2024. – Вып. 27 (2020). – С. 335–346. DOI: https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.30 EDN: WLTFEI Metadata in English is at the end of the article

УДК 550.348.436

# ЧЕРНОГОРСКОЕ-І ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 12 ДЕКАБРЯ 2020 г. с К<sub>Р</sub>=12.9, Мw=4.8 (GCMT), I₀=5–6 баллов в ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ И.П. Габсатарова<sup>1</sup>, И.Ю. Дмитриева<sup>2</sup>, А.А. Саяпина<sup>2</sup>, С.С. Багаева<sup>2</sup>, М.Я. Гайсумов<sup>3,4</sup>

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

<sup>2</sup>Северо-Осетинский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Владикавказ, Россия <sup>3</sup>Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова РАН, г. Грозный, Россия <sup>4</sup>Сейсмическая станция «Грозный» ФИЦ ЕГС РАН, г. Грозный, Россия

Аннотация. 12 декабря 2020 г. в  $21^{h}29^{m}$  по Гринвичу на территории Урус-Мартановского района Чеченской Республики произошло ощутимое землетрясение с  $K_{P}=12.9$ , Mw=4.8. Его эпицентр относится к району сочленения южного борта Терско-Каспийского передового прогиба со структурами северного склона Большого Кавказа и связан с Черногорской зоной ВОЗ ( $M_{max}=6.5$ ) Терско-Сунженской сейсмогенерирующей области. Землетрясение 12 декабря, названное Черногорским-I, ощущалось в 57 населенных пунктах с интенсивностью от 2 до 5–6 баллов. По результатам макросейсмических обследований построены карты интенсивности сотрясений в населенных пунктах, аппроксимированные изосейстами 5-го, 4-го и 3-го балла. Расчетная интенсивность в его эпицентре совпадает с наблюденной и составляет  $I_0=5-6$  баллов. В очаге преобладали напряжения сжатия, ориентированные субмеридионально. Тип подвижки – взброс с незначительными компонентами сдвига по обеим плоскостям субширотного простирания. Близость их ориентации к ориентации Черногорского разлома позволяет сделать вывод о подвижке по этому разлому.

Ключевые слова: Северный Кавказ, землетрясение, макросейсмические и инструментальные данные, механизм очага, афтершоки.

Для цитирования: Габсатарова И.П., Дмитриева И.Ю., Саяпина А.А., Багаева С.С., Гайсумов М.Я. Черногорское-I землетрясение 12 декабря 2020 г. с *К*р=12.9, *Мw*=4.8 (GCMT), *I*<sub>0</sub>=5–6 баллов в Чеченской Республике // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020).– С. 335–346. DOI: https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.30 EDN: WLTFEI

Введение. 12 декабря 2020 г. в  $21^{h}29^{m}$  по Гринвичу на территории Урус-Мартановского района Чеченской Республики произошло ощутимое 5–6 балльное землетрясение с  $K_{P}$ =12.9, названное Черногорским-І. Его эпицентр локализован в районе сочленения южного борта Терско-Каспийского передового прогиба со структурами северного склона Большого Кавказа и связан с Черногорской зоной ВОЗ ( $M_{max}$ =6.5) Терско-Сунженской сейсмогенерирующей области [1]. Здесь происходит пересечение тектонических структур кавказского и диагонального простирания.

Южная часть территории Чеченской Республики в 2020 г. испытала сейсмическую активизацию, которая связана с диагональной Даттых-Ахловской зоной ВОЗ, известной ранее проявлением сильнейших землетрясений, самое заметное из которых – Черногорское 28.07.1976 г. с *Мw*=6.2 (*Ms*=6.4). На уровне магнитуд *M*=5÷5.5 зона испытывает затишье, начиная с 1984 года.

Целью настоящей статьи является комплексный анализ полученных сведений о Черногорском-І землетрясении 12 декабря 2020 г., включая параметры гипоцентра, механизм очага, афтершоковый процесс и макросейсмические сведения о проявлении основного толчка и афтершоков. Полученные материалы могут быть использованы при исследовании сейсмической опасности Чеченской Республики и сопредельных территорий.

Сейсмическая сеть. Состояние сейсмической сети в исследуемом районе и в целом на Северном Кавказе описано в [2]. Параметры гипоцентров исследуемых землетрясений были определены по данным региональных сетей сейсмических станций Северо-Осетинского и Дагестанского филиалов (сети NOGSR и DAGSR соответственно), а также сети OBGSR Центрального отделения (ЦО) ФИЦ ЕГС РАН (Прил. 1 к статье [2]). В 2020 г. сейсмическая сеть на Северном Кавказе состояла из 63 сейсмических станций, на территории Чеченской Республики установлено две станции: «Грозный» (GROC) – в 15 км к юго-востоку от Грозного в пос. Чечен-Аул и «Ведено» (DVE) в п. Дышне-Ведено. Они удалены от эпицентра исследуемого землетрясения на  $\Delta \sim 30 \ кm$  и  $\Delta \sim 55 \ km$  соответственно. Все станции оснащены цифровым оборудованием и передают информацию в центры обработки в режиме, близком к реальному времени.

Оценка регистрационной возможности сети восточной части Северного Кавказа произведена с использованием подхода, изложенного в [3], основанного на результатах исследований уровней сейсмических шумов на станциях и законе затухания амплитуд сейсмических волн, которое для района Черногорских землетрясений 2020–2022 гг. приведено в работе [4]. Оценки, полученные таким методом, показали, что сеть позволяет обеспечивать представительность землетрясений на территории Чеченской Республики с  $K_{Pmin}$ =6.0 и выше (рис. 1). Подтверждает такую оценку и кумулятивный график повторяемости землетрясений в 50-километровой окрестности от эпицентра Черногорского-I землетрясения, построенный по данным 11 месяцев наблюдений в 2020 г. до его реализации (рис. 2).



*Рис.* 1. Оценка возможности обнаружения сейсмических событий как минимум тремя сейсмическими станциями в единицах *К*<sub>Pmin</sub> по анализу сейсмического шума на станциях



Рис. 2. Кумулятивный график повторяемости землетрясений за период с 1 января по 1 декабря 2020 г. в радиусе 50 км от эпицентра основного толчка 12 декабря 2020 г. в 21<sup>h</sup>29<sup>m</sup>

Методика. Для определения основных параметров Черногорского-І землетрясения и его афтершоков использовалась стандартная методика станционной обработки цифровых записей, реализованная в программно-вычислительном комплексе WSG [5]. Локализация с получением параметров гипоцентров производилась по программе hypo71 [6] с заданной скоростной моделью для исследуемого района [7].

**Основные параметры.** Решения параметров землетрясения 12 декабря 2020 г., полученные в различных сейсмологических центрах, приведены в табл. 1. Имеются расхождения в инструментальных определениях координат эпицентра и глубины по разным источникам, не превышающие 0.2° по широте, 0.27° по долготе и 10 км – по глубине. Решение регионального центра Северо-Осетинского филиала (СОФ) ФИЦ ЕГС РАН (NOGSR) близко к решению ЦО ФИЦ ЕГС РАН (OBGSR), которое признано наиболее приемлемым.

*Таблица 1.* Основные параметры землетрясения 12 декабря 2020 г. с *К*<sub>P</sub>=12.9, *Мw*=4.8 по данным различных агентств

A	$t_0$		Гипо	оцентр		Источник
Агентство	ч мин с	φ°, N	λ°,E	h, км	класс и магнитуда	
NOGSR	21:29:49	43.02	45.56	17	$K_{\rm P} = 12.4$	
OBGSR	21:29:48.60	43.04	45.54	19.7	$K_{\rm P}=12.9, Mw=4.8$	
TIF	21:29:48.30	43.146	45.4336	11.3	ML=5	[8]
USGS (NEIC)	21:29:48	43.155	45.529	10	<i>mb</i> =4.7	[8]
EMSC	21:29:51	43.23	45.67	20	mb=4.7	[8]
GCMT	21:29:49.90	43.16	45.40	12.6	Mw=4.8	[8]
IDC	21:29:46.79	43.04	45.47	0.0f	mb=4.2, ML=4.1, Ms=4.0	[8]
ISC	21:29:49.04	43.1114	45.5363	13.4 <i>h</i> sP=14.0±3.5	mb=4.5, Ms=4.1	[8]

Примечания: NOGSR – сеть и обрабатывающий центр Северо-Осетинского филиала ФИЦ ЕГС РАН; OBGSR (код MOS в ISC [8]) – сеть и обрабатывающий центр ЦО ФИЦ ЕГС РАН, где составляется региональный бюллетень Северного Кавказа; TIF – Институт наук о Земле Национального центра сейсмического мониторинга, Грузия; IDC – International Data Centre, Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBTO), Austria; EMSC – European-Mediterranean Seismological Centre; NEIC – National Earthquake Information Center, USA; ISC – International Seismological Center, UK; GCMT – Lamont Doherty Earth Observatory, USA; f – фиксированная глубина.



*Рис. 3.* Положение эпицентра землетрясения 12 декабря 2020 г. по данным различных агентств (показано звездами), белый круг – сильнейший афтершок 13 декабря 2020 г. в 11<sup>h</sup>34<sup>m</sup> с *К*<sub>P</sub>=12.3

Диаграмма механизма очага основного толчка приведена по данным OBGSR. Черными линиями показаны глубинные разломы по [1, 9]: ДА – Даттых-Ахловская погребенная шовно-сдвиговая зона; ЧР – Черногорский разлом (или Владикавказская флексурно-разрывная зона).

Глубина основного толчка по инструментальным данным различных агентств (табл. 1) определена в интервале 11–20 км. Уточнение глубины гипоцентра проведено по глубинным фазам, выделенным на ряде станций в бюллетене ISC (табл. 1) на расстояниях  $\Delta$  от 21.2° до 40.3°. Среднее значение глубины гипоцентра по годографу IASPEI-91 [10] и выделенным глубинным фазам составило  $h^*=14.0\pm3.5$  км по фазам sP (табл. 1). В табл. 2 приведены сведения по трем станциям, где удалось выделить глубинные фазы sP наиболее устойчиво.

На рис. 4 приведены записи *P*-волн и глубинных фаз на станциях «Урумчи» (WMQ), «Сиань» (XAN) на расстояниях  $\Delta$ =30.4° и 49.3° соответственно.

Код станции	$\Delta^{\circ}$	Az°	tsP - tP, c	<i>h</i> , км
GTA2*	40.30	76.1	5.9	13
WMQ**	30.4	—	6.0	14
XAN**	49.3	_	6.0	13

Таблица 2. Сведения о глубинных фазах, выделенных на записях станций

Примечание: \* – из бюллетеня ISC, \*\* – выделены авторами дополнительно к бюллетеню ISC.



*Рис. 4.* Фрагменты записей землетрясения 12 декабря в 21<sup>h</sup>29<sup>m</sup> с *K*<sub>P</sub>=12.9 с глубинными фазами *P* и *sP* на станциях «Урумчи» (WMQ) и «Сиань (XAN) на расстояниях ∆=30.4° и 49.3° соответственно

**Форшоки и афтершоки.** Почти за полчаса до основного толчка в его очаговой зоне зарегистрирован слабый форшок 12 декабря в  $20^{h}53^{m}$  с  $K_{P}$ =6.7 с координатами эпицентра  $\varphi$ =42.98°N,  $\lambda$ =45.53°E и глубиной h=16 км.

После главного толчка последовала серия афтершоков (рис. 5). Сильнейший афтершок реализовался через 13 часов после основного толчка 13 декабря в  $11^{h}34^{m}$  с  $K_{P}=12.3$ . Величина энергетической ступени между ними составила  $\Delta K_{a\phi\tau}=12.9-12.3=0.6$ .



с представительного уровня *K*<sub>P</sub>=6.0 за период с 12 декабря 2020 г. по 31 декабря 2020 г.

Из графика распределения афтершоков во времени и по энергетическому классу (рис. 5) хорошо видно, что большинство из них произошло в первые сутки после главного толчка, а наиболее сильные афтершоки реализовались в первые 11 дней. Таким образом, землетрясение характеризуется быстрым спадом афтершоковой активности, что возможно связано с его относительно невысокой энергией.



Рис. 6. График повторяемости афтершоков землетрясения 12 декабря 2020 г. (сплошная линия) в сравнении с графиком за предваряющий период с января по ноябрь 2020 г. (пунктирная линия)

Уравнение графика повторяемости для афтершоков (рис. 6), рассчитанное для его линейной части, имеет вид:  $lgN=3.94-0.33K_P$ . Наклон графика, равный  $\gamma=-0.33$ , ниже значения  $\gamma=-0.46$ , рассчитанного для этого региона в 2020 году.

Землетрясение реализовалось в компактной области (42.98– 43.06°N; 45.5–45.6°E), в тектоническом плане, согласно [1], в месте пересечения диагональной Даттых–Ахловской погребенной шовно-сдвиговой зоны и Черногорского глубинного разлома (рис. 7).



*Рис.* 7. Положение эпицентров землетрясений 2020 г. в эпицентральной области Черногорского-I землетрясения и ее окружении на фоне основных глубинных разломов по [9]

ДА – Даттых-Ахловская погребенная шовно-сдвиговая зона; ЧР – Черногорский разлом (или Владикавказская флексурно-разрывная зона); белым эллипсом отмечена афтершоковая область, выделенная по методу Прозорова [11]. Афтершоковая область по методу Прозорова [11], реализованному в программе EEDB [12], может быть описана эллипсом с размерами: большая ось равна 20 км, малая ось – 15 км. Инструментальный очаг смещен к северу от центра эллипса примерно на 4 км. Эллипс слабо вытянут и явно не приурочен к какому-то глубинному разлому.

Механизм очага землетрясения 12 декабря 2020 г. рассчитан по знакам первых вступлений продольных волн [13] на 40 региональных станциях, расположенных на расстояниях от 28 до 326 км от эпицентра, из них на 15 станциях зарегистрированы волны сжатия, на 25 – волны растяжения. Для улучшения окружения эпицентра станциями добавлены знаки первого вступления на более удаленных станциях из бюллетеня ISC [8]. Кроме того, рассчитаны механизмы девяти афтершоков (рис. 8, а также рис. 6 и табл. 6 в [14]). Согласно полученному решению механизма очага основного толчка (табл. 3), землетрясение возникло под преобладающим действием близгоризонтальных сжимающих напряжений, ориентированных на юг–юго-восток. Одна из нодальных плоскостей, NP1, имеет восток–северо-восточное простирание, другая, NP2, – запад– юго-западное. Обе плоскости падают на юг (NP1) или север (NP2) под одинаковыми углами (DP=45°), тип движения по обеим плоскостям – взброс.



*Рис. 8.* Положение сильнейших афтершоков и их механизмов очагов в области Черногорского-I землетрясения на фоне основных глубинных разломов по [9]

ДА – Даттых-Ахловская погребенная шовно-сдвиговая зона; ЧР – Черногорский разлом (или Владикавказская флексурно-разрывная зона).

Отметим, что взбросовый тип движения в очагах характерен для структур Большого Кавказа, а простирание обеих нодальных плоскостей механизма очага Черногорского-I землетрясения близко к субширотной ориентации Черногорского разлома. В [9] этот разлом (или Черногорская флексура) характеризуется как проявляющий активность в позднем плейстоцене и голоцене ( $Q_3$ – $Q_4$ ) последние 0.1 млн. лет, скорость движения по разлому v<1 *мм/год*, тип движения – взброс, поднято южное крыло. Если принять версию о влиянии одноименного разлома на механизм очага Черногорского-I землетрясения, то в качестве действующей можно выбрать нодальную плоскость *NP1*, однако ее некоторый разворот на восток–северо-восток может говорить о влиянии на механизм очага еще одной разломной структуры аналогичной ориентации. Такой разлом можно видеть на схеме глубинных разломов [9] под названием Гудермесский, его динамика – также взброс с поднятым южным крылом.

Сравнение механизма очага Черногорского-І землетрясения с механизмами очагов 8–9-балльного Черногорского землетрясения 28.07.1976 г. и 6-балльного землетрясения 04.03.1984 г. (табл. 3) показало подобие в типе движения – взброс (или взрез) в первом случае и сдвиго-взброс во втором случае. Простирание нодальных плоскостей механизмов этих землетрясений ближе к северо-западной ориентации Даттых-Ахловской разломной зоны.

Все это вместе взятое говорит о сложном строении блока земной коры, приуроченного к субширотному Черногорскому разлому, проявляющемся в разнообразии ориентации плоскостей разрывов в очагах землетрясений этой зоны. Отметим, что ориентация облака афтершоков (рис. 7) не совпадает ни с одной из нодальных плоскостей. Возможно, значительная раздробленность среды из-за неоднократного проявления здесь сильных землетрясений повлияла на характер реализации афтершоков. Также следует отметить приуроченность почти всех афтершоков к южному, взброшенному, крылу Черногорского разлома.

	<i>t</i> <sub>0</sub> , ч:мин:с	<i>h</i> , км		Оси главных напряжений					Нодальные плоскости								
Дата			$K_{ m P}$	T		N		P		NPI		NP2		?	Диаграмма	Источник	
				PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	SIK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP		
28.07.1976	20:17:53	15	<i>Mw</i> =6.2	60	196	0	286	30	16	107	15	91	286	75	90	$\square$	[GCMT]
04.03.1984	19:34	_	<i>Ms</i> =5.3	26	154	60	304	13	58	288	81	28	193	62	170		авторы
12.12.2020	21:29:48	20	12.9	84	252	6	72	0	162	66	45	82	257	45	98	$\overline{\cdot}$	авторы

*Таблица 3.* Параметры механизмов очагов землетрясений вблизи эпицентра Черногорского-I землетрясения: Черногорского 28.07.1976 г. с *Мw*=6.2 и 04.03.1984 г. с *Ms*=5.3

Макросейсмические данные. М.Я. Гайсумовым был осуществлен выезд в эпицентральную зону для сбора сведений о сотрясениях в населенных пунктах Чеченской Республики. Сотрудниками центра NOGSR был произведен сбор макросейсмических данных на территории Осетии, Ингушетии и Кабардино-Балкарии. Сведения о макросейсмических проявлениях в 27 населенных пунктах собраны ими путем телефонного опроса с последующим составлением опросных листов. Оценка интенсивности сотрясений проводилась по реакции людей и предметов быта на основе шкалы MSK-64 [15].

С интенсивностью 5–6 баллов землетрясение проявилось в населенных пунктах Рошни-Чу, Танги-Чу, Мартан-Чу, Гехи, Урус-Мартан. Оно было замечено практически всеми жителями этих сел. Большинство населения испытывали сильный испуг, головокружение и в панике покидали помещения. В домах сильно раскачивались висячие предметы, дребезжала посуда и стекла в окнах, скрипела и дрожала мебель, предметы двигались, беспокоились домашние животные. Находящиеся в автомашинах испытывали покачивания. Очевидцам трудно было стоять на ногах. Предположительно ощущалось от 1 до 3 толчков в течение 3–4 секунд. Зафиксированы отдельные случаи образования волосяных трещин в штукатурке. В с. Рошни-Чу в частном одноэтажном кирпичном доме образовалась (по всей видимости, расширилась до  $1-2 \, см$ ) трещина в кирпичной кладке и фундаменте. В отдельных случаях треснули стекла в пластиковых окнах. При землетрясении был слышен грохотообразный гул, похожий на звук от далекого взрыва.

Интенсивность колебаний 5 баллов была зафиксирована в населенных пунктах Ассиновская, Шалажи, Валерик, Гой-Чу, Катар-Юрт, Ачхой-Мартан, Гойты, Алхан-Кала, Алхан-Юрт, Закан-Юрт, Чечен-Аул, Гикало, Грозный-юг (южная окраина). Здесь землетрясение ощутили многие люди, находящиеся в движении, и почти все в покое (кровати шатались). В помещениях дрожала и скрипела мебель, открывались дверцы шкафов, колебались свободно подвешенные часы, люстры и другие предметы. Люди слышали раскатистый шум, как при грозе. Некоторые испытывали страх, но паники у людей не было. Колебания в виде двух-трех толчков продолжались 3–5 секунд. В отдельных случаях образовались волосяные трещины во внутренней отделке жилых комнат, трещин в стенах не было. В с. Валерик и Ачхой-Мартан в нескольких случаях треснули стекла в пластиковых витражах.

Интенсивность колебаний 4 балла была зафиксирована в населенных пунктах Серноводская, Самашки, Грозный-запад, Октябрьское, Грозный-центр, Грозный-север, Грозный-восток, Аргун-центр, Старые Атаги, Чири-Юрт, Шали-Центр, Цоци-Юрт, Автуры. Здесь землетрясение ощутили многие люди, находящиеся в покое, особенно находящиеся на верхних этажах домов, и отдельные люди, находящиеся в движении. Некоторые испытывали испуг, редко страх, находящиеся вне помещений слышали гул. Интенсивность сотрясений в 3 балла зафиксирована в 19 населенных пунктах на расстояниях до 88 *км* от эпицентра. Люди, находившиеся в покое, испытывали плавное покачивание. В домах отмечались малозаметные колебания висячих предметов, дребезжание посуды.

Обобщенные результаты оценки интенсивности сотрясений приведены в табл. 4, а соответствующая карта пунктов-баллов представлена на рис. 9. На ней же нанесено вероятное положение изосейст равной балльности.

NeHynkr $\kappa_M$ $\phi^\circ, N$ $\lambda^\circ, E$ S=6 barrowS=6 barrow1Mapran-Uy4.443.0645.563Pommu-Uy11.943.0945.453Pommu-Uy11.243.1045.475Fexu17.243.1645.475Fexu17.243.1645.476Foirbi16.343.1645.629Banepuk21.143.1745.309Banepuk21.143.1745.3010Karap-IOpr22.743.2045.5611Anxan-Kara2743.2245.5612Fukano26.743.2245.5314Heen-ayn27.243.2045.6215Ifopanki-nor28.743.2645.42163akan-HOpr29.243.2645.4217Auxan-Karaa2743.2645.4218Accuntosckaa39.443.2445.1819Uhanu31.743.1245.7420Cr. Araru18.743.1245.7421Illianu31.743.3345.5022Camana34.843.3345.5023Iponuki-sanag34.843.3445.9024Iponuki-sanag34.845.7025Camanu10443.0246.8455Kapankai10443.0246.8455Kapankai10443.02	Ма	Плитит	∆, Коорд	инаты	λ.	Π	Δ,	Коорд	инаты	
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$			<i>км</i> ф°, N	λ°, Ε	JN⊇	Пункт	км	φ°, N	λ°,E	
1Мартан-Чу4.443.0645.562Танти-Чу6.943.0745.513Рошни-Чу11.943.0945.454Урус-Мартан11.243.1245.545Гехи17.243.1645.47 $5$ $5$ $6$ $6$ $7$ $10$ $43.09$ $45.45$ 6 $6$ $7$ $10$ $43.16$ $45.61$ 7 $10$ $13.12$ $45.67$ 8Шалажи18.6 $43.10$ $45.61$ 7 $10$ $11.2$ $43.16$ $45.62$ 8Шалажи18.6 $43.10$ $45.36$ 9Валерик $21.1$ $43.17$ $45.37$ 10 $11.2$ $43.22$ $45.73$ 11 $43.17$ $45.26$ 12 $11.4$ $43.22$ $45.78$ 13 $Aлакан-Кала$ $27$ $43.26$ 14 $42.97$ $43.02$ $45.65$ 14 $42.97$ $43.02$ $45.65$ 15 $15$ $79.22$ $43.26$ $45.27$ 16 $3a кан-Юрт$ $29.2$ $43.26$ $45.28$ 17 $Axxai-Kana$ $27.2$ $43.26$ $45.28$ 18 $Actinockasa$ $33.18$ $45.28$ 18 $Actinockasa$ $33.18$ $45.28$ 19 $410parcekasa$ $71.6$ $43.02$ 20 $Cr. Araru$ $18.7$ $43.30$ 21 $111axai 3.30$ $45.37$ 22 $0xai 3.31$ $45.69$ 23		<u>5-6 бал</u>	<u>лов</u>		3 балла					
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	1	Мартан-Чу	4.4 43.06	45.56	32	Шатой	19.7	42.87	45.69	
3         Рошни-Чу         11.9         43.09         45.45           4         Урус-Мартан         11.2         43.12         45.47           5         Гехи         17.2         43.16         45.47           6         Гой-Чу         5.9         43.06         45.61           7         Гойты         16.3         43.16         45.62           8         Шалажи         18.6         43.10         45.36           9         Валерик         21.1         43.17         45.37           10         Катар-Юрт         22.7         43.17         45.40           11         Алхан-Юрт         22.2         43.22         45.57           11         Алхан-Юрт         22.2         43.22         45.57           11         Алхан-Кала         27         43.26         45.37           13         Алхан-Кала         27         43.26         45.37           14         Чечен-аул         27.2         43.20         45.78           15         Грозный-юг         28.7         43.24         45.18           20         Ст. Атаги         18.7         43.12         45.77           21         Шали	2	Танги-Чу	6.9 43.07	45.51	33	Борзой	20.8	42.84	45.63	
4Урус-Мартан11.2 $43.12$ $45.54$ 5Гехи17.2 $43.16$ $45.47$ 5 <i>баллов</i> 6Гой-Чу5.9 $43.06$ $45.61$ 7Гойты16.3 $43.16$ $45.62$ 8Шалажи18.6 $43.10$ $45.36$ 9Валерик21.1 $43.17$ $45.40$ 10Катар-Юрт22.7 $43.17$ $45.37$ 11Алхан-Юрт22.7 $43.22$ $45.57$ 12Гикало26.7 $43.22$ $45.57$ 13Алхан-Юрт22.7 $43.22$ $45.57$ 14Чечен-аул27.2 $43.22$ $45.57$ 15Грозный-юг28.7 $43.24$ $45.88$ 16Закан-Юрт29.2 $43.26$ $45.57$ 16Закан-Юрт29.2 $43.26$ $45.57$ 16Закан-Юрт29.2 $43.26$ $45.57$ 17Акой-Мартан29.3 $43.18$ $45.28$ 18Ассиновская $39.4$ $43.24$ $45.18$ 19Чири-Юрт16.7 $43.08$ $45.57$ 20Ст. Атаги $18.7$ $43.12$ $45.67$ 21 $42.007$ $43.64$ $50.71$ 22Октабрьское $32.11$ $43.08$ 23Грозный-вапад $34.8$ $43.33$ $45.50$ 24Грозный-вапад $39.4$ $43.16$ $46.09$ 25Самашки $106$ $42.71$ $46.69$ 24Грозный-север <t< td=""><td>3</td><td>Рошни-Чу</td><td>11.9 43.09</td><td>45.45</td><td>34</td><td>Махкеты</td><td>29</td><td>42.96</td><td>45.90</td></t<>	3	Рошни-Чу	11.9 43.09	45.45	34	Махкеты	29	42.96	45.90	
5Гехи17.243.1645.47 <b>5</b> баллов6Гой-Чу5.943.0645.617Гойты16.343.1645.628Шалажи18.643.1045.369Валерик21.143.1745.4010Катар-Юрт22.743.1745.3711Алхан-Юрт22.243.2245.5312Гикало26.743.2245.5313Алхан-Кала2743.2645.7314Чечен-аул27.243.2045.7815Грозный-юг28.743.2745.6516Закан-Юрт29.243.2645.7417Ачхой-Мартан29.343.1445.2817Ачхой-Мартан29.343.1245.7419Чири-Юрт16.743.0845.7420Ст. Атаги18.743.1245.7421Шали31.743.1545.9022Октябрьское32.143.3045.7723Грозный-алад34.443.3345.7024Грозный-алад39.443.1625Хиниорт10642.2146.64Самашки36.726Грозный-север38.443.3327Грозный-север38.443.3528Аргун39.243.2929Аргун39.243.2020Казрры39.421Казрры<	4	Урус-Мартан	11.2 43.12	45.54	35	Итум-Кали	31.6	42.73	45.57	
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	5	Гехи	17.2 43.16	45.47	36	Ведучи	37.1	42.68	45.57	
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$		<u>5 балл</u>	<u>06</u>		37	Ведено	44.1	42.97	46.09	
7Гойты16.343.1645.628Шалажи18.643.1045.369Валерик21.143.1745.4010Катар-Юрт22.743.1745.3711Алхан-Юрт22.743.2245.5612Гикало26.743.2245.5313Алхан-Кала2743.2645.5314Чечен-аул27.243.2045.7815Грозный-юг28.743.2745.6516Закан-Юрт29.243.2645.4217Ачхой-Мартан29.343.1845.2818Ассиновская39.443.2445.1819Чири-Юрт16.743.0845.7720Ст. Атаги18.743.3345.5723Грозный-центр33.943.3145.6924Грозный-весток37.443.3345.5725Самашки36.743.2945.3026Грозный-север38.443.3545.7028Аргун39.243.2945.8629Автуры39.243.2945.8629Автуры39.443.2446.0030Цош-Юрт43.645.6631Серноволская45.645.7126Грозный-север38.443.6427Грозный-север38.443.2626Грозный-север38.443.2627Грозный-север38.4	6	Гой-Чу	5.9 43.06	45.61	38	Химой	47.1	42.65	45.85	
8         Шалажи         18.6         43.10         45.36           9         Валерик         21.1         43.17         45.40           10         Катар-Юрт         22.7         43.17         45.37           11         Алхан-Юрт         22.2         43.22         45.37           13         Алхан-Кала         27         43.22         45.73           14         Чечен-аул         27.2         43.22         45.73           15         Грозный-юг         28.7         43.27         45.65           16         Закан-Юрг         29.2         43.26         45.42           17         Ачхой-Мартан         29.3         43.18         45.28           18         Ассиновская         39.4         43.24         45.18           20         Ст. Атаги         18.7         43.12         45.74           21         Шали         31.7         43.33         45.57           23         Грозный-центр         39.9         43.31         45.69           24         Грозный-запад         34.8         43.33         45.57           23         Грозный-запад         34.8         43.33         45.57           24	7	Гойты	16.3 43.16	45.62	40	Бачи-Юрт	56.3	43.22	46.19	
9Валерик21.1 $43.17$ $45.40$ 10Катар-Юрт22.7 $43.17$ $45.37$ 11Алхан-Юрт22.2 $43.22$ $45.56$ 12Гикало26.7 $43.22$ $45.73$ 13Алхан-Кала27 $43.26$ $45.53$ 14Чечен-аул27.2 $43.20$ $45.78$ 15Грозный-юг28.7 $43.27$ $45.65$ 16Закан-Юрт29.2 $43.26$ $45.42$ 17Ачхой-Мартан29.3 $43.18$ $45.28$ 18Ассиновская39.4 $43.24$ $45.18$ $\frac{19}{20}$ Чири-Юрт16.7 $43.08$ $45.74$ 20Ст. Атаги18.7 $43.31$ $45.69$ 22Октябрьское32.1 $43.30$ $45.77$ 23Грозный-центр3.9 $43.31$ $45.69$ 24Грозный-запад $34.8$ $43.33$ $45.57$ 25Самшки $36.7$ $43.29$ $45.30$ 26Грозный-восток $37.4$ $43.33$ $45.77$ 27Грозный-восток $37.4$ $43.33$ $45.77$ 28Аргун $30.2$ $43.29$ $45.30$ 26Грозный-восток $37.4$ $43.33$ $45.77$ 26Грозный-восток $37.4$ $43.33$ $45.77$ 27Грозный-запад $34.8$ $43.33$ $45.77$ 26Грозный-запад $34.8$ $43.33$ $45.77$ 27Грозный-запад $34.4$ $43.57$	8	Шалажи	18.6 43.10	45.36	41	Червленая	59.8	43.50	45.88	
10         Катар-Юрт         22.7         43.17         45.37           11         Алхан-Юрт         22.2         43.22         45.56           12         Гикало         26.7         43.22         45.73           13         Алхан-Кала         27         43.26         45.53           14         Чечен-аул         27.2         43.27         45.65           15         Грозный-юг         28.7         43.27         45.65           16         Закан-Юрт         29.2         43.26         45.42           17         Ачхой-Мартан         29.3         43.18         45.28           18         Ассиновская         39.4         43.24         45.18           19         Чири-Юрт         16.7         43.08         45.74           20         Ст. Атаги         18.7         43.12         45.79           21         Шали         31.7         43.15         45.69           22         Октябрьское         32.1         43.30         45.57           23         Грозный-запад         34.8         43.33         45.69           24         Грозный-запад         34.8         43.35         45.70           25 <td>9</td> <td>Валерик</td> <td>21.1 43.17</td> <td>45.40</td> <td>42</td> <td>Левобережное</td> <td>61.5</td> <td>43.57</td> <td>45.63</td>	9	Валерик	21.1 43.17	45.40	42	Левобережное	61.5	43.57	45.63	
11Алхан-Юрт22.243.2245.5612Гикало26.743.2245.7313Алхан-Кала2743.2645.5314Чечен-аул27.243.2045.7815Грозный-юг28.743.2745.6516Закан-Юрт29.243.2645.4217Ачхой-Мартан29.343.1845.2818Ассиновская39.443.2445.18 $\frac{46}{20}$ Ст. Атаги16.743.0845.7420Ст. Атаги18.743.1245.7421Шали31.743.1545.9022Октябрьское32.143.3045.5723Грозный-иентр33.943.3145.6924Грозный-восток37.443.3945.7426Грозный-север38.443.3545.7028Аргун39.243.2945.8629Автуры39.443.1620Ст. Атаги11.242.8247Ножакск12942.8247Налчикок12942.8247Налчикок12942.8247Налчи10742.5448Аргун39.243.2945.643.3045.1660Аракани12742.6146Соро51Дылы10742.5446.7155Каранай26Грозный-восток37.4<	10	Катар-Юрт	22.7 43.17	45.37	43	Калиновская	61.6	43.57	45.52	
12Гикало26.7 $43.22$ $45.73$ 13Алхан-Кала27 $43.26$ $45.73$ 14Чечен-аул27.2 $43.20$ $45.78$ 15Грозный-юг28.7 $43.27$ $45.65$ 16Закан-Юрт29.2 $43.26$ $45.42$ 17Ачхой-Мартан29.3 $43.18$ $45.28$ 18Ассиновская $39.4$ $43.24$ $45.18$ 19Чири-Юрт16.7 $43.08$ $45.74$ 20Ст. Атаги18.7 $43.12$ $45.74$ 21Шали $31.7$ $43.15$ $45.90$ 22Октябрьское $32.1$ $43.30$ $45.57$ 23Грозный-центр $33.9$ $43.31$ $45.69$ 24Грозный-восток $37.4$ $43.33$ $45.70$ 25Самашки $36.7$ $43.29$ $45.86$ 26Грозный-восток $37.4$ $43.33$ $45.70$ 28Аргун $39.2$ $43.29$ $45.86$ 29Авгуры $39.4$ $43.16$ $46.00$ 30Цоци-Юрт $43.6$ $43.24$ $46.00$ 31Серноволская $45.6$ $43.30$ $45.16$	11	Алхан-Юрт	22.2 43.22	45.56	44	Брагуны	63.7	43.43	46.09	
13Алхан-Кала27 $43.26$ $45.53$ 14Чечен-аул $27.2$ $43.20$ $45.78$ 15Грозный-юг $28.7$ $43.27$ $45.65$ 16Закан-Юрт $29.2$ $43.26$ $45.42$ 17Ачхой-Мартан $29.2$ $43.26$ $45.42$ 17Ачхой-Мартан $29.2$ $43.26$ $45.42$ 17Ачхой-Мартан $29.2$ $43.26$ $45.42$ 18Ассиновская $39.4$ $43.24$ $45.18$ $20$ Ст. Атаги $18.7$ $43.12$ $45.74$ 20Ст. Атаги $18.7$ $43.12$ $45.74$ 21Шали $31.7$ $43.15$ $45.90$ 22Октябрьское $32.1$ $43.30$ $45.77$ 23Грозный-центр $33.9$ $43.31$ $45.69$ 24Грозный-восток $37.4$ $43.33$ $45.70$ 25Самашки $36.7$ $43.29$ $45.30$ 26Грозный-восток $37.4$ $43.33$ $45.70$ 28Аргун $39.2$ $43.29$ $45.86$ 29Автуры $39.4$ $43.64$ $46.00$ 30Цоци-Юрт $43.64$ $43.02$ $46.71$ 29Автуры $39.4$ $43.16$ $46.00$ 30Цоци-Юрт $43.64$ $43.02$ $46.71$ 26Буры $39.4$ $43.64$ $43.62$ 27Грозный-восток $37.4$ $43.33$ $45.70$ 28Аргун $39.2$ $43.29$ $45.86$	12	Гикало	26.7 43.22	45.73	45	Ботлих	66	42.66	46.21	
14Чечен-аул27.243.2045.7815Грозный-юг28.743.2745.6516Закан-Юрт29.243.2645.4217Ачхой-Мартан29.343.1845.2818Ассиновская39.443.2445.18 $46алла$ $46aллa$ $87.9$ 43.0746.6419Чири-Юрт16.743.0845.7420Ст. Атаги18.743.1245.7421Шали31.743.1545.9022Октябрьское32.143.3045.5723Грозный-центр33.943.3145.6924Грозный-восток37.443.3345.7025Самашки36.743.2945.3026Грозный-север38.443.3545.7028Аргун39.243.2945.8629Автуры39.443.1646.0031Серноводская45.643.3045.16	13	Алхан-Кала	27 43.26	45.53	46	Горагорский	65.9	43.50	45.08	
15Грозный-юг28.743.2745.6516Закан-Юрт29.243.2645.4217Ачхой-Мартан29.343.1845.2818Ассиновская39.443.2445.18 <b>4 балла</b> 19Чири-Юрт16.743.0845.7420Ст. Атаги18.743.1245.7421Шали31.743.1545.9022Октябрьское32.143.3045.5723Грозный-центр33.943.3145.6924Грозный-запад34.843.3345.7025Самашки36.743.2945.3026Грозный-север38.443.3545.7028Аргун39.243.2945.8629Автуры39.443.1646.0030Цоци-Юрт43.643.2446.0031Серноволская45.643.3045.16	14	Чечен-аул	27.2 43.20	45.78	47	Ножай-Юрт	67.1	43.09	45.37	
16       Закан-Юрт       29.2       43.26       45.42         17       Ачхой-Мартан       29.3       43.18       45.28         18       Ассиновская       39.4       43.24       45.18         19       Чири-Юрт       16.7       43.08       45.74         20       Ст. Атаги       18.7       43.12       45.74         21       Шали       31.7       43.15       45.90         22       Октябрьское       32.1       43.30       45.57         23       Грозный-центр       33.9       43.31       45.69         24       Грозный-север       38.4       43.33       45.50         25       Самашки       36.7       43.29       45.30         26       Грозный-север       38.4       43.33       45.70         28       Аргун       39.2       43.29       45.86         29       Автуры       39.4       43.16       46.00         30       Цоци-Юрт       43.6       43.24       46.00         31       Серноводская       45.6       43.30       45.16         60       Арагун       39.2       43.29       45.86         29       Автуры <td>15</td> <td>Грозный-юг</td> <td>28.7 43.27</td> <td>45.65</td> <td>48</td> <td>Надтеречное</td> <td>69.4</td> <td>43.62</td> <td>45.33</td>	15	Грозный-юг	28.7 43.27	45.65	48	Надтеречное	69.4	43.62	45.33	
17         Ачхой-Мартан         29.3         43.18         45.28           18         Ассиновская         39.4         43.24         45.18           4 балла         50         Шелковская         83.1         43.50         46.33           19         Чири-Юрт         16.7         43.08         45.74         51         Дылым         87.9         43.07         46.64           2-3         балла         2-3         балла         2-3         балла           19         Чири-Юрт         16.7         43.08         45.74         51         Дылым         87.9         43.07         46.64           2-3         балла         52         Унцукуль         106         42.71         46.64           2-3         балла         52         Унцукуль         106         42.71         46.64           2-3         балла         52         Унцукуль         106         42.71         46.79           24         Грозный-запад         34.8         43.33         45.50         55         Каранай         112         42.83         46.90           26         Грозный-север         38.4         43.35         45.70         57         Нальчик         167	16	Закан-Юрт	29.2 43.26	45.42	49	Владикавказ	71.6	43.02	44.68	
18         Ассиновская         39.4         43.24         45.18           19         Чири-Юрт         16.7         43.08         45.74           20         Ст. Атаги         18.7         43.12         45.74           21         Шали         31.7         43.15         45.90           22         Октябрьское         32.1         43.30         45.57           23         Грозный-центр         33.9         43.31         45.69           24         Грозный-запад         34.8         43.33         45.50           25         Самшки         36.7         43.29         45.30           26         Грозный-восток         37.4         43.33         45.70           28         Аргун         39.2         43.29         45.86           29         Автуры         39.4         43.16         46.00           30         Цоци-Юрт         43.6         43.24         46.00           31         Серноволская         45.6         43.30         45.16	17	Ачхой-Мартан	29.3 43.18	45.28	50	Шелковская	83.1	43.50	46.33	
4 балла19Чири-Юрт16.743.0845.7420Ст. Атаги18.743.1245.7421Шали31.743.1545.9022Октябрьское32.143.3045.5723Грозный-центр33.943.3145.6924Грозный-запад34.843.3345.5025Самшки36.743.2945.3026Грозный-восток37.443.3345.7427Грозный-север38.443.3545.7028Аргун39.243.2945.8629Автуры39.443.1646.0030Цоци-Юрт43.643.2446.0031Серноводская45.643.3045.16	18	Ассиновская	39.4 43.24	45.18	51	Лылым	87.9	43.07	46.64	
19       Цири-Юрт       16.7       43.08       45.74         20       Ст. Атаги       18.7       43.12       45.74         21       Шали       31.7       43.15       45.90         22       Октябрьское       32.1       43.30       45.57         23       Грозный-центр       33.9       43.31       45.69         24       Грозный-восток       37.4       43.29       45.30         25       Самашки       36.7       43.29       45.30         26       Грозный-север       38.4       43.35       45.70         28       Аргун       39.2       43.29       45.86         29       Автуры       39.4       43.16       46.00         30       Цоци-Юрт       43.6       43.24       46.00         31       Серноводская       45.6       43.30       45.16		<u>4 балл</u>	<u>1a</u>		2-3 балла					
$20$ $CT. Атаги$ $18.7$ $43.12$ $45.74$ $21$ Шали $31.7$ $43.15$ $45.90$ $22$ $O$ ктябрьское $32.1$ $43.30$ $45.57$ $23$ $\Gamma$ розный-центр $33.9$ $43.31$ $45.69$ $24$ $\Gamma$ розный-запад $34.8$ $43.33$ $45.50$ $25$ $Cамашки$ $36.7$ $43.29$ $45.30$ $26$ $\Gamma$ розный-восток $37.4$ $43.33$ $45.74$ $27$ $\Gamma$ розный-север $38.4$ $43.35$ $45.70$ $28$ $Aргун$ $39.2$ $43.29$ $45.86$ $29$ $Aвтуры$ $39.4$ $43.16$ $46.00$ $30$ Цоци-Юрт $43.6$ $43.24$ $46.00$ $31$ Серноводская $45.6$ $43.30$ $45.16$	19	Чири-Юрт	16.7 43.08	45.74	52	<u>Униукуль</u>	106	42.71	46.79	
21       Шали       31.7       43.15       45.90         22       Октябрьское       32.1       43.30       45.57         23       Грозный-центр       33.9       43.31       45.69         24       Грозный-запад       34.8       43.33       45.50         25       Самашки       36.7       43.29       45.30         26       Грозный-восток       37.4       43.33       45.74         27       Грозный-север       38.4       43.35       45.70         28       Аргун       39.2       43.29       45.86         29       Автуры       39.4       43.16       46.00         30       Цоци-Юрт       43.6       43.24       46.00         31       Серноводская       45.6       43.30       45.16	20	Ст. Атаги	18.7 43.12 45.74							
22       Октябрьское       32.1       43.30       45.57         23       Грозный-центр       33.9       43.31       45.69         24       Грозный-запад       34.8       43.33       45.50         25       Самашки       36.7       43.29       45.30         26       Грозный-восток       37.4       43.33       45.74         27       Грозный-север       38.4       43.35       45.70         28       Аргун       39.2       43.29       45.86         29       Автуры       39.4       43.16       46.00         30       Цоци-Юрт       43.6       43.24       46.00         31       Серноводская       45.6       43.30       45.16	21	Шали	31.7 43.15	45.90	53	<u></u> Лубки	104	43.02	46 84	
23       Грозный-центр       33.9       43.31       45.69         24       Грозный-запад       34.8       43.33       45.50         25       Самашки       36.7       43.29       45.30         26       Грозный-восток       37.4       43.33       45.74         27       Грозный-север       38.4       43.35       45.70         28       Аргун       39.2       43.29       45.86         29       Автуры       39.4       43.16       46.00         30       Цоци-Юрт       43.6       43.24       46.00         31       Серноводская       45.6       43.30       45.16	22	Октябрьское	32.1 43.30	45.57	54	Кизипюрт	108	43.20	46.87	
24       Грозный-запад       34.8       43.33       45.50         25       Самашки       36.7       43.29       45.30         26       Грозный-восток       37.4       43.33       45.74         27       Грозный-север       38.4       43.35       45.70         28       Аргун       39.2       43.29       45.86         29       Автуры       39.4       43.16       46.00         30       Цоци-Юрт       43.6       43.24       46.00         31       Серноводская       45.6       43.30       45.16	23	Грозный-центр	33.9 43.31	45.69	55	Каранай	112	42.83	46.90	
25         Самашки         36.7         43.29         45.30           26         Грозный-восток         37.4         43.33         45.74           27         Грозный-север         38.4         43.35         45.70           28         Аргун         39.2         43.29         45.86           29         Автуры         39.4         43.16         46.00           30         Цоци-Юрт         43.6         43.24         46.00           31         Серноводская         45.6         43.30         45.16	24	Грозный-запад	34.8 43.33	45.50	56	Буйнакск	129	42.82	47.12	
26         Грозный-восток         37.4         43.33         45.74           27         Грозный-север         38.4         43.35         45.70           28         Аргун         39.2         43.29         45.86           29         Автуры         39.4         43.16         46.00           30         Цоци-Юрт         43.6         43.24         46.00           31         Серноводская         45.6         43.30         45.16	25	Самашки	36.7 43.29	45.30	57	Напьчик	167	43.49	43.61	
27         Грозный-север         38.4         43.35         45.70           28         Аргун         39.2         43.29         45.86           29         Автуры         39.4         43.16         46.00           30         Цоци-Юрт         43.6         43.24         46.00           31         Серноводская         45.6         43.30         45.16	26	Грозный-восток	37.4 43.33	45.74				13.17	45.01	
28         Аргун         39.2         43.29         45.86           29         Автуры         39.4         43.16         46.00           30         Цоци-Юрт         43.6         43.24         46.00           31         Серноводская         45.6         43.30         45.16	27	Грозный-север	38.4 43.35	45.70	58	Хунзах	107	42 54	46 71	
29         Автуры         39.4         43.16         46.00           30         Цоци-Юрт         43.6         43.24         46.00           31         Серноводская         45.6         43.30         45.16	28	Аргун	39.2 43.29	45.86	50	Тидрата	121	42.34	46.36	
<u>30 Цоци-Юрт</u> 43.6 43.24 46.00 <u>31 Серноводская</u> 45.6 43.30 45.16 <u>61 Кумух</u> 159 42.17 47.12	29	Автуры	39.4 43.16	46.00	60	Аракани	121	42.11	16.00	
$51$   Uephobonickar   45.6  45.30   45.16   $-\frac{51}{100}$   $\frac{159}{100}$   42.17 47.12	30	Цоци-Юрт	43.6 43.24	46.00	61	Кумух	159	42.01	47.12	
62 Vnranav 105 1216 1762	31	Серноводская	45.6 43.30	45.16	62	Vnranav	105	42.17	47.63	

Таблица 4. Макросейсмические данные о землетрясении 12 декабря 2020 г. (основной толчок)

Проведение 5- и 4-балльных изосейст довольно хорошо обеспечено данными табл. 4, они вытянуты с востока на запад субширотно. Изосейста 5–6 баллов, показанная на врезке к рис. 9, несколько развернута на запад-северо-запад, но ее проведение не столь уверенно из-за малого числа пунктов наблюдений, что объясняется труднодоступной горной местностью в этом районе. 3-балльная изосейста расширяется и принимает более округлый вид, так же с незначительной широтной вытянутостью. Положение изолиний балльности не противоречит простиранию нодальных плоскостей механизма очага землетрясения и ориентации Черногорского разлома в месте очага исследуемого землетрясения.

На основе собранных данных об интенсивности в населенных пунктах был построен график спадания интенсивности в зависимости от гипоцентрального расстояния. На рис. 10, кроме наблюденных данных, приведены кривые затухания согласно уравнениям макросейсмического поля с коэффициентами для Северного Кавказа (*b*=1.6, *v*=3.1, *c*=2.2) и Дагестана (*b*=1.5, *v*=3.6, *c*=3.1). Как видно, макросейсмический эффект землетрясения 12 декабря лучше всего описывается формулой с коэффициентами, предложенными в [16] для Дагестана.



*Рис.* 9. Карта пунктов-баллов и изосейст равной балльности основного толчка Черногорского-I землетрясения 12 декабря 2020 года

Внизу слева на врезке показана более детально область с 5-балльными и 5–6-балльными пунктами и изосейсты такой же балльности. 1 – интенсивность сотрясений в населенном пункте в баллах; 2 – положение инструментального эпицентра; 3 – положение макросейсмического эпицентра; 4 – изолинии балльности.



*Puc 10.* График спадания интенсивности сотрясений в баллах в зависимости от гипоцентрального расстояния *R* при землетрясении 12 декабря 2020 г.

1 – затухание по формуле: *I*=1.6·*Ms*–3.1·lg*R*+2.2; 2 – затухание по формуле: *I*=1.5·*Ms*– 3.6·lg*R*+3.1; 3 – наблюденные данные; 4 – кривая, аппроксимирующая наблюденные данные.

Три сильнейших афтершока с  $K_P$ =10.8, 12.3 и 11.7 ощущались в основном в населенных пунктах Чеченской Республики: 12 декабря в 23<sup>h</sup>50<sup>m</sup> с  $K_P$ =10.8 – в Урус-Мартане, Чечен-Ауле, Грозном, Ачхой-Мартане – интенсивностью 3 балла; в Шали – 2 балла; 13 декабря в 21<sup>h</sup>34<sup>m</sup> с  $K_P$ =12.3 – в Урус-Мартане, Чечен-Ауле, Грозном, Ачхой-Мартане, Гой-Чу, Мартан-Чу, Танги-Чу, Рошни-Чу, Гехи – интенсивностью 5 баллов; в Шали, Аргуне, Цоци-Юрте, Серноводском, Самашках, Ассиновской, Автурах – 4 балла; в Махачкале – 2–3 балла; 13 декабря в 13<sup>h</sup>05<sup>m</sup> с  $K_P$ =11.7 – в Урус-Мартане, Чечен-Ауле, Грозном, Шали, Ачхой-Мартане – интенсивностью 3 балла.

**Историческая сейсмичность.** Терско-Сунженская сейсмогенерирующая область высокоактивна [1]. Положение эпицентров наиболее сильных исторических и современных землетрясений показано на рис. 11. Сведения об исторической сейсмичности обобщены в многочисленных работах, среди которых самые поздние – [17, 18].

Проявление сейсмической активности в 2020 г. произошло вблизи очаговой зоны 8–9-балльного Черногорского землетрясения 28.07.1976 г. с Mw=6.2, которое входит в десятку сильнейших на Северном Кавказе в XX–XXI веках. Землетрясение 28.07.1976 г. произошло через сутки после первого разрушительного толчка грандиозного землетрясения в провинции Хэбей (КНР) 27.07.1976 в 19<sup>h</sup>43<sup>m</sup> с Mw=7.6 (GCMT) и Ms=7.6 (ISC) [8]. Сейсмограммы всех обсерваторий мира были заполнены записями колебаний, вызванных его сильными афтершоками [19]. Материалы, содержащие инструментальную и макросейсмическую информацию о Черногорском землетрясении 1976 г., описаны в статьях дагестанских сейсмологов [20, 21] и геологов [19]. В Новом каталоге [16] высказано предположение, что землетрясение имело очаг большой вертикальной протяженности.



*Рис. 11.* Карта эпицентров сильнейших землетрясений с *М*≥4.5 центральной части Терско-Каспийского прогиба за период с 1900 г. по 2020 г.

В названных статьях отмечалось, что землетрясение 28.07.1976 г. сопровождалось небольшим числом сильных афтершоков, что при довольно высоком значении магнитуды Ms=6.4, по данным агентства MOS [22], Ms=6.2 [8], характеризовало «вялый» афтершоковый процесс, но с распространенным полем афтершоков (до 100 км от эпицентра). Взгляд авторов статьи на сохранившиеся данные по этому землетрясению позволяет скорее говорить о неудовлетворительной точности определения параметров эпицентров более слабых землетрясений, да и варианты положения эпицентра основного толчка по данным разных служб значительно расходятся. Вызывают сомнение значения глубин h=28 км для основного толчка и h=10–20 км для афтершоков, так как эти значения определялись по годографам, построенным для глубин h=5, 10, 15 и 20 км, ближайшая станция «Грозный» находилась примерно в 50 км от эпицентра и зарегистрировала далеко не все события, а более удаленные станции региональной сети были расположены на расстояниях 150–500 км. В бюллетене ISC [8] сообщается глубина основного толчка, определенная по глубинным фазам «pP\_DEPTH=16±1 км», что близко и к глубинам основного толчка и афтершоков исследуемого Черногорского-I землетрясения 2020 года. Заключение. Результаты анализа инструментальных и макросейсмических данных 5–6балльного Черногорского-I землетрясения 12 декабря 2020 г. показали, что оно в основном обусловлено тектоническими подвижками в блоке земной коры, находящемся под влиянием субширотного Черногорского (Владикавказского) глубинного разлома и осложненного диагональными разломами северо-западного (Даттых-Ахловский разлом) и северо-восточного (Гудермесский разлом) простирания. Реализация Черногорского-I землетрясения с сопровождающими его афтершоками является подтверждением сейсмической активности выделенной ранее Черногорской зоны ВОЗ с  $M_{max}$ =6.5 Терско-Сунженской сейсмогенерирующей области. В названном блоке длительное время с 1984 г. вплоть до 12 декабря 2020 г. установлено затишье на уровне магнитуд  $Ms \ge 5.0$ .

В более крупном плане высокая сейсмичность района исследования обусловлена сочленением двух крупных структурных элементов Северного Кавказа: северных склонов Большого Кавказа и южной части передового Терско-Каспийского прогиба.

Сейсмическая сеть в этом районе нуждается в развитии, так как имеющаяся сеть, включающая только две ближайшие к зоне активизации станции, не позволяет уверенно определять глубины землетрясений в этой зоне по региональным данным.

### Литература

- 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.
- Габсатарова И.П., Королецки Л.Н., Саяпина А.А., Багаева С.С., Адилов 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
- 3. 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. DOI: https://doi.org/10.21455/si2020.3-3 EDN: QLUUFQ
- 4. Дягилев Р.А., Габсатарова И.П., Селиванова Е.А. Шкала локальных магнитуд *ML* для землетрясений в Терско-Каспийском прогибе // Российский сейсмологический журнал. – 2023. – Т. 5, № 2. – С. 19– 31. DOI: https://doi.org/10.35540/2686-7907.2023.2.02 EDN: FEJGPK
- 5. Акимов А.П., Красилов С.А. Программный комплекс WSG «Система обработки сейсмических данных» / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020664678 от 16.11.2020 г.
- Lee W.H.K. and Lahr J.C. HYP071 (Revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes // U.S. Geological Survey. Open File Report. – 1975. – V. 75, N 311. – P. 1–116.
- 7. Краснопевцева Г.В. Глубинное строение Кавказского сейсмоактивного региона. М.: Наука, 1984. 109 с.
- 8. International Seismological Centre. (2024). On-line Bulletin. https://doi.org/10.31905/D808B830
- 9. Трифонов В.Г., Соболева О.В., Трифонов Р.В., Востриков Г.А. Современная геодинамика Альпийско-Гималайского коллизионного пояса. – М.:ГЕОС, 2002. – 225 с.
- 10. Kennet B.L.N. IASPEI 1991 Seismological Tables // Terra Nova. 1991. V. 3, N 2. P. 122.
- Прозоров А.Г. Динамический алгоритм выделения афтершоков для мирового каталога землетрясений. // Математические методы в сейсмологии и геодинамике (Вычислительная сейсмология, Вып. 19). – М.: Наука, 1986. – С. 58–62.
- Михеева А.В., Дядьков П.Г., Марчук А.Г. Геоинформационная система GIS-EEDB и методы пространственно-временного анализа сейсмологических данных // Геоинформатика. – 2013. – Т. 59, № 2. – С. 58–65.
- 13. Ландер А.В. Программа расчета и графического представления механизмов очагов землетрясений по знакам первых вступлений *P*-волн (FA) / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018662004 от 25 сентября 2018 г.
- Зверева А.С., Скоркина А.А., Габсатарова И.П. Спектральные и очаговые параметры землетрясений Северного Кавказа в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 231– 241. DOI: https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.21 EDN: KOLHOO

- 15. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Международная шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
- 16. Кондорская Н.В., Шебалин Н.В. Новый каталог землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: Наука, 1977. 536 с.
- 17. Бадаев С.В. Исторические землетрясения на территории Восточного Предкавказья. // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. 2016. С. 221–238.
- 18. Керимов И.А., Гайсумов М.Я., Бадаев С.В. Сильные землетрясения территории Чечни и Ингушетии в XVIII–XX веках // Грозненский естественнонаучный бюллетень. – 2017. – № 1. – С. 41–54.
- Борисов Б.А., Рейснер Г.И. О геологической обстановке Чечено-Ингушского землетрясения 1976 г. // Бюл. МОИП. Отд. Геол. – 1977. – № 4. – С. 78.
- 20. Асманов О.А., Гамидова А.М., Мусалаева З.А., Алисултанова Г.С. Каталог афтершоков Черногорского землетрясения 28 июля 1976 года в Чечено-Ингушетии // Геодинамика и сейсмичность территории Дагестана. – 1979. – № 3 (21). – С. 56–62.
- Левкович Р.А., Амиров С.Р. Сейсмичность сейсмофокальной области «Дагестанский клин» и ее ближайшего окружения за исторический и инструментальный периоды наблюдений до землетрясения 14 мая 1970 года // Мониторинг. Наука и технологии. – 2010. – № 2 – С. 42–46.
- 22. Сейсмологический бюллетень (сеть телесейсмических станций), 1976. (2024) // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. URL: http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic bulletin/1976

# CHERNOGORSKOE-I EARTHQUAKE on DECEMBER 12, 2020 with $K_R$ =12.9, Mw=4.8 (GCMT), I<sub>0</sub>=5-6 in the CHECHEN REPUBLIC

#### I.P. Gabsatarova<sup>1</sup>, I.Yu. Dmitrieva<sup>2</sup>, A.A. Sayapina<sup>2</sup>, S.S. Bagaeva<sup>2</sup>, M.Ya. Gaisumov<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Obninsk, Russia, ira@gsras.ru; <sup>2</sup>North Osetija Branch of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Vladikavkaz, Russia, sofgsras@gmail.com

<sup>3</sup>Complex Research Institute named after. H.I. Ibragimov RAS, Grozny, Russia; <sup>4</sup>Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, seismic station "Grozny", Grozny, Russia

**Abstract.** On December 12, 2020 at  $21^{h}29^{m}$  GMT, a significant event with  $K_{R}$ =12.9, Mw=4.8 occurred on the territory of the Urus-Martan district of the Chechen Republic. Its epicenter belongs to the area of junction of the southern side of the Terek-Caspian foredeep with the structures of the northern slope of the Greater Caucasus and is associated with the Chernogorskaya zone of Possible Earthquake Sources ( $M_{max}$ =6.5) of the Terek-Sunzha seismogenic region. The earthquake of December 12, called Chernogorsk-I, was felt in 57 settlements with an intensity from 2 to 5–6 by MSK-64. Based on the results of macroseismic surveys, the maps of shaking intensity in populated areas and isoseisms of 5, 4 and 3 points were constructed. The calculated intensity at the epicenter coincides with the observed one in nearest settlements and amounts to  $I_0$ =5–6 points. The source was dominated by compressive stresses oriented submeridionally. The type of movement in the source is a reverse fault along both planes of sublatitudinal strike. The closeness of orientation of the nodal planes to the Chernogorsky fault orientation allows us to draw a conclusion about movement along this fault at Chernogorskoe-I earthquake.

Keywords: North Caucasus, earthquake, macroseismic and instrumental data, focal mechanism, aftershocks.

**For citation:** Gabsatarova, I.P., Dmitrieva, I.Yu., Sayapina, A.A., Bagaeva, S.S., & Gaisumov, M.Ya. (2024). [Chernogorskoe-I earthquake on December 12, 2020 with  $K_R$ =12.9, Mw=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

## References

- Nesmeyanov, S.A., Lutikov, A.I., Shchukin, Yu.K., & Dontsova, G.Yu. (1996). [Seismogenic structures]. In Kompleksnaya otsenka seysmicheskoy opasnosti territorii g. Groznogo [Comprehensive assessment of seismic hazard of the territory of Grozny] (pp. 38-47). Moscow, Russia: Minstroy Rossii Publ. (In Russ.).
- 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.). 69–80. DOI: https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.06 EDN: DPWUCN

- Malovichko, A.A., Gabsatarova, I.P., Dyagilev, R.A., Mekhryushev, D.Y., & Zvereva, A.S. (2021). Evaluation of the detection and location capability of the seismic network in the Western Part of the North Caucasus Network Layout and Local Microseismic Noise Level. *Seismic Instruments*, 57, 209–230. DOI: https://doi.org/10.3103/S0747923921020274.
- Diagilev, R.A., Gabsatarova, I.P., & Selivanova, E.A. (2023). [Scale of local magnitudes *ML* for earthquakes in the Terek-Caspian teach]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 5(2), 19– 31. (In Russ). DOI: https://doi.org/10.35540/2686-7907.2023.2.02 EDN: FEJGPK
- 5. Akimov, A.P., & Krasilov, S.A. (2020). [WSG software package "Seismic data processing system"]. Certificate of state registration of a computer program № 2020664678. (In Russ).
- Lee, W.H.K., & Lahr, J.C. (1975). HYP071 (Revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes. U.S. Geological Survey. Open File Report, 75(311), 1–116.
- 7. 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.).
- International Seismological Centre. (2024). On-line Bulletin. Retrieved from https://doi.org/10.31905/ D808B830
- 9. Trifonov, V.G., Soboleva, O.V., Trifonov, R.V., & Vostrikov, G.A. (2002). Sovremennaya geodinamika Al'piysko-Gimalayskogo kollizionnogo poyasa. [Modern geodynamics of the Alpine-Himalayan collision belt]. Moscow, Russia.: GEOS Publ., 225 p. (In Russ.).
- 10. Kennet, B.L.N. (1991). IASPEI 1991 seismological tables. Terra Nova, 3(2), 122.
- 11. Prozorov, A.G. (1986). [Dynamic algorithm for identifying aftershocks for the world catalog of earthquakes]. In *Matematicheskie metody v sejsmologii i geodinamike (Vychislitel'naya sejsmologiya, Vyp. 19)* [Mathematical methods in seismology and geodynamics] (pp. 58–62). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
- 12. Mikheeva, A.V., Dyadkov, P.G., & Marchuk, A.G. (2013). [Geoinformation system GIS-EEDB and methods of spatiotemporal analysis of seismological data]. *Geoinformatika* [Geoinformatics], 59(2), 58–65. (In Russ.).
- 13. Lander, A.V. (2018). [The program for calculating and graphically representing the mechanisms of earthquake sources by the signs of the first arrivals of P-waves (FA)]. Certificate of state registration of the computer program № 2018662004. (In Russ.).
- Zvereva, A.S., Skorkina, A.A., & Gabsatarova, I.P. (2024). [Spectral and source parameters of North Caucasus earthquakes in 2020]. Zemletriaseniia Severnoi Evrazii [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 231–241. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.21 EDN: KOLHOO
- Medvedev, S.V., Shponhoyer, V., & Karnik, V. (1965). *Mezhdunarodnaya shkala seysmicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 International seismic intensity scale]. Moscow, Russia: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p. (In Russ.).
- 16. Kondorskaya, N.V., & Shebalin, N.V. (1977). [New catalog of strong earthquakes in the USSR from ancient times through 1975]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 536 p. (In Russ.).
- Badaev, S.V. (2016). [Historical earthquakes in the territory of Eastern Ciscaucasia]. In Sovrmennye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo Kavkaza [Modern problems of geology, geophysics and geoecology of the North Caucasus] (pp. 221–238). (In Russ.).
- Kerimov, I.A., Gaisumov, M.Ya., & Badaev, S.V. (2017). [Strong earthquakes in Chechnya and Ingushetia in the 18th–20th centuries]. *Groznenskii estestvennonauchnyi biulleten'* [Grozny Natural Science Bulletin], 1, 41–54. (In Russ.).
- Borisov, B.A., & Reisner, G.I. (1977). [On the geological setting of the Chechen-Ingush earthquake of 1976]. Bull. MOIP. Dept. Geol, 4, 78 p. (In Russ.).
- 20. Asmanov, O.A., Gamidova, A.M., Musalaeva, Z.A., & Alisultanova, G.S. (1979). [Catalog of aftershocks of the Chernogorskoe earthquake on July 28, 1976 in Checheno-Ingushetia]. *Geodinamika i seismichnost' territorii Dagestana* [Geodynamics and seismicity of the territory of Dagestan], *3*(21), 56–62. (In Russ.).
- Levkovich, R.A., & Amirov, S.R. (2010). [Seismicity of the seismofocal region "Dagestan wedge" and its immediate surroundings for the historical and instrumental observation periods before the earthquake of May 14, 1970]. *Monitoring. Nauka i tekhnologii* [Monitoring. Science and technology], 2, 42–46. (In Russ.).
- 22. GS RAS, Bulletin of Teleseismic Stations, 1976. (2024). Retrieved from http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic\_bulletin/1976