

## СЕЙСМИЧНОСТЬ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА в 2016–2017 гг.

И.П. Габсатарова<sup>1</sup>, Л.Н. Королецки<sup>1</sup>, Л.Е. Иванова<sup>1</sup>, А.А. Саяпина<sup>2</sup>, С.С. Багаева<sup>2</sup>,  
З.М. Адилев<sup>3</sup>, О.А. Асманов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия, ira@gsras.ru;

<sup>2</sup>Северо-Осетинский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Владикавказ, Россия, a\_sayapina@gsras.ru;

<sup>3</sup>Дагестанский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Махачкала, Россия, adilov79@mail.ru

**Аннотация.** Сейсмический мониторинг в регионе в 2016–2017 гг. производился сейсмической сетью, состоящей из 58 станций в 2016 г. и 60 станций в 2017 г., все станции оснащены цифровым оборудованием. На большей части территории региона сеть обеспечивала представительную регистрацию землетрясений с  $K_p \geq 7.0$ , в центральной (включая район Большого Сочи) и восточной частях региона – с  $K_p \geq 6.0$  и в отдельных локальных зонах с  $K_p \geq 5.5$ . В целом в регионе и окрестностях зарегистрировано 5594 землетрясения. В населенных пунктах Кавказа ощутимыми были 66 землетрясений, 24 из них произошли в регионе Северного Кавказа. Максимальная интенсивность сотрясений  $I_{\max} = 6$  баллов по шкале MSK-64 (ШСИ-17) была отмечена от землетрясения 6 марта 2017 г. с  $K_p = 10.9$  на территории Чеченской Республики. Ощутимое до 5 баллов землетрясение произошло 7 августа 2016 г. в Азовском море, недалеко от Мариуполя. Наиболее сильные и ощутимые землетрясения зарегистрированы в Дагестане (в тектонических районах Большой Кавказ и Дагестанский клин). Сейсмичность Северного Кавказа в 2016–2017 гг. в соответствии со шкалой уровня сейсмичности «СОУС-09» установлена как «фоновая средняя» за период наблюдений с 1962 г. по 2017 год.

**Ключевые слова:** сейсмическая станция, ощутимое землетрясение, механизм очага, Терско-Каспийский прогиб, Большой Кавказ, шкала уровня сейсмичности, «фоновая средняя».

**DOI:** 10.35540/1818-6254.2022.25.06 EDN: QPXOME

**Для цитирования:** Габсатарова И.П., Королецки Л.Н., Иванова Л.Е., Саяпина А.А., Багаева С.С., Адилев З.М., Асманов О.А. Сейсмичность Северного Кавказа в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 74–86. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.06. EDN: QPXOME

**Введение.** В 2016–2017 гг. сейсмический мониторинг Северного Кавказа осуществлялся, как и ранее [1, 2], несколькими подразделениями ФИЦ ЕГС РАН, обозначенными кодами информационно-обрабатывающих центров: ОБГСР, КМГСР, DAGSR и NOGSR. В Центральном отделе (ОБГСР), кроме полной обработки землетрясений в западной зоне Северного Кавказа, проводятся стыковочные работы данных разных центров в случаях регистрации события несколькими сетями, выполняется построение механизмов очагов для наиболее сильных землетрясений, а также проводится разбиение Сводного каталога по принадлежности землетрясений к тектоническим зонам Кавказа. Таким образом, подготавливается «Сводный каталог землетрясений Северного Кавказа», в котором фактически содержатся результаты сейсмического мониторинга Северного Кавказа в 2016–2017 гг.

**Сейсмическая сеть** в регионе в 2016–2017 гг. состояла из 60 станций. Все станции были оснащены цифровым оборудованием, подключены к сети Интернет и передавали информацию в центры обработки в режиме, близком к реальному времени.

В 2016–2017 гг. продолжен процесс модернизации существующей сети, заключающийся в отдельных переносах станций в более «тихое» место и замене устаревшего оборудования, начатый в 2015 году. Перенесены на новые места станции «Гофицкое», «Геленджик», «Нейтрино» сети ОБГСР, станция «Хунзах» сети DAGSR. В конце 2017 г. были закрыты станции «Ахметовская» и «Лазаревское» сети ОБГСР, оборудование перенесено на новые станции «Горное» и «Марьино» соответственно. Произведена замена устаревшего 16-разрядного цифрового оборудования SDAS на более совершенное 24-разрядное UGRA на станциях «Владикавказ» и «Лац» сети NOGSR, «Гойтх», «Гофицкое» «Домбай» и «Махачкала» сетей ОБГСР и КМГСР. На станциях «Еремизино-Борисовская», «Лабинск» и «Гофицкое», установлены широкополосные сейсмометры TC120-SV1, на станции «Кисловодск» – сейсмометр STS-2.5.

Координаты и параметры всех упомянутых выше станций даны в приложении к статье и каталогу (Прил. 1).

Оценка регистрационной возможности сети Северного Кавказа дается в [1]. В 2016–2017 гг. на большей части территории региона сеть обеспечивала регистрацию землетрясений с  $K_p=7.0$  и выше, в центральной (включая район Большого Сочи) и восточной частях региона представительными были землетрясения начиная с  $K_p=6.0$  и выше, в отдельных локальных зонах с  $K_p=5.5$  и выше: в Сочи-Краснополянской, в Кавминводской, центральной части Северной Осетии-Алании, центральной части Дагестана.

**Методика обработки** сейсмических записей и получения параметров гипоцентров сейсмических событий, подробно описанная в [3], в основном была прежней. В Центральном отделении (ОБГСР), в случаях регистрации события несколькими сетями, при относительно сильных землетрясениях с  $K_p \geq 8.6$  проводилась сводная обработка по полному списку станций, расположенных в регионе. Локация проводилась по программе НУРО71 [4] с использованием местных скоростных разрезов [5, 6]. Для локации событий в приграничных зонах привлекались также данные станций Национальной сейсмической службы Грузии: «Они» (ONI), «Ахалкалаки» (АКН), «Лагодехи» (LGD), «Гудаури» (GUDG). Кроме того, при уточнении локации землетрясений западной зоны использовались данные всех станций Крымской сети [7]. Перечисленные материалы поступали в ФИЦ ЕГС РАН по обмену или заимствовались с сайта Международного сейсмологического центра ISC [8]. Построение механизмов очагов проводилось по программе ФА А.В. Ландера [9] с учетом знаков первого движения в  $P$ -волне на региональных станциях не только Северного Кавказа, но и Крыма, Грузии, Армении, Азербайджана и Турции.

**Общая характеристика каталога.** В результате сводной обработки землетрясений на территории Северного Кавказа внутри государственных границ России, а также в приграничной с соседними государствами (Грузией и Азербайджаном) полосе шириной 30 км были локализованы и включены в каталог региона (Прил. 2) 5594 землетрясения. Вне этих рамок (вне зоны ответственности) обработаны и локализованы еще 452 землетрясения с  $K_p=5.6$ –13.5. Все они отмечены в каталоге меткой «вне» в отдельной графе. Минимальный энергетический класс в каталоге (Прил. 2) равен  $K_{\min}=2.0$  и характеризует два микроземлетрясения, произошедших 14 мая 2016 г. в 22<sup>h</sup>20<sup>m</sup> в Ставропольском крае и 13 февраля 2017 г. в 16<sup>h</sup>43<sup>m</sup> в районе Кавказских Минеральных Вод и являющихся частью двух роевых последовательностей. Максимальный класс в 2016 г. равен  $K_{\max}=13.4$  и характеризует самое сильное землетрясение в Северо-Кавказском регионе, Мехельтинское, произошедшее 13 мая в 21<sup>h</sup>17<sup>m</sup> с  $h=65$  км в приграничной области Дагестана и Чеченской Республики (ЧР). Оно вызвало сотрясения на территории Дагестана интенсивностью до 5 баллов, в ЧР максимальная интенсивность сотрясений составила 4–5 баллов, подробнее о нем и еще о ряде других ощутимых землетрясений в Дагестане описано в статье настоящего выпуска журнала [10].

Такой же интенсивностью в эпицентре обладало Мариупольское землетрясение, произошедшее 7 августа 2016 г. в 08<sup>h</sup>15<sup>m</sup> с  $M_w=4.6$  на северо-западном Азовском побережье Украины. В прилегающих приграничных городах Российской Федерации оно ощущалось максимально с интенсивностью 4–5 баллов [11].

Самое сильное землетрясение в регионе в 2017 г. с  $K_{\max}=13.8$  произошло 3 мая в 08<sup>h</sup>53<sup>m</sup> на глубине  $h=49$  км в горной области Дагестана вблизи населенного пункта Цуриб и получило название «Цурибское» [10]. Оно вызвало сотрясения на территории Дагестана интенсивностью до 5–6 баллов, в соседнем Азербайджане максимальная интенсивность сотрясений составила 4 балла [8].

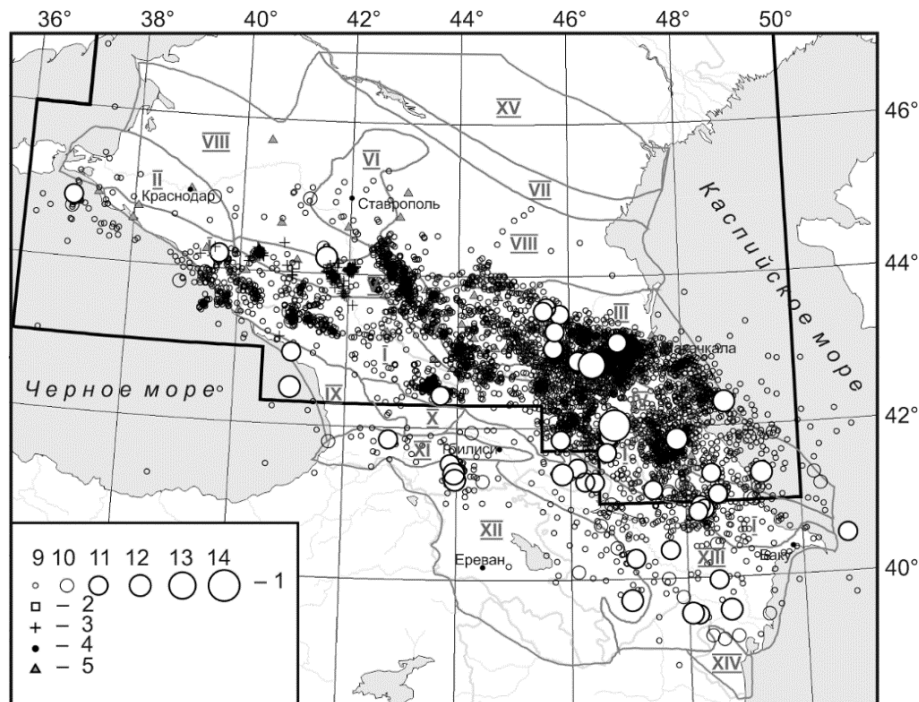
Анализ выделившейся сейсмической энергии за последние семь лет на территории Северного Кавказа показал, что суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E=298 \cdot 10^{11}$  Дж в 2016 г. и  $\Sigma E=650 \cdot 10^{11}$  Дж в 2017 г. значительно выше таковой в 2011 г. и 2013, 2014 и 2015 гг., но все же меньше энергии в 2012 году. Такая тенденция сохраняется и с учетом сопредельных районов Грузии и Азербайджана, суммарная выделившаяся сейсмическая энергия составила:  $\Sigma E=300 \cdot 10^{11}$  Дж в 2016 г. и  $\Sigma E=658 \cdot 10^{11}$  Дж в 2017 г. (табл. 1). Это увеличение произошло в основном за счет значительного увеличения выделившейся энергии в Дагестане по сравнению с предыдущими годами, за исключением 2012 г., когда максимальное значение энергии было выделено в Черном море.

**Таблица 1.** Распределение суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  землетрясений по административным единицам территории Северного Кавказа в 2011–2017 гг.

№	Район	$\Sigma E, 10^{11} \text{ Дж}$						
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	Азовское море	–	–	–	0.07968	0.43892	25.1244	–
2	Чёрное море + ЮЧМ	0.62850	1315.21	1.99533	0.17346	0.07598	5.30679	0.78905
3	Краснодарский край	0.16265	3.22113	0.10837	0.04736	0.18426	2.38645	4.40639
4	Ставропольский край	0.12721	2.40748	0.11260	0.02478	2.70432	0.03851	0.07869
5	Карачаево-Черкессия	0.00165	0.02760	8.99735	0.00163	0.00513	0.32888	0.05892
6	Кабардино-Балкария	0.03344	0.09172	0.00963	2.23452	0.09604	0.27771	0.21892
7	Северная Осетия–Алания	0.01217	0.00250	0.01774	0.02214	0.30675	0.15276	0.05877
8	Ингушетия	0.17588	0.01196	0.05892	3.43284	0.06342	0.25738	0.08814
9	Чеченская Республика	3.90578	3.07707	1.79534	3.29850	2.02149	2.23620	2.52141
10	Дагестан	2.79153	1.37074	9.60113	0.51635	0.64420	255.589	636.432
11	Каспийское море	1.35782	0.98012	0.33284	9.11037	0.34434	6.42205	5.55031
	Всего	9.19663	1326.41	23.08137	18.94165	6.88494	298.120	650.202
	Сопредельные территории	193.0431	444.318	89.15953	113.2821	31.5071	2.18778	8.21131
	Сумма	202.2398	1770.73	112.2409	132.2237	38.39204	300.308	658.414

Во всех приведенных в табл. 1 годах в соответствии со шкалой уровня сейсмичности «СОУС’09» [12] уровень сейсмической активности оценен как «фоновый средний» за последние 54 года инструментальных наблюдений в регионе. Находясь в одной градации шкалы [13, 14], после 2012 г. впервые отмечается заметный подъем активности, однако он не поднимается выше отметки максимального уровня «фоновое среднего».

Карта эпицентров землетрясений с  $K_p \geq 6.6$ , зарегистрированных в 2016–2017 гг., изображена на рис. 1. Из рисунка видно, что основная масса землетрясений традиционно произошла в центральной и восточной частях Северного Кавказа. Западная часть региона была менее активной.



**Рис. 1.** Карта эпицентров землетрясений Северного Кавказа и сопредельных территорий с  $K_p \geq 6.6$  за 2016–2017 гг. в границах тектонических структур по В.Е. Хаину [15]

1 – энергетический класс  $K_p$  (самым маленьким кругом показаны эпицентры с  $K_p \leq 9$ ); 2, 3 – событие типа «возможно взрыв» или «взрыв» соответственно; 4 – населенный пункт; 5 – сейсмическая станция. Черной ломаной линией показаны границы региона. Тектонические зоны: I – Большой Кавказ, II – Западно-Кубанский передовой прогиб, III – Терско-Каспийский передовой прогиб, IV – Дагестанский клин, V – моноклираль Предкавказья, VI – Ставропольский свод, VII – Кумо-Маньчский прогиб, VIII – структуры Скифской платформы, IX – Рионский межгорный прогиб, X – Джавахетское нагорье, XI – Аджаро-Триалетская складчатая область, XII – мегантиклинорий Малого Кавказа, XIII – Куринский и Нижнеараксинский прогибы, XIV – Талыш, XV – Донецко-Каспийская погребенная складчатая область.

Большая часть землетрясений имела коровые глубины очагов, из них 39.9 % очагов локализовано на глубинах  $h \leq 10$  км, 49.2 % – в интервале глубин  $h=11-20$  км, 8.4 % –  $h=21-30$  км, 3.1 % –  $h=31-69$  км. С промежуточной глубиной очага, в диапазоне глубин  $h=70-152$  км, зарегистрировано 41 землетрясение на территории Чеченской Республики, шесть землетрясений на территории Дагестана, три землетрясения в Ингушетии (Прил. 2).

Приведем таблицу распределения сейсмичности в административных границах Республик и краев (табл. 2). Как уже отмечалось, 93 % сейсмической энергии выделилось при землетрясениях, произошедших на территории Республики Дагестан. Сейсмичность на остальных территориях не превышала 3 % от общей энергии (Азовское море ~2.5 %, Каспийское море ~1.5 %).

**Таблица 2.** Распределение землетрясений Северного Кавказа по энергетическим классам  $K_p$  и суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  по административным территориям в 2016–2017 гг.

№	Район	$K_p$														$N_\Sigma$	$\Sigma E,$ $10^{11}$ Дж
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
1	Азовское море	–	–	–	–	–	2	5	–	–	–	1	–	–	8	25.1245	
2	Чёрное море + ЮЧМ	–	–	4	13	43	40	27	13	3	2	1	–	–	146	6.09584	
3	Краснодарский край	–	2	39	73	66	33	14	5	4	1	1	–	–	238	6.79285	
4	Ставропольский край	2	59	131	58	60	60	20	5	–	–	–	–	–	395	0.11721	
5	Карачаево-Черкессия	–	5	28	47	90	28	8	7	3	–	–	–	–	216	0.38779	
6	Кабардино-Балкария	2	26	99	69	75	50	22	12	3	–	–	–	–	358	0.49664	
7	Северная Осетия–Алания	–	–	28	93	78	56	18	7	1	–	–	–	–	281	0.21153	
8	Ингушетия	–	–	–	3	31	48	26	2	3	–	–	–	–	113	0.34553	
9	Чеченская Республика	–	–	2	40	187	287	89	25	7	6	–	–	–	643	4.75761	
10	Дагестан	1	17	222	574	692	457	147	42	9	4	1	1	1	2168	892.0217	
11	Каспийское море	–	–	–	–	40	182	103	20	6	–	2	–	–	353	11.9724	
	Всего	5	109	553	970	1362	1243	479	138	39	13	6	1	1	4919	956.5348	
	Сопредельные территории	–	–	7	67	166	271	110	33	14	7	–	–	–	675	2.18778	
	Сумма	5	109	560	1037	1528	1514	589	171	53	20	6	1	1	5594	958.7226	

**Макросейсмические сведения.** В населенных пунктах Кавказа в 2016–2017 гг. ощутимыми были 66 землетрясений, из них 24 – непосредственно на территории региона Северного Кавказа (Прил. 2 и 4). Максимальная интенсивность  $I_{max}$  сотрясений, равная 6 баллам по шкале MSK-64 [16], была отмечена после землетрясения, произошедшего 6 марта 2017 г. в 01<sup>h</sup>26<sup>m</sup> с  $h=14$  км с  $K_p=10.9$  на территории Чеченской Республики (Прил. 2 и 4). Наиболее сильные землетрясения в 2016–2017 гг. произошли на территории Восточного Кавказа [10]. Таблица названий и координат всех населенных пунктов, сотрясенных в 2016–2017 гг., приводится в (Прил. 5).

**Подробные сведения о проявлениях сейсмичности** на территории Северного Кавказа рассматриваются ниже в пределах границ тектонических структур по В.Е. Хаину [15], а также прилегающих частей акваторий Азовского, Чёрного и Каспийского морей (табл. 3, рис. 1).

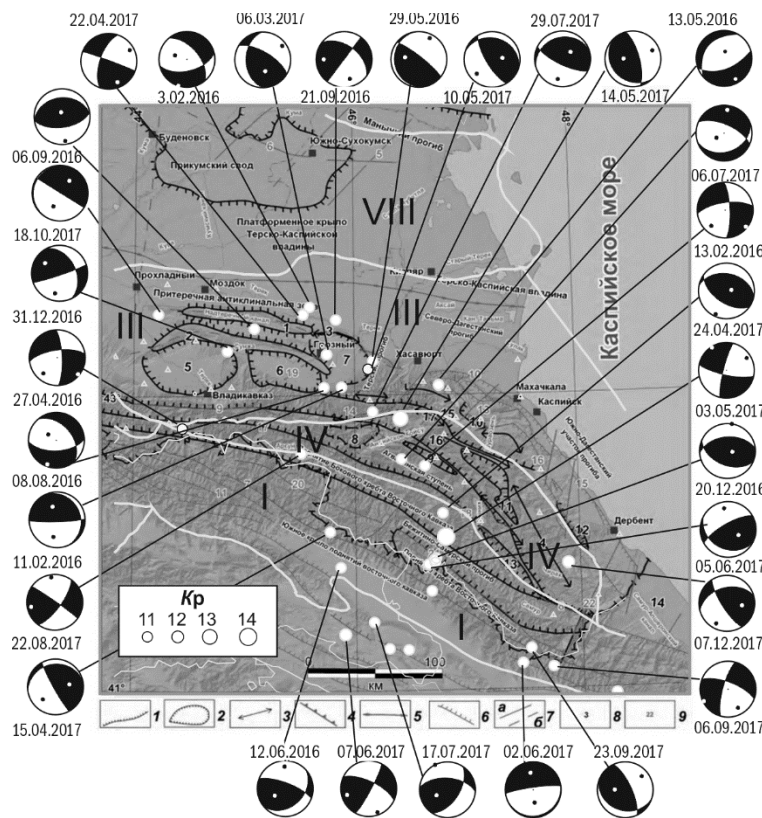
**Таблица 3.** Распределение землетрясений Северного Кавказа по энергетическим классам  $K_p$  и суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  по тектоническим структурам [15] в 2016–2017 гг.

№	Район	$K_p$														$N_\Sigma$	$\Sigma E,$ $10^{11}$ Дж
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
I	Большой Кавказ	–	5	59	197	423	441	182	49	20	9	–	–	1	1386	645.615	
II	Западно-Кубанский прогиб	–	–	–	–	1	3	–	3	2	1	–	–	–	10	0.288	
III	Терско-Каспийский прогиб	–	10	190	567	677	638	268	65	19	8	2	–	–	2444	18.720	
IV	Дагестанский клин	1	7	62	153	259	241	49	18	4	–	1	1	–	796	256.01	
V	Предкавказская моноклинал	4	87	238	85	62	37	9	8	1	–	–	–	–	531	0.291	
VI	Ставропольский свод	–	–	1	–	7	3	3	2	–	–	–	–	–	16	0.043	
VIII	Скифская платформа	–	–	6	20	48	68	24	9	3	–	1	–	–	179	4.356	
IX	Рионский межгорный прогиб	–	–	–	1	1	–	1	2	–	1	–	–	–	6	1.272	

№	Район	$K_p$														$N_{\Sigma}$	$\Sigma E, 10^{11} \text{ Дж}$
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
X	Джавахетское нагорье	–	–	–	–	1	3	1	–	–	–	–	–	–	5	0.0001	
XIII	Куринский и Нижнеараксинский прогибы	–	–	–	–	1	15	3	2	1	1	–	–	–	23	2.048	
XVI	Черное море	–	–	4	14	46	40	27	12	3	1	1	–	–	148	4.832	
XVII	Азовское море	–	–	–	–	–	2	5	–	–	–	1	–	–	8	25.124	
XVIII	Каспийское море	–	–	–	–	2	23	14	2	1	–	–	–	–	42	0.0847	
	Сумма	5	109	560	1037	1528	1514	589	171	53	20	6	1	1	5594	958.69	

Для сейсмичности в 2016–2017 гг. по сравнению с таковой в 2015 г. характерен повышенный уровень, более чем в два раза по общей сумме реализовавшихся землетрясений и в 25 раз по выделившейся энергии. Первенство принадлежит зоне Большого Кавказа (на два порядка больше по энергии и почти в три раза больше по количеству землетрясений), на втором месте по выделенной энергии находится зона Дагестанского клина, на порядок уступает этой зоне Терско-Каспийский прогиб, в котором зарегистрировано самое большое число землетрясений, 85 % из которых – слабые события с  $K_p \leq 7$ ).

**В зоне I – Большой Кавказ**, простирающейся с востока на запад вдоль границ РФ и одновременно южных границ региона, обычно происходят самые значительные землетрясения. В 2016–2017 гг. эта зона также отличалась высоким уровнем сейсмичности. Здесь было зарегистрировано 1386 землетрясений (+83 вне границ региона) с  $K_p=2.7–13.8$  и выделилось максимальное количество энергии (табл. 3). Для 17 землетрясений построены механизмы очагов (рис. 2), параметры которых представлены в приложении к статье.



**Рис. 2.** Положение эпицентров и диаграммы механизмов очагов 30 сильнейших землетрясений Восточной зоны Северного Кавказа за 2016–2017 гг. на схеме расположения основных разрывных структур Дагестана и прилегающих территорий из [17]

1 – контуры крупных новейших антиклиналей и границы региональных поднятий; 2 – крупные новейшие синклинали; 3 – оси новейших антиклиналей; 4 – Главный надвиг Большого Кавказа; 5 – флексурный перегиб северного склона к Скифской плите; 6 – взбросо-надвиги и тектонические покровы; 7 – прочие разломы: а – установленные, б – предполагаемые; 8 – номера структурных элементов; 9 – номера разрывных нарушений. Цифрами на схеме обозначены: антиклинальные поднятия: 1 – Терское; 2 – Сунженское; 3 – Новогрозненское; 4 – Джуфидагское; синклинали впадины: 5 – Осетинская; 6 – Чеченская; 7 – Грозненская; 8 – Ансалтинская; 9 – Мурадинская; 10 – Буйнакская; 11 – Урминская; 12 – Каранайская; 13 – Бейбулагская; красвые прогибы: 14 – Кусарский; структуры Дагестанского клина: 15–17. Разломы, обозначенные цифрами: 1 – 18, 19 – Цхинвали-Казбекский глубинный разлом (подробнее см. в [17]).

В восточной части в районе Поднятия Бокового хребта на границе с Бежитино-Самурским прогибом [17] произошло самое сильное землетрясение за рассматриваемый период: Цурибское 3 мая 2017 г. в 08<sup>h</sup>53<sup>m</sup> с  $K_p=13.8$ . Подробные сведения о макросейсмических проявлениях на территории Дагестана приводятся в статье [10] настоящего выпуска журнала. Землетрясение сопровождалось серией из 11 афтершоков с  $K_p=5.6–8.7$ . По знакам первого движения в Р-волнах построен механизм основного толчка, получен тип движения в очаге – сдвиг, правосторонний по

плоскости близмеридионального простираения, левосторонний по близширотной плоскости. По обеим плоскостям отмечается небольшая сбросовая компонента, обе нодальные плоскости круто падающие ( $DIP=81^\circ$  и  $76^\circ$ ). Подобное решение получено по методу тензора момента в GCMT (Прил. 3).

Землетрясение 20 декабря 2016 г. в  $16^{\text{h}}40^{\text{m}}$  с  $K_p=10.8$  ощущалось на территории Азербайджана: в Балакене, Загатала – 4 балла; Гахе – 3 балла [18].

Ахтынский рой на юге Дагестана из десяти землетрясений с 10 августа по 18 сентября 2017 г. с  $K_p=6.6-8.7$  предшествовал более сильному землетрясению 23 сентября 2017 г. в  $11^{\text{h}}40^{\text{m}}$  с  $K_p=10.5$ .

В центральной части Большого Кавказа самыми заметными были три землетрясения: в 25 км западнее пос. Архыз в горах реализовалось землетрясение 3 сентября 2016 г. в  $11^{\text{h}}54^{\text{m}}$  с  $K_p=10.1$  на территории Карачаево-Черкесской Республики и два землетрясения на сопредельной территории Грузии: 27 августа 2016 г. в  $18^{\text{h}}00^{\text{m}}$  с  $K_p=10.2$  (сопровождалось 19 афтершоками с  $K_p=5.5-10.1$ ), 13 марта 2017 г. в  $02^{\text{h}}25^{\text{m}}$  с  $K_p=11.3$ . Для этих землетрясений построены механизмы очагов.

В юго-западной части территории Карачаево-Черкесской Республики, западнее Домбая, отмечается постоянное проявление слабой сейсмичности с  $K_p \leq 7.0$  с изредка происходящими более сильными землетрясениями с  $K_p \geq 9.0$  (рис. 3). Возможно, это связано с продолжением активности в очаге Домбайских землетрясений 2013 г. [19] с миграцией эпицентров на запад.

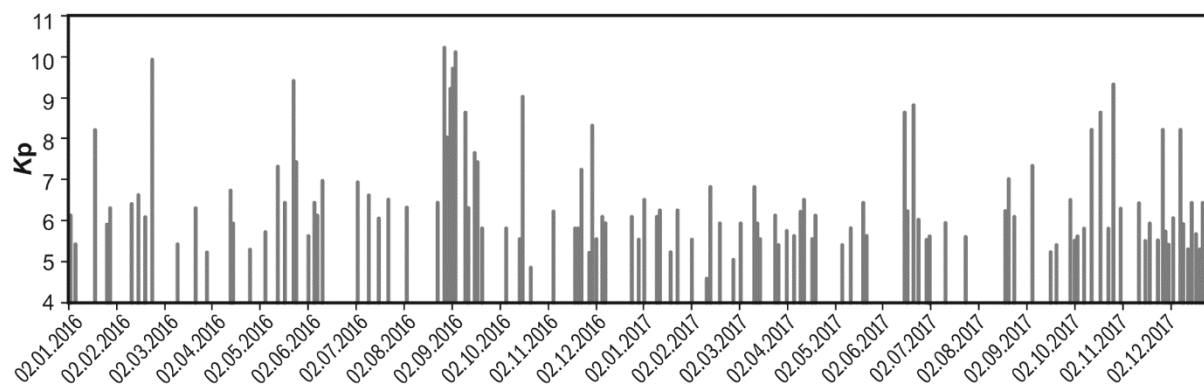


Рис. 3. Временной ход реализации землетрясений на юго-западе Карачаево-Черкесской Республики в 2016–2017 гг.

Землетрясение 13 марта 2017 г. в  $02^{\text{h}}25^{\text{m}}$  с  $K_p=11.3$  произошло в бывшей эпицентральной зоне Рачинского землетрясения 1991 г. в сопредельном районе Северной Осетии и Грузии и сопровождалось четырьмя афтершоками с  $K_p=5.3-7.5$ . Здесь многие годы отмечается повышенный уровень сейсмичности. В исследуемый период преобладающее число землетрясений имело  $K_p \leq 8.0$ . Это еще один район с плотной реализацией проявлений слабой сейсмичности в течение двухлетнего периода наблюдений (рис. 4). Тип движения в очаге самого сильного землетрясения – взбросо-сдвиг, движение в очаге произошло под действием сил сжатия, направленных с юго-востока.

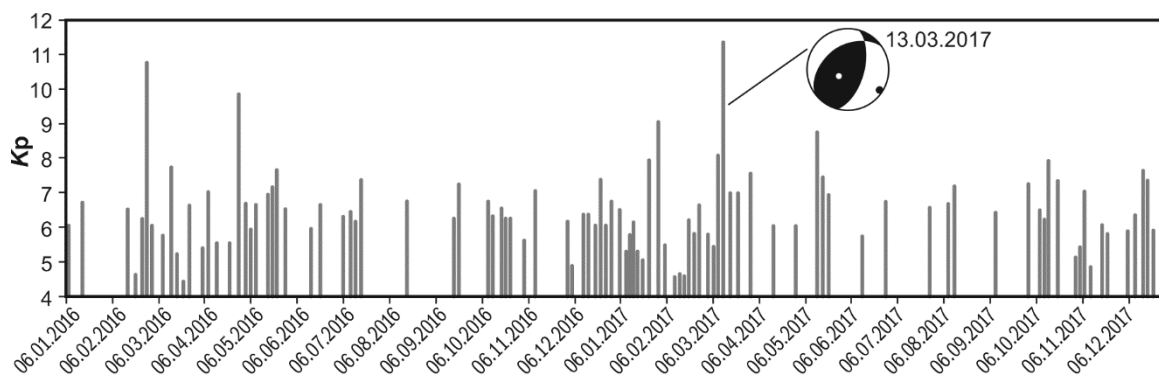


Рис. 4. Временной ход реализации землетрясений в эпицентральной зоне Рачинского землетрясения 1991 г. в 2016–2017 гг.

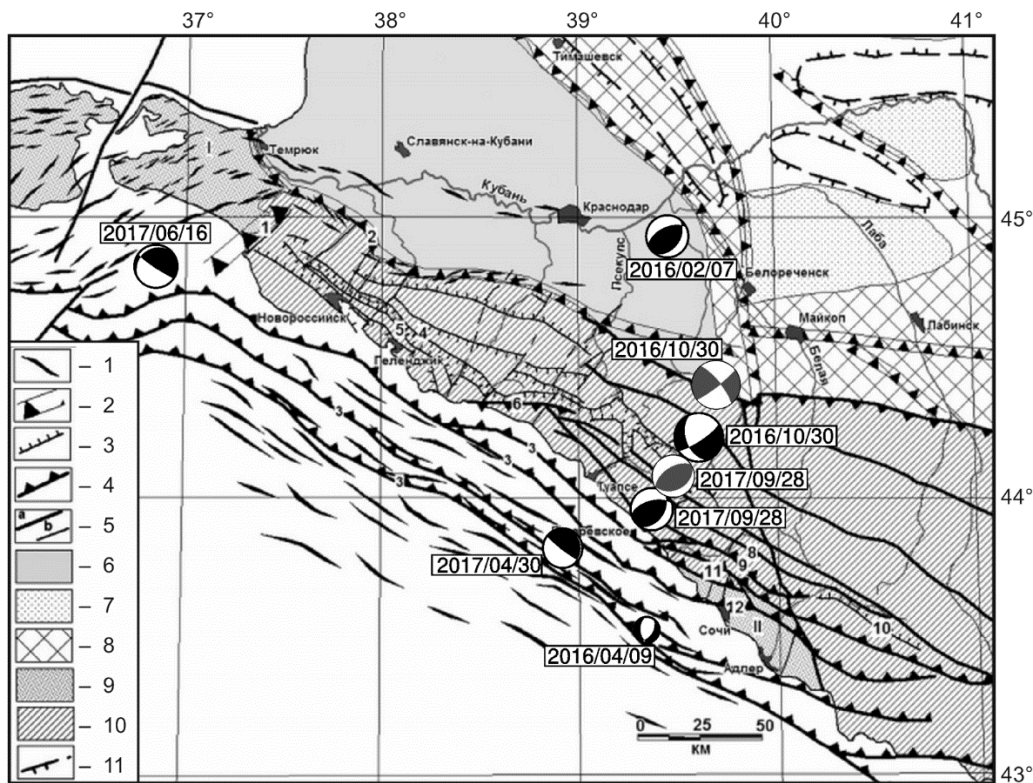


В западной части Большого Кавказа наиболее значительное землетрясение произошло 30 октября 2016 г. в 05<sup>h</sup>27<sup>m</sup> с  $K_p=11.3$ . Оно ощущалось в Нефтегорске, Апшеронске интенсивностью 4 балла; на ст. Абадзехской, Даховской, в пос. Веселый, Гузерипль, в г. Туапсе – 3–4 балла; в Новосвободной, Севастопольской, Ханской – 3 балла; в Лазаревском – 2–3 балла; в г. Ставрополе – 2 балла. Получен сдвиговый тип движения в очаге, причем близкие решения были получены двумя методами: по  $P$ -волнам и по тензору момента (региональное решение) в Средиземноморском центре (MED\_RCMT) (рис. 5). Землетрясение сопровождалось восемью афтершоками с  $K_p=4.0$ –6.7.

Второе по энергии землетрясение 28 сентября 2017 г. в 03<sup>h</sup>35<sup>m</sup> с  $K_p=10.5$  ощущалось в Лазаревском, Туапсе и Сочи интенсивностью 3 балла. Тип движения в очаге – взброс, также полученный по двум методам (рис. 5).

С 9 по 31 марта 2016 г. к северу от Сочи (не далее 10 км от центра города) реализовался Верхне-Юртовский рой, состоящий из 33 землетрясений с  $K_p=3.8$ –7.4. Самое сильное событие роя 29 марта 2016 г. в 14<sup>h</sup>01<sup>m</sup> с  $K_p=7.4$  ощущалось в Сочи интенсивностью 2–3 балла.

**II – Западно-Кубанский передовой прогиб.** Здесь зарегистрировано десять землетрясений с  $K_p=6.3$ –10.4 (рис. 1, рис. 5). Самым заметным было землетрясение 7 февраля 2016 г. с  $K_p=10.4$ , которое ощущалось в Майкопе ( $\Delta=62$  км) интенсивностью 2–3 балла. Эпицентр этого землетрясения был удален на 40 км от г. Краснодара и располагался восточнее Краснодарского водохранилища, видимо, поэтому землетрясение не ощущалось в Краснодаре. В тектоническом плане землетрясение произошло на западной границе Западно-Кубанского прогиба и структур Скифской платформы (рис. 1). Построен механизм очага землетрясения 7 февраля 2016 г., согласно которому тип движения в очаге – взброс (рис. 5).



**Рис. 5.** Механизмы очагов землетрясений западной зоны Северного Кавказа на фоне схемы неотектоники Северо-Западного Кавказа и прилегающих территорий [17]. Серым цветом в области волн сжатия показаны решения Средиземноморского центра MED\_RCMT

1 – Западно-Кубанский предгорный прогиб; 2 – локальные платформенные прогибы; 3 – области умеренных поднятий; 4 – Керченско-Таманская зона интенсивной складчатости Западно-Кубанского прогиба и продолжение Туапсинского прогиба на суше (Сочи-Адлерская и Сухумская депрессии); 5 – орогенное сооружение Большого Кавказа; 6 – шовно-депресссионные структуры в пределах Кавказа; 7 – оси антиклинальных складок в неоген-четвертичных отложениях; 8 – локальные платформенные валы; 9 – Скифская плита; 10 – флексуно-разрывные зоны; 11 – сбросы, штрихи направлены в сторону опущенного крыла; 12 – взбросы и надвиги, штрихи направлены в сторону поднятого крыла; 13 – разломы с неясной кинематикой: а – генеральные, б – локальные.

**III – Терско-Каспийский (ТК) передовой прогиб.** В 2016–2017 гг. в этой зоне произошло самое большое число землетрясений ( $N=2444$ ), однако по выделившейся энергии она заняла лишь четвертое место после Большого Кавказа, Дагестанского клина и Азовского моря. Для 14 землетрясений построены механизмы очагов (рис. 2). 89 % землетрясений имели энергетические классы в интервале  $K_p=3\div 7$ . Значительная их часть реализовалась на границе с Дагестанским клином, другая часть локализована в пределах диагональных Бенойско-Эльдаровской и Даттых-Ахловской шовных зон, пересекающих центральную часть прогиба с северо-запада на юго-восток [20].

Два самых сильных землетрясения зарегистрированы в шельфовой части Каспийского моря: 19 апреля 2016 г. в  $20^h22^m$  с  $h=13$  км и  $K_p=11.8$  и 11 октября 2017 г. в  $00^h12^m$  с  $h=51$  км и  $K_p=11.7$  (рис. 1 и рис. 2). Для второго из них построен механизм очага, получен тип движения – сброс (Прил. 3).

Относительно сильное землетрясение, приуроченное к Грозненской синклинали впадине ТК, произошло 6 марта 2017 г. в  $01^h26^m$  с  $h=14$  км,  $K_p=10.9$  (рис. 2). Оно ощущалось в Беркат-Юрте, Садовом, Толстой-Юрте – интенсивностью 6 баллов; Грозном, Аргуне, Петропавловской, Пригородном – 5–6 баллов, Гудермесе, Первомайской, Радужном, Джалке, Атагах Урус-Мартане – 5 баллов. Еще одно относительно сильное землетрясение лоцировано 31 декабря 2016 г. в  $22^h17^m$  с  $K_p=10.0$  (рис. 2) на территории Ингушетии, на границе между Сунженским поднятием и Осетинской синклинали впадиной ТК. Тип движения в очагах обоих землетрясений представлен взбросом (Прил. 3).

Несколько землетрясений сопровождалось небольшими сериями афтершоков: 15 января 2016 г. в  $02^h06^m$  с  $h=2$  км и  $K_p=9.5$  – пять афтершоков с  $K_p=5.9\text{--}9.1$ ; 29 мая 2016 г. в  $05^h44^m$ ,  $K_p=10.3$  – 12 афтершоков с  $K_p=6.1\text{--}9.6$ ; 8 августа 2016 г. в  $17^h25^m$  с  $K_p=10.8$  – четыре афтершока с  $K_p=6.2\text{--}8.8$ ; 22 декабря 2016 г. в  $16^h31^m$  с  $K_p=10.6$  – 14 афтершоков с  $K_p=3.8\text{--}7.6$ ; 4 января 2017 г. в  $21^h37^m$  с  $K_p=9.0$  – десять афтершоков с  $K_p=5.3\text{--}8.4$ ; 12 марта 2017 г. в  $07^h13^m$  с  $K_p=8.6$  – десять афтершоков с  $K_p=4.6\text{--}6.4$ ; 30 мая 2017 г. в  $19^h16^m$  с  $K_p=9.8$  – 11 афтершоков с  $K_p=7.0\text{--}9.6$ .

С 23 июня по 31 июля 2017 г. в пределах Западно-Каспийской зоны нарушений [17] реализовался Параульский рой из 12 слабых землетрясений с  $K_p=4.3\text{--}5.8$ . С 17 ноября по 23 декабря 2017 г. зарегистрирован Илсхан-Юртовский рой из 12 событий с  $K_p=6.0\text{--}9.0$  на границе Притеречной антиклинальной зоны и Грозненской впадины.

Продолжалась регистрация землетрясений с очагами в промежуточной зоне перехода земной коры к верхней мантии, за два года реализовалось около 50 землетрясений. Наиболее заметными были четыре землетрясения с глубинами  $h=80\text{--}87$  км и  $K_p=10.0\text{--}10.8$ , эпицентры которых окаймляли Грозненскую впадину с юга и востока (рис. 2): 11 февраля 2016 г. в  $12^h31^m$ , 29 мая 2016 г. в  $05^h44^m$ , 8 августа 2016 г. в  $17^h25^m$ , 10 мая 2017 г. в  $17^h40^m$  с типом движения для всех в основном взброс. Два самых «глубоких» очага, 3 февраля 2016 г. в  $17^h05^m$  с  $K_p=10.8$ ,  $h=151$  км и 22 апреля в  $03^h28^m$  с  $K_p=10.8$ ,  $h=152$  км, локализованы почти в одном месте в пределах Притеречной антиклинальной зоны, механизмы их очагов представлены сдвигом и сбросом (рис. 2, Прил. 3).

**IV – Дагестанский клин.** В этой зоне в 2016 г. произошло второе по магнитуде за двухлетний период землетрясение – 13 мая 2016 г. в  $21^h17^m$  с  $K_p=13.4$ ,  $I_0=5$  баллов, названное Мехельтинским. Оно сопровождалось небольшой серией (семь событий) афтершоков  $K_p=5.7\text{--}9.0$ , основной толчок ощущался на территории Республики Дагестан и Чеченской Республики, подробно об этом описано в статье настоящего выпуска журнала [10]. Второе по силе землетрясение произошло 7 декабря 2017 г. в  $05^h23^m$  с  $K_p=11.6$ ,  $I_0=5\text{--}6$  баллов и было названо Ляхлинским [10]. Оно сопровождалось десятью афтершоками с  $K_p=5.3\text{--}8.1$ . Таким же числом афтершоков с  $K_p=3.4\text{--}6.5$  сопровождалось землетрясение 24 августа 2016 г. в  $21^h08^m$  с  $K_p=9.9$ .

Однако, как и в 2015 г., 90 % землетрясений были слабыми и имели  $K_p\leq 7$ . Среди слабой сейсмичности на юго-западе структуры в пределах Бейбулагской впадины, граничащей с поднятием Бокового хребта Восточного Кавказа, в январе 2017 г. реализовался Агульский рой, состоящий из 12 землетрясений с  $K_p=5.1\text{--}9.0$ .

В Осетинской части Дагестанского клина также наблюдалась слабая сейсмичность, среди которой выделялись два роя, реализовавшихся в марте 2016 г. и марте 2017 г. с  $K_p=3.7\text{--}6.0$  в горной местности между Буроном и Верхним Фиагдоном.



**V – моноклираль Предкавказья.** В этой переходной зоне от складчатых структур БК к платформенным структурам регистрировалась в основном слабая сейсмичность с  $K_p \leq 8.0$ . Однако, одно землетрясение вблизи Нижнего Чегема имело  $K_p = 10.3$  – 12 сентября 2016 г. в 16<sup>h</sup>54<sup>m</sup>. За основным толчком последовало десять афтершоков с  $K_p = 4.8$ –8.6. Эпицентр локализован в пределах Эльбрусско-Минераловодской зоны сбросо-сдвиговых нарушений [21], с чем согласуется построенный по знакам первого движения в *P*-волне механизм очага, представленный сбросом (Прил. 3).

Значительная часть слабых землетрясений лоцирована вдоль Армавири-Невинномысского диагонального разлома. Часть из них представляли роевые последовательности: рой из 21 землетрясения с 9 января по 17 февраля 2017 г. с  $K_p = 3.0$ –9.2 в 6–7 км к востоку от ст. Эссентукской, Учкеевский рой из 25 землетрясений с  $K_p = 2.9$ –8.0 в июне и сентябре 2017 г., рой из 18 землетрясений в сентябре-ноябре 2017 г. с  $K_p = 2.8$ –9.1 между Шордаково и Дженалом (удаленность более 5 км).

**VI – Ставропольский свод.** На территории этого структурного элемента реализовалось 16 землетрясений с  $K_p = 5.6$ –9.5. Сильнейшее из них произошло 9 октября 2016 г. в 21<sup>h</sup>40<sup>m</sup> с  $K_p = 9.5$  в западной части Ставропольского свода, крупной структуры Скифской платформы. Это землетрясение ощущалось в Ставрополе, Михайловске Шпаковского района интенсивностью 2–3 балла. Близко к этому очагу произошло и второе ощутимое землетрясение вблизи ст. Барсуковская (в Кочубеевском – 2 балла) 21 мая 2017 г. в 17<sup>h</sup>34<sup>m</sup> с  $K_p = 8.7$ . Эти землетрясения также можно отнести к Армавири-Невинномысской зоне глубинных нарушений сдвигового типа.

В **VII – Кумо-Манычском прогибе** проявления сейсмичности не наблюдались в 2016–2017 гг.

**VIII – структуры Скифской платформы.** Здесь, в западной части Северного Кавказа, вблизи Ставропольского свода 24 августа в 09<sup>h</sup>14<sup>m</sup> произошло самое сильное платформенное землетрясение с  $K_p = 11.6$ ,  $h = 3$  км. Оно ощущалось в ст. Отрадной, Невинномыске – 4 балла; в Кисловодске, Ставрополе, Черкесске, Пятигорске – 3 балла. Механизм очага, построенный по знакам вступлений *P*-волн, представлен взбросо-сдвигом.

Второе по силе землетрясение произошло 21.10.2016 г. с  $K_p = 10.0$  и ощущалось в Армавири интенсивностью 3–4 балла.

18 декабря 2017 г. зарегистрирована серия из 19 сейсмических событий, возможно, техногенного происхождения. Основная часть эпицентров вытянулась в цепочку, события произошли во временном интервале от 10 по 14 час по Гринвичу, т.е. в рабочее время.

В акватории **Чёрного моря (XVI)**, включая его юго-восточную часть, зарегистрировано 146 землетрясений с  $K_p = 4.2$ –11.6. Они сгруппировались в трех зонах: Анапской ( $N_1 = 47$ ), Сочинско-Туапсинской ( $N_2 = 83$ ) и юго-восточной, в шельфовой части на территории Абхазии ( $N_3 = 24$ ).

В Анапской зоне в основном регистрировалась слабая сейсмичность с  $K_p \leq 8.0$ . Наиболее заметным было землетрясение 16 июня 2017 г. с основным толчком в 18<sup>h</sup>17<sup>m</sup> и  $K_p = 10.7$ , ощущавшимся в Анапе, Су-Псехе, Крымске, Новороссийске с интенсивностью 3–4 балла. За основным толчком последовал афтершоковый процесс из 18 событий с  $K_p = 6.3$ –9.6. Процесс проходил в основном в июне, события имели  $K_p = 6.3$ –8.5. Затем он возобновился с 8 августа, когда произошли три события с  $K_p = 9.2$ –9.6, после которых последовала более слабая сейсмичность. Построен механизм очага землетрясения 16 июня 2017 г., он представлен взбросом по одной из нодальных плоскостей, имеющей простирание вдоль Черноморских разломов, и надвигом по другой плоскости (рис. 5).

В Сочинско-Туапсинской зоне также отмечались слабые землетрясения в интервале  $K_p = 4.2$ –9.2. Относительно сильным был толчок 30 апреля 2017 г. в 03<sup>h</sup>40<sup>m</sup> с  $K_p = 9.9$ . На рис. 5 приводится диаграмма механизма очага этого землетрясения, показывающая типичный для этой области тип движения – взбросо-надвиг с простиранием одной из нодальных плоскостей согласно с простиранием Черноморских разломов. В 30 км к юго-западу от Сочи с 31 марта по 19 апреля 2016 г. реализовался Сочинско-Черноморский рой из 34 событий с  $K_p = 5.1$ –9.0 с сильнейшим толчком 9 апреля в 21<sup>h</sup>48<sup>m</sup>,  $K_p = 9.0$ .

В шельфовой части на территории Абхазии 19 землетрясений с  $K_p = 7.0$ –11.6 произошли в эпицентральной зоне Восточно-Черноморского землетрясения 23.12.2012 г. с  $K_p = 14.1$ ,  $M_{w\text{per}} = 6.0$ ,  $M_{w\text{GCMT}} = 5.8$ ,  $I_0^p = 7$ –8 [22]. Сильнейшее из них, 21 сентября 2016 г. в 19<sup>h</sup>27<sup>m</sup> с  $K_p = 11.6$ , ощущалось в Адлере и Хосте с интенсивностью 3–4 балла. По данным Национального американского центра NEIC USGS, землетрясение ощущалось на территории Грузии: в Батуми, Махиньюари, Кутаиси, Цхалтубо – 3 балла, в Зугдиди – 2 балла. По данным двух центров, Обнинского

и Средиземноморского (MED\_RCMT), получен сдвиговый тип механизма очага (Прил. 3), подобный механизмам сильнейших землетрясений в этой зоне в 2012–2013 гг. После основного толчка зарегистрировано 14 повторных с  $K_p=7.2-9.4$ , реализация которых проходила растянуто в течение полутора лет. На прибрежной территории Абхазии зарегистрировано землетрясение 28 июля 2016 г. в  $06^h05^m$  с  $K_p=11.1$ , по которому построен механизм очага, представленный сдвигом, левосторонним по крутопадающей плоскости субмеридионального простирания и правосторонним по плоскости субширотного простирания.

В *Азовском море (XVII)* вблизи г. Мариуполя зарегистрировано семь землетрясений с основным толчком 7 августа 2016 г. в  $08^h15^m$  с  $K_p=12.4$ . Подробно о нем изложено в специальной статье настоящего выпуска журнала [11].

В *Каспийском море (XVIII)* в рамках региона регистрировалась слабая сейсмичность, энергетические классы землетрясений не превышали  $K_p=9.1$ , и лишь два землетрясения имели  $K_p=9.3$  и  $9.4$ : 7 августа 2017 г. в  $12^h00^m$  и 22 ноября 2017 г. в  $10^h25^m$ . Самое сильное в Каспийском море землетрясение было зарегистрировано 6 февраля 2017 г. в  $13^h46^m$  с  $K_p=11.2$  вне границ региона, в 20 км восточнее о. Жилой и в 40 км от побережья Азербайджана.

Сетью Северного Кавказа зарегистрированы сильные землетрясения вне границ региона. Среди них в мегантиклинории Малого Кавказа: на территории Грузии – 12 июля 2016 г. в  $10^h14^m$  с  $K_p=12.3$  и 21 июля 2016 г. в  $15^h17^m$  с  $K_p=11.7$ , на территории Азербайджана – 15 ноября 2017 г. в  $19^h48^m$  с  $K_p=13.5$ ; в Куринском прогибе: 1 августа 2016 г. в  $04^h46^m$  с  $K_p=12.2$ , 11 мая 2017 г. в  $03^h24^m$  с  $K_p=12.3$  и 7 июня 2017 г. в  $18^h25^m$  с  $K_p=12.4$ . Для всех перечисленных событий, кроме землетрясений 21 июля 2016 г., построены механизмы очагов.

**Заключение.** Наиболее сильные землетрясения в период 2016–2017 гг. произошли в тектонических зонах, границы которых согласованы с тектонической картой Кавказа [15]: Большом Кавказе (особенно в его восточной части), Дагестанском клине и Терско-Каспийском передовом прогибе. Особенностью проявления сейсмичности является ее «оживление» на северо-западном побережье Азовского моря возле г. Мариуполя.

В 2016–2017 гг. около 10 % землетрясений группировались в виде роевых или афтершоковых последовательностей. Однако протяженных по времени роев и афтершоковых процессов не зарегистрировано. Отдельные рои предвещали возникновение относительно сильного землетрясения, но чаще происходили самостоятельно в местах раздробленных зон.

Факт регистрации землетрясений 3 февраля 2016 г. и 22 апреля 2017 г. с  $K_p=10.8$  на глубинах  $h \geq 150$  км в пределах Притеречной антиклинальной зоны позволил выявить наметившуюся периодичность реализации таких землетрясений с  $M_s$ , близкой к 4.0. Эта периодичность обозначила цикл в 4–5 лет по данным землетрясений в двухтысячных годах: 30.01.2002 г. с  $M=3.9$ , 12.10.2006 г. с  $M=4.5$ , 08.07.2011 г. с  $M=3.8$  и землетрясения 2016–2017 гг. Координаты их довольно близки и занимают область между  $43.5-43.6^\circ N$ ,  $45.3-45.6^\circ E$ , характеризуя своеобразную «горячую точку», вероятно связанную с периодическим подъемом расплавленного вещества из верхней мантии.

В целом уровень сейсмичности в 2016–2017 гг. по известной шкале «СОУС-09» [13, 14] был признан «фоновым средним» за более чем пятидесятичетырехлетний период инструментальных наблюдений.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (в рамках госзадания № 075-01471-22) и с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира».

В подготовке электронных приложений к данной статье принимали участие: З.А. Адилов, Е.В. Артемова, Л.И. Александрова, З.А. Асекова, О.А. Асманов, С.С. Багаева, Н.В. Будеева, И.П. Габсатарова, А.М. Гамидова, К.В. Гричуха, М.Г. Даниялов, И.Ю. Дмитриева, А.С. Зверева, Л.Е. Иванова, И.Ю. Калугина, Е.А. Карпович, Л.Н. Королецки, В.В. Косая, Н.М. Лещук, Н.А. Лукаш, Л.С. Малянова, Д.Ю. Мехрюшев, З.А. Мусалаева, И.Н. Павличенко, Э.А. Петросян, Э.В. Погода, С.Г. Пойгина, Н.Л. Пономарева, Е.Ю. Сагателова, Е.А. Селиванова, Г.В. Цирихова., А.Ю. Янков.

**Электронное приложение** App05\_North\_Caucasus\_2016–2017 (<http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>): 1 – Сейсмические станции ФИЦ ЕГС РАН, работавшие на территории Северного Кавказа в 2016 и 2017 гг.; 2 – Каталог землетрясений Северного Кавказа за 2016–2017 гг.; 3 – Каталог механизмов очагов землетря-

сений Северного Кавказа за 2016–2017 гг.; 4 – Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Северного Кавказа в 2016–2017 гг.; 5 – Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Северного Кавказа за 2016–2017 гг.

### Л и т е р а т у р а

1. Габсатарова И.П., Королецки Л.Н., Иванова Л.Е., Саяпина А.А., Багаева С.С., Адилов З.М., Асманов О.А. Сейсмичность Северного Кавказа в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 69–83. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.06
2. Габсатарова И.П., Королецки Л.Н., Саяпина А.А., Багаева С.С., Адилов З.М., Асманов О.А. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 68–81. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.06
3. Габсатарова И.П. Исследование пространственно-временных особенностей сейсмичности на Северном Кавказе: Дис. на соиск. уч. степ. канд. ф.-м. наук. – М.: ИФЗ РАН, 2011. – 178 с.
4. Lee W.H.K., Lahr J.C. HYP071 (Revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes // U.S. Geological Survey. Open File Report. – 1975. – V. 75, N 311. – P. 1–116.
5. Краснопевцева Г.В. Глубинное строение Кавказского сейсмоактивного региона. – М.: Наука, 1984. – 109 с.
6. Гобаренко В.С., Муровская А.В., Егорова Т.П., Шеремет Е.Е. Современные коллизионные процессы на северной окраине Черного моря // Геотектоника. – 2016. – № 4. – С. 68–87.
7. Пустовитенко Б.Г., Свидлова В.А., Бондарь М.Н. Сейсмичность Крымско-Черноморского региона в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 46–55. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.03 EDN: PNZYRD
8. International Seismological Centre. (2022). On-line Bulletin. <https://doi.org/10.31905/D808B830>
9. Ландер А.В. Комплекс программ определения механизмов очагов землетрясений и их графического представления // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки и Командорских островов (01.01.2003–31.12.2003) / Отчет КОМСП ГС РАН. – Петропавловск-Камчатский: Фонды КФ ГС РАН, 2004. – 350 с.
10. Асманов О.А., Магомедов Х.Д., Адилов З.А., Асекова З.О. Ощутимые землетрясения Дагестана в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 261–276. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.24. EDN: GILHQD
11. Габсатарова И.П. Мариупольское землетрясение 7 августа 2016 г.  $M=4.6$ ,  $I_0=5$  баллов на северо-западном Азовском побережье // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 285–293. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.26. EDN: HUMBK
12. Салтыков В.А. Статистическая оценка уровня сейсмичности: методика и результаты применения на примере Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 2011. – № 2. – С. 53–59.
13. Салтыков В.А., Кравченко Н.М., Пойгина С.Г., Воропаев П.В. Оценка уровня сейсмичности регионов России // Землетрясения России в 2016 году. – 2018. – С. 73–79.
14. Салтыков В.А., Кравченко Н.М., Пойгина С.Г., Воропаев П.В. Оценка уровня сейсмичности регионов России // Землетрясения России в 2017 году. – 2019. – С. 77–83.
15. Хаин В.Е. Кавказ. Тектоническая карта. – М.: 1:5 500 000 // Большая Советская Энциклопедия. – 1973. – Т. 11. – С. 112–114.
16. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
17. Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Лутиков А.И., Собисевич А.Л., Собисевич Л.Е., Горбатиков А.В. Эндогенные опасности Большого Кавказа. – М.: ИФЗ РАН, 2014. – 256 с.
18. 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
19. Габсатарова И.П., Королецки Л.Н., Малянова Л.С. Дуплет Домбайских землетрясений 2013 года в очаговой зоне Чхалтинского землетрясения 1963 года // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 362–369. doi: 10.35540/1818- 6254.2019.22.32
20. Несмеянов С.А., Лутиков А.И., Щукин Ю.К., Донцова Г.Ю. Сейсмогенерирующие структуры // Комплексная оценка сейсмической опасности территории г. Грозный. – М.: Минстрой России, 1996. – С. 38–47.

21. Милановский Е.Е., Расцветаев Л.М., Кухмазов С.У., Бирман А.С., Курдин Н.Н., Симако В.Г., Тверитинова Т.Ю. Новейшая геодинамика Эльбрусско-Минераловодской области Северного Кавказа // Геодинамика Кавказа. – М.: Наука, 1989. – С. 99–105.
22. Габсатарова И.П., Карпович Е.А., Королецки Л.Н., Войтова А.С., Каменская О.П. Восточно-Черноморское землетрясение 23 декабря 2012 г. с  $K_R=14.1$ ,  $M_{\text{пер}}=6.0$ ,  $M_{\text{WGCMТ}}=5.8$ ,  $I_0^P=7-8$  (Чёрное море, Абхазия) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 433–443.

### SEISMICITY of the NORTHERN CAUCASUS in 2016–2017

I.P. Gabsatarova<sup>1</sup>, L.N. Koroletski<sup>1</sup>, L.E. Ivanova<sup>1</sup>, A.A. Sayapina<sup>2</sup>, S.S. Bagaeva<sup>2</sup>,

Z.M. Adilov<sup>3</sup>, O.A. Asmanov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Obninsk, Russia, ira@gsras.ru

<sup>2</sup>North Ossetian Branch of Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Vladikavkaz, Russia, a\_sayapina@gsras.ru

<sup>3</sup>Dagestan branch of Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia, adilov79@mail.ru

**Abstract.** Seismic monitoring in the region was produced by a seismic network of 58 stations in 2016 and 60 stations in 2017. All stations were digitally equipped. The seismic network provided representative registration of earthquakes with  $K_R \geq 7.0$  in most of the region, in the central (including the Greater Sochi region) and eastern parts of the region – with  $K_R \geq 6.0$ , and in some local zones with  $K_R \geq 5.5$ . In general, 5594 earthquakes have been recorded in the region and its environs. 66 earthquakes were felt in the Caucasus settlements, 24 of them occurred in the North Caucasus region. The maximum shaking intensity,  $I_{\text{max}}=6$  by the MSK-64 scale, was noted at the March 6, 2017 earthquake with  $K_R=10.9$  occurred in the territory of the Chechen Republic. August 7, 2016 earthquake in the Azov Sea, not far from Mariupol, was felt up to  $I=5$ . The strongest and most perceptible earthquakes were registered in Dagestan (in the tectonic regions of the Greater Caucasus and the Dagestan wedge). In accordance with the seismicity level scale "SOUS-09", seismicity of the North Caucasus in 2016–2017 is set as a "background average" for the observation period from 1962 to 2017.

**Keywords:** seismic station, perceptible earthquake, focal mechanism, Terek-Caspian Trough, Greater Caucasus, seismicity level scale, "background average".

**DOI:** 10.35540/1818-6254.2022.25.06 **EDN:** QPXOME

**For citation:** Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., Ivanova L.E., Sayapina A.A., Bagaeva, S.S., Adilov, Z.M., & Asmanov, O.A. (2022). [Seismicity of the Northern Caucasus in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 74–86. (In Russ.) DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.06. EDN: QPXOME.

### References

1. Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., Sayapina A.A., Bagaeva, S.S., Adilov, Z.M., & Asmanov, O.A. (2021). [Seismicity of the Northern Caucasus in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 69–83. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.06
2. Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., Sayapina A.A., Bagaeva, S.S., Adilov, Z.M., & Asmanov, O.A. (2020). [Northern Caucasus]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 68–81. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.06
3. Gabsatarova, I.P. (2011). *Issledovanie prostranstvenno-vremennykh osobennostei seismichnosti na Severnom Kavkaze*. Dis. Kand. fiz.-mat. nauk [Investigation of spatial-temporal features of seismicity in the Northern Caucasus. Cand. Phys.-math. Sci. diss.]. Moscow, Russia: IFZ RAS Publ., 178 p. (In Russ.).
4. Lee, W.H.K., & Lahr, J.C. (1975). HYP071 (Revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes. *U.S. Geological Survey. Open File Report*, 75(311), 1–116.
5. Krasnopevtseva, G.V. (1984). *Glubinnoe stroenie Kavkazskogo seismoaktivnogo regiona* [The deep structure of the Caucasus seismically active region]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 109 p. (In Russ.).
6. Gobarenko, V.S., Murovskaya, A.V., Yegorova, T.P., & Sheremet, E.E. (2016). Collision processes at the northern margin of the Black Sea. *Geotectonics*, 50(4), 407–424.
7. Pustovitenko, B.G., Svidlova, V.A., & Bondar, M.N. (2022). [Seismicity of Crimean-Black Sea region in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 46–55. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.03 EDN: PNZYRD

8. International Seismological Centre. (2022). On-line Bulletin. Retrieved from <https://doi.org/10.31905/D808B830>
9. Lander, A.V. (2004). [The complex of programs for determining the mechanisms of earthquake foci and their graphic representation]. In *Otchet KOMSP GS RAN «Kompleksnyye seismologicheskie i geofizicheskie issledovaniia Kamchatki i Komandorskikh ostrovov (01.01.2003–31.12.2003)»* [Report of KomSP GS RAS «Complex seismological and geophysical studies of Kamchatka and the Komandor islands (01.01.2003–31.12.2003)»]. Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia: Funds KF GS RAS Publ. (In Russ.).
10. Asmanov, O.A., Magomedov, Kh.Dzh., Adilov, Z.A., & Asekova, Z.O. (2022). [Dagestan earthquakes felt in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 261–276. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.24. EDN: GILHQD
11. Gabsatarova, I.P. (2022). [Mariupol earthquake on August 7, 2016,  $M=4.6$ ,  $I_0=5$  on the northwestern Azov coast]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes of Northern Eurasia], 25(2016–2017), 285–293. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.26. EDN: HYMBLK
12. Saltykov, V.A. (2011). A statistical estimate of seismicity level: The method and results of application to Kamchatka. *Journal of Volcanology and Seismology*, 5(2), 123–128.
13. Saltykov, V.A., Kravchenko, N.M., Poigina, S.G., & Voropaev, P.V. (2018). [Evaluation of the level of seismic activity of the Russian regions]. In *Zemletriaseniia Rossii v 2016 godu* [Earthquakes in Russia, 2016] (pp. 74–80). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
14. Saltykov, V.A., Kravchenko, N.M., Poigina, S.G., & Voropaev, P.V. (2019). [Evaluation of the level of seismic activity of the Russian regions]. In *Zemletriaseniia Rossii v 2017 godu* [Earthquakes in Russia, 2017] (pp. 74–80). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
15. Khain, V.E. (1973). [Caucasus. Tectonic map. – M: 1 : 5 500 000]. In *Bol'shaia Sovetskaia Entsiklopediia. T. 11* [Great Soviet Encyclopedia, V. 11] (pp. 112–114). Moscow, Russia: Soviet Encyclopedia Publ. (In Russ.).
16. Medvedev, S.V., Shponhoyer, V., & Karnik, V. (1965). *Mezhdunarodnaia shkala seysmicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 International seismic intensity scale]. Moscow, Russia: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p. (In Russ.).
17. Rogozhin, E.A., Ovsyuchenko, A.N., Lutikov, A.I., Sobisevich, A.L., Sobisevich, L.E., & Gorbatikov, A.V. (2014). [Endogenous hazards of the Greater Caucasus]. Moscow, Russia: IFZ RAS Publ., 256 p. (In Russ.).
18. 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
19. Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., & Malyanova, L.S. (2019). [Doublet of the Dombai earthquakes of 2013 in the focal zone of the Chkhalt'a earthquake of 1963]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), 362–369. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.32
20. Nesmeyanov, S.A., Lutikov, A.I., Shchukin, Yu.K., & Dontsova, G.Yu. (1996). [Seismogenic structures]. In *Kompleksnaya ocenka seysmicheskoy opasnosti territorii g. Groznyj* [Comprehensive assessment of seismic hazard in the territory of Grozny] (pp. 38–47). Moscow, Russia: Ministry of Construction of Russia Publ. (In Russ.).
21. Milanovsky, E.E., Rastsvetaev, L.M., Kukhmazov, S.U., Birman, A.S., Kurdin, N.N., Simako, V.G., & Tveritina, T.Yu. (1989). *Noveyshaya geodinamika El'brusko-Mineralovodskoy oblasti Severnogo Kavkaza* [The latest geodynamics of the Elbrus-Mineralovodsk region of the North Caucasus]. In *Geodinamika Kavkaza* [Geodynamics of the Caucasus] (pp. 99–105). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
22. Gabsatarova, I.P., Karpovich, E.A., Koroletski, L.N., Voytova, A.S., & Kamenskaya, O.P. (2018). [East Black Sea earthquake on December 23, 2012 with  $K_R=14.1$ ,  $M_{W_{reg}}=6.0$ ,  $M_{W_{GCMT}}=5.8$ ,  $I_0=6-7$  (Black Sea, Abkhazia)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21(2012), 433–443. (In Russ.).