

**СЕЙСМИЧНОСТЬ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА в 2015 г.**

**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. Адилов<sup>3</sup>, О.А. Асманов<sup>3</sup>**

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

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

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

**Аннотация.** Сейсмический мониторинг в регионе в 2015 г. производился сейсмической сетью, состоящей из 59 станций, во второй половине года на всех станциях было установлено цифровое оборудование. Произведена оценка чувствительности сети по уровню сейсмического шума на станциях: 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  $K_p \geq 5.5$ . Зарегистрировано 2 276 землетрясений. В населенных пунктах Кавказа ощутимыми были 17 землетрясений. Максимальная интенсивность сотрясений  $I_{\max} = 7$  баллов по шкале MSK-64 (ШСИ-17) была отмечена от землетрясения на территории Азербайджана. Ощутимое до 4 баллов землетрясение произошло 3 ноября на платформенной территории в пределах Ставропольского свода. Наиболее сильные землетрясения зарегистрированы в Терско-Каспийском и Куринском прогибах, а также в восточной части Большого Кавказа. Сейсмичность Северного Кавказа в 2015 г. в соответствии со шкалой уровня сейсмичности «СОУС-09» установлена как «фоновая средняя» за период наблюдений с 1962 г. по 2015 год.

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

**DOI:** 10.35540/1818-6254.2021.24.06

**Для цитирования:** 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

**Введение.** В 2015 г. сейсмический мониторинг Северного Кавказа осуществлялся, как и ранее [1, 2], следующими подразделениями ФИЦ ЕГС РАН: Центральным отделением (г. Обнинск), лабораторией сейсмического мониторинга Кавказских Минеральных Вод (г. Кисловодск), Дагестанским (г. Махачкала) и Северо-Осетинским (г. Владикавказ) филиалами ФИЦ ЕГС РАН. Обработка землетрясений и создание каталогов производятся в рамках зон ответственности, определенных и закрепленных за каждым из названных подразделений, под авторством, обозначенным кодами информационно-обрабатывающих центров: OBGSR, KMGRS, DAGSR и NOGSR, в соответствии с вышеназванными организациями. В Центральном отделении (OBGSR), 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 структурам Кавказа (по Е.В. Хаину). Таким образом подготавливается «Сводный каталог землетрясений Северного Кавказа» (далее «Сводный каталог»), в котором фактически содержатся результаты сейсмического мониторинга Северного Кавказа в 2015 году.

**Сейсмическая сеть** в регионе в 2015 г. состояла из 59 сейсмических станций. К концу года все станции были оснащены цифровым оборудованием, подключены к сети Интернет и передавали информацию в центры обработки в режиме, близком к реальному времени.

По сравнению с 2014 г. [1], в сети OBGSR произошли изменения, касающиеся западной части региона. Были открыты две станции – «Гойтх» и «Шапсуг» (в 20 км к северо-востоку от г. Новороссийска). На станцию «Гойтх» перенесено оборудование со станции «Туапсе», которая была закрыта 28.09.2015 г. по причине ее близости к железной дороге и зашумленности записей из-за часто проходящих поездов.

В восточной части региона на трех станциях сети DAGSR («Касумкент», «Кумух» и «Унцукуль») произведена замена аналогового регистрационного оборудования на цифровое – 24-разрядное «UGRA» российской разработки ООО «НПП Геотех+», г. Обнинск. Таким образом, сейсмическая сеть в Дагестане стала полностью «цифровой».

В сети Северо-Осетинского филиала ФИЦ ЕГС РАН в 2015 г. изменений не производилось. Координаты и параметры всех упомянутых выше станций даны в приложении к каталогу [3].

Оценка регистрационной возможности сети Северного Кавказа произведена с использованием подхода, изложенного в статье по сейсмичности ВЕП настоящего выпуска журнала [4], и представлена на рис. 1 в виде изолиний  $K_{Pmin}$ . Предварительно было произведено исследование уровней сейсмических шумов на станциях. Для построения карты взяты значения спектральной плотности мощности шума в дневное время. Как показано в [5], в ночное время оценки будут примерно на  $0.5 K_{Pmin}$  ниже, однако по продолжительности «ночное» время меньше, чем дневное (в населенных пунктах поздно вечером заканчивается движение транспорта и рано утром возобновляется), поэтому для расчетов был взят уровень дневного шума. Кроме того, для расчета  $K_{Pmin}$  использовалось уравнение затухания амплитуд  $S$ -волн, построенное ранее для западной части Северного Кавказа [5]. В дальнейшем, по мере уточнения этого уравнения в целом для региона и при открытии новых станций, оценка регистрационных возможностей сети будет уточняться.

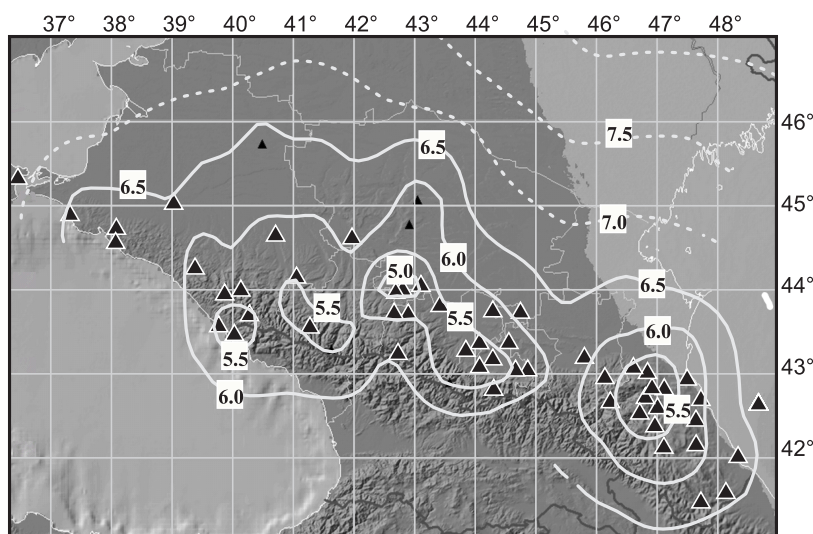


Рис. 1. Оценка возможности локализации сейсмических событий как минимум тремя сейсмическими станциями в единицах  $K_{Pmin}$

Согласно карте на рис. 1, в 2015 г. на большей части территории региона сеть обеспечивала регистрацию землетрясений с  $K_p=7.0$ , в центральной (включая район Большого Сочи) и восточной частях региона должны регистрироваться землетрясения с  $K_p=6.0$ , и в отдельных локальных зонах – с  $K_p=5.5$ . Кумулятивный график повторяемости землетрясений, построенный по данным «Сводного каталога» для центральной (в рамках:  $42.8^\circ-45.0^\circ N$ ;  $39.0^\circ-45.0^\circ E$ ) и восточной зон (в рамках:  $41.7^\circ-43.5^\circ N$ ;  $45.8^\circ-47.8^\circ E$ ), позволяет считать представительными для этих зон землетрясения с  $K_p=6.0$  для этих зон (рис. 2).

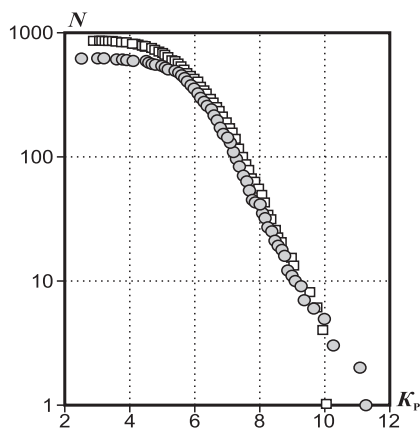


Рис. 2. Кумулятивный график повторяемости землетрясений в соответствии со «Сводным каталогом» для центральной ( $42.8^\circ-45.0^\circ N$ ;  $39.0^\circ-45.0^\circ E$ ) и восточной ( $41.7^\circ-43.5^\circ N$ ;  $45.8^\circ-47.8^\circ E$ ) зон

**Методика обработки** сейсмических записей и получения параметров гипоцентров сейсмических событий, подробно описанная в [6], в основном была прежней. В Центральном отделении (ОБГСР), в случаях регистрации события несколькими сетями, определялось предпочтительное решение при слабой сейсмичности ( $K_p \leq 7.6$ ), при более сильных землетрясениях проводилась совместная сводная обработка с расширением списка станций. Для локализации событий в приграничных зонах привлекались также данные станций

Национальной сейсмической службы Грузии: «Они» (ONI), «Ахалкалаки» (АКН), «Лагодехи» (LGD). Кроме того, при уточнении локализации использовались данные всех станций Крымской сети

[7]. Перечисленные материалы поступали в ФИЦ ЕГС РАН по обмену или заимствовались с сайта Международного сейсмологического центра ISC (<http://www.isc.ac.uk>) [8]. Построение механизмов очагов по знакам первого вступления проводилось по программе FA 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. Углы выхода на региональных расстояниях рассчитывались по скоростной модели района [10].

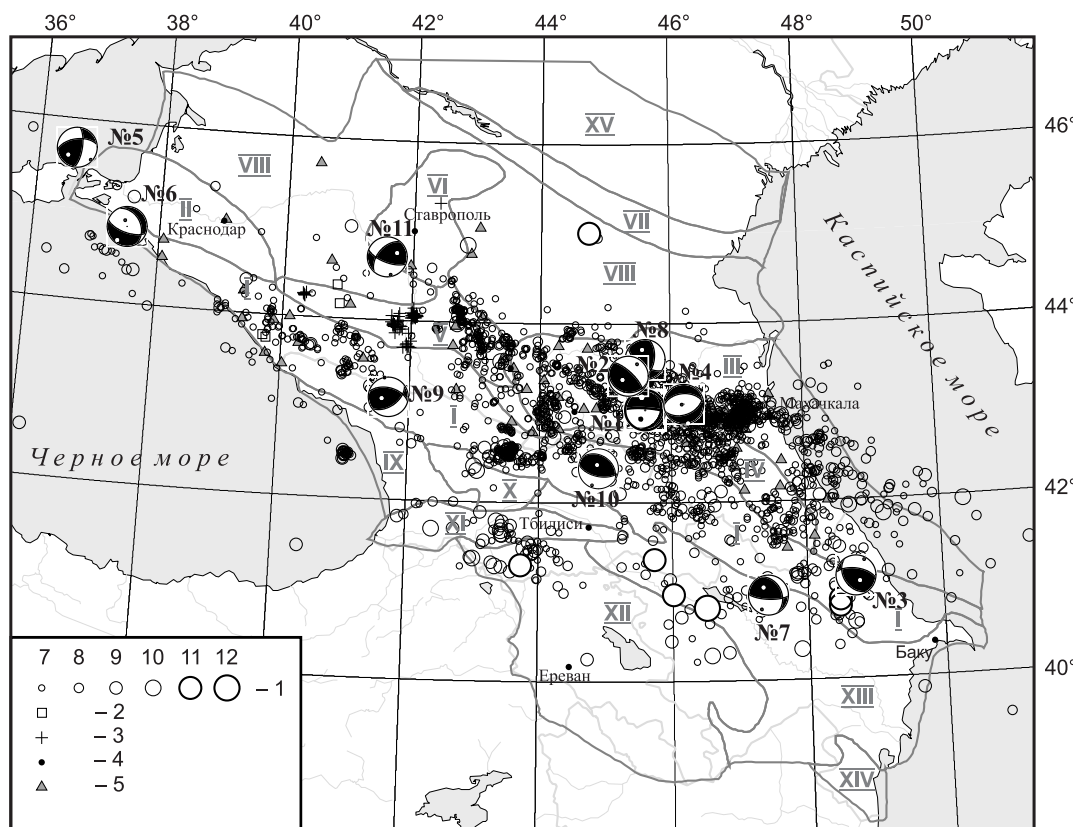
**Общая характеристика каталога.** В результате сводной обработки землетрясений на территории Северного Кавказа внутри государственных границ России, а также в приграничной с соседними государствами (Грузией и Азербайджаном) полосе шириной 30 км, были локализованы и включены в каталог региона [11] 2 276 землетрясений. Вне этих рамок (вне зоны ответственности) обработаны и локализованы еще 145 землетрясений с  $K_p=5.9-12.0$ . Все они отмечены в каталоге меткой «вне» в отдельной графе. Минимальный энергетический класс в каталоге равен  $K_{min}=2.2$  и характеризует микроземлетрясение, произошедшее 3 января в 02<sup>h</sup>56<sup>m</sup> в Дагестане. Максимальный класс равен  $K_{max}=12.4$  и характеризует самое сильное землетрясение в Северо-Кавказском регионе в 2015 г., произошедшее 4 сентября в 04<sup>h</sup>49<sup>m</sup> с  $h=8$  км в приграничной области Дагестана и Азербайджана, где оно ощущалось максимально в Шеки – 7 баллов. В населенных пунктах Армении ощущалось от 3 до 4–5 баллов [11].

Анализ выделившейся суммарной сейсмической энергии за последние 5 лет на территории Северного Кавказа, не включая территорию Дагестана, показал, что суммарная сейсмическая энергия, равная  $\Sigma E=5.90 \cdot 10^{11}$  Дж, сопоставима с энергией, выделившейся в 2011 г., но значительно меньше таковой в 2012–2014 гг. Включая Дагестан и сопредельные районы Грузии и Азербайджана, получаем энергию  $\Sigma E=3.84 \cdot 10^{12}$  Дж, что существенно ниже, чем для тех же районов в 2011–2014 гг. (табл. 1). Это характеризует уровень сейсмичности региона как «фоновый средний» за последние 54 года инструментальных наблюдений в регионе [12]. Незначительное увеличение выделившейся энергии по сравнению с предыдущими годами произошло лишь в Ставропольском крае.

**Таблица 1.** Распределение суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  землетрясений по административным единицам территории Северного Кавказа в 2011–2015 гг.

№	Район	$\Sigma E, 10^{11}$ Дж				
		2011	2012	2013	2014	2015
1	Чёрное море + ЮЧМ	0.62850	1315.21	1.99533	0.17346	0.07598
2	Краснодарский край	0.16265	3.22113	0.10837	0.04736	0.18426
3	Ставропольский край	0.12721	2.40748	0.11260	0.02478	2.70432
4	Карачаево-Черкессия	0.00165	0.02760	8.99735	0.00163	0.00513
5	Кабардино-Балкария	0.03344	0.09172	0.00963	2.23452	0.09604
6	Северная Осетия–Алания	0.01217	0.00250	0.01774	0.02214	0.30675
7	Ингушетия	0.17588	0.01196	0.05892	3.43284	0.06342
8	Чеченская Республика	3.90578	3.07707	1.79534	3.29850	2.02149
9	Азовское море	–	–	–	0.07968	0.43892
	Всего	5.04728	1321.64	13.1474	9.31491	5.89631
10	Дагестан	2.79153	1.37074	9.60113	0.51635	0.644202
11	Каспийское море	1.35782	0.98012	0.33284	9.11037	0.34434
12	Сопредельные территории Азербайджана и Грузии	193.04317	444.318	89.15953	113.28207	31.5071
	Сумма	202.23980	1770.73	112.24090	132.22372	38.39204

Карта эпицентров землетрясений с  $K_p \geq 6.6$ , зарегистрированных в 2015 г., изображена на рис. 3. Из рисунка видно, что основная масса землетрясений традиционно произошла в центральной и восточной частях Северного Кавказа. Западная часть региона была менее активной. Большая часть землетрясений имела коровые глубины очагов, из них 43.4 % очагов локализовано на глубинах  $h \leq 10$  км, 43.6 % – в интервале глубин  $h=11-20$  км, 8.8 % – с  $h=21-30$  км, 3.1 % –  $h=31-69$  км. С промежуточной глубиной очага, в диапазоне глубин  $h=70-137$  км, зарегистрировано 23 землетрясения на территории Чеченской Республики, одно землетрясение – на территории Дагестана [11].



**Рис. 3.** Карта эпицентров землетрясений Северного Кавказа и сопредельных территорий с  $K_p \geq 6.6$  за 2015 г. в границах тектонических структур по В.Е. Хаину [13] и диаграммы механизмов очагов отдельных землетрясений

1 – энергетический класс  $K_p$ ; 2, 3 – событие типа «возможно взрыв» или «взрыв» соответственно; 4 – населенный пункт; 5 – сейсмическая станция. 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-Манычский прогиб; VIII – структуры Скифской платформы; IX – Риюнский 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

Как и ранее в обзорах сейсмичности по региону приведем карту и таблицу распределения сейсмичности в административных границах Республик и краев (табл. 2).

**Таблица 2.** Распределение землетрясений Северного Кавказа по энергетическим классам  $K_p$  и суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  по административным территориям в 2015 г.

№	Район	$K_p$												$N_{\Sigma}$	$\Sigma E, 10^{11} \text{ Дж}$
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1	Чёрное море + ЮЧМ	–	–	–	3	7	25	20	5	–	–	–	–	60	0.07598
2	Краснодарский край	–	1	3	18	27	14	6	4	1	–	–	74	0.18426	
3	Ставропольский край	4	19	46	24	20	24	8	–	2	2	–	149	2.70436	
4	Карачаево-Черкессия	–	3	5	20	32	10	4	–	–	–	–	74	0.00513	
5	Кабардино-Балкария	2	17	27	39	56	33	7	2	1	–	–	184	0.09604	
6	Северная Осетия–Алания	–	–	11	33	37	22	3	4	2	–	–	112	0.30675	
7	Ингушетия	–	–	–	1	30	38	6	6	–	–	–	81	0.06343	
8	Чеченская Республика	–	–	4	20	90	117	49	11	5	3	–	299	2.02148	
9	Азовское море	–	–	–	–	–	–	1	–	1	1	–	3	0.43892	
10	Дагестан	1	11	89	204	228	153	53	14	5	–	–	758	0.64420	
11	Каспийское море	–	–	–	2	17	37	46	5	2	–	–	109	0.34434	
12	Сопредельные территории Азербайджана и Грузии	–	–	6	62	119	101	50	26	5	3	1	373	31.50710	
	Сумма	7	51	191	426	663	574	253	77	24	9	1	2276	38.39200	



**Макросейсмические сведения.** В населенных пунктах Кавказа в 2015 г. ощутимыми были 17 землетрясений [11, 14]. Максимальная интенсивность  $I_{max}$  сотрясений, равная 7 баллам по шкале MSK-64 [15], была отмечена у землетрясения, произошедшего 4 сентября в 04<sup>h</sup>49<sup>m</sup> с  $h=8$  км в приграничной области Дагестана и Азербайджана с  $K_p=12.4$  [11]). Наиболее сильные землетрясения в 2015 г. произошли на территории Центрального и Восточного Кавказа [11]. Таблица названий и координат всех (52) населенных пунктов, сотрясенных в 2015 г., приводится в Приложении к настоящему выпуску журнала [14, 16]. Наибольшее число раз (3 раза) зарегистрированы сотрясения в г. Кисловодске с максимальной интенсивностью  $I_i=3-4$  балла от землетрясений, произошедших 15 февраля в 22<sup>h</sup>11<sup>m</sup> с  $K_p=10.0$ , 14 сентября в 09<sup>h</sup>07<sup>m</sup> с  $K_p=11.1$  и 3 ноября в 17<sup>h</sup>43<sup>m</sup> с  $K_p=11.3$ , и в Махачкале с максимальной интенсивностью  $I_i=2-3$  балла от землетрясений 16 июня в 13<sup>h</sup>50<sup>m</sup> с  $K_p=10.0$ , 17 июня в 11<sup>h</sup>29<sup>m</sup> с  $K_p=9.8$  и 07 октября в 04<sup>h</sup>21<sup>m</sup> с  $K_p=7.0$  [11, 14].

**Подробные сведения о проявлениях сейсмичности** на территории Северного Кавказа рассматриваются ниже в пределах границ тектонических структур по В.Е. Хаину [13], а также прилегающих частей акваторий Азовского, Чёрного и Каспийского морей (табл. 3, рис. 3).

**Таблица 3.** Распределение землетрясений Северного Кавказа по энергетическим классам  $K_p$  и суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  по тектоническим структурам [13] в 2015 г.

№	Район	$K_p$											$N_{\Sigma}$	$\Sigma E,$ $10^{11}$ Дж
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
I	Большой Кавказ	2	4	15	114	199	154	65	25	5	3	–	586	6.31665
II	Западно-Кубанский прогиб	–	–	–	–	–	1	1	1	–	–	–	3	0.03282
III	Терско-Каспийский прогиб	1	11	92	194	283	267	120	37	13	3	–	1021	3.29939
IV	Дагестанский клин	–	–	11	69	115	75	19	3	–	–	–	292	0.07727
V	Предкавказская моноклиналь	4	35	69	36	30	11	4	–	2	–	–	191	0.15509
VI	Ставропольский свод	–	–	–	–	4	3	1	–	–	1	–	9	1.99625
VIII	Скифская платформа	–	1	4	10	17	24	7	2	1	1	–	67	0.62143
IX	Рионский межгорный прогиб	–	–	–	–	2	1	1	–	–	–	–	5	0.00014
X	Джавахетское нагорье	–	–	–	–	–	3	–	–	2	–	–	5	0.20881
XIII	Куринский и Нижнеараксинский прогибы	–	–	–	–	3	3	2	2	–	–	1	11	25.13746
XVI	Черное море	–	–	–	5	7	25	19	5	–	–	–	59	0.07558
XVII	Азовское море	–	–	–	–	–	–	1	–	1	1	–	3	0.43892
XVIII	Каспийское море	–	–	–	–	3	7	12	2	–	–	–	24	0.03088
	Сумма	7	51	191	426	663	574	253	77	24	9	1	2276	38.39200

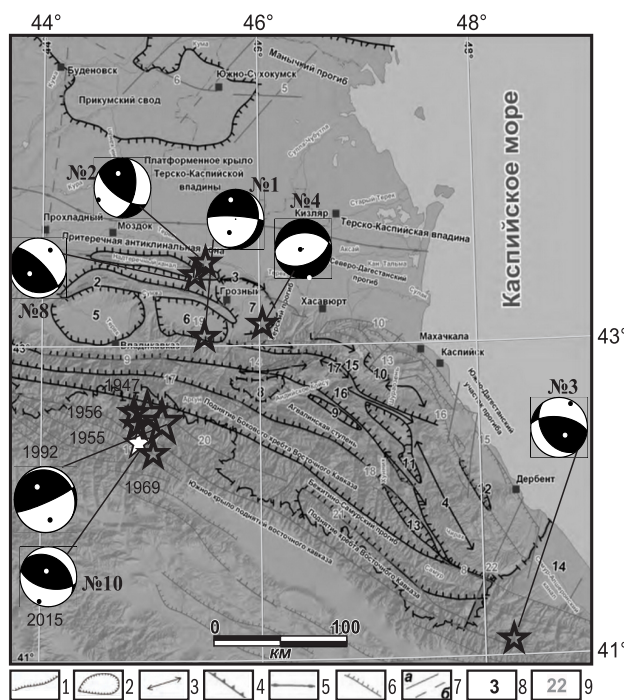
Особенность проявления сейсмичности в 2015 г. заключается в активизации очагов землетрясений, произошедших ранее, в том числе несколько лет назад. Например, в зоне Су-Псехского землетрясения 10.12.2012 г. в районе Анапского грабена [17] произошло землетрясение 16.08.2015 г.; в зоне Заветненского 02.05.2012 г. [18] зарегистрировано землетрясение 03.11.2015 г. в юго-юго-западной части Ставропольского свода; в зоне разрушительного Чхалтинского землетрясения 1963 г., вслед за дуплетом Домбайских землетрясений 2013 г., разрядка накопившейся энергии продолжилась реализацией землетрясения 14.09.2015 г. с  $K_p=11.1$ , с типичным для этой зоны механизмом очага. Этот ряд продолжает землетрясение 16.10.2015 г. в зоне сильных Барисахских землетрясений, одно из последних в этом районе – 23.10.1992 г. с  $M=6.3$  и  $I_0=8$  баллов.

**В зоне I – Большой Кавказ**, простирающейся с востока на запад вдоль границ РФ, и одновременно, южных границ региона, обычно происходят одни из самых значительных землетрясений. В 2015 г. эта зона также отличалась высоким уровнем сейсмичности. Здесь было зарегистрировано 586 землетрясений (26 % от общего числа) с  $K_p=2.3-11.4$ , по выделившейся энергии эта зона находится на втором месте после «Куринской депрессии». Для пяти землетрясений построены механизмы очагов (№№ 3, 5, 6, 9, 10 на рис. 3).

В восточной части наиболее заметными были землетрясения, которые реализовались на Азербайджанской территории, сеть станций Северного Кавказа их уверенно зарегистрировала, и поэтому они вошли в каталог: 26 января в 03<sup>h</sup>30<sup>m</sup> с  $K_p=11.4$  и в 05<sup>h</sup>36<sup>m</sup> с  $K_p=9.7$  в 25 км к западу от г. Шабран; 30 марта в 09<sup>h</sup>54<sup>m</sup> с  $K_p=10.5$  и в 10<sup>h</sup>22<sup>m</sup> с  $K_p=10.5$  в 27 км к северу от г. Шемаха;

и три землетрясения 3 июня в 09<sup>h</sup>35<sup>m</sup> с  $K_p=11.4$ , в 10<sup>h</sup>06<sup>m</sup> с  $K_p=11.1$  и в 11<sup>h</sup>07<sup>m</sup> с  $K_p=9.7$  в 10–12 км к западу от пос. Пиркули. Более подробная информация об этих землетрясениях представлена в статье «Сейсмичность Азербайджана» в настоящем выпуске [19]. Для землетрясения 26 января в 03<sup>h</sup>30<sup>m</sup> (№ 3 на рис. 3 и 45) построен механизм очага, тип движения в очаге определен как взброс. Движение произошло под действием сил сжатия, направленных субмеридионально. Это соответствует представлениям о кинематике подвижек в очагах коровых землетрясений в целом на Большом Кавказе [20].

Подтверждая тенденцию «оживления» сейсмического процесса в уже известных очаговых зонах 16 октября в 02<sup>h</sup>16<sup>m</sup> произошло землетрясение с  $K_p=11.2$  в районе Гудамарского хребта в районе сильных землетрясений [21]: Гудамарского (15.08.1947 г. с  $M=5.5$ ,  $I_0=7$  баллов) и Барисахских (28.03.1955 г. с  $M=4.5$ ,  $I_0=6-7$  баллов, 30.04.1956 г. с  $M=4.6$ ,  $I_0=7$  баллов, 28.01.1969 г. с  $M=3.5$ ,  $I_0=5$  баллов и 23.10.1992 г. с  $M=6.3$ ,  $I_0=7$  баллов) [21–23] (рис. 4). Через 4 часа после главного толчка произошел первый афтершок 16 октября в 06<sup>h</sup>34<sup>m</sup> с  $K_p=9.9$ . Построен механизм очага основного толчка (№ 10 на рис. 3, 4). Движение в очаге произошло под действием сил сжатия, направленных субмеридионально, тип движения по обеим плоскостям – взброс, простирающие плоскости соответствует ориентации разломов Южного крыла поднятий Восточного Кавказа (рис. 4). Однако этот механизм несколько отличается от механизма очага Барисахского землетрясения 23.10.1992 г., также показанного на рисунке 4. Эпицентр его находился в осевой части Главного Кавказского надвига, и одна из нодальных плоскостей этого механизма иллюстрирует пологий надвиг.



**Рис. 4.** Положение эпицентров сильнейших землетрясений Восточной зоны Северного Кавказа с диаграммами механизмов очагов (номера в соответствии с [24]) на схеме расположения основных разрывных структур Дагестана и прилегающих территорий, заимствованной в [25])

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; краевые прогибы: 14 – Кусарский; структуры Дагестанского клина: 15 – 17. Разломы, обозначенные цифрами: 1 – 18, 19 – Цхинвали-Казбекский глубинный разлом (подробнее см. в [27]).

В центральной части Большого Кавказа продолжалась разрядка накопившихся напряжений в очаговой зоне разрушительного Чхалтинского землетрясения 16.07.1963 г., которая уже была частично реализована в 2013 г. дуплетом Домбайских землетрясений [26]. В 2015 г. в 13 км южнее пос. Домбай зарегистрировано землетрясение 14 сентября в 09<sup>h</sup>07<sup>m</sup> с  $K_p=11.1$ , за которым в течение двух последующих дней последовало семь афтершоков с  $K_p=6.0-7.6$ . Главный толчок ощущался в гг. Сочи и Карачаевске – 3 балла; в гг. Черкесске, Кисловодске и ст. Ессентукская – 2–3 балла. Механизм очага этого землетрясения (№ 9 на рис. 4) построен по знакам первого движения в Р-волне на 30 станциях, удаленных от эпицентра на расстояния от 0.12° до 10° и хорошо окружающих эпицентр. Движение в очаге произошло под действием близгоризонтальных сил сжатия, направленных субмеридионально. Тип движения в очаге – взбросо-сдвиг: по плоскости NP1 – южное крыло разрыва – левый взбросо-сдвиг, по плоскости NP2 – северное крыло раз-

рыва – правый взбросо-сдвиг. Обе плоскости имеют субширотное простирание. Такие простирания нодальных плоскостей и тип движения в очаге находятся в хорошем согласии с геодинамической обстановкой Большого Кавказа и, в то же время, подобны механизму разрушительного Чхалтинского землетрясения 1963 г. [27].

В западной части Большого Кавказа наиболее заметным было землетрясение 16 августа в районе Анапского грабена (рис. 5). Механизм очага землетрясения 16 августа, положение эпицентра которого приурочено к Анапскому грабену, представлен сбросо-сдвигом (№ 6 на рис. 3, рис. 5). Подвижка в очаге произошла под действием растягивающих напряжений, направленных субмеридионально. Круто падающая плоскость  $NP1$  субширотного простирания, вероятно, может рассматриваться как действующая плоскость разрыва.

Тектоническая позиция очага землетрясения 16 августа определена следующим: «Вблизи меридиана у г. Анапа установлено периклинальное замыкание складчатого сооружения Северо-Западного Кавказа. Восточнее Анапской флексуры горное сооружение образовано горстами, разделенными несколькими грабенами. В складчатой структуре на новейшем этапе здесь произошла смена условий северо-восточного сжатия на растяжение. В условиях растяжения сформированы Цемесский и Анапский грабены, также заложенные на доорогенных антиклиналях» [28, 29].

**II – Западно-Кубанский передовой прогиб.** Здесь зарегистрированы три землетрясения: 28 февраля в  $19^h32^m$  с  $K_p=7.3$ , 18 марта в  $09^h47^m$  с  $K_p=9.5$  и 15 мая в  $19^h41^m$  с  $K_p=8.0$ . Самое заметное из них произошло в 10 км к северо-западу от станции Варениковская, эпицентр его приурочен к Ахтырской флексурной зоне (рис. 5).

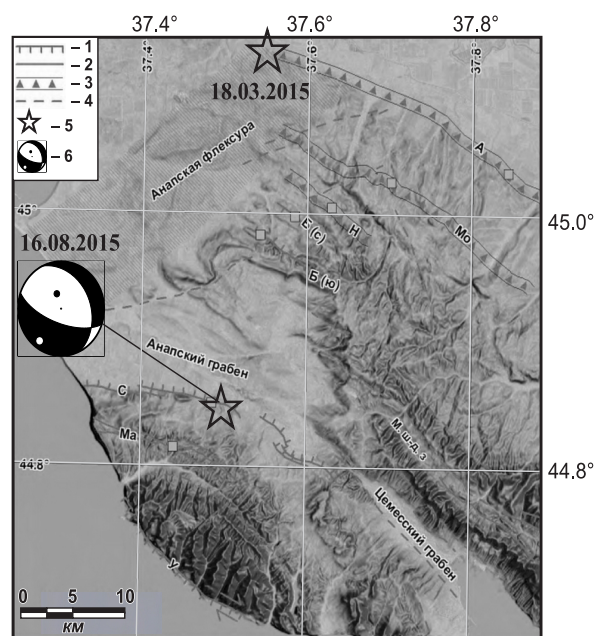


Рис. 5. Положение эпицентров двух землетрясений, 18.03.2015 г. и 16.08.2015 г., и диаграмма механизма очага землетрясения 16.08.2015 г. на фоне активных геологических структур Анапского сейсмоактивного района из [25]

1 – преимущественно сбросы; 2 – преимущественно сдвиги; 3 – флексуры; 4 – низкоактивные и предполагаемые нарушения; 5 – эпицентры землетрясений; 6 – диаграмма механизма очага. Зоны разломов: А – Ахтырская; Мо – Молдавановская; Н – Неберджаевская; Б (с) – Бабичевский (северная ветвь); Б (ю) – Бабичевский (южная ветвь); С – Супсехский; Ма – Марфовский; У – Утришский. М. ш.-д. з. – Михайловская шовно-депрессионная зона приразрывных грабенов.

**III – Терско-Каспийский (ТК) передовой прогиб.** В этой зоне произошло самое большое число землетрясений ( $N=1021$ ), однако по выделенной энергии она заняла лишь третье место после Куринского прогиба и Большого

Кавказа. Для четырех землетрясений рассчитаны механизмы очагов. Землетрясение 1 января в  $11^h21^m$  с  $K_p=10.8$ ,  $h=77$  км (№ 1 на рис. 4), приуроченное к Чеченской синклинали впадине ТК в области пересечения ее Цхинвали-Казбекским глубинным разломом, и событие 26 февраля в  $03^h45^m$  с  $K_p=9.6$ ,  $h=95$  км (№ 4 на рис. 4), произошедшее на территории Грозненской синклинали впадины ТК, – оба представлены сбросами. Два других землетрясения: 22 января в  $23^h19^m$  с  $K_p=10.7$ ,  $h=12$  км (№ 2 на рис. 4) и 12 сентября в  $02^h08^m$  с  $K_p=10$ , локализованные в пределах Притеречной антиклинальной зоны, представлены взбросами.

Более половины землетрясений имели энергетические классы в интервале  $K_p=2\div 6$ . Значительная часть из них реализовалась на границе с Дагестанским клином, другая часть локализована в пределах диагональных зон, пересекающих центральную часть прогиба с северо-запада на юго-восток: Бенойско-Эльдаровской и Даттых-Ахловской диагональных шовных зон [29].

**IV – Дагестанский клин.** Эта территория в 2015 г. отличалась проявлениями слабой сейсмичности, максимальные землетрясения имели  $K_p=9.5$ . Как уже отмечалось, основная часть слабых землетрясений произошла в приграничной зоне внедрения Дагестанского клина в ТК прогиб. Самое сильное землетрясение произошло 8 ноября в  $13^h18^m$  с  $K_p=9.5$  в юго-восточной части



в зоне сочленения со структурами БК. В центральной части зоны сочленения с ТК прогибом наиболее заметным было землетрясение 26 декабря в 20<sup>h</sup>24<sup>m</sup> с  $K_p=9.0$ .

**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 два землетрясения имели  $K_p=10.0$  (15 февраля в 22<sup>h</sup>11<sup>m</sup>) и  $K_p=9.7$  (7 июля в 06<sup>h</sup>56<sup>m</sup>). Оба землетрясения были ощутимыми: первое ощущалось в Кисловодске, Пятигорске, Ессентуках с интенсивностью 3–4 балла, второе – в Нальчике – 2 балла.

**VI – Ставропольский свод.** На территории этого структурного элемента реализовалось девять землетрясений с  $K_p=5.7 \div 11.3$ . Сильнейшее из них произошло 3 ноября в 17<sup>h</sup>43<sup>m</sup> с  $K_p=11.3$ ,  $h=5$  км (№ 11 на рис. 3) в юго-западной части Ставропольского свода – крупной структуры Скифской платформы. На восточной границе свода зафиксировано еще одно заметное землетрясение, 30 января в 08<sup>h</sup>53<sup>m</sup> с  $K_p=10.0$  и  $h=5$  км. В Кочубеевском районе в 2012 г. близко к очагу землетрясения 3 ноября реализовалось Заветненское землетрясение 2 мая 2012 г. с  $K_p=11.2$  [18], что говорит об активности этой зоны, приуроченной по Милановскому [30] к Армавиру-Невинномысской зоне глубинных нарушений сдвигового типа. Полученный по знакам первого движения механизм очага представлен взбросо-сдвигом (рис. 6): по плоскости  $NP1$  – взброс с компонентами правостороннего сдвига, по  $NP2$  – левосторонний сдвиг-взброс. Простираание  $NP1$  согласуется с простираанием одного из разломов Армавиру-Невинномысской зоны.

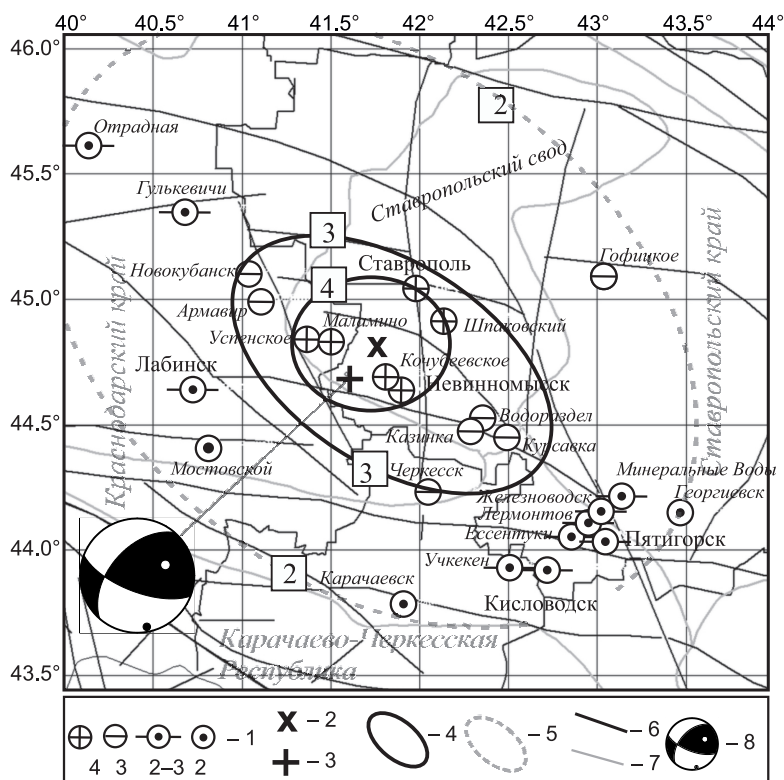


Рис. 6. Макросейсмическое поле и механизм очага землетрясения 3 ноября на Ставропольском своде

1 – интенсивность в населенных пунктах; 2 – макросейсмический очаг; 3 – инструментальный очаг; 4 – уверенно построенные изосейсты; 5 – неуверенно построенные изосейсты; 6 – линии разломов по Е.А. Рогожину; 7 – границы тектонических структур по Хайну; 8 – диаграмма механизма очага.

Землетрясение 3 ноября ощущалось на территории Ставропольского края, а также восточной части Краснодарского края и северной части Карачаево-Черкесской Республики. Сведения о макросейсмических проявлениях были предоставлены по запросу в лабораторию сейсмического мониторинга КМВ из ЦУКСов Ставропольского края (Центр управления в кризисных ситуациях Главного управления Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий России по Ставропольскому краю), Краснодарского края и Карачаево-Черкессии (табл. 4). Ниже дано их описание в порядке уменьшения интенсивности сотрясений.



Макросейсмический эпицентр землетрясения находился на территории Ставропольского края, в Кочубеевском районе, севернее с. Заветное (44.79°N, 41.75°E). Он определен как геометрический центр области, окруженной 4-балльной изосейстой, наиболее полно представленной данными пунктов-баллов.

Таблица 4. Макросейсмические данные о землетрясении 3 ноября 2015 г. с  $K_p=11.3$

№	Пункт	$\Delta$ , км	Координаты пункта	
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E
<b>4 балла</b>				
1	Кочубеевский р-н	9	44.700	41.700
2	с. Маламино	15	44.829	41.516
3	с. Успенское	22	44.835	41.392
4	г. Невинномысск	28	44.633	41.934
5	г. Ставрополь	50	45.040	42.000
6	Шпаковский р-н	53	44.900	42.200
<b>3 балла</b>				
7	г. Армавир	50	44.996	41.121
8	с. Казинка	62	44.467	42.295
9	г. Новокубанск	62	45.100	41.050
10	с. Водораздел	64	44.515	42.362
11	г. Черкесск	64	44.230	42.050
12	с. Курсавка	77	44.456	42.506
13	с. Гофицкое	122	45.080	43.043

№	Пункт	$\Delta$ , км	Координаты пункта	
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E
<b>2-3 балла</b>				
14	г. Лабинск	68	44.640	40.728
15	г. Гулькевичи	101	45.354	40.695
16	с. Учккен	113	43.934	42.521
17	Минераловодский р-н	120	44.300	43.000
18	г. Ессентуки	124	44.050	42.857
19	г. Кисловодск	125	43.923	42.724
20	г. Лермонтов	128	44.115	42.979
21	г. Железноводск	129	44.143	43.017
22	г. Пятигорск	138	44.046	43.059
23	ст. Отрадная	153	45.616	40.133
<b>2 балла</b>				
24	пгт Мостовской	70	44.412	40.801
25	г. Карачаевск	106	43.780	41.920
26	Георгиевский р-н	158	44.300	43.500

Землетрясение ощущалось с интенсивностью **4 балла** на территории Ставропольского края в Кочубеевском и Шпаковском районах и городах Ставрополе и Невинномыске. Ощутили все жители. Слышали гул. Отмечена реакция предметов: звенела посуда, раскачивались люстры, горшки с комнатными растениями, покачивался монитор компьютера. Сидевшие на стульях ощутили толчок и короткое последующее колебание, незначительное сотрясение всего дома. В станице Кочубеевской ужинавший заметил, как перед ним на столе заколебался студень в тарелке. Во дворах поселений люди беспокоились, лаяли собаки. На территории Краснодарского края в Успенском районе (ст. Успенской и пос. Маламино) сотрясения ощутили многие, практически все жители района: слышали гул, сидящие почувствовали толчок, покачивались люстры, позванивали бокалы.

Интенсивностью **3 балла** землетрясение ощущалось в Андроповском районе Ставропольского края – в с. Казинка, с. Водораздел, с. Курсавка, с. Гофицкое, в г. Армавире, г. Новокубанске Краснодарского края и в г. Черкесске Карачаево-Черкесской Республики. Ощутили многие жители, слышали гул, как при движении тяжело нагруженного грузовика, покачивались люстры, позванивала посуда в шкафах, сидящих слабо качнуло.

Интенсивностью **2-3 балла** землетрясение ощущалось в городах Ставропольского края: Кисловодске, Ессентуках, Лермонтове, Пятигорске, Железноводске, Минераловодском районе, а также в г. Лабинске, г. Гулькевичи и ст. Отрадной Краснодарского края. Ощущали некоторые жители. На территории Малокарачаевского района и пос. Учккен заметили многие: звенела посуда, были ощущения, похожие на эффект от проезжающего мимо поезда.

Интенсивностью **2 балла** землетрясение ощущалось в Георгиевском районе Ставропольского края, в Мостовском районе Краснодарского края и в пгт Мостовском. Ощущали некоторые жители довольно слабо, в основном выше 1-го этажа, предметы не реагировали. На территории Карачаевского района и г. Карачаевска незначительно почувствовали некоторые жители.

На рис. 6 проведение 2-балльной изосейсты не может быть признано уверенным, но все же отметим, что она, а также 3-балльная изосейста показывают вытянутость с северо-запада на юго-восток (отношении полуосей  $l_a/l_b=1.50$ , у трехбалльной изосейсты –  $l_a/l_b=1.75$ ). Подобная ориентация изосейст отмечалась и по Заветненскому землетрясению 2 мая 2012 г. [18].

В восточной части зоны **VIII – структуры Скифской платформы**, ближе к **VII – Кумо-Маньчскому прогибу**, 15 января в  $12^h11^m$  с  $K_p=10.7$ ,  $h=10$  км произошло самое «северное» платформенное землетрясение в восточной части Северного Кавказа. Землетрясение ощущалось интенсивностью **3 балла** в с. Левокумское. Можно предположить индуцированный характер

землетрясения, т.к. в Левокумском и Нефтекумском районах Ставропольского края ведется промышленная добыча нефти.

В акватории **Чёрного моря (XVI)**, включая его юго-восточную часть, зарегистрировано 60 землетрясений с  $K_p=5.0-9.5$ . Они сгруппировались в трех зонах: Анапской ( $N_1=23$ ), Сочинско-Туапсинской ( $N_2=12$ ) и юго-восточной, в шельфовой части на территории Абхазии ( $N_3=29$ ).

В Анапской зоне регистрировалась слабая сейсмичность с  $K_p \leq 8.7$ .

В Сочинской зоне также отмечались лишь слабые землетрясения в интервале  $K_p=5.0-8.5$ .

Продолжался афтершоковый процесс от Восточно-Черноморского землетрясения 23.12.2012 г. с  $K_p=14.1$ ,  $M_{w_{per}}=6.0$ ,  $M_{w_{GCMT}}=5.8$ ,  $I_0^p=7-8$  [31] в шельфовой части на территории Абхазии. Как показано в работе [32], афтершоковый процесс этого землетрясения в Чёрном море обладает триггерной природой и не относится к релаксационному типу, т.е. его временные свойства не определяются только релаксацией напряжений в зоне разрыва и, таким образом, увеличивается длительность афтершокового процесса. В 2015 г. интенсивность афтершокового процесса значительно снизилась – только 24 землетрясения компактно произошли в границах  $\Delta\varphi=42.43^\circ N-42.53^\circ N$ ,  $\Delta\lambda=41.0^\circ E-41.16^\circ E$ . Два из них имели  $K_p=9.1-9.3$ .

В Азовском море (XVII) зарегистрированы три землетрясения: 17 марта в  $06^h54^m$  с  $K_p=8.0$ ,  $h=38$  км, 13 июня в  $11^h54^m$  с  $K_p=9.6$ ,  $h=21$  км и 5 июля в  $13^h23^m$  с  $K_p=10.6$ ,  $h=34$  км [11] (рис. 3). Наиболее значимым из них было третье, положение которого можно отнести к северному борту зоны Южно-Азовского разлома. На существование Южно-Азовского (а также Керченского или Правдинского) разлома в виде дуги, ограничивающей с севера Керченский и Таманский полуострова, и на связь с ним очагов разрушительных землетрясений в античное время и в средневековье указывал в своих работах А.А. Никонов [33, 34]. В частности, с этим глубинным разломом связывают очаг VIII–IX-балльного землетрясения 1751 г. [35].

В одном из последних исследований по микросейсмическому зондированию в Керченско-Таманском регионе Южно-Азовский разлом также рассматривается как активный. «В изученных разрезах молодых отложений в области разлома демонстрируется разнообразие структурных проявлений – в одних местах он представлен надвигами, в других – пологим сбросом и субвертикальным правым сдвигом» [36].

Построен механизм очага землетрясения 5 июля по знакам первого движения в  $P$ -волне на 28 станциях (№ 5 на рис. 3). Наиболее вероятное решение представлено косым левосторонним сдвиго-взбросом по плоскости  $NP1$  субмеридионального простирания и правосторонним сдвигом со взбросовой компонентой по плоскости  $NP2$  субширотного простирания. Параметры механизма представлены в приложении [24].

В Каспийском море (XVIII) в рамках региона регистрировалась слабая сейсмичность, энергетические классы землетрясений не превышали  $K_p=9.2$ .

**Заключение.** Оценена чувствительность сети по уровню сейсмического шума на станциях и характеру затухания энергии поперечных сейсмических волн. В 2015 г. на большей части территории региона сеть обеспечивала регистрацию землетрясения с  $K_p=7.0$ , в центральной (включая район Большого Сочи) и восточной частях региона регистрировались без пропусков землетрясения с  $K_p=6.0$ , а в отдельных локальных зонах – с  $K_p=5.5$ .

Наиболее сильные землетрясения 2015 г. произошли в Терско-Каспийском передовом прогибе (III), в восточной части Большого Кавказа (I), в Куринской депрессии (XIII) (рис. 3) и на Ставропольском своде. Особенностью проявления сейсмичности в 2015 г. является «оживление» очагов прошлых землетрясений. Например, в зоне Су-Псехского 10.12.2012 г. в районе Анапского грабена произошло землетрясение 16.08.2015 г.; в зоне Заветненского 02.05.2012 г. – осязаемое землетрясение 03.11.2015 г.; в зоне разрушительного Чхалтинского землетрясения 1963 г., вслед за дуплетом Домбайских землетрясений 2013 г., разрядка накопившейся энергии продолжена реализацией землетрясения 14.09.2015 г. с  $K_p=11.1$  с типичным для этой зоны механизмом очага. Этот ряд продолжает землетрясение 16.10.2015 г. в зоне сильных Барисахских землетрясений, одно из последних в этом районе – 23.10.1992 г. с  $M=6.3$  и  $I_0=8$  баллов.

В Терско-Каспийском прогибе, благодаря построению механизмов очагов ряда коровых и заглубленных землетрясений 2015 г., получена дополнительная информация к современным исследованиям сеймотектонической деформации в области «Грозненского сейсмогена» [37]. Ранее, по совокупностям фокальных механизмов землетрясений, для глубинного мантийного тела было установлено преобладание субгоризонтального удлинения в близмеридиональном

направлении. Когда как для верхнего этажа земной коры, согласно также совокупностям фокальных механизмов коровых землетрясений, – преобладание субгоризонтального сжатия вкрест простираения тектонических структур Большого Кавказа. Однако, по всей видимости, в «Грозненском сейсмогене» картина не столь однозначная, а более сложная и зависит, в том числе, от детальной структуры строения Терско-Каспийского прогиба и приуроченности очагов землетрясений к структурам разного знака.

В целом уровень сейсмичности в 2015 г. по известной шкале «СОУС-09» [12] был признан «фоновым средним» за более чем пятидесятичетырехлетний период инструментальных наблюдений.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках темы НИР № 0152-2020-0001 госзадания № 075-00576-21 ФИЦ ЕГС РАН с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира».

### Л и т е р а т у р а

1. 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
2. Габсатарова И.П., Королецки Л.Н., Селиванова Е.А., Артёмова Е.В., Каменская О.П. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 82–95.
3. Мехрюшев Д.Ю., Янков А.Ю., Погода Э.В., Даниялов М.Г., Габсатарова И.П., Пойгина С.Г. Сейсмические станции ФИЦ ЕГС РАН, работавшие на территории Северного Кавказа в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>
4. Габсатарова И.П., Ассиновская Б.А., Баранов С.В., Карпинский В.В., Мунирова Л.М., Надёжка Л.И., Петров С.И., Пивоваров С.П., Санина И.А. Восточно-Европейская платформа. Российская часть // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 199–207. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.19
5. Маловичко А.А., Габсатарова И.П., Дягилев Р.А., Мехрюшев Д.Ю., Зверева А.С. Оценка регистрационных возможностей сейсмической сети в западной части Северного Кавказа через геометрию сети и локальный уровень микросейсмических шумов // Сейсмические приборы. – 2020. – Т. 56, № 3. – С. 35–60.
6. Габсатарова И.П. Исследование пространственно-временных особенностей сейсмичности на Северном Кавказе: Дис. на соиск. уч. степ. к-та ф.-м. наук. – М.: ИФЗ РАН, 2011. – 178 с.
7. Калинин И.Н., Свидлова В.А., Сыччина З.Н., Бондарь М.Н. Сейсмичность Крыма в 2015 году // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. – Серия «География, Геология». – 2016. – Т. 2, № 4. – С. 7–52.
8. International Seismological Centre. (2021). 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. Краснопевцева Г.В. Глубинное строение Кавказского сейсмоактивного региона. – М.: Наука, 1984. – 109 с.
11. Габсатарова И.П., Королецки Л.Н., Адилов З.А., Цирихова Г.В. (отв. сост.); Александрова Л.И., Аскова З.А., Багаева С.С., Гамидова А.М., Головкова Л.В., Гричуха К.В., Девяткина Л.В., Дмитриева И.Ю., Зверева А.С., Иванова Л.Е., Калугина И.Ю., Косая В.В., Лещук Н.М., Мусалаева З.А., Павличенко И.Н., Петросян Э.Н., Сагателова Е.Ю., Селиванова Е.А. Каталог землетрясений и взрывов Северного Кавказа за 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>
12. Салтыков В.А., Кравченко Н.М., Пойгина С.Г., Воробаев П.В. Оценка уровня сейсмической активности регионов России // Землетрясения России в 2015 г. – Обнинск: ГС РАН, 2017. – С. 74–80.
13. Хаин В.Е. Кавказ. Тектоническая карта. – М: 1:5 500 000 // Большая Советская Энциклопедия. – М.: «Советская Энциклопедия». – 1973. – Т. 11. – С. 112–114.
14. Габсатарова И.П., Королецки Л.Н. (отв. сост.), Артёмова Е.В., Иванова Л.Е., Пономарёва Н.Л. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Северного Кавказа в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>



15. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
16. Пойгина С.Г., Артёмова Е.В., Бахтиярова Г.М., Лукаш Н.А. Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Северного Кавказа за 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>
17. Габсатарова И.П., Малянова Л.С., Селиванова Е.А., Якушева В.Н. Су-Псехское землетрясение 10 декабря 2012 г. с  $K_p=11.5$ ,  $M_{w\text{per}}=4.3$ ,  $I_0^p=5-6$  (Анапский сейсмоактивный район) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 420–432.
18. Габсатарова И.П., Королецки Л.Н., Иванова Л.Е., Селиванова Е.А. Землетрясения Заветненское 2 мая 2012 г. с  $K_p=11.2$ ,  $M_{w\text{per}}=4.3$ ,  $I_0^p=5$  и Воровсколесское-II 15 декабря 2012 г. с  $K_p=10.8$ ,  $M_{w\text{per}}=4.2$ ,  $I_0^p=4$  (Ставропольский край) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 323–331
19. Етермишли Г.Д., Абдуллаева Р.Р., Исмаилова С.С., Казымова С.Э. Сейсмичность Азербайджана // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 50–59. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.04
20. Лукк А.А., Шевченко В.И. Сейсмичность, тектоника и GPS-геодинамика Кавказа // Физика Земли. – 2019. – № 4. – С. 99–123. doi: <https://doi.org/10.31857/S0002-33372019499-123>
21. Кондорская Н.В., Шебалин Н.В. Новый каталог землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – 536 с.
22. Рогожин Е.А. Барисахское землетрясение 1992 г. на южном склоне Большого Кавказа: тектоническая позиция очага // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. – 1993. – № 1. – С. 148–151.
23. Махатадзе Л.Н., Мухадзе Т.И., Папалашвили В.Г. Землетрясение 23 октября 1992 года в Гудамакарском ущелье // Землетрясения Северной Евразии в 1992 году. – М.: ОИФЗ РАН, 1997. – С. 29–36.
24. Габсатарова И.П., Малянова Л.С. Каталог механизмов очагов землетрясений Северного Кавказа за 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>
25. 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.
26. 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.
27. Шебалин Н.В. Очаги сильных землетрясений на территории СССР. – М.: Наука, 1974. – С. 32–33.
28. Рогожин Е.А., Горбатиков А.В., Харазова Ю.В., Степанова М.Ю., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С., Сысолин А.И. Глубинное строение Анапской флексурно-разрывной зоны, Западный Кавказ // Геотектоника. – 2019. – № 5. – С. 3–11. doi: 10.31857/S0016-853X201953-11
29. 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.
30. 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.
31. Габсатарова И.П., Карпович Е.А., Королецки Л.Н., Войтова А.С., Каменская О.П. Восточно-Черноморское землетрясение 23 декабря 2012 г. с  $K_p=14.1$ ,  $M_{w\text{per}}=6.0$ ,  $M_{w\text{GCMT}}=5.8$ ,  $I_0^p=7-8$  (Чёрное море, Абхазия) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 433–443.
32. Баранов С.В., Габсатарова И.П. Афтершоковые процессы сильных землетрясений Западного Кавказа // Физика Земли. – 2015. – № 3. – С. 134–144.
33. Никонов А.А. Признаки молодой тектонической активности в зоне Южно-Азовского и Керченского разломов // Геотектоника. – 1994. – № 5. – С. 16–27.
34. Никонов А.А. Сейсмический потенциал Крымского региона: сравнение региональных карт и параметров известных событий // Физика Земли. – 2000. – № 7 – С. 53–62.
35. Никонов А.А. Разрушительное землетрясение 1751 г. в Крыму // Физика Земли. – 1996. – № 1. – С. 62–74.
36. Овсяченко А.Н., Горбатиков А.В., Рогожин Е.А., Андреева Н.В., Степанова М.Ю., Ларьков А.С., Сысолин А.И. Микросейсмическое зондирование и активные разломы Керченско-Таманского региона // Физика Земли. – 2019. – № 6. – С. 84–95.
37. Шевченко В.И., Лукк А.А. Глубокофокусные, мантийные землетрясения Восточной части Кавказского перешейка // Физика Земли. – 2020. – № 2. – С. 50–68.

## SEISMICITY of the NORTHERN CAUCASUS in 2015

I.P. Gabsatarova, L.N. Koroletski, L.E. Ivanova, A.A. Sayapina, S.S. Bagaeva,  
Z.M. Adilov, O.A. Asmanov

<sup>1</sup>GS RAS, Obninsk, Russia, ira@gstras.ru

<sup>2</sup>North Ossetian Branch of the GS RAS, Vladikavkaz, Russia, a\_sayapina@gstras.ru

<sup>3</sup>Dagestan branch of the GS RAS, Makhachkala, Russia, adilov79@mail.ru

**Abstract.** Seismic monitoring in the region in 2015 was carried out by a seismic network consisting of 59 stations. Digital equipment was installed at all stations in the second half of the year. The network capability was assessed by the level of seismic noise at the stations: in most of the region, the network provided registration of an earthquake from  $K_R=7.0$ , in the central (including the Greater Sochi region) and eastern parts of the region –  $K_R=6.0$ , and in some local zones with  $K_R=5.5$ . 2,276 earthquakes were registered, 17 earthquakes were felt in the settlements of the Caucasus. The maximum intensity VII at MSK-64 (SSI-17) scale was noted from the earthquake in the territory of Azerbaijan. The earthquake on November 3, which occurred on the platform territory within the Stavropol arch, felt IV at MSK-64. The strongest earthquakes were recorded in the Terek-Caspian and Kura troughs and in the eastern part of the Greater Caucasus. The seismicity of the North Caucasus in 2015 in accordance with the seismicity scale "SOU-09" was set as the "background average" for the observation period from 1962 to 2015.

**Keywords:** seismic station, feeling earthquake, focal mechanism, Tersko-Caspian trough, Greater Caucasus, seismicity level scale, "background average" seismicity.

**DOI:** 10.35540/1818-6254.2021.24.06

**For citation:** Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., Ivanova, L.E., 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

## References

1. Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., Ivanova, L.E., 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
2. Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., Selivanova, E.A., Artemova, E.V., & Kamenskaya, O.P. (2019). [Northern Caucasus]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), 82–95. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.07
3. Mekhryushev, D.Yu., Yankov, A.Yu., Pogoda, E.V., Daniyalov, M.G., Gabsatarova, I.P., & Poygina, S.G. (2021). [Seismic stations of the GS RAS, operating in the Northern Caucasus in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.ceme.gstras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).
4. Gabsatarova, I.P., Assinovskaya, B.A., Baranov, S.V., Karpinsky, V.V., Mehryushev, D.Yu., Munirova, L.M., Nadezhka, L.I., Petrov, S.I., Pivovarov, S.P., & Sanina, I.A. (2020). [East European platform. Russian part]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 199–207. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.19
5. Malovichko, A.A., Gabsatarova, I.P., Dyagilev, R.A., Mekhryushev, D.Yu., & Zvereva, A.S. (2021). Evaluation of the Detection and Location Capability of the Seismic Network in the Western Part of the North Caucasus Using Network Layout and Local Microseismic Noise Level. *Seismic Instruments*, 57(2), 209–230. doi: 10.3103/S0747923921020274
6. 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.).
7. Kalinyuk, I.N., Svidlova, V.A., Sykchina, Z.N., & Bondar, M.N. (2016). [Seismicity of Crimea in 2015]. *Uchenyye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Seriya «Geografiia»* [Scientific notes of the Taurida National University named after V.I. Vernadsky. Series "Geography"], 2(68), 4, 7–52. (In Russ.).
8. International Seismological Centre. (2021). On-line Bulletin. <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. 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.).
11. Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., Adilov, Z.A., Tsirikhova, G.V., Aleksandrova, L.I., Asekova, Z.A., Bagaeva, S.S., Gamidova, A.M., Golovkova, L.V., Grichukha, K.V., Devyatkina, L.V., Dmitrieva, I.Yu., Zvereva, A.S., Ivanova, L.E., Kalugina, I.Yu., Kosaya, V.V., Leschuk, N.M., Musalaeva, Z.A., Pavlichenko, I.N., Petrosyan, E.N., Sagatelova, E.Yu., & Selivanova, E.A. (2021). [Catalog of earthquakes and explosions of the Northern Caucasus for 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).
12. Saltykov, V.A., Kravchenko, N.M., Poygina, S.G., & Voropaev, P.V. (2017). [Evaluation of the level of seismic activity of the Russian regions]. In *Zemletriaseniia Rossii v 2015 godu* [Earthquakes in Russia, 2015] (pp. 74–80). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
13. 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.).
14. Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., Artemova, E.V., Ivanova, L.E., & Ponomareva, N.L. (2021). [Macro-seismic effect of feeling earthquakes of the Northern Caucasus in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).
15. 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.).
16. Poygina, S.G., Artemova, E.V., Bakhtiarova, G.M., & Lukash, N.A. (2021). [Information about the points for which there is information about the macroseismic manifestations of tangible Northern Caucasus earthquakes for 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).
17. Gabsatarova, I.P., Malyanova, L.S., Selivanova, E.A., & Yakusheva, V.N. (2018). [Su-Psekh earthquake on December 10, 2012 with  $K_R=11.5$ ,  $M_{w\text{reg}}=4.3$ ,  $I_0^P=5-6$  (Anap seismoactive area)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21(2012), 420–432. (In Russ.).
18. Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., Ivanova, L.E., & Selivanova, E.A. (2018). [Zavetnoye earthquake on May 2, 2012 with  $K_R=11.2$ ,  $M_{w\text{reg}}=4.3$ ,  $I_0^P=5$  and Vorovskoleskaya-II earthquake December 15, 2012 with  $K_R=10.8$ ,  $M_{w\text{reg}}=4.2$ ,  $I_0^P=4$  (Stavropol region)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21(2012), 323–331. (In Russ.).
19. Yetirmishli, G.D., Abdullayeva, R.R., Ismaylova, S.S., & Kazymova, S.E. (2021). [Azerbaijan]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 50–59. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.04
20. Lukk, A.A., & Shevchenko, V.I. (2019). Seismicity, Tectonics, and GPS Geodynamics of the Caucasus. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*, 55(4), 626–648. doi: 10.31857/S0002-33372019499-123
21. Kondorskaya, N.V., & Shebalin, N.V. (1977). [New catalog of strong earthquake in the USSR from ancient times through 1975]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 536 p. (In Russ.).
22. Rogozhin, E.A. (1993). *Barisakhskiye zemletryaseniye 1992 g. na yuzhnom sklone Bol'shogo Kavkaza: tektoni-cheskaya pozitsiya ochaga* [The 1992 Barisakh earthquake on the southern slope of the Greater Caucasus: tectonic position of the source]. *Seysmichnost' i seysmicheskoye rayonirovaniye Severnoy Evrazii* [Seismicity and seismic zoning of Northern Eurasia]. Moscow, Russia: IFZ RAS Publ., 148–151. (In Russ.).
23. Makhatadze, L.N., Mukhadze, T.I., & Papalashvili, V.G. (1997). [Earthquake on October 23, 1992 in the Guda-Makarsky gorge]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 1992 godu* [Earthquakes of Northern Eurasia, 1992] (pp. 29–36). Moscow, Russia: OIFZ RAS Publ. (In Russ.).
24. Gabsatarova, I.P., & Malyanova, L.S. (2021). [Catalog of focal mechanisms of earthquakes in the Northern Caucasus for 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).
25. 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.).
26. Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., & Malyanova, L.S. (2019). [Doublet of the Dombai earthquakes of 2013 in the focal zone of the Chkhalta earthquake of 1963]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), 362–369. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.32 (In Russ.).
27. Shebalin, N.V. (1974). *Ochagi sil'nykh zemletryasenyi na territorii SSSR* [The focuses of strong earthquakes on the territory of the USSR]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 32–33. (In Russ.).
28. Rogozhin, E.A., Gorbatikov, A.V., Kharazova, Y.V., Stepanova, M.Y., Chen, J., Ovsyuchenko, A.N., & Sysolin, A.I. (2019). Deep structure of the Anapa flexural-rupture zone, Western Caucasus. *Geotectonics*, 53(5), 541–547.



29. Nesmeyanov, S.A., Lutikov, A.I., Shchukin, Yu.K., & Dontsova, G.Yu. (1996). [Seismogenic structures]. In Kompleksnaya otsenka seismicheskoy opasnosti territorii g. Groznyy [Comprehensive assessment of seismic hazard in the territory of the city of Grozny] (pp. 38–47). Moscow, Russia: Ministry of Construction of Russia Publ. (In Russ.).
30. Milanovsky, E.E., Rastsvetaev, L.M., Kukhmazov, S.U., Birman, A.S., Kurdin, N.N., Simako, V.G., & Tveritina, T.Yu. (1989). In *Noveyshaya geodinamika El'brussko-Mineralovodskoy oblasti Severnogo Kavkaza* [The latest geodynamics of the Elbrus-Mineralovodsk region of the North Caucasus]. *Geodinamika Kavkaza* [Geodynamics of the Caucasus] (pp. 99–105). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
31. Gabsatarova, I.P., Karpovich, Ye.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)]. *Zemletriasiia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21(2012), 433–443. (In Russ.).
32. Baranov, S.V., & Gabsatarova, I.P. (2015). The aftershock processes of strong earthquakes in the Western Caucasus. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*, 51(3), 448–458.
33. Nikonov, A.A. (1994). Signs of young tectonic activity in the zone of the South Azov and Kerch faults. *Geotektonika*, 5, 16–27.
34. Nikonov, A.A. (2000). Seismic potential of the Crimean region: comparison of regional maps and parameters of known events. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*, 7, 53–62.
35. Nikonov, A.A. (1996). Destructive earthquake of 1751 in the Crimea. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*, 1, 62–74.
36. Ovsyuchenko, A.N., Gorbatikov, A.V., Rogozhin, E.A., Andreeva, N.V., Stepanova, M.Y., Lar'kov, A.S., & Sysolin, A.I. (2019). Microseismic sounding and active faults of the Kerch-Taman region. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*, 6, 84–95.
37. Shevchenko, V.I., & Lukk, A.A. (2020). Deep-focus mantle earthquakes in the eastern part of the Caucasian isthmus. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*, 2, 50–68.