

III. СИЛЬНЫЕ и ОЩУТИМЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

УДК 550.348. (470.67)

ОЩУТИМЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ДАГЕСТАНА в 2021 году

З.А. Адилов, О.А. Асманов, Х.Д. Магомедов

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

Аннотация. В статье приводятся инструментальные данные и описания макросейсмических проявлений трех ощутимых землетрясений, произошедших на территории Дагестана в 2021 г.: Хучнинского 2 января с $K_p=12.3$, $M_{ISC}=3.7$, $I_0=6$; Хунзахского 28 июля с $K_p=12.6$, $m_{MOS}=4.7$, $I_0=5$; Бежтинского 3 сентября с $K_p=12.4$, $M_{MOS}=3.9$, $I_0=5$. Для каждого из этих событий составлены карты изосейст, определены координаты макросейсмического эпицентра и интенсивности сотрясений в эпицентре.

Ключевые слова: Дагестан, землетрясение, макросейсмические и инструментальные данные, карта изосейст, карта разломов.

Для цитирования: Адилов З.А., Асманов О.А., Магомедов Х.Д. Ощутимые землетрясения Дагестана в 2021 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 248–258. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.23> EDN: SHJBEK

Введение. Дагестан с прилегающими территориями является одним из самых сейсмоактивных районов Кавказа, где ежегодно регистрируются в среднем около 1700 землетрясений с $K_p \geq 5$. Опасность землетрясений Дагестана заключается в их мелкофокусном характере, в результате чего даже относительно слабые и умеренные землетрясения могут представлять опасность для населения.

В 2021 г. на территории Дагестана из 1776 зарегистрированных землетрясений [1] три события оказались ощутимыми: Хучнинское с $K_p=12.3$, $m_{MOS}=5.1$, $M_{ISC}=3.7$, $I_0=6$; Хунзахского 28 июля с $K_p=12.6$, $m_{MOS}=4.7$, $I_0=5$; Бежтинского 3 сентября с $K_p=12.4$, $M_{MOS}=3.9$, $m_{MOS}=4.9$, $I_0=5$.

Настоящая статья посвящена изучению инструментальных и макросейсмических данных Хучнинского, Хунзахского и Бежтинского землетрясений 2021 года.

Методика обработки макросейсмических данных. Для анализа макросейсмических проявлений рассматриваемых землетрясений использовалось уравнение макросейсмического поля Блейка-Шебалина [2]:

$$I_i = bM - v \lg \sqrt{\Delta^2 + h^2} + C, \quad (1)$$

или, для интенсивности сотрясений в эпицентре I_0 :

$$I_0 = bM - v \lg h + C, \quad (2)$$

где I_i – интенсивность в конкретном населенном пункте на эпицентральной расстоянии Δ , определенная, как и I_0 , по шкале MSK-64 [3]; M – магнитуда землетрясения, определяемая по поверхностным волнам; h – глубина гипоцентра землетрясения в км; коэффициенты b , v и C для Дагестана и прилегающих районов в уравнениях (1) и (2) равны, согласно [2], 1.5, 3.6 и 3.1 соответственно.

Формулы (1) и (2) не учитывают геометрические размеры очага и анизотропию затухания, а построенные с их помощью теоретические изосейсты, в отличие от обычно наблюдаемых, являются концентрическими окружностями.

Макросейсмический эпицентр находился как центр изосейсты высшего балла. Глубина по макросейсмическим данным определялась из уравнения (2).

Тектоническая позиция очагов. На рис. 1 приведена карта эпицентров исследуемых землетрясений, совмещенная с картой разломов [4]. Все три землетрясения относятся к Альпийскому горно-складчатому сооружению Восточного Кавказа, при этом Хучнинское и Хунзахское землетрясения оказались в известняковой его области, а Бежтинское землетрясение – в сланцевой. Хучнинское землетрясение привязано к Владикавказскому разлому. Хунзахское землетрясение связано с Леватийско-Тбилиско-Аграханским разломом. Бежтинское землетрясение относится к району пересечения разлома Главного Кавказского хребта с Леватийско-Тбилиско-Аграханским разломом

(рис. 1), характеризующемуся высоким уровнем сейсмичности. Здесь по историческим инструментальным данным [5] происходили ощутимые землетрясения с максимальной магнитудой $M_s=5.1$.

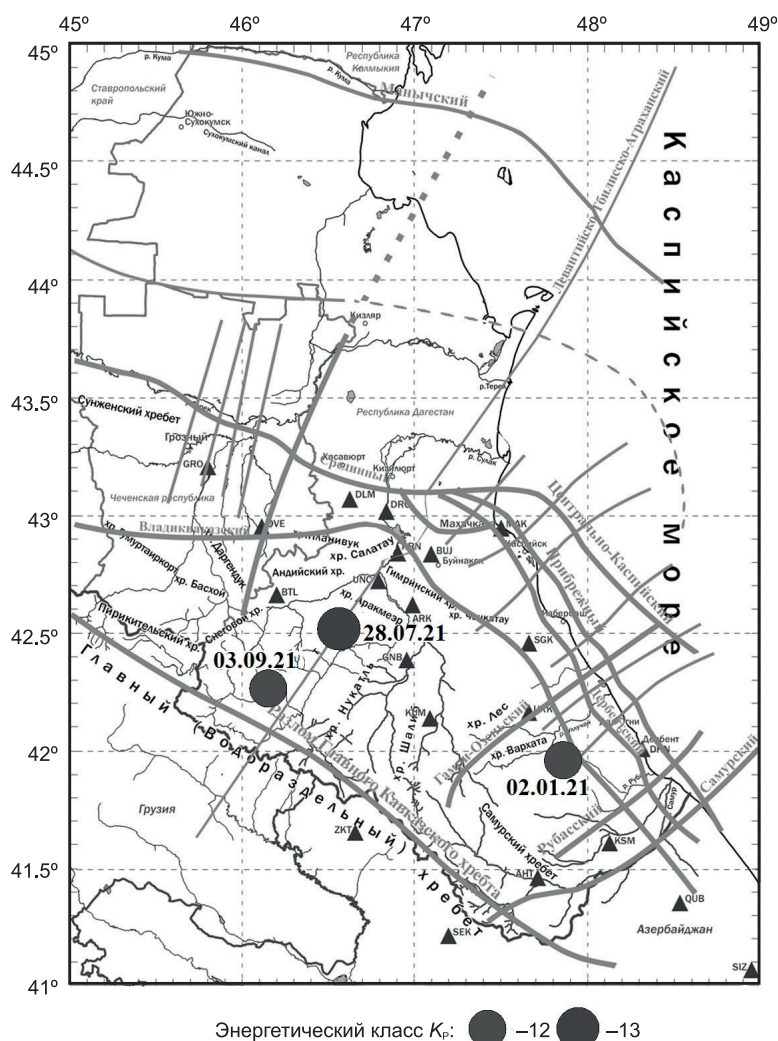


Рис. 1. Эпицентры ощутимых землетрясений 2021 г. на фоне карты разломов [5]: Хучнинского 2 января с $K_p=11.9$, Хунзахского 28 июля с $K_p=12.9$ и Бежтинского 3 сентября с $K_p=12.4$

Хучнинское землетрясение. Эпицентр землетрясения, произошедшего 2 января 2021 г. в 01^h05^m, находился в 250 км южнее г. Махачкалы, в районе населенных пунктов Хучни (районный центр) и Акка территории Табасаранского района Республики Дагестан, поэтому оно названо по наименованию ближайшего к нему крупного населенного пункта Хучни [6].

Инструментальные данные. Хучнинское землетрясение зарегистрировали 462 сейсмических станции мировой сети. Его кинематические и динамические параметры по данным Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН [1] (сеть DRS) и каталога землетрясений Северного Кавказа [7] даны в табл. 1 в сопоставлении с решениями международных сейсмологических центров из бюллетеня ISC [8]. Положение эпицентра по данным сети DRS и разных сейсмологических служб показано на рис. 2.

Как видно из табл. 1 и рис. 2, решения для эпицентров по данным разных служб близки, разброс глубин тоже незначительный – от 9 до 16.3 км. Серия афтершоков, реализовавшаяся в первые дни после главного толчка, немногочисленна. Форшоки и афтершоки распределены по глубинам от 3 до 18 км.

Макросейсмические данные о проявлениях Хучнинского землетрясения собраны сотрудниками Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН в основном при помощи телефонного опроса жителей населенных пунктов Табасаранского, Кайтагского, Дербентского и Хивского районов. Обработка результатов опроса населения осуществлялась по опросной таблице, составленной на базе шкалы MSK-64 [3].

Таблица 1. Основные параметры Хучнинского землетрясения 2 января 2021 г. по данным Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	t_0 , ч:мин:с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда/число станций	Источник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
DRS	01:05:53.40	0.00	41.953		47.861		12.0		$K_p=12.3$	[1]
NORS	01:05:52.20	0.49	41.929		48.096		15.0	0.2	$MPVA=5.4$	[8]
OBGSR	01:05:51.5	0.84	41.99	0.03	47.85	0.03	9.0	3	$K_p=11.9$, $MPVA_{per}=5.5$	[7]
MOS	01:05:49.90	1.35	42.050	0.04	48.096	0.03	9.0		$mb=5.1/22$	[8]
NEIC	01:05:51.64	2.23	42.097	0.10	48.013	0.03	10.0f		$mb=5.1/161$	– " –
TIF	01:05:52.30		41.945		47.856		16.3	1.2		– " –
IDC	01:05:49.02	0.44	42.060	0.09	47.948	0.07	0.0f		$mb=4.5/28$, $M_s=3.8/26$	– " –
ISC	01:05:52.25	0.50	42.028	0.02	47.943	0.02	19.6	2.27	$mb=4.9/195$, $M_s=3.7/25$	– " –

Примечание. DRS – Дагестанский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Махачкала, Россия; NORS – Северо-Осетинский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Владикавказ, Россия; OBGSR – решение по данным станций сетей DRS, NORS и OBGSR (центра обработки в Обнинске), Россия, приведенное в [7]; MOS – решение ФИЦ ЕГС РАН, Обнинск, Россия, по данным телесейсмических станций; NEIC – National Earthquake Information Center, USA; TIF – Институт наук о Земле Национального центра сейсмического мониторинга, Грузия; IDC – International Data Centre, Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBTO), Austria; ISC – International Seismological Center, UK.

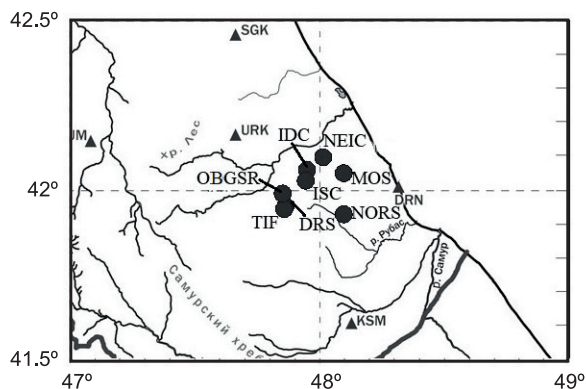


Рис. 2. Решения эпицентра Хучнинского землетрясения 2 января 2021 г. по данным разных сейсмологических центров (табл. 1)

В связи с достаточно большой плотностью населенных пунктов, наиболее заметные макросейсмические эффекты землетрясения с интенсивностью сотрясений 6 баллов наблюдались в шести селениях: Акка, Гюхряг, Куваг, Вечрик, Ляха, Хучни Табасаранского района.

В вышеперечисленных пунктах частично пострадали отдельные дома: появились тонкие трещины в стенах и перекрытиях; замечено выпадение участков кладки и разрушение облицовки стен; в стенах и перегородках появились косые и близкие к вертикали сквозные трещины с раскрытием в 1–3 мм; возникли трещины, огибающие по периметру оконные и дверные проемы; отвалились большие куски штукатурки потолков.

Землетрясение здесь ощущалось большинством людей, как внутри помещений, так и под открытым небом. Многие люди ощущали сильные толчки снизу вверх, от испуга выбегали на улицу. По словам очевидцев, дрожали оконные стекла, звенела посуда. В некоторых жилищах падали предметы из шкафов. Эти и другие макросейсмические проявления соответствуют интенсивности сотрясений в 6 баллов. Площадь, где расположились населенные пункты Акка (0.3 км), Гухраг (2 км), Куваг (2 км), Вечрик (3 км), Ляха (3 км), Хучни (3 км) с 6-балльными сотрясениями, составила около 30 км².

Площадь, характеризующаяся интенсивностью сотрясений в 5 и 5–6 баллов, оказалась равной около 1200 км². В эту область вошли населенные пункты: Туруф, Кирки, Хурик, Урга, Ерс, Межгюль, Джибахни, Ляхля, Кандык, Дуреги, Хив, Кошкент, Баршамай. Землетрясение в этих населенных пунктах ощущалось всеми жителями, находящимися внутри помещений и некоторыми, находящимися на улице. Большинство людей выбегали из помещений. Во время землетрясения раскачивались люстры, скрипели стены, дрожали окна и посуда, в некоторых домах появились тонкие трещины в штукатурке стен и потолков. Методом визуального осмотра и опроса населения всего обследовано около 39 населенных пунктов. Результаты обследования в населенных пунктах, находящихся на расстояниях более 80–90 км от эпицентра, приведены в табл. 2, карта изосейст Хучнинского землетрясения приведена на рис. 3.

Таблица 2. Макросейсмические сведения о Хучнинском землетрясении 2 января 2021 г.

№	Пункт	φ°, N	λ°, E	Δ, км	№	Пункт	φ°, N	λ°, E	Δ, км
	Макросейсмический эпицентр	41.93	47.93	0					
6 баллов					21	Сиртыч	41.83	48.22	28
1	Акка	41.92	47.93	0	22	Касумкент	41.67	48.15	33
2	Гюхряг	41.93	47.90	2	23	Уркарах	42.16	47.63	36
3	Куваг	41.92	47.90	2	4 балла				
4	Вечрик	41.91	47.96	3	24	Дагестанские Огни	42.12	48.19	30
5	Ляха	41.95	47.91	3	25	Дружба	42.24	48.00	35
6	Хучни	41.95	47.94	3	3-4 балла				
5-6 баллов					26	Дербент	42.07	48.30	34
7	Ляхля	41.88	47.87	7	27	Белиджи	41.87	48.39	39
8	Туруф	41.90	48.01	7	28	Тпиг	41.78	47.59	33
9	Хурик	41.98	47.89	7	29	Новокаякент	42.39	47.99	51
10	Урга	41.86	47.86	9	30	Магарамкент	41.62	48.35	49
11	Кирки	41.97	47.82	10	31	Сергокала	42.45	47.66	63
12	Ерси	42.01	48.02	12	32	Вачи	42.07	47.21	61
13	Джибахни	42.06	47.91	15	33	Акуша	42.28	47.33	62
14	Межгюль	41.80	48.00	15	34	Избербаш	42.56	47.87	71
5 баллов					35	Леваши	42.43	47.33	75
15	Кандык	41.79	47.87	15	3 балла				
16	Дуреги	42.03	47.76	18	36	Ахты	41.46	47.75	54
17	Хив	41.75	47.93	20	37	Кумух	42.17	47.11	72
18	Кошкент	41.74	48.04	23	2-3 балла				
19	Баршамай	42.11	47.85	21	38	Рутул	41.53	47.43	61
4-5 баллов					39	Карабудахкент	42.70	47.56	92
20	Маджалис	42.12	47.83	23	40	Гуниб	42.38	46.96	95

Примечание. Эпицентральные расстояния Δ рассчитаны от макросейсмического эпицентра: φ_м=41.93°N, λ_м=47.93°E.

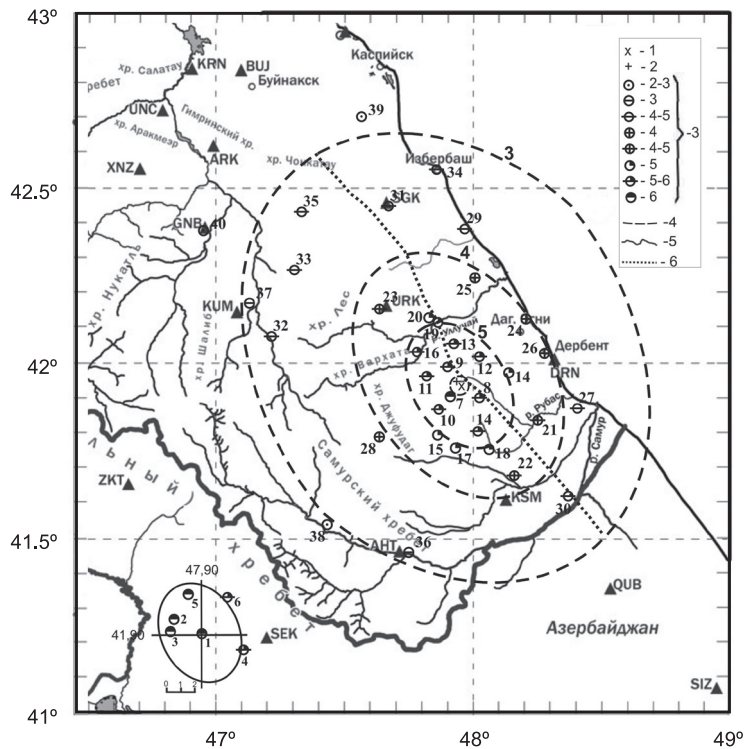


Рис. 3. Карта изосейст Хучнинского землетрясения

1, 2 – макросейсмический и инструментальный эпицентры соответственно; 3 – интенсивность сотрясений в баллах по шкале MSK-64 [3]; 4 – изосейста; 5 – государственная граница; 6 – разлом.

Хунзахское землетрясение. Эпицентр землетрясения, произошедшего 28 июля 2021 г. в 00^h41^m, находился в 88 км к юго-западу от г. Махачкалы и в 12 км к западу от одноименного районного центра Хунзахского района, откуда произошло название землетрясения [9].

Инструментальные данные. Хунзахское землетрясение записали 169 сейсмических станций мировой сети. Его кинематические и динамические параметры представлены в табл. 3 по данным Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН [1] (сеть DRS) и каталога землетрясений Северного Кавказа [7] в сопоставлении с решениями международных сейсмологических центров, представленными в бюллетене ISC [6]. Положение эпицентра по данным DRS и разных сейсмологических служб показано на рис. 4.

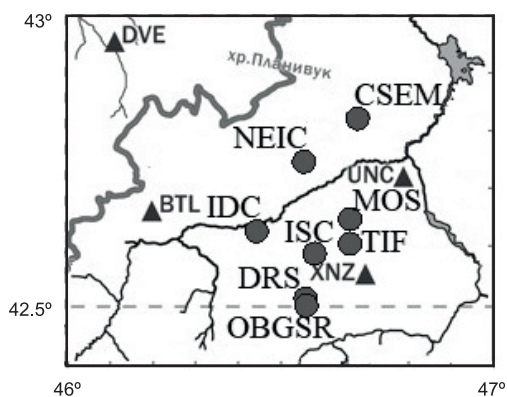


Рис. 4. Разные решения для эпицентра Хунзахского землетрясения 28 июля 2021 г.

Таблица 3. Основные параметры Хунзахского землетрясения 28 июля 2021 г. по данным Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН в сопоставлении с определениями других агентств

Агент-ство	t_0 , ч:мин:с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда/число станций	Источник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
DRS	00:41:28.56	0.00	42.512		46.558		33.0		$K_p=12.6$	[1]
OBGSR	00:41:27.8	0.63	42.50	0.02	46.56	0.02	49.0	2.0	$K_p=12.9$, $MPVA_{per}=5.7$	[7]
MOS	00:41:26.50	1.05	42.648	0.04	46.662	0.03	71.0		$mb=4.7/15$	[8]
CSEM	00:41:22.30		42.820		46.680				$ML=4.7$	– " –
NEIC	00:41:21.44	1.89	42.746	0.11	46.554	0.06	10.0f		$mb=4.7/156$	– " –
TIF	00:41:26.30		42.606		46.662		70.8	1.8		– " –
IDC	00:41:29.42	0.96	42.627	0.09	46.444	0.07	83.6	9.6	$mb=4.0/25$, $M_s=3.2/22$	– " –
ISC	00:41:26.37	0.45	42.589	0.03	46.579	0.03	83.6	9.6	$mb=4.6/204$	– " –

Примечание. См. Примечание к табл. 1.

Как видно из табл. 3 и рис. 4, разброс решений для координат эпицентра по широте почти в два раза больше, чем по долготе. Решения для координат эпицентра по данным всех служб оказались севернее решения по данным сети DRS. Кроме того, наблюдается достаточно большой разброс решений глубины гипоцентра – от 10 до 84 км.

Фор- и афтершоковая активность очаговой зоны Хунзахского землетрясения выражена относительно слабо: были зарегистрированы всего три форшока и тринадцать афтершоков.

Макросейсмические сведения. На основании макросейсмического обследования было установлено, что в районном центре Хунзаха, а также в населенных пунктах Хиндах, Коло, Сиух, Харахи, Тлох, Ингердах, Нижний Батлух и Мочох максимальная интенсивность сотрясений составила 5 баллов. В эпицентральной зоне произошли повреждения 1-й степени, т.е. легкие повреждения: тонкие трещины в штукатурке получили в основном здания типа «А» (здания из рваного камня, сельские постройки, дома из кирпича-сырца, глинобитные дома) [3]. Эти повреждения представляли собой тонкие трещины в стенах и осыпания побелки. Во время опроса населения было выявлено, что в центральной зоне землетрясение ощущалось всеми жителями: спящие проснулись, многие от страха выбежали во двор. Отмечались также раскачивания висячих предметов, хлопанье окон и дверей, звон посуды, падение некоторых предметов с полок.

С интенсивностью сотрясений в 4–5 баллов землетрясение проявилось в следующих населенных пунктах: Унцукуль, Ботлих, Аракани, Тинди, Ругуджа, Гуниб, Дубки, г. Буйнакск, Тлярата

и Бежта. В этих населенных пунктах землетрясение большинством людей было замечено в виде сильного короткого удара. Спавшие проснулись, наблюдался испуг, некоторые люди покинули помещение. В домах скрипели полы и потолки, дребезжала посуда и стекла окон, колебались висячие предметы. Дрожала и скрипела мебель, легкие предметы на полках сдвигались со своих мест.

Чох, Верхний Дженгутай, Тлянада, Эльбок, Учкент оказались в 4-балльной зоне. В этих населенных пунктах отмечено дребезжание посуды и оконных стекол, раскачивание висячих предметов, вибрация мебели.

В зоне 3–4-балльной интенсивности сотрясений расположились следующие населенные пункты: Какашура, Кумух, Хасавюрт, Махачкала, Аксай, Каспийск и Сергокала. В этих населенных пунктах землетрясение ощущалось людьми, находившимися в состоянии покоя. Наблюдались колебания висячих предметов, покачивание кроватей.

Уркарах, Грозный, Избербаш оказались в 3-балльной зоне. Землетрясение ощущали многие жители населенных пунктов, в основном на вторых этажах. Спавшие проснулись, ощущали легкое дрожание, раскачивались люстры.

Кизляр, Дербент, Ахты, Касумкент расположились в зоне интенсивности сотрясений 2–3 балла. Землетрясение было замечено отдельными людьми в состоянии покоя.

Сведения о макросейсмических проявлениях Хунзахского землетрясения сведены в табл. 4, соответствующая таблице карта изосейст приведена на рис. 5.

Таблица 4. Макросейсмические сведения о Хунзахском землетрясении 28 июля 2021 г.

№	Пункт	φ°, N	λ°, E	$\Delta, км$	№	Пункт	φ°, N	λ°, E	$\Delta, км$
	Макросейсм. эпицентр	42.67	46.56	0	19	Дженгутай	42.68	47.23	55
5 баллов					20	Тлянада	42.02	46.51	71
1	Сиух	42.60	46.55	8	21	Эльбок	42.18	45.90	76
2	Харахи	42.64	46.52	4	22	Учкент	43.11	47.08	65
3	Глох	42.67	46.46	8	3–4 балла				
4	Ингердах	42.59	46.39	16	23	Какашура	42.65	47.39	68
5	Нижний Ботлух	42.48	46.52	20	24	Кумух	42.17	47.11	72
6	Мочох	42.63	46.61	6	25	Хасавюрт	43.24	46.58	64
7	Хунзах	42.54	46.70	18	26	Махачкала	42.97	47.49	83
4–5 баллов					27	Аксай	43.37	46.44	79
8	Унцукуль	42.71	46.78	19	28	Каспийск	42.89	47.63	91
9	Ботлих	42.67	46.21	28	29	Сергокала	42.45	47.66	93
10	Аракани	42.61	46.99	36	3 балла				
11	Тинди	42.45	41.13	42	30	Уркарах	42.16	47.63	105
12	Ругуджа	42.35	46.91	45	31	Грозный	43.31	45.67	101
13	Гуниб	42.38	46.96	45	32	Избербаш	42.56	47.87	108
14	Дубки	43.02	46.84	45	2–3 балла				
15	Буйнакск	42.82	47.11	49					
16	Тлярата	42.79	46.53	14	33	Кизляр	43.85	46.72	132
17	Бежта	42.13	46.12	69	34	Дербент	42.07	48.3	158
4 балла					35	Ахты	41.46	47.75	167
18	Чох	42.31	47.03	55	36	Касумкент	41.67	48.15	171

Примечание. Эпицентральные расстояния рассчитаны от макросейсмического эпицентра: $\varphi_m=42.67^\circ N$, $\lambda_m=46.56^\circ E$.

По карте изосейст данного землетрясения были определены координаты макросейсмического эпицентра – $\varphi_m=42.67^\circ N$, $\lambda_m=46.56^\circ E$; глубина по макросейсмическим данным – $h_m=29 км$.

Расчетная интенсивность сотрясений в эпицентре I_0 по известному макросейсмическому уравнению Н. В. Шебалина с использованием значений коэффициентов, определенных для территории Дагестана [2] ($I_0=1.5M-3.6 \lg(h)+3.1$), составила $I_0=4.8$ балла при инструментально определенной глубине гипоцентра $h_n=33 км$ и $M=(K_p-4)/1.8=4.78$. Это соответствует интенсивности сотрясений $I=5$ баллов в населенных пунктах, расположенных на расстояниях до $\Delta=20 км$ от эпицентра [7].

Оценка геометрических размеров макросейсмического поля Хунзахского землетрясения, снятая с карты изосейст, приведена в табл. 5.

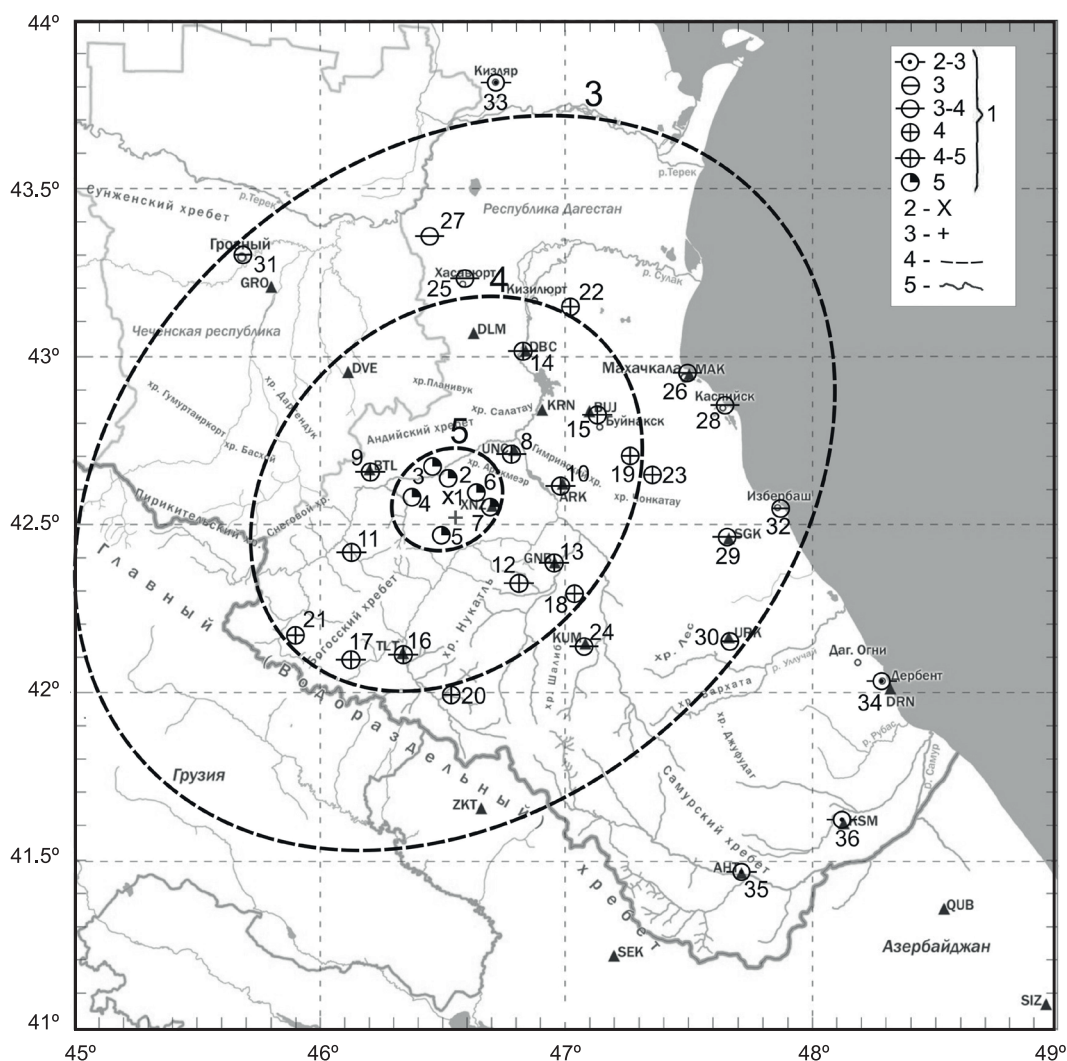


Рис. 5. Карта изосейст Хунзахского землетрясения 28 июля 2021 г.

1 – интенсивность сотрясений в баллах по MSK-64 [3]; 2, 3 – макросейсмический и инструментальный эпицентр соответственно; 4 – изосейста; 5 – государственная граница.

Таблица 5. Основные параметры макросейсмического поля Хунзахского землетрясения 28 июля 2021 г.

I_0 , балл	Геометрические параметры изосейст			
	L_6 , км	L_m , км	$L_{ср}$, км	L_6 / L_m
5	34.4	20	27.2	1.72
4	142	85	113.5	1.67
3	309	192	250.5	1.60

Примечание. L_6 – большая ось эллиптической изосейсты; L_m – малая ось.

Бежтинское землетрясение [10, 11], произошедшее 3 сентября 2021 г. в 03^h34^m с $K_p=12.4$ на глубине 20 км, является одним из наиболее ощутимых сейсмических событий за время инструментальных наблюдений на юго-западе Дагестана. Данное землетрясение с координатами $\varphi=42.25^\circ N$; $\lambda=46.25^\circ E$ зарегистрировано вблизи пересечения Разлома Главного Кавказского хребта с Леватийско-Тбилиско-Аграханским разломом (рис. 1) в районе Богосского хребта.

Инструментальные данные. По данным ISC [8], Бежтинское землетрясение записали 737 сейсмических станций мировой сети. Кинематические и динамические параметры землетрясения по данным Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН [1] (сеть DRS) представлены в табл. 1 в сопоставлении с решениями OBGSR [7] и международных сейсмологических центров из бюлле-

тения ISC [8]. Положение эпицентра по данным DRS и разных сейсмологических служб показано на рис. 6. Бросается в глаза большой разброс в широтном направлении определений эпицентров разными службами.

Таблица 6. Основные параметры Бежтинского землетрясения 3 сентября 2021 г. по данным Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН в сопоставлении с определениями других сейсмологических агентств

Агентство	t_0 , ч:мин:с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда/число станций	Источник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
DRS	03:34:49.06	–	42.258	–	46.148	–	6.0	–	$K_p=12.4$	[1]
GFZ	03:34:51.10	0.40	42.287	–	46.099	–	10.0	7	$mb=4.3/23$	[8]
OBGSR	03:34:47.30	0.91	42.15	0.07	45.98	0.07	11	7	$K_p=12.4$, $MPVA_{reg}=5.4$	[7]
MOS	03:34:47.30	–	42.153	–	45.981	–	10.7	0.3	$MS=3.9$, $mb=4.9$	[8]
AZER	03:34:47.17	–	42.211	–	45.817	–	10.0	–	$ML=4.8$	– " –
ISC	03:34:49.86	0.64	42.177	0.02	45.960	0.02	13.0	4.22	$Ms=3.7/49$, $mb=4.7/150$	– " –
NEIC	03:34:50.08	2.02	42.282	0.1	46.033	0.09	30.0f	–	$mb=4.8/106$	– " –
TIF	03:34:47.60	–	42.194	–	45.953	–	11.4	1.0	$ML=4.7$	– " –
IDC	03:34:47.50	0.46	42.158	0.09	45.943	0.08	0.0f	–	$mb=4.4/28$, $Ms=3.6/36$	– " –

Примечание. См. Примечание к табл. 1.

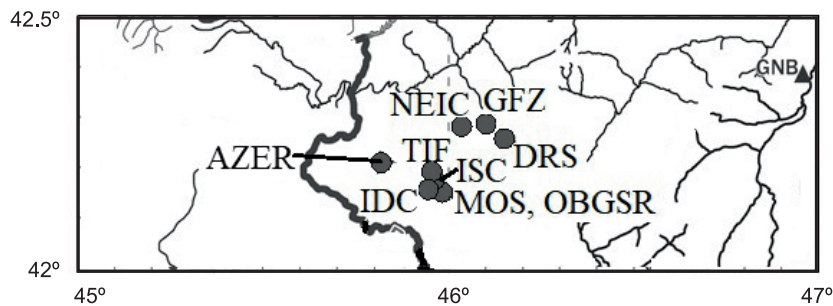


Рис. 6. Решения эпицентра Бежтинского землетрясения 3 сентября 2021 г. по данным разных сейсмологических центров (табл. 6)

Землетрясение сопровождалось семью форшоками и 26 афтершоками, что позволяет дать оценку энергетической ступени между энергетическим классом главного толчка и максимальными энергетическими классами форшоков (ΔK_ϕ) и афтершоков (ΔK_a): $\Delta K_\phi=12.4-8.2=4.2$; $\Delta K_a=12.4-9.5=2.9$.

Осевая линия поля форшоков и афтершоков Бежтинского землетрясения ориентирована в северо-восточном направлении [10], что согласуется с направлением вытянутости поля изосейст на рис. 7.

Макросейсмические данные. Последствия землетрясения на территории Дагестана были обследованы сотрудниками ДФ ФИЦ ЕГС РАН и ГУ МЧС России по Дагестану с участием представителей администраций сельских поселений Цунтинского и Тлярятинского районов.

В 5-балльную эпицентральную область попали населенные пункты Генух, Кидеро, Бежта, Хамаитли, Хонох, Хварши и Санти Цунтинского района. Многие люди ощущали землетрясение в спокойном состоянии и смогли определить направление и длительность колебаний, в единичных случаях образовались или вскрылись трещины в штукатурке.

В населенных пунктах Генух и Кидро очень сильно ощущали вертикальный удар.

Интенсивность сотрясений 4–5 баллов охватила горную часть территории Дагестана: большую часть Тлярятинского и Цумадинского районов и Бежтинского участка. Здесь землетрясение ощущалось населением как на верхних, так и на первых этажах домов. Люди заметили дрожание мебели, оконных стекол, движение незакрытых дверей и окон, раскачивание люстр, в некоторых домах появились волосные трещины в штукатурке.

В 4-балльной области сотрясений оказались села Ботлих, Хунзах и Гочоб.

Интенсивность сотрясений 3–4 балла зарегистрирована в населенных пунктах Гуниб, Шамилькала, Кумух.

С интенсивностью сотрясений 3 балла землетрясение ощущалось в населенных пунктах Мухах, Дубки, Какашура, Герхмахи.

Хасавюрт, Рутул, Аксай, Махачкала, Грозный – в 2–3-балльной области сотрясений.

Результаты обработки макросейсмической информации представлены в табл. 7. На рис. 7 приведена карта изосейст данного землетрясения только в пределах Дагестана. По ней были определены координаты макросейсмического эпицентра, оказавшиеся равными: $\varphi_m=42.12^\circ\text{N}$, $\lambda_m=46.00^\circ\text{E}$. Макросейсмический эпицентр находился как центр изосейсты высшего балла. Изосейсты вытянуты в северо-восточном направлении.

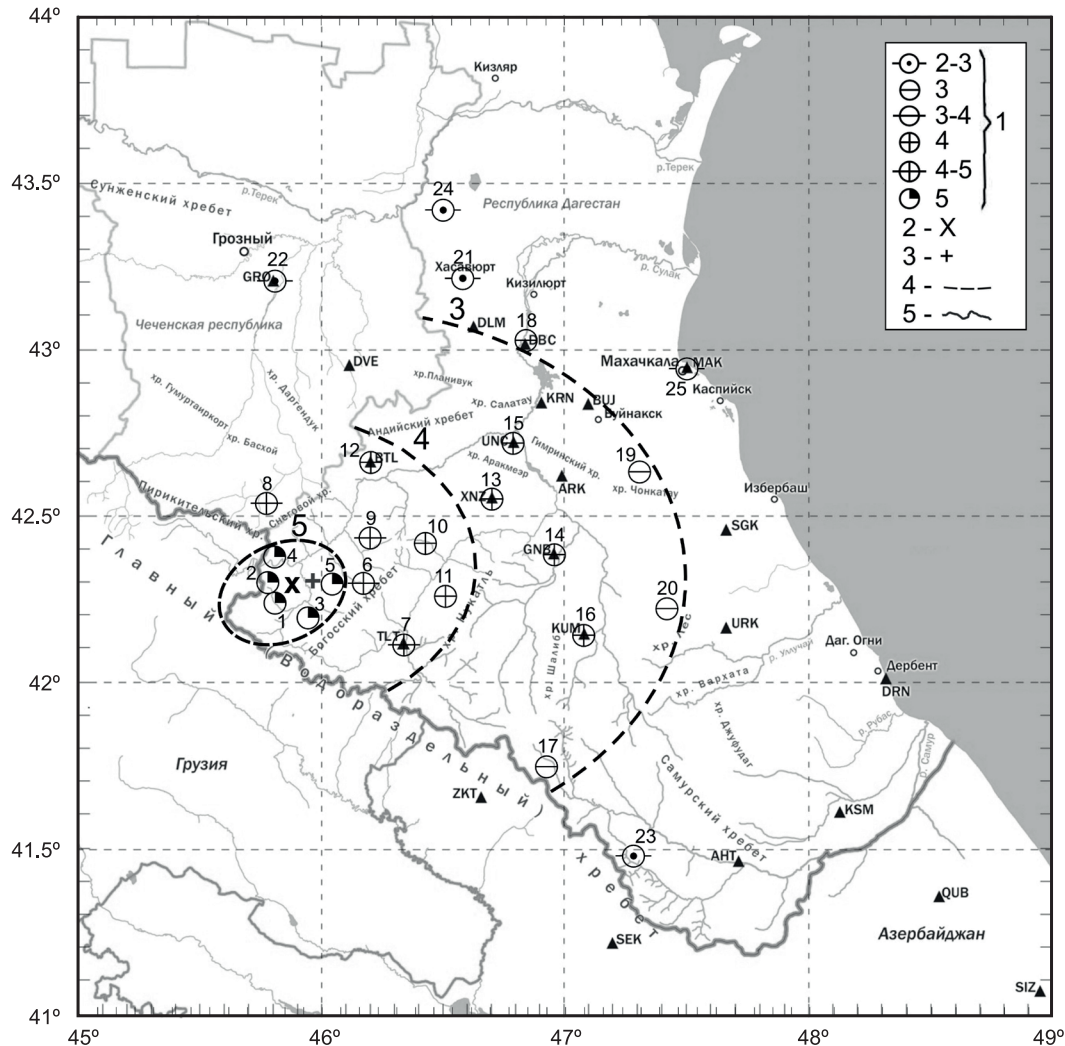


Рис. 7. Карта изосейст Бежтинского землетрясения 3 сентября 2021 г.

1 – интенсивность сотрясений в баллах по MSK-64 [3]; 2, 3 – макросейсмический и инструментальный эпицентр соответственно; 4 – изосейста; 5 – государственная граница.

При оценке расчетной интенсивности сотрясения в эпицентре I_0 по формуле (2) получено $I_0=5.2$ балла при $MS_{MOS}=3.9$ и инструментальной глубине $h_{ин}=11$ км.

В районе Бежтинского землетрясения 2021 г. и ранее происходили ощутимые землетрясения. Так, 17 октября 1902 г. здесь было зарегистрировано 7-балльное землетрясение [5]. В этом же районе в инструментальный период наблюдений землетрясение с наибольшей магнитудой $M_s=5.1$ произошло в 1974 г. [5, 11]. Его эпицентр находился в 21 км северо-западнее эпицентра Бежтинского землетрясения 2021 г.

Сопоставление карт изосейст землетрясений 4 августа 1974 г. и 3 сентября 2021 г. показало, что в обоих случаях 3-, 4- и 5-балльные изосейсты вытянуты в северо-восточном направлении, а пространственная ориентация больших осей совпадает.

Таблица 7. Макросейсмические сведения Бежтинского землетрясения 3 сентября 2021 г.

№	Пункт	φ°, N	λ°, E	Δ, км	№	Пункт	φ°, N	λ°, E	Δ, км
	Макросейсм. эпицентр	42.12	46.00	0	13	Хунзах	42.54	46.70	75
5 баллов					3–4 балла				
1	Генух	42.17	45.98	6	14	Гуниб	42.38	46.96	85
2	Кидеро	42.19	45.96	9	15	Шамилькала	42.68	46.87	95
3	Бежта	42.13	46.12	10	16	Кумух	42.17	47.11	92
4	Хамантли	42.31	45.96	21	3 балла				
5	Хварши	42.35	46.11	28	17	Мухах	41.70	46.99	94
6	Санга	42.24	46.25	25	18	Дубки	43.02	46.84	122
4–5 баллов					19	Какашура	42.65	47.39	129
7	Тлярата	42.10	46.35	29	20	Герхмахи	42.26	47.53	127
8	Сильди	42.45	45.92	38	2–3 балла				
9	Дагбаш	42.38	46.35	41	21	Хасавюрт	43.24	46.58	134
10	Урада	42.37	46.56	54	22	Грозный	43.31	45.67	135
4 балла					23	Рутул	41.53	47.43	135
11	Гочоб	42.24	46.65	56	24	Аксай	43.37	46.44	144
12	Ботлих	42.67	46.21	64	25	Махачкала	42.97	47.49	155

Примечание. Эпицентральные расстояния рассчитаны от макросейсмического эпицентра: φ_м=42.12°N, λ_м=46.00°E.

Заключение. Проанализированы инструментальные и макросейсмические данные трех ощутимых землетрясений, произошедших на территории Дагестана в 2021 г.: Хучнинского 2 января с $K_p=12.3$, $mb_{MOS}=5.1$, $I_0=6$, Хунзахского 28 июля с $K_p=12.57$, $mb_{MOS}=4.7$, $I_0=5$ и Бежтинского 3 сентября с $K_p=12.4$, $MS_{MOS}=3.9$, $I_0=5$. Для каждого из них составлены карты изосейст, определены координаты эпицентров по макросейсмическим данным и оценена интенсивность сотрясений в эпицентре.

Бежтинское землетрясение 3 сентября 2021 г. нарушило сейсмическое затишье в этой зоне, продолжавшееся с 1974 г., что говорит о сейсмической активизации этой зоны. По энергетическому уровню на фоне исторических землетрясений это событие можно отнести к рядовому явлению для данного района. Возможно, в среднесрочной перспективе здесь и далее будут происходить подобные сейсмические события.

Описанные землетрясения вполне вписываются в общую схему сеймотектонической активности рассматриваемой территории, а результаты их изучения расширяют представление о подобных событиях и их последствиях, позволяя уточнить сейсмическую опасность на территории Дагестана.

Л и т е р а т у р а

1. Габсатарова И.П., Королецки Л.Н., Адиллов З.А., Багаева С.С., Иванова Л.Е. и др. Северный Кавказ ($M \geq 2.3$) // Землетрясения России в 2021 г. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2023. – С. 142–149. – URL: http://www.gsras.ru/zr/app_21.html
2. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. // Под ред. Н.В. Кондорской, Н.В. Шебалина. – М.: Наука, 1977. – 536 с.
3. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
4. Черкашин В.И., Сабанаев К.А., Гаврилов Ю.О., Панов Д.И. Тектоническая карта Дагестана // Труды ИГ ДНЦ РАН (Тектоника Дагестана (объяснительная записка); Вып. 60). – Махачкала: АЛЕФ, 2012. – С. 86.
5. Общий каталог землетрясений на территории Дагестана. Макросейсмические и инструментальные данные о землетрясениях за период с VII в. н.э. до 2005 года. – Махачкала: Эпоха, 1997. – 394 с.
6. Асманов О.А., Адиллов З.А. Макросейсмические проявления Хучнинского землетрясения 2 января 2021 г. с $Ms=4.6$ // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2022. – № 1(88). – С. 58–64. DOI: <https://doi.org/10.33580/2541-9684-2022-88-1-58-64>
7. Королецки Л.Н., Габсатарова И.П., Адиллов З.А., Багаева С.С. и др. Каталог землетрясений Северного Кавказа за 2021 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-28.html>
8. International Seismological Centre. (2025). On-line Bulletin. <https://doi.org/10.31905/D808B830>

9. Асманов О.А., Адиллов З.А. Хунзахское землетрясение 28 июля 2021 г. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2022. – № 3(90) – С. 90–96. DOI: <https://doi.org/10.33580/2541-9684-2022-90-3-90-96>
10. Асманов О.А., Адиллов З.А. Бежтинское землетрясение 3 сентября 2021 г. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2024. – № 3(98) – С. 34–40. DOI: <https://doi.org/10.33580/2541-9684-2024-98-3-34-40>
11. Асманов О.А., Арефьев С.С., Идармачев Ш.Г., Кахиани Л.А., Левкович Р.А., Папалашвили В.Г., Шебалин Н.В. Бежтинское землетрясение 4 августа 1974 г. // Землетрясения в СССР в 1975 г. – М.: Наука, 1978. – С. 31–35.

TANGIBLE EARTHQUAKES in DAGESTAN in 2021

Z.A. Adilov, O.A. Asmanov, Kh.D. Magomedov

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

Abstract. Instrumental data and descriptions of macroseismic manifestations of three significant earthquakes that occurred in Dagestan in 2021 are provided: Khuchninsky earthquake on January 2, $K_R=12.3$, $mb_{MOS}=5.1$, $I_0=6$; Khunzakhsky earthquake on July 28, $K_R=12.6$, $mb_{MOS}=4.7$, $I_0=5$; Bezhtinsky earthquake on September 3, $K_R=12.4$, $M_{S_{MOS}}=3.9$, $I_0=5$. For each of these events, isoseismal maps are compiled, macroseismic epicenters and shaking intensities at the epicenter are determined.

Keywords: Dagestan, earthquake, macroseismic and instrumental data, isoseismal map, fault map.

For citation: Adilov, Z.A., Asmanov, O.A., & Magomedov, Kh.D. (2025). [Tangible earthquakes in Dagestan in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 248–258. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.23> EDN: SHJBEK

References

1. Gabsatarova, I.P., Koroletsky, L.N., Adilov, Z.A., Bagaeva, S.S., Ivanova, L.E., et al. (2023). [North Caucasus ($M \geq 2.3$)]. In *Zemletriaseniia Rossii v 2021 godu* [Earthquakes in Russia in 2021] (pp. 142–149). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.). Retrieved from http://www.gsras.ru/zr/app_21.html
2. 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.).
3. 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.).
4. Cherkashin, V.I., Sabanaev, K.A., Gavrillov, Yu.O., & Panov, D.I. (2012). [Tectonic map of Dagestan]. *Trudy IG DNTS RAN* [Proceedings of the IG DSC RAS]. Makhachkala, Russia: ALEF Publ., 86 p. (In Russ.).
5. *Obshchii katalog zemletryasenyi na territorii Dagestana. Makroseysmicheskiye i instrumental'nyye dannyye o zemletryasenyakh za period s VII v.n.e. do 2005 goda* [General catalog of earthquakes in the territory of Dagestan. Macroseismic and instrumental data on earthquakes for the period from the VII-th century until 2005]. Makhachkala, Russia: Epocha Publ., 394 p. (In Russ.).
6. Asmanov, O.A., & Adilov, Z.A. (2022). [Macroseismic manifestations of the Khuchnin earthquake on January 2, 2021 with $M_s=4.6$]. *Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo centra RAN* [Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 1(88), 58–64. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33580/2541-9684-2022-88-1-58-64>
7. Koroletsky, L.N., Gabsatarova, I.P., Adilov, Z.A., Bagaeva, S.S. et al. (2025). [Catalog of earthquakes in the North Caucasus for 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-28.html> (In Russ.).
8. International Seismological Centre. (2025). On-line Bulletin. Retrieved from <https://doi.org/10.31905/D808B830>
9. Asmanov, O.A., & Adilov, Z.A. (2022). [Khunzakh earthquake July 28, 2021]. *Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo centra RAN* [Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 3(90), 90–96. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33580/2541-9684-2022-88-1-58-64>
10. Asmanov, O.A., & Adilov, Z.A. (2024). [Bezhta earthquake September 3, 2021]. *Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo centra RAN* [Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 3(98), 34–40. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33580/2541-9684-2024-98-3-34-40>
11. Asmanov, O.A., Arefiev, S.S., Idarmachev, Sh.G., Kakhiani, L.A., Levkovich, R.A., Papalashvili, V.G., & Shebalin, N.V. (1978). [Bezhta earthquake of August 4, 1974]. In *Zemletriaseniia v SSSR v 1975 godu* [Earthquakes in the USSR in 1975] (pp. 31–35). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).