

УДК 550.348. (470.6)

СЕЙСМИЧНОСТЬ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА в 2020 году

И.П. Габсатарова¹, Л.Н. Королецки¹, А.А. Саяпина², С.С. Багаева²,
З.М. Адилев³, О.А. Асманов³

¹ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия, ira@gsras.ru; korol@gsras.ru

²Северо-Осетинский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Владикавказ, Россия, a_sayapina@gsras.ru

³Дагестанский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Махачкала, Россия, adilov79@mail.ru

Аннотация. Сейсмический мониторинг на территории Северного Кавказа в 2020 г. производился сейсмической сетью, состоящей из 63 станций. На большей части территории сеть обеспечивала представительную регистрацию землетрясений с $K_p \geq 7.0$, в ее центральной (включая район Большого Сочи) и восточной частях – с $K_p \geq 6.0$, а в отдельных локальных зонах – с $K_p \geq 5.5$. В целом в регионе и окрестностях зарегистрировано 3685 землетрясений с $K_p = 1.7–12.9$. В населенных пунктах Кавказа ощутимыми были 16 землетрясений. Максимальная интенсивность сотрясений $I_{\max} = 5–6$ баллов по шкале MSK-64 была отмечена от землетрясения 12 декабря с $K_p = 12.9$ в населенных пунктах Чеченской Республики (Терско-Каспийский передовой прогиб). На территории Северной Осетии (Большой Кавказ) 26 января произошло Верхне-Фиагдонское землетрясение с $K_p = 11.1$, ощущавшееся в населенных пунктах максимально до 4–5 баллов. Два ощутимые землетрясения были зарегистрированы 1 сентября с $K_p = 10.8$ и 12 декабря с $K_p = 10.5$ в Чёрном море. С максимальной ощутимостью, 5 баллов и 4–5 баллов соответственно, они проявились в населенных пунктах Краснодарского края. Сейсмичность Северного Кавказа в 2020 г. в соответствии со шкалой уровня сейсмичности «СОУС-09» установлена как «фоновая средняя» за период наблюдений с 1962 г. по 2020 год.

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

Для цитирования: Габсатарова И.П., Королецки Л.Н., Саяпина А.А., Багаева С.С., Адилев З.М., Асманов О.А. Сейсмичность Северного Кавказа в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 69–80. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.06> EDN: DPWUCN

Введение. В 2020 г. сейсмический мониторинг территории Северного Кавказа осуществлялся, как и ранее [1], несколькими подразделениями ФИЦ ЕГС РАН: Центральным отделением (код сети и информационно-обрабатывающего центра OBGSR), станцией «Кисловодск», Дагестанским (DAGSR) и Северо-Осетинским (NOGSR) филиалами. В Центральном отделении подготовлен «Сводный каталог землетрясений Северного Кавказа» в границах зоны ответственности (рис. 1), в котором содержатся данные указанных центров с выбором предпочтительного решения по каждому гипоцентру и удалением дублей, проводится разбиение землетрясений по принадлежности к тектоническим зонам Кавказа [2], рассчитаны механизмы очагов, исследованы спектральные и динамические очагов наиболее сильных землетрясений (Прил. 3 и 6), описание параметров которых приводится в отдельной статье [3].

Целью настоящей статьи является анализ пространственного и временного распределения сейсмичности Северного Кавказа в 2020 г. по материалам каталога (Прил. 2), сопоставление его с основными тектоническими структурами региона и сейсмичностью за предварающий период.

Сейсмическая сеть в регионе в 2020 г. состояла из 63 станций, принадлежащих сетям NOGSR, DAGSR и OBGSR (Прил. 1). Все станции были оснащены цифровым оборудованием, подключены к сети Интернет и передавали информацию в центры обработки данных в режиме, близком к реальному времени. Положение станций показано на рис. 1 совместно с изолиниями минимальных регистрируемых энергетических классов (K_{pmin}), полученных с учетом среднегодового уровня шума в местах размещения станций [4].

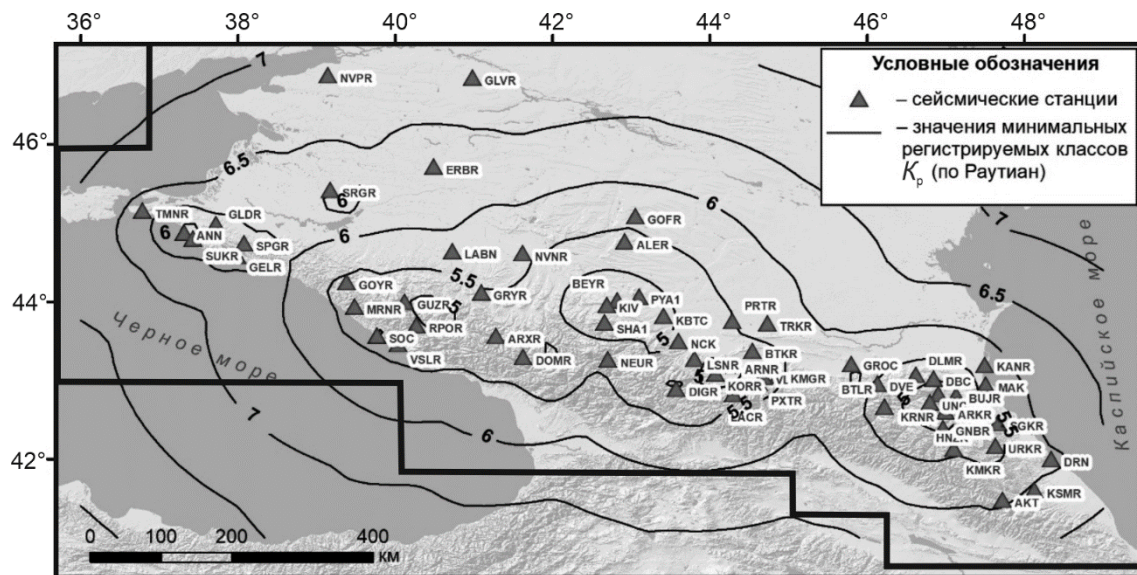


Рис. 1. Сейсмическая сеть Северного Кавказа в 2020 г. и ее расчетная чувствительность с изолиниями минимальных регистрируемых (представительных) энергетических классов (K_{pmin}), полученных с учетом среднегодового уровня шума в местах размещения станций

Ломаная черная линия показывает границы региона Северный Кавказ.

Состав сетей OBGSR и NOGSR в центральной части региона и сети DAGSR в восточной части региона не изменился по сравнению с [1], но частично произведена модернизация оборудования: на станциях GNBR и DBC в начале года установлено новое регистрационное оборудование «Ермак-5». Сеть KMGR (станция «Кисловодск») в 2020 г., по сравнению с 2019 г. [1], претерпела изменения: из-за высокого уровня сейсмического шума с 3 марта временно, до нахождения нового места, закрыта станция «Архыз» (ARXR). Большинство станций имеет средний уровень шумов в сравнении со среднемировыми оценками по Дж. Петерсону [5]. Оценка регистрационных возможностей сетей Северного Кавказа, полученная с учетом среднегодового уровня шума в местах размещения станций и функции затухания, представлена на рис. 1. В 2020 г. на большей части территории региона объединенная сеть станций обеспечивала регистрацию без пропусков землетрясений с $K_p=7.0$ и выше, в западной (включая район Большого Сочи) и восточной частях региона представительными были землетрясения с $K_p=6.0$ и выше, а в отдельных локальных зонах (Сочи-Краснополянской, в Кавминводской, центральной части Северной Осетии–Алании, центральной части Дагестана) – с $K_p=5.5$ и выше.

Методика обработки сейсмических записей и получения параметров гипоцентров сейсмических событий, подробно описанная в [6], в основном осталась прежней.

Общая характеристика сейсмичности. В результате сводной обработки землетрясений на территории Северного Кавказа, в утвержденных ранее границах (рис. 1) было локализовано и включено в каталог 3461 землетрясение (Прил. 2). Вне этих рамок (вне зоны ответственности) обработаны и локализованы еще 224 землетрясения с $K_p=6.2–11.5$. Все они отмечены в каталоге меткой «вне» в отдельной графе. Минимальный энергетический класс в каталоге (Прил. 2) ($K_{min}=1.7$) характеризует микроземлетрясение, произошедшее 27 января 2020 г. в 10^h57^m в Дагестане (в 9 км от Унцукуля), максимальный класс в 2020 г. – $K_{max}=12.9$ самого сильного землетрясения в Северо-Кавказском регионе, ощущавшегося в населенных пунктах Чеченской Республики с интенсивностью до 5–6 баллов. Через 14 часов после основного толчка произошел сильнейший афтершок с $K_p=12.3$, вызвавший сотрясения от 2–3 до 5 баллов. Более детальная информация об этих землетрясениях приведена в статье [7] настоящего журнала.

Сравнительный анализ сейсмической энергии, выделившейся за 2010–2020 гг. на территории Северного Кавказа в границах региона (рис. 2), показал, что ее значение за 2020 г. ($\Sigma E=133 \cdot 10^{11}$ Дж) немного выше, чем в 2019 г., но ниже годовых значений в период 2016–2018 гг. С учетом сопредельных районов Грузии, Армении, Турции и Азербайджана, суммарная выделившаяся сейсмическая энергия в 2020 г. составила $\Sigma E=140 \cdot 10^{11}$ Дж.

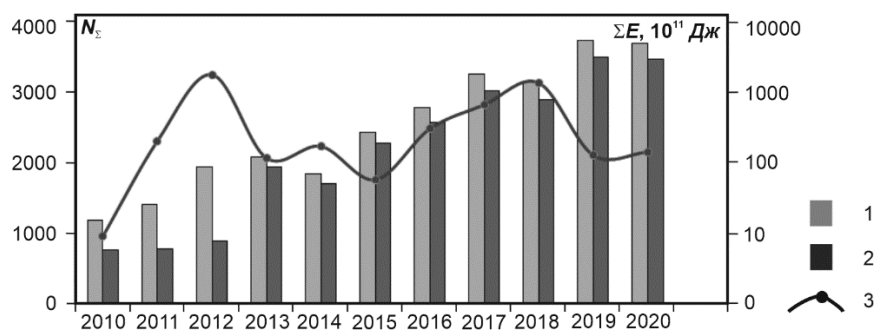


Рис. 2. График распределения по годам (с 2010 г. по 2020 г.) числа землетрясений N_{Σ} (1) Северного Кавказа, включая сопредельные территории, числа землетрясений N_{Σ} (2) непосредственно в границах региона, и суммарной сейсмической энергии ΣE , 10^{11} Дж (3)

Уровень сейсмичности 2020 г. по выделенной сейсмической энергии, в сравнении с ежегодно выделяемой за последние 58 лет инструментальных наблюдений, в регионе оценен как «фоновый средний». Находясь в одной градации шкалы «СОУС'09» [8, 9], 2020 г. не превысил отметки максимального уровня «фоновое среднего» и, тем более, значения 2012 года. Хотя по суммарному числу зарегистрированных землетрясений на Северном Кавказе за последние десять лет отмечается заметный рост числа зарегистрированных землетрясений (рис. 2), это объясняется ростом числа сейсмических станций и, в связи с этим, возросшей чувствительностью сети при регистрации слабых землетрясений.

Карта эпицентров землетрясений с $K_p \geq 6.6$, зарегистрированных в 2020 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, сейсмичность проявлялась главным образом в Анапской и Сочинско-Краснополянской зонах. Техногенные события в основном регистрировались в тектоническом районе V – Предкавказской моноклинали, но они не включены в каталог.

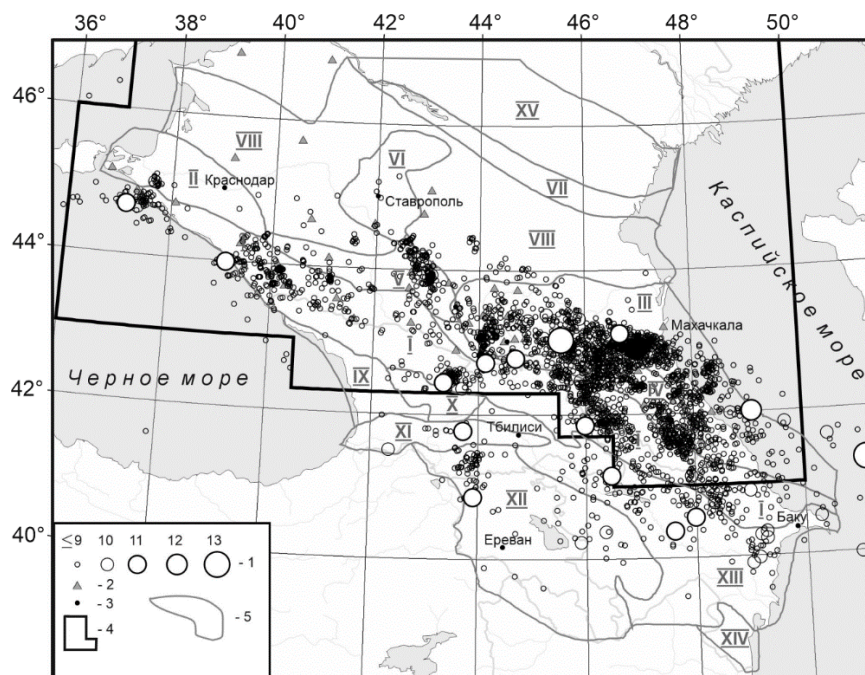


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Северного Кавказа и сопредельных территорий с $K_p \geq 6.6$ за 2020 г. в границах тектонических структур по В.Е. Хаину [2]

1 – энергетический класс K_p ; 2 – сейсмическая станция; 3 – населенный пункт; 4 – границы региона; 5 – тектонические зоны: I – Большой Кавказ, II – Западно-Кубанский передовой прогиб, III – Терско-Каспийский передовой прогиб, IV – Дагестанский клин, V – моноклинал Предкавказья, VI – Ставропольский свод, VII – Кумо-Манычский 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, XVI – Чёрное море, XVII – Азовское море, XVIII – Каспийское море.

Большая часть землетрясений (99 %) имела коровые глубины ($h \leq 70$ км), из них 45.6 % очагов локализовано на глубинах $h \leq 10$ км, 38.9 % – в интервале глубин $h=11-20$ км, 10.8 % – $h=21-30$ км, 4.6 % – $h=31-69$ км. С промежуточной глубиной очага, в диапазоне глубин $h=70-130$ км, локализовано 33 землетрясения: на территории Терско-Каспийского прогиба в Чеченской Республике, одно – на Большом Кавказе, одно землетрясение – в Каспийском море (Прил. 2).

Ниже приводятся сведения о проявлениях сейсмичности Северного Кавказа в границах тектонических структур по В.Е. Хаину [2], а также прилегающих частей акваторий Чёрного и Каспийского морей (табл. 1, рис. 3) (в границах региона).

Таблица 1. Распределение землетрясений Северного Кавказа по энергетическим классам K_p и суммарной сейсмической энергии ΣE по тектоническим структурам [2] в 2020 г.

№	Район	K _p														N _Σ	ΣE, 10 ¹¹ Дж
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
I	Большой Кавказ	–	4	39	157	306	202	92	23	8	3	–	–	–	834	3.39905	
II	Западно-Кубанский прогиб	–	–	–	5	3	4	6	–	1	–	–	–	–	19	0.08451	
III	Терско-Каспийский прогиб	4	65	214	315	445	332	148	46	10	2	3	1	–	1585	127.5604	
IV	Дагестанский клин	3	15	59	171	207	107	23	10	3	1	–	–	–	599	0.79530	
V	Предкавказская моноклиналь	3	37	84	58	33	18	3	2	2	–	–	–	–	240	0.15520	
VI	Ставропольский свод	–	–	–	–	3	2	2	1	–	–	–	–	–	8	0.00562	
VIII	Скифская платформа	–	2	6	10	25	23	6	2	–	–	–	–	–	74	0.01746	
IX	Рионский межгорный прогиб	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	1	0.00013	
X	Джавахетское нагорье	–	–	–	–	2	2	–	2	–	–	–	–	–	6	0.01932	
XIII	Куринский и Нижнеараксин- ский прогибы	–	–	–	–	3	13	–	2	–	–	–	–	–	23	0.03377	
XVI	Чёрное море	–	–	–	4	15	24	9	3	1	2				58	1.61917	
XVIII	Каспийское море	–	–	–	–	–	4	8	1	1	–	–	–	–	14	0.06308	
	Сумма	10	123	402	720	1042	732	302	92	26	8	3	1	–	3461	133.753	

Самое большое число землетрясений, 46 % от общего количества за год, зарегистрировано в зоне Терско-Каспийского прогиба (80 % из которых – слабые события с $K_p \leq 7$). На втором месте по выделенной энергии находится зона Большого Кавказа.

Макросейсмические сведения. Наиболее сильные и ощутимые землетрясения зарегистрированы в РФ на территории Восточного Кавказа – в Чеченской Республике и в Каспийском море, в структурах Терско-Каспийского передового прогиба, уходящих в море. 16 землетрясений с $K_p=7.8-12.9$ ощущались в населенных пунктах Северного Кавказа с интенсивностью от 1 до 5–6 баллов (Прил. 4 и 5). Самое сильное землетрясение в регионе с $K_p=12.9$ произошло 12 декабря в 21^h29^m на глубине $h=20$ км, эпицентр находился в южной части территории Чеченской Республики на границе Терско-Каспийского прогиба и Большого Кавказа. Землетрясение вызвало максимальные сотрясения в Мартан-Чу, Танги-Чу, Рошни-Чу, Урус-Мартане, Гехи интенсивностью 5–6 баллов; Гой-Чу, Гойты, Шалажи, Валерике, Катар-Юрте, Алхан-Юрте, Алхан-Кале, Гикало, Чечен-Ауле, Закан-Юрте, Ачхой-Мартане, Грозном, Ассиновской – 5 баллов по шкале MSK-64 [10] и сопровождалось афтершоками, четыре из которых были сильными и ощутимыми. Самый сильный афтершок с $K_p=12.3$ произошел через 14 часов после основного толчка и ощущался в Урус-Мартане, Чечен-Ауле, Грозном, Ачхой-Мартане, Старых Атагах с интенсивностью 5 баллов. Ранее, 28.07.1976 г., в этой зоне произошло сильное Черногорское землетрясение с $M=6.3$ [11]). Детальный анализ сейсмичности в этой зоне представлен в отдельной статье настоящего журнала [7].

Два заметных землетрясения с очагами в Чёрном море ощущались в прибрежных населенных пунктах Краснодарского края: 1 сентября в 00^h59^m с $K_p=10.8$ и $h=7$ км с максимальной интенсивностью сотрясений $I_{\max}=5$ баллов в Туапсе и 12 декабря в 14^h54^m с $K_p=10.5$, $h=30$ км с максимальной интенсивностью сотрясений $I_{\max}=4-5$ баллов в Су-Псехе и Варваровке [12]. На территории Республики Северная Осетия–Алания 26 января в 21^h01^m реализовалось Верхне-Фиагдонское землетрясение с $K_p=11.1$, $h=17$ км и $I_{\max}=4-5$ баллов в Хидикусе, Лаце, Урикау,

Верхнем Фиагдоне, Верхнем Унале [13, 15]. В Ингушетии 24 мая в 12^h33^m зарегистрировано Джейрахское землетрясение с $K_p=10.7$ и $h=20$ км, вызвавшее сотрясения с максимальной интенсивностью 4 балла в Верхнем и Нижнем Ларсе [14, 15].

На территории Дагестана отмечено относительное затишье, произошли только четыре слабо ощутимые землетрясения, интенсивность сотрясений от которых в населенных пунктах не превышала 2–3 баллов. Самое сильное землетрясение с $K_p=10.7$ произошло 13 мая в 14^h51^m и ощущалось в Хасавюрте, Дылыме, Калининауле, Аксае, Карлан-Юрте с интенсивностью 2–3 балла. Для 32 наиболее сильных землетрясений приведены решения механизмов очагов (Прил. 3).

Сейсмичность в отдельных зонах Северного Кавказа. Рассмотрим более подробно сейсмичность в каждой тектонической зоне Северного Кавказа.

Зона I – Большой Кавказ (БК), как правило, наиболее сейсмоактивна, но в текущем году сейсмичность здесь была ниже, чем в Терско-Каспийском прогибе, что видно по значениям выделившейся сейсмической энергии (табл. 1). В БК зарегистрировано 894 землетрясения (из них 60 вне границ региона) с $K_p=3.0$ –11.1. Для семи землетрясений построены механизмы очагов, они представлены в Прил. 3 и описаны в статье [3] настоящего журнала. Типы их разнообразны: большая часть взбросы, но есть сбросы и сбросо-сдвиги.

В восточной части БК зарегистрировано 256 событий, вне рамок региона еще 59 землетрясений с $K_p \geq 8.5$, из них 27 событий – на приграничной с Азербайджаном территории. Регистрировалась в основном слабая сейсмичность, параметры 229 из них получены в Дагестанском филиале ФИЦ ЕГС РАН. Четыре самые сильные события с $K_p=9.6$ –10.0 произошли на территории Азербайджана: 21 января в 16^h53^m с $K_p=9.9$, 13 августа в 05^h21^m с $K_p=10.0$, 22 октября в 12^h52^m с $K_p=10.0$ и 25 декабря в 13^h14^m с $K_p=9.6$. В Дагестане вблизи с. Ахты 20 августа в 09^h51^m зарегистрировано землетрясение с $K_p=8.5$, его сопровождали форшок и четыре афтершока.

В центральной части БК 26 января в 21^h01^m с $K_p=11.1$ зарегистрировано ощутимое до $I=4$ –5 баллов Верхне-Фиагдонское землетрясение, ему посвящена отдельная статья настоящего журнала [15]. Согласно полученному в [15] решению механизма очага, землетрясение возникло под действием преобладающих сжимающих напряжений, ориентированных в северо-западном направлении. Тип подвижки в очаге соответствовал взбросу с правосторонним сдвигом по плоскости $NP1$, простирающейся с запад–юго-запада на восток–северо-восток, и левостороннему сдвигу с взбросовой компонентой по плоскости $NP2$ близмеридианального простираения. Простираение плоскости $NP1$ согласуется с вытянутостью изосейст, что позволяет выбрать ее в качестве действующей плоскости. Верхне-Фиагдонское землетрясение характеризуется отсутствием заметного афтершокового процесса, можно отметить только афтершок 2 февраля с $K_p=6.0$, однако, далее в этом же очаге с 15 февраля по 28 марта наблюдался рой из 31 события с $K_p=4.2$ –7.3 и $h=1$ –18 км.

17 апреля в 17^h45^m зарегистрировано землетрясение с $K_p=9.5$. Согласно построенному механизму, движение в очаге произошло под действием сил сжатия, направленных с юго–юго-запада, тип движения – взброс по близширотной плоскости.

В сопредельном районе Северной Осетии и Грузии, в эпицентральной зоне сильного Рачинского землетрясения 1991 г. [16], многие годы отмечается повышенный уровень сейсмичности. В 2020 г. зарегистрирована серия землетрясений с $K_p \geq 9.0$, из них самые сильные произошли 18 августа в 11^h50^m с $K_p=10.5$ и 4 ноября в 17^h09^m с $K_p=10.8$. Для трех землетрясений в этой зоне рассчитаны механизмы, представленные взбросом, исследованы спектральные параметры (Прил. 3, 6).

В западной части **Большого Кавказа** наблюдалось проявление слабой сейсмичности с $K_p < 7.2$. Из 83 землетрясений, произошедших между Анапой и Новороссийском, 54 относятся к зоне **Чёрного моря** и **Западно-Кубанского передового прогиба**. Среди них более сильные толчки с $K_p=9.3$ –10.8 были ощутимыми: 15 марта в 05^h36^m с $K_p=10.8$ в Чёрном море, 1 июня в 13^h25^m с $K_p=9.9$, за которым последовало пять афтершоков с $K_p=6.6$ –8.1, и землетрясение 12 декабря в 14^h54^m с $K_p=10.5$, ощущавшееся максимально до 4–5 баллов в с. Су-Псех и Варваровка с интенсивностью 4–5 баллов. В Прил. 6 приводятся спектральные и очаговые параметры, а также механизм очага этого землетрясения, представленный взбросо-сдвигом. Более подробно это землетрясение описано в [12].

29 землетрясений из зоны БК были слабыми с $K_p=5.1-7.2$.

14 январских землетрясений с $K_p=4.2-7.6$ можно отнести к рою в 10 км к северо-западу от Красной Поляны. Семь из них произошли 26 января. Практически в этом же месте 22 марта наблюдался рой из пяти событий с $K_p=4.0-8.2$. (рис. 4). В районе станции «Гузерибль» также отмечен рой землетрясений с $K_p=3.0-8.0$, состоящий из 26 событий; 22 из них зарегистрированы с 18 по 31 мая. События имеют подобные волновые формы, связанные между собой с высоким коэффициентом корреляции ($r=0.88-0.96$).

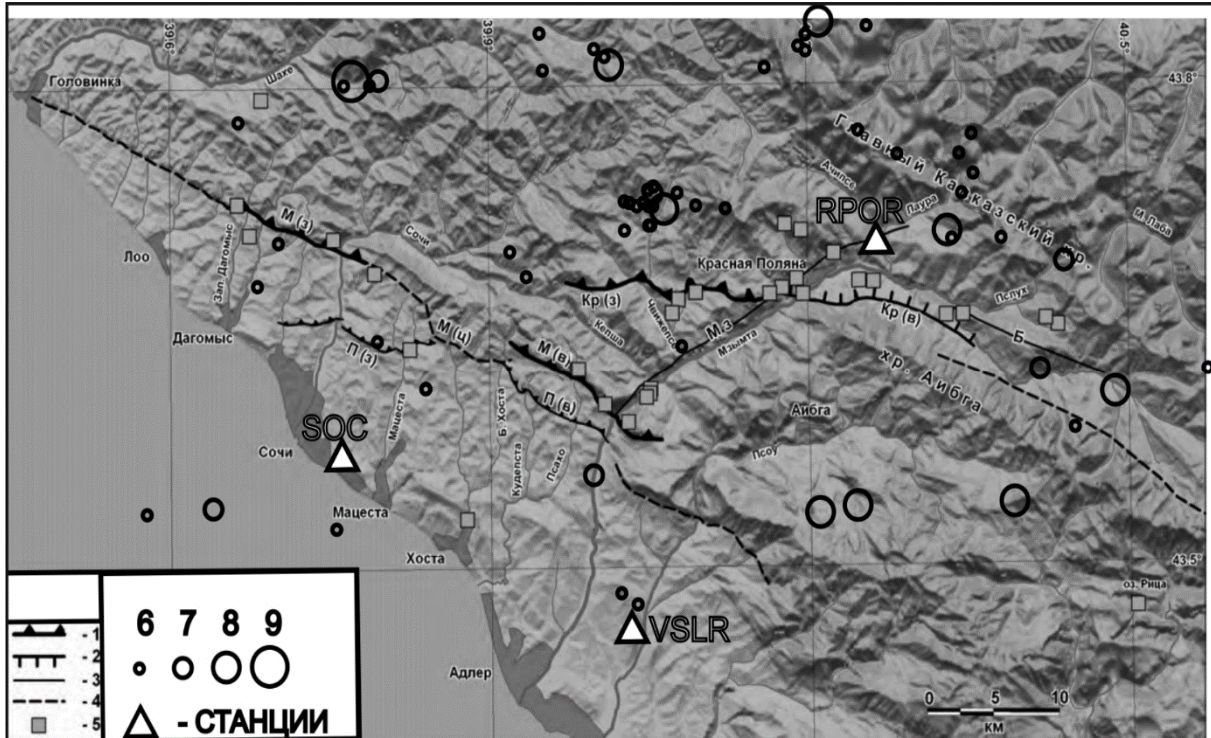


Рис. 4. Положение слабых землетрясений в Сочинско-Краснополянской зоне на фоне активных геологических структур по [17]

1 – взбросы (бергштрихи направлены в сторону поднятого крыла); 2 – сбросы (бергштрихи направлены в сторону опущенного крыла); 3 – преимущественно сдвиги; 4 – предположительно активные разломы по дистанционным данным. Разломы: М(з) – западный сегмент Монастырского разлома, М(в) – восточный, М(ц) – центральный, П(з) – западный сегмент Пластунского разлома, П(в) – восточный, К(з) – западный сегмент Краснополянского разлома, К(в) – восточный (Аибгинский разлом), Б – Бекишейский, Мз – Мзымтинский разлом.

II – Западно-Кубанский передовой прогиб. В этой зоне зарегистрировано 19 землетрясений с $K_p=4.7-9.9$, 12 из них произошли вблизи станции Гладковский. 15 марта в течение 20 минут здесь реализовалась серия из семи землетрясений с $K_p=5.2-7.8$. В этом же очаге заметным было землетрясение 1 июня с $K_p=9.9$, произошедшее в 13^h25^m и сопровождавшееся четырьмя афтершоками с $K_p=7.6-8.1$. Эпицентры этих землетрясений располагались вблизи станции Гладковский. Построен механизм очага землетрясения 1 июня с $K_p=9.9$, движение в очаге произошло под действием сил растяжения, что характерно в районе с преобладанием грабенов и сбросовых структур. По [17] здесь выделяются структуры двух типов простира-ния: типичного для Кавказа с направлением на северо-запад и поперечного этому направлению. К ним относится Анапская флексура. Параллельно ей выделяются непротяженные региональные разломы, к одному из которых, вероятно, относится землетрясение 1 июня 2020 г. (рис. 5). Механизм очага согласуется с такими представлениями, действующей плоскостью можно выбрать NP2, по которой отмечается сброс с левосторонней сдвиговой компонентой (Прил. 3). Эпицентр приурочен к Неберджаевской флексура (рис. 5). Рой 15 марта произошел на юго-восточной ее оконечности, несколько ближе к станции «Гладковский», чем эпицентр 1 июня 2020 года.

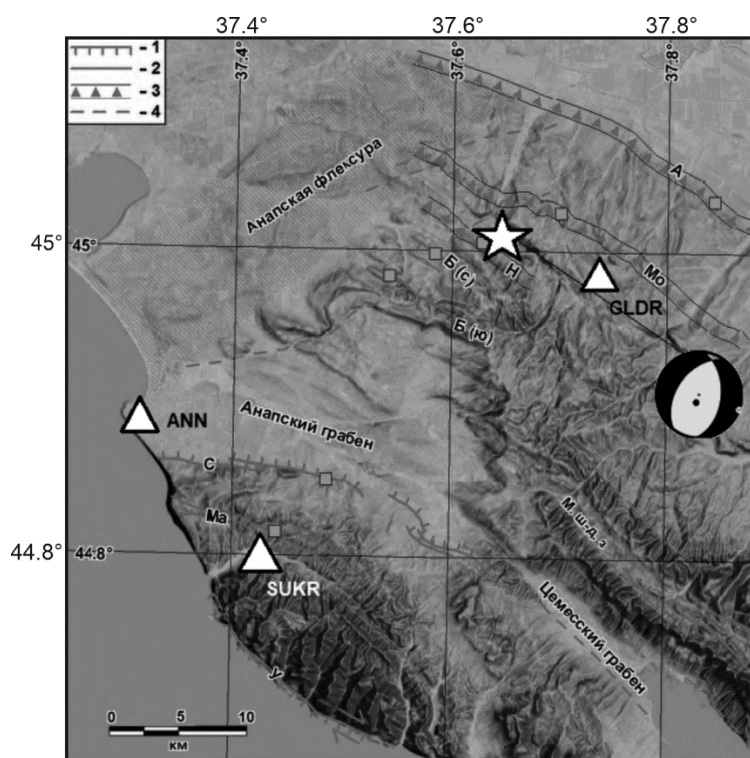


Рис. 5. Положение эпицентра землетрясения 1 июня 2020 г. и диаграмма его механизма на фоне активных геологических структур Анапского сейсмоактивного района из [17]

1 – преимущественно сбросы; 2 – преимущественно сдвиги; 3 – флексуры; 4 – низкоактивные и предполагаемые нарушения. Квадратами показаны места проходки каналов и шурфов в зонах 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 2020 г. в этой зоне произошло самое большое число землетрясений ($N=1587$ с $K_p=2.1-12.9$), выделившаяся энергия многократно превышает энергию других зон. 95 % землетрясений (1515) имели энергетические классы $K_p < 8.5$. Значительная их часть реализовалась на границе с Дагестанским клином. Восемь землетрясений с $K_p=8.0-12.9$ были ощутимыми, три из них описаны в [7, 15]. Для 19 землетрясений с $K_p=9.0-12.9$ рассчитаны механизмы очагов, их параметры приводятся в статье [3]. 15 землетрясений с $K_p=6.8-9.2$ и глубиной $h > 90$ км произошли на территории Чеченской Республики.

Параметры более половины событий с $K_p=2.1-9.5$, $N=935$, определены по дагестанским станциям в Дагестанском филиале ФИЦ ЕГС РАН, причем очаги землетрясений с $K_p=8.4-9.5$ находятся вне границ РФ или Каспийском море, а самые слабые события с $K_p=2.1-2.9$ – в районе Чиркейской ГЭС.

В Дагестане, вблизи Хасавюрта, произошли два ощутимых землетрясения: первое, 13 мая в 14^h51^m с $K_p=10.7$ и $h=11$ км, ощущалось в Хасавюрте, Дылыме, Калининауле, Аксае, Карланюрте с интенсивностью 2–3 балла и сопровождалось тремя афтершоками с $K_p=5.8-6.2$. Второе, 5 ноября в 21^h23^m с $K_p=8.0$ и $h=9$ км, ощущалось в Хасавюрте – 2–3 балла.

В Урус-Мартановском районе Чеченской Республики зарегистрирована серия из 183 событий с $K_p=4.4-9.8$, пять из которых с $K_p=9.3-12.9$ и $h=11-20$ км произошли 12 и 13 декабря и ощущались в населенных пунктах Чеченской Республики с максимальной интенсивностью 5–6 баллов. Самому сильному землетрясению 12 декабря в 21^h29^m с $K_p=12.9$ и $h=20$ км, получившему название Черногорское-I, предшествовал форшок в 20^h53^m с $K_p=6.8$, остальные события отнесены к афтершокам, сильнейший из которых произошел 13 декабря в 11^h34^m и имел $K_p=12.3$. Для десяти самых сильных землетрясений построены механизмы очагов [3]. Подробные данные о землетрясении 12 декабря представлены в отдельной статье настоящего журнала [7].

В Алагирском районе Республики Северная Осетия–Алания 14 марта в течение трех часов зарегистрированы девять землетрясений с наиболее сильным в 04^h10^m с $K_p=8.7$, за которым по-

следовали восемь афтершоков. В Дигорском районе, вблизи п. Кора, на фоне постоянно регистрируемых в течение года слабых землетрясений выделяется рой из 18 событий с $K_p=4.5-7.3$, реализовавшийся 3 апреля.

Продолжалась регистрация землетрясений с очагами в промежуточной зоне перехода земной коры к верхней мантии ($135 \text{ км} \geq h \geq 70 \text{ км}$), за год реализовалось 32 землетрясения с $h \geq 70 \text{ км}$. Эпицентры четырех из семи самых «заглубленных» очагов находились в Ачхой-Мартановском районе Чеченской Республики вблизи с. Самашки. Три других – в Грозненском районе Чеченской Республики.

IV – Дагестанский клин. В этой зоне, в окрестностях сейсмофокальной зоны Дагестанского землетрясения (14.05.1970 г.) [18], с 1970 г. по настоящее время сохраняется высокий уровень сейсмической активности. Сейсмический режим данного региона имеет выраженный циклический характер и объясняется геодинамической реакцией вмещающей среды на сезонные колебания уровня воды в Чиркейском водохранилище [19, 20]. В этой зоне зарегистрировано 599 землетрясений с $K_p=1.7-10.7$. (большая часть из них имели $K_p \leq 8.0$). Продолжался сейсмический процесс в зоне влияния Владикавказского (Черногорского) разлома, где 13.05.2016 г. произошло сильное Мехельтинское землетрясение с $K_p=13.5$ ($M_s=5.3$), $I_0=5$ баллов. [21]. Более 50 землетрясений зарегистрировано в этой зоне, из них восемь толчков имели глубину очага $h > 60 \text{ км}$. Для наиболее сильного события 6 апреля в $21^{\text{h}}35^{\text{m}}$ с $K=9.7$ построен механизм очага. Движение в очаге представляло сдвиг со взбросовыми компонентами (Прил. 3) [3].

24 мая в $12^{\text{h}}33^{\text{m}}$ на территории Джейрахского района Республики Ингушетия произошло ощутимое землетрясение с энергетическим классом $K_p=10.6$. Эпицентр землетрясения находился в 7 км от с. Джейрах и в 2 км от российско-грузинской границы. Землетрясение ощутили жители Северной Осетии-Алании и Ингушетии, а также Казбегского муниципалитета Грузии. Максимальная интенсивность 4 балла зафиксирована в пп. Верхний и Нижний Ларс. Сейсмотектоническая позиция очага землетрясения приходится на пересечение зоны Главного Кавказского надвига с частично погребенным сбросом антикавказской ориентировки и приурочена к северо-восточной оконечности Казбегской очаговой зоны, возможно, имеющей связь с потухшим вулканом Казбек [17]. Подробнее об этом землетрясении описано в статье [15].

V – Моноклираль Предкавказья. В этой переходной зоне от складчатых структур БК к платформенным структурам регистрировалась в основном слабая сейсмичность, 235 событий из 240 имеют энергетические классы $K_p \leq 7.7$. Значительная часть слабых землетрясений лоцирована вдоль Армави́ро-Невинномысского диагонального разлома. Более 130 событий с $K_p=2.1-9.7$ зарегистрировано в очаге в 50 км юго-восточнее Пятигорска (Прохладненский р-н Кабардино-Балкарской Республики (КБР)). Некоторые, наиболее сильные из них, сопровождались афтершоками. Так, 30 января в $03^{\text{h}}32^{\text{m}}$ был зарегистрирован толчок с $K_p=8.7$, а за ним в течение пяти минут – два афтершока с $K_p=4.3$ и 6.6. В этом же очаге 18 мая в $07^{\text{h}}24^{\text{m}}$ и в $10^{\text{h}}36^{\text{m}}$ произошли два заметные землетрясения с $K_p=9.7$ и 9.5 соответственно, после первого из них зарегистрировано два афтершока с $K_p=6.6$ и 4.3, после второго – еще 17 афтершоков с $K_p=2.8-6.9$. Для более сильного события построен механизм очага. Часть землетрясений, реализовавшихся в этом же очаге в марте с $K_p=2.7-6.5$, сосредоточена компактно во времени и, возможно, являются роевой последовательностью – в каталоге они отмечены как «Прохладненский» рой.

В районе ст. Суворовская Ставропольского края (на границе с Карачаево-Черкесской Республикой) с 9 по 17 марта реализовался рой из 11 событий с $K_p=4.9-8.4$, девять из которых произошли 11 марта в течение четырех часов (с $02^{\text{h}}47^{\text{m}}$ по $06^{\text{h}}52^{\text{m}}$).

29 августа в $09^{\text{h}}40^{\text{m}}$ под Железноводском было зарегистрировано землетрясение с $K_p=9.8$ и $h=7 \text{ км}$, ощущавшееся в ближайших городах – Железноводске, Минеральных Водах – с интенсивностью 2–3 балла. Его сопровождали два форшока с $K_p=3.0$ и 4.1 и одиннадцать афтершоков с $K_p=3.3-7.3$.

VI – Ставропольский свод. Здесь зарегистрировано восемь слабых событий с $K_p=5.8-8.6$. Эпицентр самого северного из них с $K_p=8.6$ располагался в 10 км к северу от с. Грачевка.

VIII – структуры Скифской платформы. 70 из 74 зарегистрированных здесь землетрясений имели $K_p=3.0-7.9$, эпицентры большинства из них располагались вдоль продолжения Армави́ро-Невинномысского разлома в направлении от Невинномысска к Нальчику. Глубины очагов $h < 30 \text{ км}$. 14 мая выделяется рой из восьми событий вблизи г. Зеленокумска Ставропольского края с $K_p=5.8-6.9$.

В акватории **Чёрного моря (XVI)**, включая его юго-восточную часть, зарегистрировано 65 землетрясений с $K_p=4.8-10.8$. В основном они сгруппировались в Анапской ($N_1=43$) и Сочинско-Туапсинской ($N_2=16$) зонах. В Анапской зоне в основном регистрировалась слабая сейсмичность с $K_p \leq 8.0$. Наиболее заметными были два ощутимых землетрясения, произошедшие в шельфовой зоне недалеко от береговой линии и поэтому уже упомянутые в разделе западной зоны Большого Кавказа. Первое, 15 марта в 05^h36^m с $K_p=10.8$ и $h=40$ км, ощущалось в Анапе, Су-Псехе с интенсивностью 2–3 балла; в Новороссийске – 2 балла. Второе, 12 декабря в 14^h54^m с $K_p=10.5$ и $h=30$ км, ощущалось в Су-Псехе, Варваровке – 4–5 баллов; Анапе – 4 балла; Новороссийске, Сукко, Цемдолине, Гайдудке, Анапской, Раевской, Северной Озереевке, Убыхе – 3–4 балла; Мысхако – 3 балла [12].

В Сочинско-Туапсинской зоне наиболее сильным было землетрясение 1 сентября в 00^h59^m с $K_p=10.8$ и $h=7$ км, ощущавшееся в Туапсе – 5 баллов; Небуге, Агуй-Шапсуге, Холодном Роднике – 4–5 баллов; в Лазаревском – 4 балла; в Сочи – 3–4 балла, в Анапе – 2 балла. Другие землетрясения были гораздо слабее, их энергетические классы варьировали в интервале $K_p=5.5-8.6$.

В **Каспийском море (XVIII)** в рамках региона регистрировалась слабая сейсмичность, энергетические классы землетрясений в основном не превышали $K_p=9.0$. Самое сильное землетрясение произошло 3 ноября в 12^h16^m с $K_p=12.3$ и ощущалось в Махачкале с интенсивностью 2–3 балла, Ахты – 2 балла. Для этого события и землетрясения, произошедшего 23 апреля в 01^h52^m с $K_p=10.4$, построены механизмы очага (Прил. 3).

Заключение. Наиболее сильные землетрясения в 2020 г. произошли в Терско-Каспийском передовом прогибе. Тектонические зоны Большого Кавказа и Дагестанского клина, как правило, ранее высоко сейсмоактивные, испытывали относительное затишье.

В 2020 г. так же, как и в предыдущие годы, регистрировались роевые последовательности землетрясений. Значительная их часть произошла в Сочинско-Краснополянской зоне, а также вдоль Армави́ро-Невинномысского глубинного разлома в центральной части региона. Особый интерес вызвало ранее не проявлявшееся в этой зоне сочетание роя слабых землетрясений и последующее относительно сильное землетрясение в Западно-Кубанском передовом прогибе, вблизи станции «Гладковский».

В целом уровень сейсмичности в 2020 г. по шкале «СОУС-09» [8, 9] был признан «фоновым средним» за более чем пятидесятилетний период инструментальных наблюдений.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (в рамках госзадания № 075-00682-24) 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_2020 (<http://www.gsr.ru/zse/app-27.html>): 1 – Сейсмические станции ФИЦ ЕГС РАН, работавшие на территории Северного Кавказа в 2020 г.; 2 – Каталог землетрясений Северного Кавказа за 2020 г.; 3 – Каталог механизмов очагов землетрясений Северного Кавказа за 2020 г.; 4 – Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Северного Кавказа в 2020 г.; 5 – Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Северного Кавказа за 2020 г.; 6 – Спектральные и динамические параметры очагов землетрясений Северного Кавказа в 2020 г. (S-волны).

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 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 73–91. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.06> EDN: ZOYJVV
2. Хаин В.Е. Кавказ. Тектоническая карта. – М: 1:5 500 000 // Большая Советская Энциклопедия. – 1973. – Т. 11. – С. 112–114.

3. Зверева А.С., Скоркина А.А., Габсатарова И.П. Очаговые параметры землетрясений Северного Кавказа в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 242–254. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.22> EDN: NZRLES
4. Габсатарова И.П., Зверева А.С. Сейсмический мониторинг Северного Кавказа в первую четверть XXI века // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том XIII / Науч. ред. И.А. Керимов, В.А. Широкова, В.Б. Заалишвили, В.И. Черкашин. – М.: ИИЕТ РАН, 2023. – С. 257–264. DOI: <https://doi.org/10.26200/GSTOU.2023.81.74.035>
5. Peterson J. Observation and modeling of seismic background noise // U.S. Geological Survey. Open-File Report. – 1993. – V. 93. – 95 p.
6. 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.
7. Габсатарова И.П., Дмитриева И.Ю., Багаева С.С., Саяпина А.А., Гайсумов М.Я. Черногорское–I землетрясение 12 декабря 2020 г. с $K_p=12.9$, $M_w=4.8$ (GCMТ), $I_0=5–6$ баллов в Чеченской Республике // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – 335–346. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.30> EDN: WLTFEI
8. Салтыков В.А. Статистическая оценка уровня сейсмичности: методика и результаты применения на примере Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 2011. – № 2. – С. 53–59. EDN: NSYPHR
9. Салтыков В.А., Кравченко Н.М., Пойгина С.Г., Воропаев П.В. Оценка уровня сейсмичности регионов России // Землетрясения России в 2020 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2022. – С. 85–91. EDN: PZNQSN
10. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
11. Левкович Р.А., Крамынин П.И., Дейнега А.Г., Арефьев С.С. Некоторые результаты эпицентральных наблюдений Черногорского землетрясения 28 июля 1976 года // Геодинамика и сейсмичность территории Дагестана / Отв. ред. Г.И. Дейнега. – Махачкала: Даг. фил. АН СССР, Ин-т геологии, 1979. – № 3 (21). – С. 63–86.
12. Зверева А.С., Клянчин А.И., Габсатарова И.П. Землетрясение 12 декабря 2020 г. в Анапской зоне с $M_w=3.8$, $I_0=4–5$ баллов // Российский сейсмологический журнал. – 2021. – Т. 3, № 2. – С. 52–66. DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2021.2.03> EDN: CBCGPE
13. Дмитриева И.Ю., Саяпина А.А., Багаева С.С., Горожанцев С.В. Макросейсмические и инструментальные исследования Верхне-Фиагдонского землетрясения 26 января 2020 года // Геология и геофизика Юга России. – 2020. – № 10 (4). – С. 113–123. DOI: <https://doi.org/10.46698/VNC.2020.64.38.007> EDN: OOWLGU
14. Дмитриева И.Ю., Саяпина А.А., Багаева С.С., Горожанцев С.В. Землетрясение 24 мая 2020 года в Джейрахском районе Республики Ингушетия // Вестник Владикавказского научного центра. – 2020. – Т. 20, № 4. – С. 65–69. DOI: <https://doi.org/10.46698/o3499-8884-2835-r> EDN: PZVAPZ
15. Дмитриева И.Ю., Багаева С.С., Саяпина А.А. Ощутимые землетрясения Северного Кавказа в 2020 году: Верхне-Фиагдонское 26 января 2020 г. с $K_p=11.2$, $I_0=5$ баллов и Джейрахское 24 мая 2020 г. с $K_p=10.6$, $I_0=4$ балла // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 265–276. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.24> EDN: QNHDOA
16. Арефьев С.С., Рогожин Е.А., Быкова В.В., Дорбат К. Глубинная структура очаговой зоны Рачинского землетрясения по сейсмотомографическим данным // Физика Земли. – 2006. – № 1. – С. 30–44. EDN: OPKPZP
17. Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Лутиков А.И., Собисевич А.Л., Собисевич Л.Е., Горбатилов А.В. Эндогенные опасности Большого Кавказа. – М.: ИФЗ РАН, 2014. – 256 с. EDN: ZPKBCV
18. Арефьев С.С., Стасюк Е.И., Ривера Л. Модель очага Дагестанского землетрясения 1970 г. // Физика Земли. – 2004. – № 2. – С. 15–27. EDN: OXHYHJ
19. Идармачев Ш.Г., Мусаев М.А., Идармачев И.Ш. Сейсмичность района Чиркейского водохранилища за период 1971–2015 гг. // Геориск. – 2019. – Т. 13. – № 3. – С. 18–29. EDN: FTTFNL
20. Marchuk A.N., Levkovich R.A., Magomedov K.D., Asmanov O.A., Adilov Z.A., Taimazov D.G. The Effect of the Chirkey Reservoir on the Seismic Condition of Dagestan // Power Technology and Engineering. – 2020. – V. 53, N 6. – P. 655–660. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10749-020-01134-w> EDN: BNDVTU
21. 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: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2022.25.24> EDN: GILHQD

SEISMICITY of the NORTHERN CAUCASUS in 2020

I.P. Gabsatarova¹, L.N. Koroletski¹, A.A. Sayapina², S.S. Bagaeva², Z.M. Adilov³, O.A. Asmanov³

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

²North Ossetian Branch of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Vladikavkaz, Russia, a_sayapina@gsras.ru

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

Abstract. Seismic monitoring of the territory of the Northern Caucasus in 2020 was carried out by a seismic network of 63 stations. The seismic network provided representative registration of earthquakes with $K_R \geq 7.0$ in most of the territory, in its central (including the Greater Sochi region) and eastern parts – with $K_R \geq 6.0$, and in some local zones – with $K_R \geq 5.5$. In general, 3685 earthquakes were recorded in the region and its environs. 16 earthquakes were felt in the Caucasus settlements, 26 of them occurred in the North Caucasus region. The maximum shaking intensity $I_{\max} = 5-6$ according the MSK-64 was noted from the earthquake on December 12 with $K_R = 12.9$ on the territory of the Chechen Republic (Tersk-Caspian forward trough). On the territory of Ossetia (Greater Caucasus), the Verkhne-Fiagdon earthquake of January 26 with $K_R = 11.1$ occurred. It was felt in populated areas up to $I = 4-5$. Two noticeable earthquakes were registered in the Black Sea: on September 1 with $K_R = 10.8$ and on December 12 with $K_R = 10.5$. They were felt in Krasnodar Region with intensity up to $I = 5$ and $I = 4-5$ respectively. In accordance with the seismicity level scale "SOUS-09", seismicity of the North Caucasus in 2018–2019 is set as a "background average" for the observation period from 1962 to 2020.

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

For citation: Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., Sayapina A.A., Bagaeva, S.S., Adilov, Z.M., & Asmanov, O.A. (2024). [Seismicity of the Northern Caucasus in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 69–80. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.06> EDN: DPWUCN

References

1. Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., Ivanova, L.E., Sayapina, A.A., Bagaeva, S.S., Adilov, Z.M., & Asmanov, O.A. (2023). [Seismicity of the Northern Caucasus in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 73–91. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.06> EDN: ZOYJVU
2. 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.).
3. Zvereva, A.S., Skorkina, A.A., & Gabsatarova, I.P. (2024). [Focal parameters of earthquakes in the North Caucasus in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii*. [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 242–254. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.22> EDN: NZRLES
4. Gabsatarova, I.P., & Zvereva, A.S. (2023). [Seismic monitoring of the North Caucasus in the first quarter of the 21st century]. *Sovremennyye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo Kavkaza* [Modern problems of geology, geophysics and geocology of the North Caucasus], 13, 257–264. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26200/GSTOU.2023.81.74.035>
5. Peterson, J. (1933). Observation and modeling of seismic background noise. *U.S. Geological Survey. Open-File Report*, 93, 1–95.
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. Gabsatarova, I.P., Dmitrieva, I.Yu., Bagaeva, S.S., Sayapina, A.A., & Gaisumov, M.Ya. (2024). [Chernogorsk –I earthquake on December 12, 2020 with $K_R = 12.9$, $M_w = 4.8$ (GCMT), $I_0 = 5-6$ in the Chechen Republic]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 335–346. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.30> EDN: WLTFEI
8. 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. EDN: NSYPHR
9. Saltykov, V.A., Kravchenko, N.M., Poygina, S.G., & Voropaev, P.V. (2022). [Evaluation of the level of seismic activity of the Russian regions]. In *Zemletriaseniia Rossii v 2020 godu* [Earthquakes in Russia, 2020] (pp. 85–91). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.). EDN: PZNQSN

10. 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.).
11. Levkovich, R.A., Kramynin, P.I., Deinega, A.G., & Arefiev, S.S. (1979). [Some results of epicentral observations of the Chernogorsk earthquake on July 28, 1976]. *Geodinamika i seismichnost territorii Dagestana* [Geodynamics and seismicity of the territory of Dagestan], 3(21), 63–86. (In Russ.).
12. Zvereva, A.S., Klianchin, A.I., & Gabsatarova, I.P. (2021). [Earthquake on December 12, 2020 in the Anapa zone with $M_w=3.8$, $I_0=4-5$]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 3(2), 52–66. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2021.2.03> EDN: CBCGPE
13. Dmitrieva, I.Yu., Sayapina, A.A., Bagaeva, S.S., & Gorozhantsev, S.V. (2020). [Macroseismic and instrumental studies of the Verkhniy Fiagdon earthquake on January 26, 2020]. *Geologiya i geofizika Yuga Rossii* [Geology and Geophysics of Russian South], 10(4), 113–123. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.46698/VNC.2020.64.38.007> EDN: OOWLGU
14. Dmitrieva, I.Yu., Sayapina, A.A., Bagaeva, S.S., & Gorozhantsev, S.V. (2020). [The earthquake in Dzheyrakh region of the Republic of Ingushetia on May 24, 2020]. *Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo tsentra* [Vestnik of Vladikavkaz Scientific Centre], 20(4), 65–69. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.46698/o3499-8884-2835-r> EDN: PZVAPZ
15. Dmitrieva, I.Yu., Bagaeva, S.S., & Sayapina, A.A. (2024). [Earthquakes felt in the North Caucasus in 2020: Verkhne-Fiagdon earthquake on January 26, 2020 with $K_R=11.2$, $I_0=5$ and Jeyrakh earthquake on May 24, 2020 with $K_R=10.6$, $I_0=4$]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 265–276. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.24> EDN: QNHDOA
16. Arefiev, S.S., Rogozhin, E.A., Bykova, V.V., & Dorbath, C. (2006). Deep structure of the Racha earthquake source zone from seismic tomography data. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*, 42, 27–40. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1069351306010034> EDN: LJYJQZ
17. Rogozhin, E.A., Ovsyuchenko, A.N., Lutikov, A.I., Sobisevich, A.L., Sobisevich, L.E., & Gorbatiykov, A.V. (2014). *Endogennye opasnosti Bol'shogo Kavkaza* [Endogenous hazards of the Greater Caucasus]. Moscow, Russia: IPE RAS Publ., 256 p. (In Russ.). EDN: ZPKBCV
18. Arefiev, S.S., Stasyuk, E.I., & Rivera, L. (2004). Source model of the Dagestan, 1970 earthquake. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*, 40(2), 102–113. EDN: LIRXCN
19. Idarmachev, Sh.G., Musaev, M.A., & Idarmachev, I.Sh. (2019). [Seismicity in the Chirkey reservoir area for the period 1971–2015]. *Georisk* [Georisk], 13(3), 18–29. (In Russ.). EDN: FTTFNL
20. Marchuk, A.N., Levkovich, R.A., Magomedov, K.D., Asmanov, O.A., Adilov, Z.A., & Taimazov, D.G. (2020). The Effect of the Chirkey Reservoir on the Seismic Condition of Dagestan. *Power Technology and Engineering*, 53(6), 655–660. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10749-020-01134-w> EDN: BNDVTU
21. 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: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2022.25.24> EDN: GILHQD