0=5$ баллов в 2016 г. и землетрясение 15 ноября с $M_{L\text{Azp}}=5.7$ и интенсивностью в эпицентре $I_0=6$ баллов в 2017 году.

Ключевые слова: эпицентр, фоновая сейсмичность, сейсмическое затишье, график повторяемости, механизм очага.

DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.04 **EDN:** PRKEPU

Для цитирования: Етирмишли Г.Д., Абдуллаева Р.Р., Исмаилова С.С., Казымова С.Э. Сейсмичность Азербайджана и прилегающих территорий в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 56–65. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.04. EDN: PRKEPU

Введение. Территория Азербайджана является одним из наиболее сейсмоактивных регионов Кавказа. Она характеризуется развитием таких крупных тектонических структур как юго-восточное погружение Большого Кавказа, Куринская депрессия, северо-восточный склон Малого Кавказа и акватория Каспийского моря. Вся территория делится на следующие сейсмоактивные районы (рис. 1): Восточный Кавказ (№ 3), Куринская депрессия (№ 7), Восточная часть Малого Кавказа (№ 8), Каспийское море (№ 11), Талыш (№ 14), Иран (№ 17).

Сеть сейсмических станций. В 2016–2017 гг. в системе сейсмологических наблюдений на территории Азербайджана изменений относительно [1] не произошло. Сейсмический мониторинг территории по-прежнему проводился 35 станциями Республиканского Центра Сейсмологической Службы национальной академии наук Азербайджана (РЦСС НАНА).

На рис. 1 показаны расположение всех станций и карта энергетической представительности землетрясений в изолиниях K_{\min} по наблюдениям данной сети в 2016–2017 гг. Согласно этой карте, республиканская сеть сейсмических станций обеспечила уверенную регистрацию землетрясений на уровне $K_{\min}=6.0$ в Шамахи-Исмаиллинской зоне, с $K_{\min}=6.5$ в Талыше. Землетрясения с $K_{\min}=7$ представительны на большей части территории республики, включая Нахичеванскую АР и шельфовую зону Каспийского моря, на остальной части акватории Каспия и на прилегающих территориях соседних стран не пропущены толчки с $K_p \geq 8$. Представленный материал находится в зоне ответственности: $\varphi=38.0\text{--}42.0^\circ\text{N}$ и $\lambda=44.5\text{--}52.0^\circ\text{E}$.

Методика обработки данных. Методы определения основных параметров землетрясений подробно описаны в [2] и не изменились в 2016–2017 гг. Для обработки землетрясений, зарегистрированных телеметрической сетью РЦСС, использовалась программа dbloc2 из математического обеспечения Antelope Real-Time System v. 5.6 с использованием осредненной скоростной модели глубинного геологического строения Азербайджана.

Для определения параметров механизмов очагов землетрясений использован алгоритм программы FPFIT. С этой целью определялись: 1) знаки первых вступлений P -волн; 2) географические координаты станций и гипоцентра; 3) эпицентральные расстояния и азимуты из очага на станции; 4) углы выхода сейсмических волн на станциях.

Каталоги землетрясений. В соответствии с оригиналами каталогов землетрясений за 2016–2017 гг. [3, 4], в пределах Азербайджана и сопредельных районов в 2016 г. определены параметры 6044 землетрясений с $M_{LAzp}=0.0-5.6$, $K=4.5-12.5$, а в 2017 г. – 6094 землетрясений с $M_{LAzp}=0.0-5.7$, $K=4.5-13$. Однако в Приложении [5] публикуется усеченный по энергии ($M_{LAzp} \geq 3.0$ и $K \geq 9.0$) вариант каталога, содержащий 136 землетрясений за 2016 г. и 118 землетрясений за 2017 год. И оригинальный, и усеченный каталоги использованы в статье, но для разных целей.

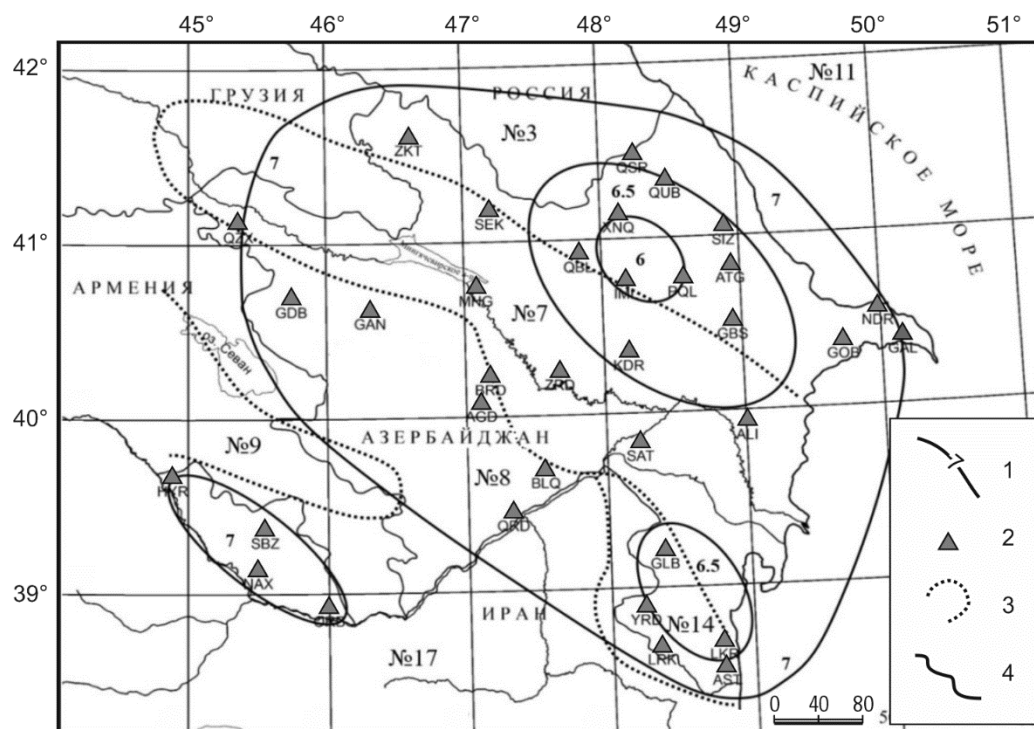


Рис. 1. Карта энергетической представительности землетрясений K_{min} на территории Азербайджана за 2016–2017 гг.

1 – изолиния K_{min} ; 2 – цифровая сейсмическая станция; 3 – граница районов Кавказа; 4 – государственная граница.

Каталоги [3, 4] служат для характеристики сводной карты эпицентров всех зарегистрированных в 2016–2017 гг. землетрясений с $K \geq 4.5$ (рис. 2), графиков их распределения по месяцам (рис. 3 а, б), расчетным классам K (табл. 1, рис. 4), локальным магнитудам M_{LAzp} (табл. 2, рис. 5) и для сравнения с аналогичными параметрами за предшествующие годы, а также для анализа распределения параметров $N(K_p)$ и ΣE , начиная с 1993 г. (табл. 3, рис. 6).

Каталог [5] использован для построения карты эпицентров более сильных ($M_{LAzp} \geq 3.0$, $K \geq 9.0$) землетрясений и описания на ее основе сейсмического процесса на территории Азербайджана в 2016–2017 гг. Этот каталог и соответствующая карта эпицентров (рис. 7) содержат 136 землетрясений за 2016 г. и 118 землетрясений за 2017 г. в диапазоне $M_{LAzp}=3-5.7$. В ред. каталог [5] традиционно дополнен магнитудами по поверхностным (M_S , M_s), объемным волнам (M_{PSP} , m_b) и моментными (M_w , M_0) из международных бюллетеней.

Каталог механизмов очагов [6] содержит их параметры для 12 землетрясений исследуемой территории по определениям различных сейсмологических центров. Механизмы очагов пяти из них (одного для землетрясения за 2016 г. и четырех – за 2017 г.) рассчитаны в РЦСС НАНА.

В [7] представлены сведения о макросейсмическом эффекте ощутимых землетрясений Азербайджана и прилегающих территорий в 2016–2017 гг. Число ощутимых землетрясений в 2016 г. составило $N_{ощ}=19$ (одно из них произошло на территории Грузии), в 2017 г. – $N_{ощ}=28$. Они проявились в 60 населенных пунктах Азербайджана и соседних территорий.

Анализ данных. Изменение во времени числа всех зарегистрированных землетрясений из [3, 4] и сейсмической энергии, выделившейся в течение 2016–2017 гг. на территории Азербайджана и сопредельных государств, представлено на рис. 3 а, б.

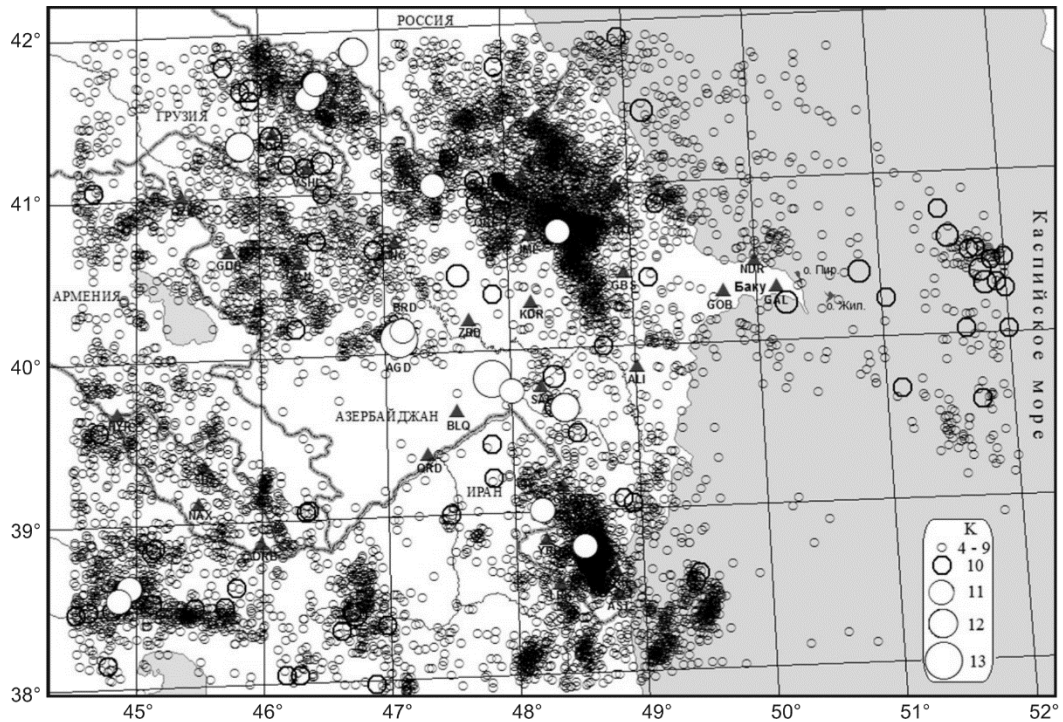


Рис. 2. Карта эпицентров зарегистрированных в 2016–2017 гг. землетрясений Азербайджана и прилегающих территорий

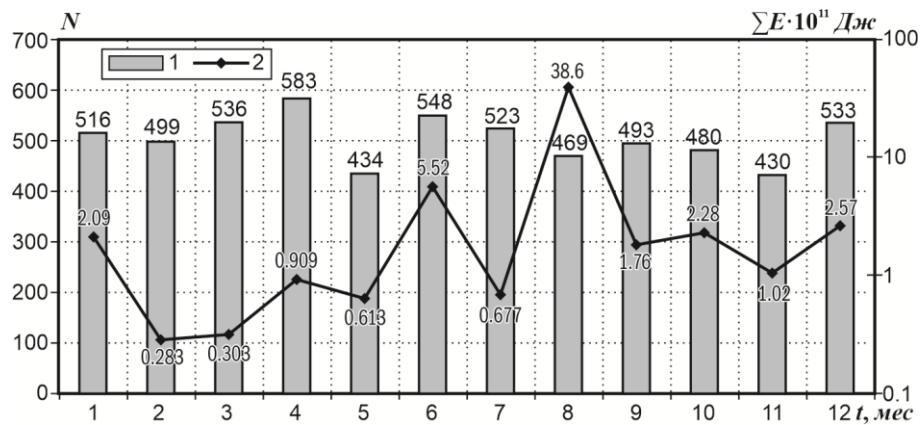


Рис. 3 а. Вариации числа землетрясений (1) и их суммарной сейсмической энергии (2) за 12 месяцев 2016 г.

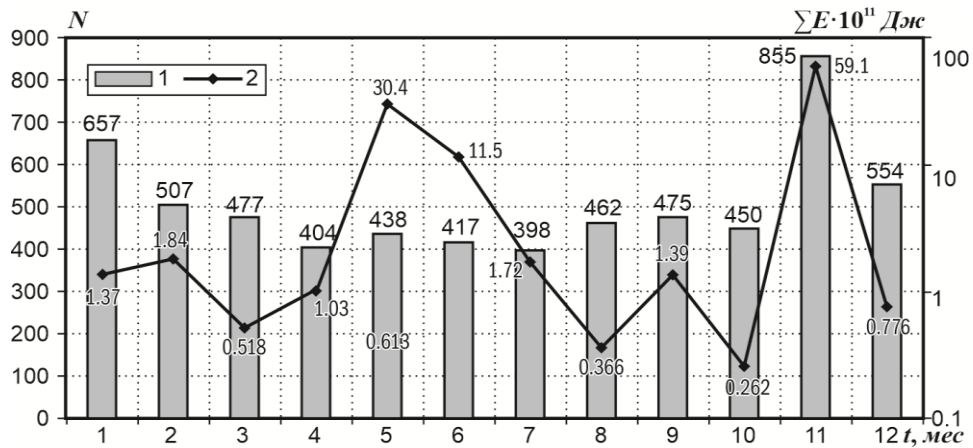


Рис. 3 б. Вариации числа землетрясений (1) и их суммарной сейсмической энергии (2) за 12 месяцев 2017 г.

Как видно из рис. 3 а, всплеск выделенной сейсмической энергии в 2016 г. зарегистрирован в августе ($\Sigma E=38.6 \cdot 10^{11}$ Дж), когда произошло землетрясение 1 августа в 04^h46^m с $K=12.3$, $M_{LA3p}=5.6$ в Куринской депрессии. В 2017 г. всплеск выделенной сейсмической энергии зарегистрирован в мае ($\Sigma E=30.4 \cdot 10^{11}$ Дж) и в июле ($\Sigma E=59.1 \cdot 10^{11}$ Дж), когда произошли сильные землетрясения с $M_{LA3p}>5$ (рис. 3.б): 11 мая в 03^h24^m с $K=12.2$, $M_{LA3p}=5.4$ и 15 ноября в 19^h48^m с $K=12.7$, $M_{LA3p}=5.7$. Эти землетрясения также произошли в Куринской депрессии и вблизи нее, на территории Малого Кавказа.

В табл. 1 представлено распределение землетрясений по отдельным энергетическим классам в 2016–2017 гг.

Таблица 1. Распределение числа землетрясений N из оригинальных каталогов [3, 4] по энергетическим классам K

K	5	6	7	8	9	10	11	12	13	N_{Σ}
$N(K)$ в 2016 г.	460	2021	2541	769	202	40	10		1	6044
$N(K)$ в 2017 г.	569	2318	2298	672	188	37	7	3	1	6094

По данным этой таблицы построены графики повторяемости землетрясений за 2016 и 2017 гг. (рис. 4 а, б) и получены уравнения для их линейной части в диапазоне $K=7-13$:

$$2016 \text{ г.: } \lg N = 7.49 - 0.58 K, R^2 = 0.997,$$

$$2017 \text{ г.: } \lg N = 7.40 - 0.58 K, R^2 = 0.996,$$

где R^2 – коэффициент детерминации.

Наклоны графиков $\gamma = -0.58$ имеют ту же величину, что и в 2015 году.

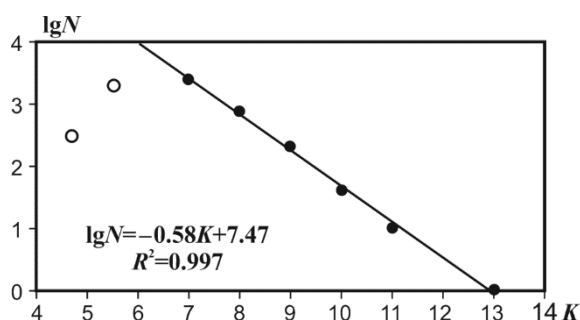


Рис. 4 а. График повторяемости всех землетрясений по расчетным классам K на территории Азербайджана и сопредельных государств за 2016 г.

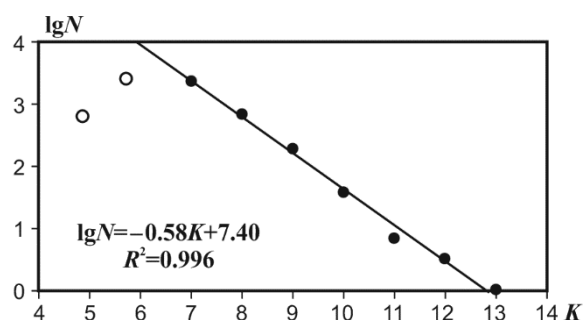


Рис. 4 б. График повторяемости всех землетрясений по расчетным классам K на территории Азербайджана и сопредельных государств за 2017 г.

В табл. 2 представлено распределение землетрясений по магнитудам M_{LA3p} за 2016 и 2017 гг., а на рис. 5 а, б приведены соответствующие графики повторяемости, аппроксимированные в диапазоне магнитуд $M_{LA3p}=1.5-5.5$ уравнениями:

$$2016 \text{ г.: } \lg N = 4.55 - 0.82 M_{LA3p}, R^2 = 0.996,$$

$$2017 \text{ г.: } \lg N = 4.41 - 0.79 M_{LA3p}, R^2 = 0.987.$$

Наклон графика $\gamma = -0.82$ в 2016 г. несколько выше его величины $\gamma = -0.79$ в 2015 г., но в 2017 г. $\gamma = -0.79$ имеет ту же величину, что и в 2015 г. [2].

Таблица 2. Распределение землетрясений по локальным магнитудам M_{LA3p} в оригинальном каталоге за 2016–2017 гг.

M_{LA3p}	0.25	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	N_{Σ}	$\Sigma E, 10^{12}$ Дж
N (2016 г.)	186	827	1792	1839	859	339	141	36	16	8	0	1	6044	$5.66 \cdot 10^{12}$
N (2017 г.)	242	1038	1932	1666	737	294	120	42	12	7	2	2	6094	$11.03 \cdot 10^{12}$

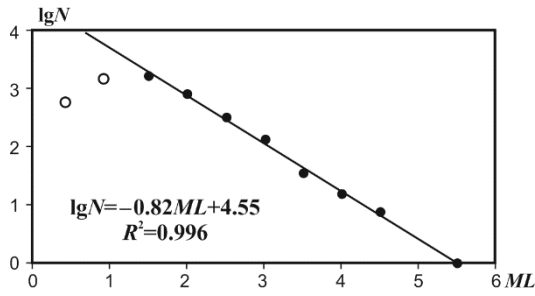


Рис. 5 а. График повторяемости землетрясений на территории Азербайджана и сопредельных государств за 2016 г. по магнитудам $M_{L\text{Азр}}$

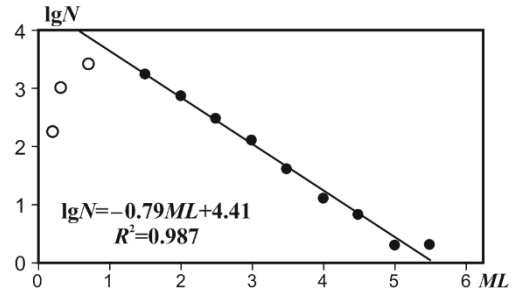


Рис. 5 б. График повторяемости землетрясений на территории Азербайджана и сопредельных государств за 2017 г. по магнитудам $M_{L\text{Азр}}$

Распределение числа землетрясений по годам и суммарная сейсмическая энергия представлены в табл. 3 и на рис. 6. За весь период 1993–2015 гг. представительным в регионе являлся энергетический класс $K_p=9$, поэтому среднегодовое за 23 года число землетрясений с $K_p=9-14$, $N_{\Sigma(K=9-14)}=153.5$, или $N_{\Sigma(K=9-14)}=157.7$ за 24 года, можно отнести к долговременным средним параметрам сейсмического режима, как и среднегодовую выделенную энергию $E_{\Sigma}=21.69 \cdot 10^{12}$ Дж, или $E_{\Sigma}=21.63 \cdot 10^{12}$ Дж соответственно (табл. 3). В сравнении с этими параметрами, число землетрясений с $K_p=9-14$ (253) в 2016 г. и $K_p=9-14$ (229) в 2017 г. осталось на фоновом уровне, а выделенная сейсмическая энергия за указанные годы уменьшилась в 4 раза в 2016 г. ($E_{\Sigma}=5.66 \cdot 10^{12}$ Дж) и в 2 раза в 2017 г. ($E_{\Sigma}=11.03 \cdot 10^{12}$ Дж).

Обращаем внимание, что повышение числа землетрясений произошло только для событий с $K_p \leq 9$, что может быть связано с занижением представительного энергетического класса за период с 1993 г. Если принять, что представительный энергетический уровень за указанные в табл. 3 периоды с 1993 г. соответствует не $K_p=9$, а $K_p=10$, то по числу представительных землетрясений сейсмичность в 2016 и 2017 гг. является фоновой. В дальнейшем долговременные средние параметры сейсмического режима необходимо уточнить (ред.).

Таблица 3. Распределение по энергетическим классам числа землетрясений N и суммарная сейсмическая энергия ΣE в 2016 г. и 2017 г. в сравнении с аналогичными средними параметрами за период 1993–2015 гг.

Годы	K_p, K										N_{Σ}	$N_{\Sigma(K=9-14)}$ ($K_p=9-14$)	$\Sigma E, 10^{12}$ Дж
	≤ 5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
$N_{\text{ср}}$ за 1993–2015 гг.	145.56	458.30	595.26	285.74	103.35	36.17	10.4	2.96	0.48	0.17	1638.39	153.5	21.69
2016 г.	473	2123	2477	718	202	40	10	–	1	–	6044	253	5.66
$N_{\text{ср}}$ за 1993–2016 гг.	159.20	527.71	673.71	303.79	107.46	36.33	10.37	2.87	0.50	0.17	1822.07	157.7	21.63
2017 г.	619	2393	2215	638	178	39	8	3	1	–	6094	229	11.03

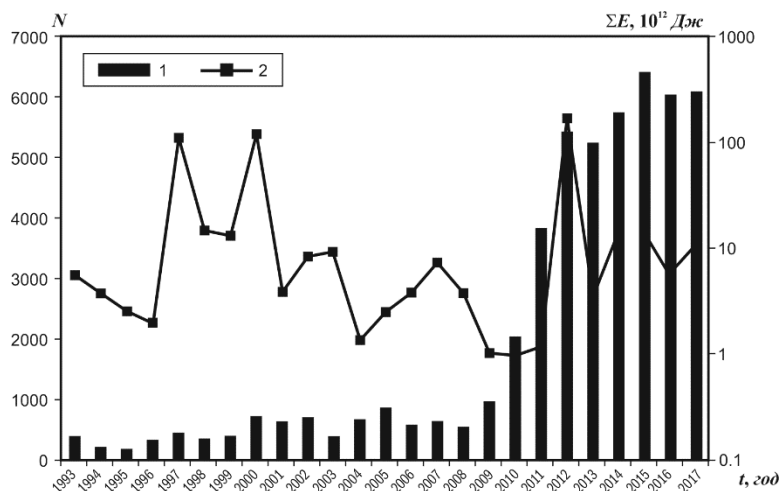


Рис. 6. Распределение числа землетрясений (1) и суммарной сейсмической энергии (2) на территории региона за период 1993–2017 гг.

Карта эпицентров землетрясений с $M_{LAзр} \geq 3$ ($K \geq 9$), произошедших в 2016–2017 гг. в границах региона ($\varphi=38-42^\circ N$, $\lambda=44.5-52^\circ E$), изображена на рис. 7. Максимальным в 2016 г. и самым сильным на территории республики является землетрясение 1 августа с $K=12.5$, $M_{LAзр}=5.6$, произошедшее на территории Куринской депрессии (№ 7), сопредельной с северо-восточной частью Малого Кавказа. Зарегистрировано 14 афтершоков с $ML=1.0-4.1$. Землетрясение ощущалось в эпицентре с интенсивностью 5 баллов. Самый сильный афтершок с $M_{LAзр}=4.1$ и $K=10.5$ произошел в тот же день в 07^h51^m и ощущался с интенсивностью до 3 баллов. Очаговая область расположена в зоне действия Куринского продольного и Чахырлы-Габалинского ортогонального разломов (рис. 7). Кроме того, на территории Куринской депрессии зарегистрирована серия землетрясений с $M_{LAзр} \geq 3$, из которых два землетрясения, 2 апреля в 19^h07^m с $M_{LAзр}=3.5$, $K=9.6$ в районе Кюрдамира и 17 ноября в 09^h53^m с $M_{LAзр}=3.2$, $K=9.2$ в районе Мингячевира, ощущались с интенсивностью в эпицентре 3 балла.

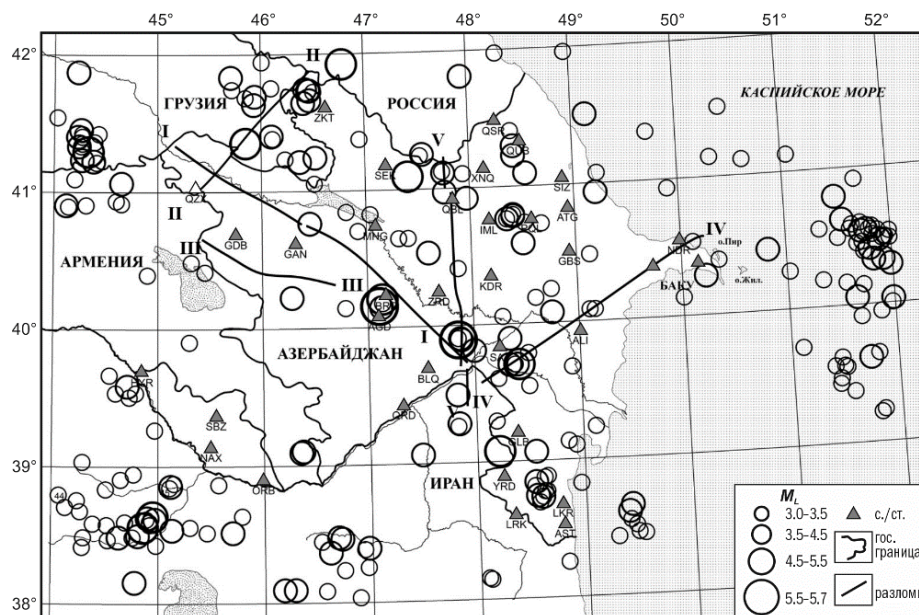


Рис. 7. Карта эпицентров землетрясений Азербайджана и прилегающих территорий с $M_{LAзр} \geq 3.0$ за 2016–2017 гг.

Разломы: I – Куринский; II – Газах-Сигнахский; III – Башлыбельский; IV – Савалан-Апшеронский; V – Чахырлы-Габалинский.

Как видно из табл. 4 а, наибольшее число землетрясений в 2016 г., как и в прошлые годы, наблюдалось в зоне юго-восточного погружения Большого Кавказа, т.е. в районе Восточного Кавказа (№ 3). Здесь произошла серия землетрясений с магнитудой $M_{LAзр} \geq 3.7$ и $K \geq 10$. Эти землетрясения ощущались на территории республики с интенсивностью 4–5 баллов. В Шамахи-Исмаиллинской сейсмогенной зоне в 2016 г. наблюдалась фоновая сейсмичность. Землетрясение в этом районе с максимальной магнитудой с $M_{LAзр}=4.5$ и классом $K=11$ зарегистрировано 13 декабря в 00^h32^m (рис. 7). Оно ощущалось в эпицентре с интенсивностью 4 балла и сопровождалось афтершоками.

Таблица 4 а. Распределение числа землетрясений Азербайджана по энергетическим классам K и суммарная сейсмическая энергия по районам в 2016 г.

№	Район	K_p										N_{Σ}	$\Sigma E, Дж$
		5	6	7	8	9	10	11	12	13			
3	Восточный Кавказ	199	902	786	152	24	8	3	–	–	2074	$4.61 \cdot 10^{11}$	
7	Куринская депрессия	8	158	400	148	29	7	1	–	1	752	$38.83 \cdot 10^{11}$	
8	Восточная часть Малого Кавказа	68	215	204	45	7	1	–	–	–	540	$0.202 \cdot 10^{11}$	
9	Армянское нагорье	–	13	83	8	–	–	–	–	–	104	$0.0164 \cdot 10^{11}$	
11	Каспийское море	–	58	284	154	78	10	2	–	–	586	$5.96 \cdot 10^{11}$	
14	Тальш	181	493	255	59	15	2	–	–	–	1005	$2.02 \cdot 10^{11}$	
17	Иран	4	182	529	203	49	12	4	–	–	983	$4.96 \cdot 10^{11}$	
	Всего	460	2021	2541	769	202	40	10	–	1	6044	$56.60 \cdot 10^{11}$	

Таблица 4 б. Распределение числа землетрясений Азербайджана по энергетическим классам K и суммарная сейсмическая энергия по районам в 2017 г.

№	Район	K_p										N_{Σ}	$\Sigma E, Дж$
		5	6	7	8	9	10	11	12	13			
3	Восточный Кавказ	192	837	680	123	27	10	1	1	–	1871	$14.2 \cdot 10^{11}$	
7	Куринская депрессия	21	189	338	108	26	8	2	2	–	694	$25.1 \cdot 10^{11}$	
8	Восточная часть Малого Кавказа	112	492	331	74	14	4	1	–	1	1029	$59.2 \cdot 10^{11}$	
9	Армянское нагорье	–	22	87	24	6	–	–	–	–	139	$0.091 \cdot 10^{11}$	
11	Каспийское море	239	59	199	119	72	4	2	–	–	455	$9.22 \cdot 10^{11}$	
14	Талыш	5	480	198	65	14	3	1	–	–	1000	$0.995 \cdot 10^{11}$	
17	Иран	–	239	465	159	30	8	–	–	–	906	$1.71 \cdot 10^{11}$	
	Всего	569	2318	2298	672	189	37	7	3	1	6094	$110.3 \cdot 10^{11}$	

Отметим землетрясение, которое произошло 12 июля 2016 г. в 10^h14^m с $M_{LA3p}=5.2$ и $K=12$. Оно зарегистрировано на территории Грузии в Джавахетском нагорье (№ 6) и ощущалось в населенных пунктах Азербайджана с интенсивностью 3–4 балла. На территории северо-восточной части Малого Кавказа в этом году наблюдался пониженный фон сейсмичности, происходили в основном слабые землетрясения $M_{LA3p}<3$. На территории азербайджанской части зарегистрировано лишь одно землетрясение с $M_{LA3p}\geq 3$: 16 июля 2016 г. в 05^h58^m с $M_{LA3p}=3$, $K=9$.

Как и в прежние годы, в 2016 г. большая плотность эпицентров землетрясений с $M_{LA3p}<3.0$ зарегистрирована на территории Талышской горной системы. Однако число землетрясений с $K\geq 9$ и $M_{LA3p}\geq 3$ уменьшилось. В акватории азербайджанской части Каспийского моря наблюдалась сейсмическая активность на уровне 2015 года. В северной морской подзоне продолжалось уменьшение активности, магнитуда зарегистрированных землетрясений не превышала $M_{LA3p}=4.2$. Наибольшее сгущение эпицентров наблюдалось в центральной (средней) части Каспия. Однако уровень выделенной сейсмической энергии понизился. Максимальным было землетрясение 30 ноября в 00^h40^m с $M_{LA3p}=4.3$. В Иране отмечена фоновая сейсмичность, происходили землетрясения с $K\leq 11$.

Серия ощутимых землетрясений произошла в 2016 г. на территории Куринской депрессии. Здесь же зарегистрированы два значительных землетрясения с $M_{LA3p}>5$, которые ощущались в эпицентре с интенсивностью 5 баллов (рис. 7). Первое произошло 11 мая в 03^h24^m с $M_{LA3p}=5.4$ на территории Нижнекуруинской депрессии. Очаг землетрясения приурочен к границе Мохо. Землетрясение вызвало сотрясения в населенных пунктах с интенсивностью до 3–4 баллов. Зарегистрировано восемь афтершоков. Другое событие с $M_{LA3p}=5.1$ зарегистрировано 7 июня в 18^h25^m в Куринской депрессии на территории Грузии. Оно ощущалось в ближайших населенных пунктах республики до 3–4 баллов.

В 2017 г. резко увеличилось число землетрясений на территории Малого Кавказа (табл. 4 б). Это связано с максимальным на территории республики землетрясением, произошедшим 15 ноября с $K=12.7$, $M_{LA3p}=5.7$ [5] в зоне сопряжения Малого Кавказа и Куринской депрессии и сопровождавшегося 433 афтершоками. Главный толчок ощущался в эпицентре с интенсивностью 6 баллов. Три афтершока также были ощутимыми: 15 ноября в 22^h02^m с $M_{LA3p}=3.2$, 16 ноября в 16^h43^m с $M_{LA3p}=3.6$ и 17 ноября в 13^h27^m с $M_{LA3p}=4.7$. Первый афтершок ощущался в эпицентре с интенсивностью 3 балла, следующий – 3 балла и последний – 3–4 балла. На территории Талыша зафиксирована большая плотность эпицентров землетрясений с $K\leq 10$.

В акватории Каспийского моря наблюдалась фоновая сейсмичность, зарегистрированы землетрясения вблизи Апшеронского полуострова. Максимальными были землетрясения с $M_{LA3p}=4.4$: 11 января в 14^h28^m в средней части Каспия и 6 февраля в 13^h46^m вблизи Апшеронского полуострова. Сейсмическая активность в средней части акватории несколько уменьшилась.

На территории Ирана отмечено уменьшение активности, происходили землетрясения с $K\leq 10$.

Механизмы очагов. В 2016–2017 гг. в РЦСС НАНА были определены и проанализированы механизмы очагов пяти землетрясений [6]. Для землетрясения 1 августа 2016 г. в 04^h46^m с $M_{LA3p}=5.6$ в Имишлинском районе Куринской депрессии стереограмма механизма очага показана на рис. 8. Согласно этому решению, движение в очаге возникло в условиях сжатия: ось напряжений сжатия близгоризонтальна ($PL_p=18^\circ$) и ориентирована в СВ направлении ($AZM=47^\circ$), тогда как ось напряжений растяжения близвертикальна ($PL_T=70^\circ$) и ориентирована

в ЮЗ направлении ($AZM=254^\circ$). Подвижка в очаге по плоскости $NP1$ – взброс ($DP1=63^\circ$), по плоскости $NP2$ – надвиг ($DP2=28^\circ$). Плоскость $NP1$ имеет северо-западное простираие ($STK1=324^\circ$), $NP2$ – юго-восточное ($STK2=123^\circ$). Очаговая область расположена в зоне действия Куринского продольного и Чахырлы-Габалинского ортогонального разломов (рис. 7).



Рис. 8. Стереограмма механизма очага землетрясения 1 августа 2016 г. с $M_{L_{\text{Азр}}}=5.6$.

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений растяжения и сжатия.

3 мая 2017 г. в 08^h53^m к северу от Загатальского района, на территории Дагестана, произошло землетрясение с $M_{L_{\text{Азр}}}=5.2$. Подвижка в его очаге вызвана близкими по величине близгоризонтальными напряжениями сжатия северо-восточной ориентации и растяжения северо-западной ориентации (рис. 9). По первой крутой плоскости $NP1$ ($DP2=84^\circ$) юго-восточной ориентации произошел чистый сдвиг, по второй пологой нодальной плоскости $NP2$ ($DP2=49^\circ$) северо-восточной ориентации – сдвиг с элементами сброса.

Кроме того, 7 июня в 18^h25^m в Куринской депрессии на территории Грузии произошло землетрясение с $M_{L_{\text{Азр}}}=5.1$. В очаге также преобладали близкие по величине близгоризонтальные напряжения сжатия ($PL_p=22^\circ$) север–северо-восточной ориентации и растяжения ($PL_T=11^\circ$) западной ориентации. Тип подвижки по обоим крутым плоскостям ($DP2=82-65^\circ$) – сдвиг. Сопоставление механизмов очагов данных землетрясений с северо-восточной ориентацией левостороннего Газах-Сигнахского поперечного разлома (рис. 7) позволяет выбрать в качестве основных нодальные плоскости аналогичного простираия, по которым произошли левосторонние сдвиги.

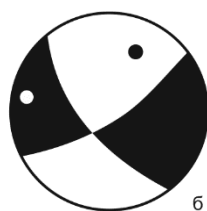


Рис. 9. Стереограммы механизмов очагов землетрясений 3 мая с $M_{L_{\text{Азр}}}=5.2$ (а) и 7 июня с $M_{L_{\text{Азр}}}=5.1$ (б) 2017 г.

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений растяжения и сжатия.

Для Саатлинского землетрясения 11 мая 2017 г. в 03^h24^m с $M_{L_{\text{Азр}}}=5.4$ на территории Нижнекуринской депрессии главные тектонические напряжения, которые действовали в очаге, соответствуют близгоризонтальному ($PL_p=19^\circ$) растяжению северо-восточной ориентации и промежуточному ($PL_T=41^\circ$) растяжению юг–юго-восточной ориентации (рис. 10). Наклон первой нодальной плоскости $DP1=77^\circ$, второй – $DP2=46^\circ$. Подвижка по первой плоскости $NP1$ северо-западной ориентации – взбросо-сдвиг, по второй плоскости $NP2$ юго-западной ориентации – правосторонний сдвиг с небольшими элементами взброса. Очаговая область находится в зоне действия Савалан-Апшеронского поперечного разлома (рис. 7).

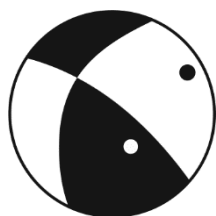


Рис. 10. Стереограмма механизма очага землетрясения 11 мая 2017 г. с $M_{L_{\text{Азр}}}=5.4$.

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

Землетрясение 15 ноября 2017 г. в 19^h48^m в зоне сопряжения Малого Кавказа и Куринской депрессии с $M_{L_{\text{Азр}}}=5.7$ возникло в условиях сжатия: ось сжатия западной ориентации ($AZM=264^\circ$) близгоризонтальна ($PL_p=7^\circ$), а ось растяжения юго-восточной ориентации ($AZM=166^\circ$) имеет промежуточный наклон ($PL_p=49^\circ$) (рис. 11). Тип движения по обоим крутым плоскостям ($DP1=63^\circ$, $DP2=52^\circ$) – сдвиг с элементами взброса. Плоскость $NP1$ имеет юго-западное простираие ($STK1=205^\circ$), $NP2$ – северо-западное ($STK2=319^\circ$). Очаговая область находится в зоне действия Башлыбельского продольного разлома (рис. 7).

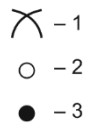
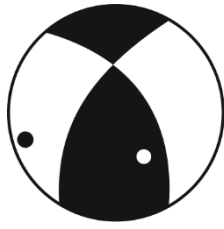


Рис. 11. Стереограмма механизма очага землетрясения 15 ноября 2017 г. с $M_{LAzp}=5.7$.

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений растяжения и сжатия.

Заключение. Подводя итоги анализа сейсмичности территории «Азербайджан» в 2016–2017 гг., можно отметить, что ее уровень по числу землетрясений, по сравнению с таковым в 2015 г., уменьшился с $N_{\Sigma}=6419$ в 2015 г. до $N_{\Sigma}=6044$ в 2016 г. и $N_{\Sigma}=6094$ в 2017 году. Величина выделенной сейсмической энергии также уменьшилась с $\Sigma E=14.6 \cdot 10^{12}$ Дж в 2015 г. до $\Sigma E=5.66 \cdot 10^{12}$ Дж в 2016 г. и $\Sigma E=11.0 \cdot 10^{12}$ Дж в 2017 году. По сравнению с долговременными параметрами сейсмического режима, рассчитанными за 1993–2015 гг., годовое число представительных землетрясений с $K_p=9-14$ на территории региона в 2016 г. ($N_{\Sigma}=253$) превысило фоновый уровень $\overline{N_{\Sigma(K=9-14)}}=153.5$ в 1.7 раза, тогда как выделенная сейсмическая энергия ($\Sigma E=5.66 \cdot 10^{12}$ Дж) уменьшилась почти в 4 раза относительно фонового уровня за указанный период ($\Sigma E=21.7 \cdot 10^{12}$ Дж). В 2017 г. годовое число представительных землетрясений с $K_p=9-14$ ($N_{\Sigma}=229$) по сравнению с таковым за 1993–2016 гг. увеличилась менее незначительно, а выделенная сейсмическая энергия ($\Sigma E=11.0 \cdot 10^{12}$ Дж) уменьшилась в 2 раза. Вместе с тем в рассмотренный в данной статье период отмечено повышение сейсмической активности в Куринской депрессии, где произошли три землетрясения с $M_{LAzp}>5$. Землетрясение с максимальной магнитудой $M_{LAzp}=5.7$ зарегистрировано на территории Малого Кавказа, смежной с Куринской депрессией.

Л и т е р а т у р а

1. Етирмишли Г.Д. (отв. сост.). [Сейсмические станции Азербайджана в цифровом варианте, работавшие на территории Республики Азербайджан в 2015 г.] // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-24.html>
2. Етирмишли Г.Д., Абдуллаева Р.Р., Исмаилова С.С., Казымова С.Э. Сейсмичность Азербайджана и прилегающих территорий в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 50–59. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.04
3. Исмаилова С.С. Каталог (оригинал) землетрясений Азербайджана ($N=6419$) в государственных границах +30 км за 2016 г. – Баку: Фонды Республиканского Центра сейсмологической службы НАН Азербайджана, 2016.
4. Исмаилова С.С. Каталог (оригинал) землетрясений Азербайджана ($N=6419$) в государственных границах +30 км за 2017 г. – Баку: Фонды Республиканского Центра сейсмологической службы НАН Азербайджана, 2017.
5. Исмаилова С.С. Каталог землетрясений Азербайджана и прилегающих территорий за 2016–2017 гг. с $M_{LAzp} \geq 3.0$ // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
6. Казымова С.Э. (отв. сост.), Лукаш Н.А. Каталог механизмов очагов землетрясений Азербайджана за 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
7. Гаравелиев Э.С. (отв. сост.); Артёмов Е.В., Лукаш Н.А. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Азербайджана и прилегающих территорий в населенных пунктах в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>

SEISMICITY of AZERBAIJAN and ADJACENT TERRITORIES in 2016–2017

G.D. Etirmishli, R.R. Abdullaeva, S.S. Ismailova, S.E. Kazimova

*Republican Center of Seismological Survey of the National Academy of Sciences of Azerbaijan
Baku, <mailto:science@azeurotel.com>*

Abstract. In 2016–2017, the network of Azerbaijan seismic stations included 35 digital stations, which continued to operate unchanged. The set of parameters determined for assessing the earthquake magnitude was

the same as in 2015. The local magnitude ML_{Azp} was determined only. The total number of earthquakes recorded by the Azerbaijan network of stations amounted to 6044 in 2016 and 6094 in 2017. However, only 128 of them with $ML_{Azr} \geq 3.0$ are given in the catalogue of earthquakes of Azerbaijan published in the Electronic supplement to this article. Seismic activity in the study area remained unchanged. The number of earthquakes of a representative level ($K \geq 9$) compared to their number in 2015, as well as the released seismic energy changed insignificantly. In 2016 the most significant seismic event on the territory of the Republic was the earthquake of August 1 with $ML_{Azr} = 5.6$ and intensity at the epicenter $I_0 = 5$, and in 2017 – of November 15 with $ML_{Azr} = 5.7$ and seismic intensity at the epicenter $I_0 = 7$.

Key words: epicenter, background seismicity, seismic calm, recurrence graph, focal mechanism.

DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.04 **EDN:** PRKEPU

For citation: Etirmishli, G.D., Abdullaeva, R.R., Ismailova, S.S., & Kazimova, S.E. (2022). [Seismicity of Azerbaijan and adjacent territories in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 56–65. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.04. EDN: PRKEPU

R e f e r e n c e s

1. Yetirmishli, G.D. (2021). [Seismic stations of Azerbaijan, operating on the territory of Azerbaijan 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.).
2. Etirmishli, G.D., Abdullaeva, R.R., Ismailova, S.S., & Kazimova, S.E. (2021). [Seismicity of Azerbaijan and adjacent territories in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 50–59. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.24.04
3. Ismailova, S.S. (2016). [Earthquake catalog (original) of Azerbaijan ($N=6044$) for 2016]. Baku, Azerbaijan: Funds of Republican Seismic Survey Center of the Azerbaijan NAS Publ.
4. Ismailova, S.S. (2017). [Earthquake catalog (original) of Azerbaijan ($N=6094$) for 2017]. Baku, Azerbaijan: Funds of Republican Seismic Survey Center of the Azerbaijan NAS Publ.
5. Ismailova, S.S. (2022). [Earthquake catalog of Azerbaijan and adjacent territories for 2016–2017 with $ML_{Azr} \geq 3.0$]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes of Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
6. Kazimova, S.E., Lukash N.A. (2022). [Catalog of focal mechanisms of earthquakes of Azerbaijan for 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes of Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
7. Garaveliev, E.S., Artemova, E.V., & Lukash, N.A. (2022). [Macroseismic effect of perceptible earthquakes in Azerbaijan and adjacent territories in settlements in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes of Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).