

УДК 550.348. (470.6)

СЕЙСМИЧНОСТЬ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА в 2021 году

И.П. Габсатарова¹, Л.Н. Королецки¹, А.А. Саяпина², С.С. Багаева²,
З.М. Адиллов³, О.А. Асманов³

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

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

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

Аннотация. Сейсмический мониторинг на территории субрегиона III в Северный Кавказ в 2021 г. производился сейсмической сетью, состоящей из 62 станций и одной микрогруппы KVAR. На большей части территории сеть обеспечивала представительную регистрацию землетрясений с $K_p \geq 7.0$, в ее центральной (включая район Большого Сочи) и восточной частях – с $K_p \geq 6.0$, а в отдельных локальных зонах – с $K_p \geq 5.5$. В целом здесь зарегистрировано 3263 землетрясения с $K_p = 2.0$ –13.0 (включая сильное землетрясение в Армении). В населенных пунктах Кавказа ощутимыми были 23 землетрясения. Максимальная интенсивность сотрясений $I_{\max} = 5$ баллов по шкале MSK-64 была отмечена в населенных пунктах Дагестана (Дагестанский клин) от Хунзахского землетрясения, произошедшего 28 июля с $K_p = 12.9$. На территории Чеченской Республики (Терско-Каспийский передовой прогиб) ощутимыми были землетрясения 20 октября с $K_p = 12.1$ с $I_{\max} = 5$ баллов и 28 июня с $K_p = 10.3$, ощущавшиеся в населенных пунктах максимально до 4–5 баллов. С такой же интенсивностью в населенных пунктах Дагестана (Большой Кавказ) ощущалось землетрясение 3 сентября с $K_p = 12.4$. Сейсмичность Северного Кавказа в 2021 г. в соответствии со шкалой уровня сейсмичности «СОУС'09» установлена как «фоновая средняя» за период наблюдений с 1962 г. по 2021 гг.

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

Для цитирования: Габсатарова И.П., Королецки Л.Н., Саяпина А.А., Багаева С.С., Адиллов З.М., Асманов О.А. Сейсмичность Северного Кавказа в 2021 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 69–80. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.06> EDN: GNNBIA

Введение. В 2021 г. сейсмический мониторинг территории Северного Кавказа осуществлялся, как и ранее [1], несколькими подразделениями ФИЦ ЕГС РАН: Центральным отделением (код сети и информационно-обрабатывающего центра OBGSR), сетью, приуроченной к станции «Кисловодск» (KMGRS), Дагестанским (DAGSR) и Северо-Осетинским (NOGSR) филиалами. В Центральном отделении подготовлен «Сводный каталог землетрясений Северного Кавказа» в границах зоны ответственности (рис. 1), в котором содержатся данные указанных центров с выбором предпочтительного решения по каждому гипоцентру и удалением дублей, проводится разбиение землетрясений по принадлежности к тектоническим зонам Кавказа [2]. Для отдельных наиболее сильных землетрясений рассчитаны механизмы очагов, исследованы спектральные и динамические параметры [Приложение 3 и 6], описание которых приводится в отдельной статье [3].

Целью настоящей статьи является анализ пространственного и временного распределения сейсмичности Северного Кавказа в 2021 г. по материалам каталога [Приложение 2], сопоставление его с основными тектоническими структурами региона и сейсмичностью за предварающий период.

Сейсмическая сеть в регионе в 2021 г. состояла из 62 станций и одной микрогруппы KVAR, принадлежащих сетям NOGSR, DAGSR и OBGSR [Приложение 1]. Все станции были оснащены цифровым оборудованием, подключены к сети Интернет и передавали информацию в центры обработки данных в режиме, близком к реальному времени.

Состав сетей OBGSR и KMGRS в центральной части территории Северного Кавказа и сети DAGSR в восточной ее части в основном не изменился по сравнению с [1]. Однако сеть NOGSR претерпела изменения: 1 сентября на территории г.о. Владикавказ в пос. Попов Хутор открыта одноименная сейсмическая станция, которой был присвоен международный код PXTR. Большинство станций имеет средний уровень шумов в сравнении со среднемировыми оценками по Дж. Петерсону [4]. Оценка регистрационных возможностей сетей Северного Кавказа, полученная с учетом среднегодового уровня шума в местах размещения станций и функции затухания S -волн представлена в [5]. В 2021 г. на большей части рассматриваемой территории объединенная сеть станций обеспечивала регистрацию без пропусков землетрясений с $K_p = 7.0$ и выше, в западной (включая район Большого Сочи) и восточной частях представительными были землетрясения с $K_p = 6.0$ и выше, а в отдельных локальных зонах (Сочи-Краснополянской, в Кавминводской, центральной части Северной Осетии–Алании, центральной части Дагестана) – с $K_p = 5.5$ и выше.

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

Общая характеристика сейсмичности. В результате сводной обработки землетрясений на территории Северного Кавказа, в утвержденных ранее границах (рис. 1) было локализовано и включено в каталог 3244 землетрясения в диапазоне энергетических классов $K_p=2.0-13.0$ [Приложение 2]. Вне зоны ответственности обработаны и локализованы еще 506 землетрясений, очаги которых расположены наиболее близко к границам рассматриваемой территории. Они помещены в каталог и отмечены меткой «вне» в отдельной графе. Минимальный энергетический класс ($K_{min}=2.0$) в каталоге [Приложение 2] отмечен у трех микроземлетрясений, произошедших в Дагестане, максимальный класс ($K_{max}=12.9$) – у Хунзахского, самого сильного землетрясения в Северо-Кавказском регионе, ощущавшегося в населенных пунктах Дагестана с интенсивностью до 5 баллов [7].

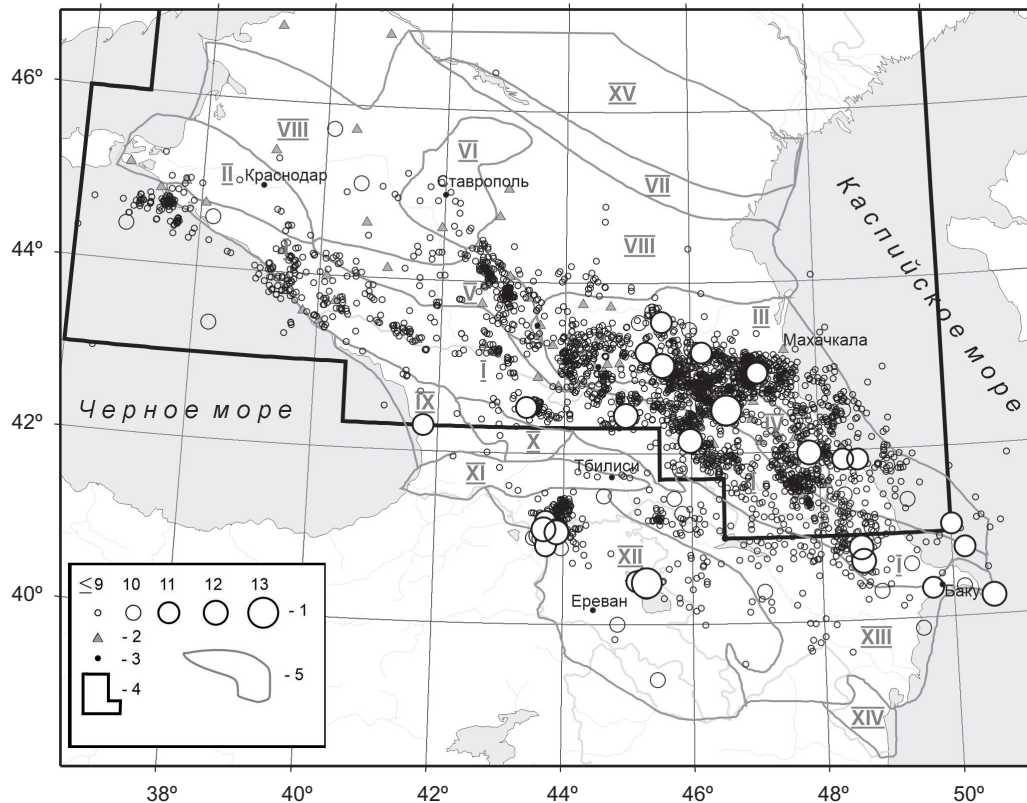


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Северного Кавказа и сопредельных территорий с $K_p \geq 6.6$ за 2021 г. в границах тектонических структур по В. Е. Хаину [2].

1 – энергетический класс K_p ; 2 – сейсмическая станция; 3 – населенный пункт; 4 – граница субрегиона Северный Кавказ; 5 – тектонические зоны: I – Большой Кавказ, II – Западно-Кубанский передовой прогиб, III – Терско-Каспийский передовой прогиб, IV – Дагестанский клин, V – моноклираль Предкавказья, VI – Ставропольский свод, VII – Кумо-Манычский прогиб, VIII – структуры Скифской платформы, IX – Рионский межгорный прогиб, X – Джавахетское нагорье, XI – Аджаро-Триалетская складчатая область, XII – мегантиклинорий Малого Кавказа, XIII – Куринский и Нижнеараксинский прогибы, XIV – Талыш, XV – Донецко-Каспийская погребенная складчатая область, XVI – Чёрное море, XVII – Азовское море, XVIII – Каспийское море.

Сравнительный анализ сейсмической энергии, выделившейся за 2010–2021 гг. на территории Северного Кавказа (рис. 2), показал, что ее значение за 2021 г. ($\Sigma E=141 \cdot 10^{11}$ Дж) сопоставимо с таковым за 2020 г., но ниже годовых значений в период 2016–2018 гг.

Уровень сейсмичности 2021 г. по выделенной в границах территории «Северный Кавказ» сейсмической энергии, в сравнении с ежегодно выделяемой энергией за последние 60 лет инструментальных наблюдений, оценен как «фоновый средний» [8]. Однако за последние одиннадцать лет отмечается заметный рост числа землетрясений (рис. 2), что объясняется ростом числа сейсмических станций и, в связи с этим, возросшей чувствительностью сети при регистрации слабых событий.

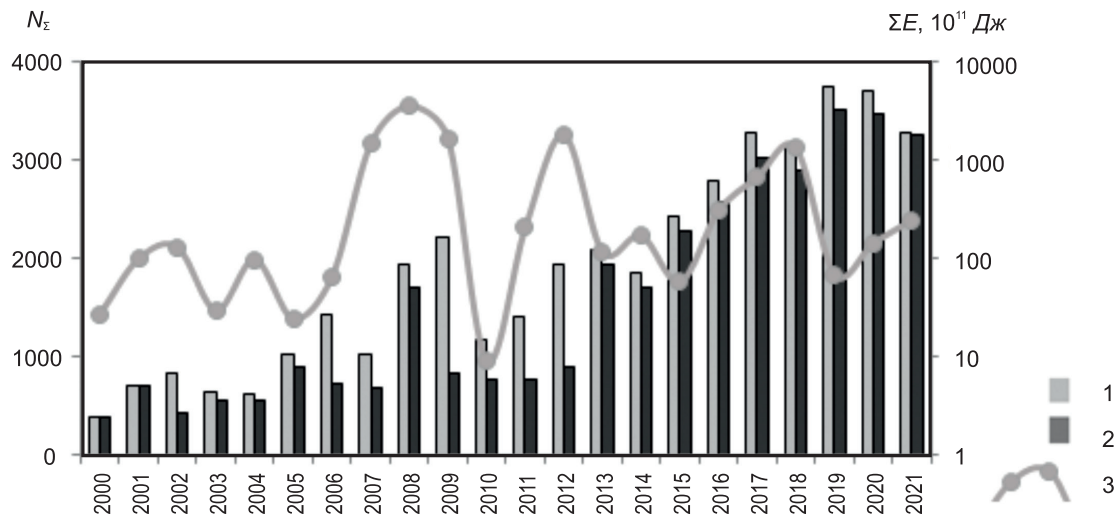


Рис. 2. График распределения по годам (с 2000 по 2021 гг.) числа землетрясений N_{Σ} в каталоге Северного Кавказа и сопредельных территорий (1), числа землетрясений N_{Σ} непосредственно в границах субрегиона «Северный Кавказ» (2) и суммарной сейсмической энергии ΣE , 10^{11} Дж (3)

Из рис. 1 видно, что основная масса землетрясений в 2021 г. традиционно произошла в центральной и восточной частях Северного Кавказа, его западная часть была менее активной, сейсмичность проявлялась главным образом в Анапской и Сочинско-Краснополянской зонах. Техногенные события в основном регистрировались в тектоническом районе V – Предкавказской моноклинали, каталог этих событий опубликован в [9].

Большая часть землетрясений (99%) имела коровые глубины ($h \leq 70$ км), из них 45.2% очагов локализовано на глубинах $h \leq 10$ км, 40% – в интервале глубин $h = 11-20$ км, 9.4% – $h = 21-30$ км, 5.3% – $h = 31-69$ км. С промежуточной глубиной очага, в диапазоне глубин $h = 70-156$ км, локализовано 33 землетрясения: на территории Терско-Каспийского прогиба в Чеченской Республике, одно – в Ставропольском крае (структуры Скифской плиты), одно землетрясение – в Дагестане (Дагестанский клин) [Приложение 2].

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

Таблица 1. Распределение землетрясений Северного Кавказа по энергетическим классам K_p и суммарной сейсмической энергии ΣE по тектоническим структурам [2] в 2021 г.

№	Район	K_p												N_{Σ}	ΣE , 10^{11} Дж	
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			14
I	Большой Кавказ	–	4	35	145	358	216	74	21	8	1	2	–	–	864	30.8875
II	Западно-Кубанский прогиб	–	–	–	2	7	4	1	–	–	–	–	–	–	14	0.0027
III	Терско-Каспийский прогиб	3	48	194	311	396	296	105	28	14	7	1	–	–	1403	21.2838
IV	Дагестанский клин	8	26	70	138	159	97	21	7	5	–	1	1	–	533	87.9663
V	Предкавказская моноклираль	–	14	73	54	36	14	3	2	–	–	–	–	–	196	0.0184
VI	Ставропольский свод	–	–	–	2	6	2	1	1	–	–	–	–	–	12	0.0119
VIII	Скифская платформа	–	–	–	15	24	18	8	4	2	–	–	–	–	71	0.2307
IX	Рионский межгорный прогиб	–	–	–	–	–	3	2	1	–	1	–	–	–	7	0.8048
X	Джавахетское нагорье	–	–	–	–	2	1	2	–	–	–	–	–	–	5	0.0015
XIII	Куринский и Нижнеараксинский прогибы	–	–	–	–	2	2	3	–	–	–	–	–	–	7	0.0048
XV	Донецко-Каспийская погребенная складчатая область	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	1	0.0019
XVI	Чёрное море	–	–	1	19	38	40	11	5	2	–	–	–	–	116	0.18498
XVIII	Каспийское море	–	–	–	–	–	5	9	1	–	–	–	–	–	15	0.01435
	Сумма	11	92	373	686	1029	701	241	71	31	9	4	1	–	3244	141.41376

Первое место по выделенной энергии занял Дагестанский клин – 62% от ее общего количества. По числу зарегистрированных землетрясений первенство – у Терско-Каспийского прогиба, 43% от общего количества, 89% из которых приходится на слабые события с $K_p \leq 7$. На втором месте по количеству землетрясений (27%) и по выделенной энергии (22%) находится зона Большого Кавказа.

Макросейсмические сведения. Наиболее сильные и ощутимые землетрясения зарегистрированы в РФ на территории Восточного Кавказа – в Дагестане, Чеченской Республике и в Каспийском море, в структурах Терско-Каспийского передового прогиба, уходящих от моря. 25 землетрясений с $K_p=8.2-13.0$ ощущались в населенных пунктах Кавказа с интенсивностью 2 до 6 баллов [Приложение 4 и 5]. Самое сильное землетрясение с $K_p=12.9$, получившее название «Хунзахское», произошло 28 июля в 00^h41^m, очаг располагался на глубине $h=49$ км, эпицентр находился в юго-западной части Дагестана, в структурах Дагестанского клина. Землетрясение вызвало максимальные сотрясения в населенных пунктах Сиух, Харахи, Тлох, Ингердах, Нижний Баглух, Мочох, Хунзах – 5 баллов по шкале MSK-64 [10]. Детальный анализ сейсмичности в этой зоне представлен в отдельной статье настоящего журнала [7]. Также на территории Дагестана ощутимыми были четыре землетрясения. Наибольший макросейсмический эффект был у Хучнинского землетрясения 2 января в 01^h05^m с $K_p=11.9$, максимальные сотрясения в населенных пунктах Дагестана: Акка, Гухраг, Куваг, Вечрик, Ляха, Хучни – 6 баллов. Бежтинское землетрясение 3 сентября в 03^h34^m с $K_p=12.4$ вызвало максимальные сотрясения в Кидеро, Бежта – 4–5 баллов [7]. Землетрясения 7 ноября в 15^h15^m с $K_p=8.2$ и 2 декабря в 23^h22^m с $K_p=11.0$ ощущались в Махачкале с интенсивностью 2–3 балла.

На территории Чеченской Республики ощутимыми были два землетрясения: 28 июня в 16^h53^m с $K_p=10.3$ и 20 октября в 04^h45^m с $K_p=12.1$. Они вызвали максимальные сотрясения: первое – 4–5 баллов в Бильты, Мехкишты, Хочи-Ара; второе – 5 баллов в Алхан-Юрт, Гойты.

Заметные землетрясения из одного очага проявились в шельфовой зоне Чёрного моря и ощущались в прибрежных населенных пунктах Краснодарского края: 13 марта в 22^h15^m с $K_p=9.5$, $h=35$ км и максимальной интенсивностью сотрясений $I_{max}=3-4$ балла в Сукко и Су-Псехе; 17 сентября в 16^h50^m с $K_p=9.4$, $h=30$ км и $I_{max}=2-3$ балла в Абрау-Дюрсо и Новороссийске. Для землетрясения 13 марта построен механизм очага, представленный сбросом [3].

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

Зона I – Большой Кавказ (БК). Как правило, эта зона наиболее сейсмоактивная, но в текущем году сейсмичность здесь была ниже, чем в Терско-Каспийском прогибе, а по выделенной сейсмической энергии она занимает второе место после Дагестанского клина (табл. 1). В БК зарегистрировано 864 землетрясения (из них 2 вне границ региона) с $K_p=3.0-12.4$. Для семи землетрясений построены механизмы очагов, они представлены в [Приложение 3] и описаны в статье [3] настоящего журнала. Типы движений в очагах – взбросы, простириание нодальных плоскостей близко к типичному для БК.

В восточной части БК регистрировалась в основном слабая сейсмичность ($K_p \leq 9$). Однако отмечались отдельные относительно сильные землетрясения. Самое сильное Бежтинское землетрясение реализовалось 3 сентября в 03^h34^m с $K_p=12.4$ и вызвало максимальные сотрясения в Кидеро, Бежте – 4–5 баллов. Более слабые сотрясения отмечены в Тлярате – 4 балла, в Хунзахе – 3 балла; Ботлихе, Хасавюрте, Гудермесе и Махачкале – 2–3 балла. По данным Средиземноморского центра EMSC и американского центра NEIC толчок ощущался также в Грузии в Тбилиси и Телави интенсивностью 2 балла. Основному толчку предшествовал форшок 2 сентября в 04^h33^m с $K_p=5.6$, а также до конца года зарегистрировано 40 афтершоков с $K_p=4.4-9.4$, наиболее сильный из них произошел 6 сентября в 02^h04^m с $K_p=9.4$.

Построен механизм очага землетрясения 3 сентября [3], [Приложение 3]. Положение эпицентра этого землетрясения приурочено к «Разлому Главного Кавказского хребта» по [11], одна из нодальных плоскостей $NP2$ имеет соответствующее субширотное простириание и с большой вероятностью может быть ассоциирована с действующим разломом. Тип движения в очаге – взбросо-сдвиг. Механизм землетрясения 9 января в 04^h59^m с $K_p=10.5$ с близко расположенным эпицентром к ранее названному, также имеет одну нодальную плоскость, подобную по простирианию и падению плоскости $NP2$ землетрясения 3 сентября. Тип движения в очаге – взброс. Движения в очагах названных землетрясений произошли под действием сил сжатия, направленных с юго-востока, что типично для БК.

Заметное землетрясение, получившее название «Хучнинское», реализовалось 2 января в 01^h05^m с $K_p=11.9$ на границе с зоной ТК передового прогиба и ощущалось с максимальной интенсивностью 6 баллов в населенных пунктах Дагестана Акка, Гухраг, Куваг, Вечрик, Ляха, Хучни.

Оно сопровождалось двумя афтершоками с $K_p=6.2$ и 6.1 , зарегистрированными в течение получаса после основного толчка [7]. Механизм очага представлен взбросом с простираемением нодальных плоскостей в соответствии с восточным флангом Владикавказского разлома, к влиянию которого очаг и был отнесен. До конца года в этом очаге было зарегистрировано еще 16 землетрясений с $K_p=5.1-8.3$.

Самое сильное землетрясение в центральной части БК произошло 24 мая в 21^h43^m с $K_p=11.6$. Оно ощущалось в 21 населенном пункте Грузии, Северной и Южной Осетии, Чеченской Республики, Дагестана и Ингушетии, в том числе в столичных городах: Владикавказ, Грозный, Тбилиси. Максимальное значение интенсивности зафиксировано в Верхнем и Нижнем Ларсе (Северная Осетия) – 3–4 балла. Эпицентр его располагался на севере Грузии в районе Мцхета-Мтианети. Землетрясение произошло под действием сил сжатия, направленных с юго-юго-запада, тип движения – взброс с незначительными сдвиговыми компонентами. Одна из нодальных плоскостей субширотного («кавказского») простираемения может быть классифицирована как надвиг и, вероятно, может быть отнесена к действующему разрыву [3], [Приложение 3].

Эпицентр землетрясения 24 мая в 21^h43^m с $K_p=11.6$ располагался в 17 км юго-западнее известного сильного землетрясения 23.10.1992 г. с $M_w=6.4$ (ГСМТ) на восточном фланге Рачино-Тианетской зоны БК [Рогожин и др., 2014], отделенной от зоны афтершокового поля Рачинского землетрясения 1991 г. диагональным Цхинвало-Казбекским разломом (рис. 3). По данным каталога ГСМТ, механизм землетрясения 1992 г. представлен надвигом.

Серия из трех землетрясений произошла в районе эпицентральной зоны сильнейшего землетрясения XX в. на Кавказе – Рачинского 29.04.1991 г. с $M_s=6.9$: 13 марта в 09^h46^m с $K_p=10.7$ и 10^h55^m с $K_p=10.3$ и 15 марта в 15^h25^m с $K_p=10.1$ [Приложение 3].

В [3] механизмы этих землетрясений сопоставлены с известными механизмами в этой зоне, начиная с сильнейшего землетрясения 29.04.1991 г. Отмечается, что при общем преобладающем типе движения – взброс, ориентация нодальных плоскостей несколько поменялась относительно основного толчка Рачинского землетрясения, проявилось больше сдвиговой компоненты. Одна из нодальных плоскостей в решениях механизма очага для всех этих землетрясений имеет типичное для БК запад-юго-западное простираемие [Приложение 3].

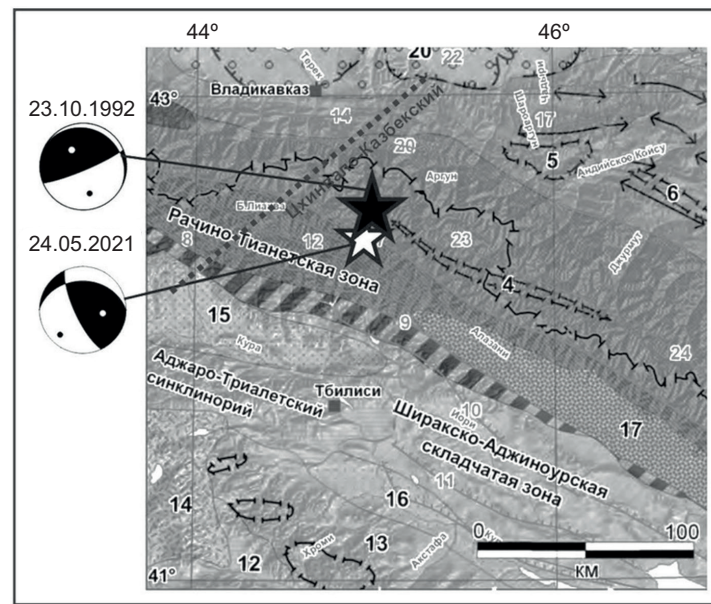


Рис. 3. Положение эпицентров землетрясений 23.10.1992 г. с $M_w=6.4$ (черная звезда) и 24 мая 2021 г. с $K_p=11.6$ (белая звезда) и диаграммы их механизмов на фоне фрагмента тектонической схемы Северо-Восточного Кавказа и прилегающих территорий из [12]

В западной части БК наблюдалась в основном слабая сейсмичность: здесь зарегистрировано 117 землетрясений с $3.2 \leq K_p \leq 8.3$ и лишь одно, 5 сентября, с $K_p=9.6$. Оно произошло в необычном месте, где ранее не регистрировались землетрясения. Его очаг заглублен – $h=60$ км по данным ОБГРС, $h=37$ км по данным Крымского центра CFUSG и $h=68.6$ км по решению ISC (табл. 2). Землетрясение произошло в зоне влияния юго-восточного фланга Бабичевского глубинного разлома (северная ветвь), обрамляющего с севера узкий Бабичевский грабен [14].

Таблица 2. Основные параметры землетрясения 5 сентября 2021 г. с $K_p=9.6$ по данным различных агентств

Агентство	t_0 , ч:мин:с	Гипоцентр			Класс и магнитуда	Источник
		$\varphi^\circ N$	$\lambda^\circ E$	h , км		
OBGRS	23:36:56.30	44.588	38.202	60	$K_p=9.6$	[Приложение 2]
CFUSG	23:36:56.20	44.5933	38.1600	37	$Md=3.0, MSH=2.9$	[13]
IDC	23:36:52.08	44.7772	38.2350	0.0f	$mb=3.4, ML=3.2$	[13]
ISC	23:36:56.21	44.6195	38.2535	68.6	$mb=3.4$	[13]

Кроме минимизации невязок у P - и S -волн при локации на такой глубине, заглубленность очага подтверждает и волновая картина (рис. 4 и 5). Среди характерных признаков выделяются четкие высокоамплитудные вступления P -волн, отсутствие вторичных фаз (Pg, Pb, Sg, Sb), характерных для записей землетрясений в земной коре на региональных расстояниях ($\Delta=200-300$ км), минимальные амплитуды в группе P -волн и четкие импульсные вступления S -волн на горизонтальных компонентах. Особенно ярко это выражается на записях станций, расположенных на платформе (рис. 5).

Уникальность проявления этого землетрясения подчеркивают результаты палео-исследований [12]: «в зоне Бабичевского разлома выявлены следы палеоземлетрясения, произошедшего около 5000–5500 лет назад с $M_w=6.1-6.5$. Смещение имело сбросовую морфологию». Активные разломы района приурочены к границам небольших структур растяжения – грабенов, на северной ветви Бабичевского активного разлома обнаружен разрез, свидетельствующий о, по крайней мере, четырех подвижках сбросового типа, обусловленных землетрясениями с периодом повторяемости 1300–1500 лет [14]. Полученный нами механизм очага землетрясения 5 сентября 2021 г. тоже имеет сбросовый тип движения (табл. 3).

Таблица 3. Параметры механизма очага землетрясения 05.09.2021 г. с $K_p=9.6$

Дата	t_0 , ч:мин:с	h , км	K_p	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
				T		N		P		$NP1$			$NP2$		
				PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$
05.09.2021	23:36:56	60	9.6	36	25	2	294	54	202	294	81	-92	125	9	-79

Восемь слабых землетрясений с $K_p=3.9-6.1$ зарегистрировано в приграничном районе с Абхазией. Самые слабые из них с $K_p=3.9$ регистрировались только тремя станциями: «Веселое», «Красная Поляна» и «Марьино». Землетрясения с $K_p=5.8-6.1$ были зарегистрированы шестью станциями: «Веселое», «Сочи», «Красная Поляна», «Гузеришль», «Марьино», «Горный».

II – Западно-Кубанский передовой прогиб. В этой зоне зарегистрировано 14 слабых землетрясений с $K_p=4.9-8.3$. Три из них имели глубины очагов в нижней части земной коры: 16 марта в 13^h02^m с $K_p=8.3$, $h=35$ км; 3 июня в 03^h01^m с $K_p=6.3$, $h=44$ км и 14 ноября в 15^h01^m с $K_p=6.5$, $h=34$ км. Волновая картина на ближайших к эпицентру станциях «Сергиевский» ($\Delta=64$ км), «Сукко» ($\Delta=94$ км) и «Анапа» ($\Delta=101$ км) отличалась характерными чертами на вертикальных компонентах – четкий высокочастотный цуг после вступления P -волны и слабые колебания в группе S -волн. Все остальные очаги располагались в верхней части земной коры с глубинами $h=3-20$ км и имели иную волновую картину, свойственную для коровых событий, с преобладающими амплитудами в S -волнах и на вертикальных компонентах.

III – Терско-Каспийский (ТК) передовой прогиб. В 2021 г. в этой зоне произошло самое большое число землетрясений ($N=1403$ с $K_p=2.2-12.1$), из них 96% землетрясений (1343) имели энергетические классы $K_p<8.5$. Значительная их часть реализовалась на границе с Дагестанским клином. Одиннадцать землетрясений с $K_p=8.2-12.1$ были ощутимыми. Для 16 землетрясений с $K_p=9.8-12.1$ рассчитаны механизмы очагов, их параметры приводятся в [Приложение 3].

Параметры более половины событий с $K_p=2.2-10.2$ ($N=734$) определены в Дагестанском филиале ФИЦ ЕГС РАН по станциям сети DAGSR, причем очаги землетрясений с $K_p=8.3-10.2$ находятся вне границ РФ или в Каспийском море, а самые слабые события с $K_p=2.2-3.1$ – в районе Чиркейской ГЭС.

На территории Дагестана произошли три ощутимых землетрясения: первое, вблизи Дербента, 2 января в 22^h07^m с $K_p=10.9$ и $h=64$ км, ощущалось в Дербенте с интенсивностью 2 балла. Второе, 26 апреля в 01^h02^m с $K_p=10.2$ и $h=10$ км, ощущалось в Хасавюрте – 2–3 балла – и сопровож-

ждалось форшоком ($K_p=5.4$) и тремя слабыми афтершоками ($K_p=4.3-5.0$). Третье, вблизи Чемаула, 2 декабря в 23^h22^m с $K_p=11.0$ и $h=7$ км, ощущалось в Буйнакске – 3 балла, Махачкале – 2–3 балла, Дубках, Дылыме – 2 балла. После него было зарегистрировано 38 афтершоков с $K_p=3.0-9.0$, 16 из них – в первые сутки, а потом еще 22 до 24 декабря. Очаги землетрясений 26 апреля и 2 декабря пространственно близки, они расположены в районе Чиркейского водохранилища, где в течение года зарегистрировано порядка 280 событий с $K_p=2.7-11.0$.

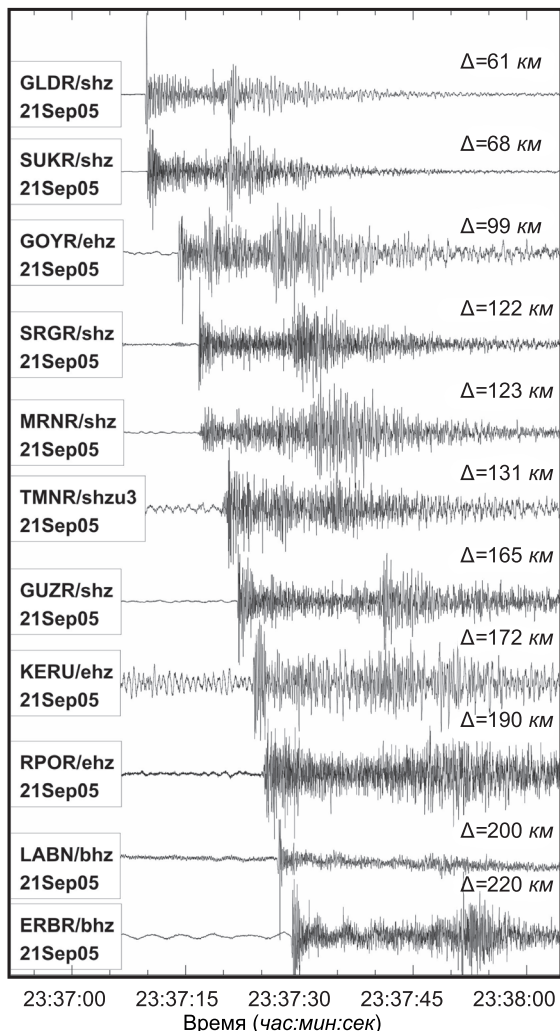


Рис. 4. Записи землетрясения 5 сентября на вертикальных компонентах станций, удаленных от эпицентра на расстояния от 61 до 220 км

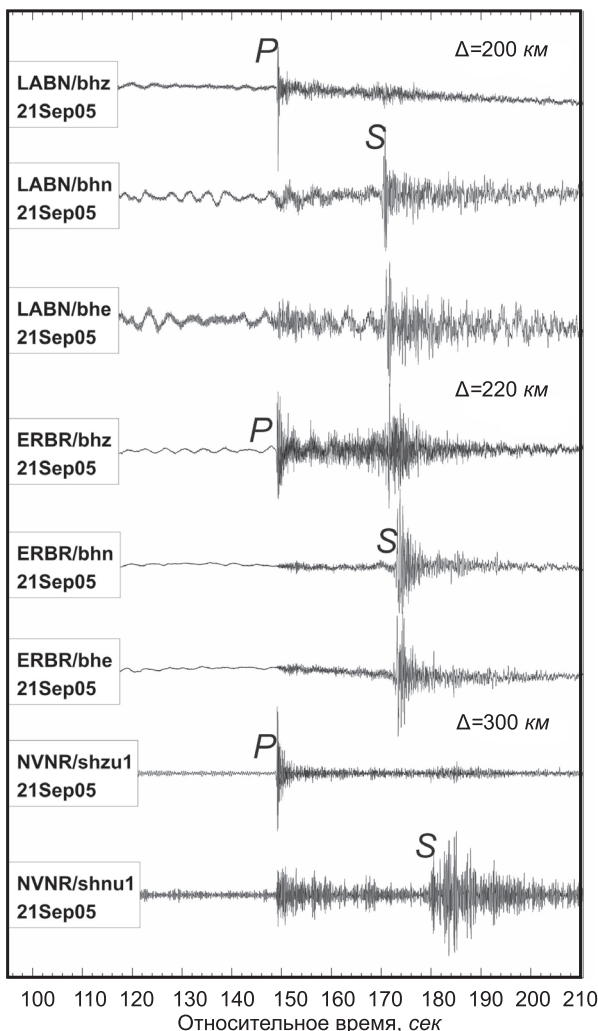


Рис. 5. Трехкомпонентные записи землетрясения 5 сентября на трех станциях, расположенных на платформенных структурах Скифской плиты

14–28 сентября на границе Чеченской Республики и Дагестана в одном очаге произошли 11 землетрясений, восемь из которых реализовались 27 сентября в течение десяти часов, из них два сильных с $K_p=9.7$ и $K_p=9.9$. К первому, произошедшему в 11^h00^m, можно отнести четыре афтершока с $K_p=5.3-6.8$. Второе, зарегистрированное в 17^h26^m, ощущалось в Хасавюрте – 3 балла, Бачи-Юрте – 2–3 балла, и сопровождалось афтершоком с $K_p=7.6$. Для этих землетрясений построены механизмы очагов.

В Урус-Мартановском районе Чеченской Республики с января по март продолжался афтершоковый процесс землетрясения 12 декабря 2020 г. с $K_p=12.9$, $M_w=4.8$, $I_0=5-6$ баллов, получившего название «Черногорское-1» (33 афтершока с $K_p=5.4-8.9$). После относительного затишья в этом же очаге 20 октября произошло сильное землетрясение с $K_p=12.1$ и $h=13$ км, которое ощущалось в населенных пунктах Чеченской Республики с максимальной интенсивностью 5 баллов (рис. 6, Приложение 5). После него зарегистрированы 50 афтершоков с $K_p=5.1-10.0$, 34 из которых произошли в этот же день. Сильнейший из афтершоков 15 ноября в 00^h16^m имел $K_p=10.0$ и ощущался в Грозном – 2–3 балла. Для двух самых сильных землетрясений построены механизмы очагов

[Приложение 3]. Несколько восточнее в Ножай-Юртовском районе Чеченской Республики зарегистрирована серия землетрясений с $K_p=4.3-10.7$, три из которых были ощутимыми. Первое землетрясение 28 июня в 16^h53^m с $K_p=10.3$ и $h=6$ км ощущалось в населенных пунктах Чеченской Республики Билты, Мехкишты, Хочи-Ара с максимальной интенсивностью 4–5 баллов. Второе, 11 июля в 18^h16^m с $K_p=10.7$ и $h=14$ км, практически из того же очага, ощущалось в Грозном – 2–3 балла. Характерно, что механизмы очагов всех упомянутых землетрясений в этой зоне имеют взбросовую кинематику и общекавказское простирание нодальных плоскостей, подчеркивая продолжающуюся активность Черногорского (Владикавказского) глубинного разлома с миграцией эпицентров землетрясений на восток [3].

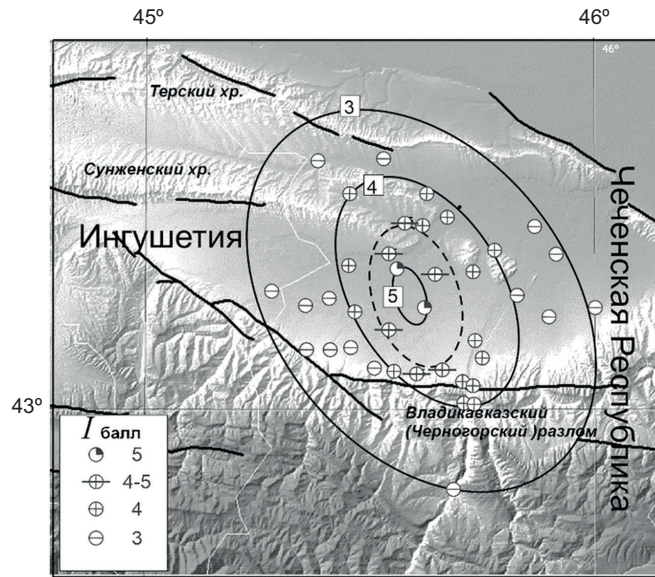


Рис. 6. Карта пунктов-баллов землетрясения 20 октября на фоне карты рельефа и разломов по [15]

К зоне сочленения Владикавказского (Черногорского) разлома и разлома диагональной направленности (Бенойско-Эльдаровского) можно отнести землетрясение 6 апреля в 20^h00^m с $K_p=10.6$ и $h=18$ км, ощущавшееся в Гехи – 2 балла. Механизм очага представлен взбросом, нодальная плоскость запад–северо-западного простирания, вероятно, является действующим разрывом.

В ТК в непосредственной близости от Махачкалы за год было зарегистрировано порядка 50 землетрясений, ощутимым стало одно из них – 7 ноября в 15^h15^m с $K_p=8.2$ с эпицентром в прибрежной зоне Каспийского моря, в пяти километрах от Махачкалы, где оно ощущалось силой 2–3 балла.

Продолжалась регистрация землетрясений с очагами в промежуточной зоне перехода земной коры к верхней мантии ($156 \text{ км} \geq h \geq 70 \text{ км}$), за год реализовались 45 землетрясений с $h \geq 70 \text{ км}$ (рис. 7). Все они произошли в Терско-Сунженской сейсмоактивной зоне ТК Чеченской Республики. Самое сильное и одновременно самое глубокое из них произошло 15 февраля в 15^h58^m с $K_p=11.0$. Оно имело сдвиговый тип механизма очага со сбросовыми компонентами [Приложение 3]. В целом, среди дискретно распределенных по времени заглубленных очагов преобладали события с глубинами $100 \text{ км} \geq h \geq 70 \text{ км}$, и только 30% очагов имели глубины более 100 км.

IV – Дагестанский клин. В этой зоне, в окрестностях сейсмофокальной зоны Дагестанского землетрясения 14.05.1970 г. [16], с 1970 г. по настоящее время сохраняется высокий уровень сейсмической активности. В 2021 г. зарегистрировано 533 землетрясения с $K_p=2.0-12.9$ (большая часть из них с $K_p \leq 8.0$), выделяющаяся энергия многократно превышает энергию других зон. Самое сильное землетрясение в регионе с $K_p=12.9$, получившее название «Хунзахское», произошло 28 июля в 00^h41^m на глубине $h=49$ км, эпицентр находился в юго-западной части Дагестана, в структурах Дагестанского клина. Землетрясение вызвало максимальные сотрясения в населенных пунктах Сиух, Харахи, Тлох, Ингердах, Нижний Батлух, Мочох, Хунзах – 5 баллов по шкале MSK-64 [10]. Механизм очага представлен взбросом со сдвиговой компонентой, нодальная плоскость юго-юго-западного простирания может быть сопоставлена с простиранием Левантийско-Тбилиско-Аграханского разлома, однако согласно [11] этот разлом является левосдвиговым, нами же получена для этой нодальной плоскости правосдвиговая компонента. В связи с этим за возможный разрыв в очаге можем принять вторую нодальную плоскость общекавказского субширотного простирания, тип движения – взброс.

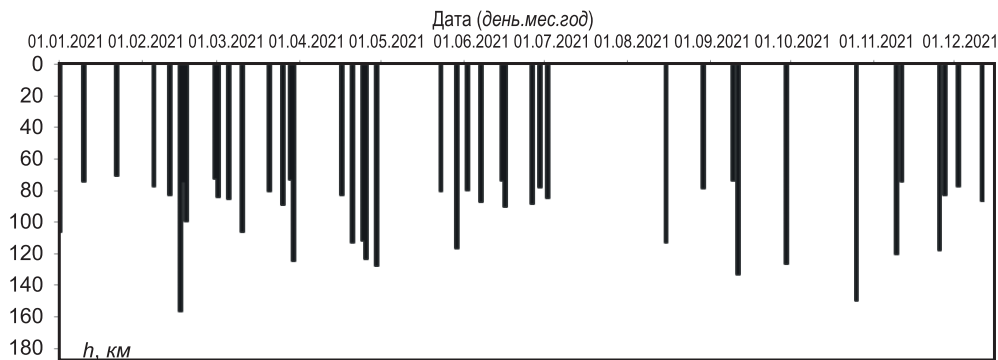


Рис. 7. Распределение по времени очагов с глубинами $h \geq 70$ км в ТК в 2021 г.

В Ботлихском районе Дагестана, на границе с зоной Терско-Каспийского передового прогиба, 24 октября в 15^h17^m произошло землетрясение с $K_p=9.8$. Возможно, два землетрясения 23 октября с $K_p=7.6$ и 7.9 были его форшоками, а событие 29 октября с $K_p=7.2$ – афтершоком. Получен механизм очага главного толчка, представленный взбросом. За год в зоне этого очага зарегистрировано еще 55 землетрясений с $K_p=2.0$ –9.6, некоторые из них образовывали небольшие роевые последовательности. В горных районах на границе с Грузией можно отметить рой из девяти событий с $K_p=5.3$ –9.4, реализовавшийся 4 марта в течение часа.

В Цумадинском районе Дагестана можно отметить два землетрясения из одного очага: первое произошло 30 марта в 21^h53^m с $K_p=9.7$, а второе – 29 мая в 10^h02^m с $K_p=10.3$. Оба толчка имели глубину $h > 50$ км. Для более сильного, второго, получен сбросовый механизм очага.

В Гумбетовском районе Дагестана, вблизи поворота Владикавказского разлома на юго-восток, 3 апреля в 08^h48^m было зарегистрировано землетрясение с $K_p=9.9$. Для него получен взбросовый механизм очага.

V – Моноклираль Предкавказья. В этой переходной зоне от складчатых структур БК к платформенным структурам регистрировалась в основном слабая сейсмичность. Зарегистрировано 196 событий с энергетическими классами $K_p=2.7$ –8.8. Значительная часть слабых землетрясений локализована вдоль Армави́ро-Невинномы́сского диагонального разлома. Более 30 событий с $K_p=3.8$ –8.8 зарегистрировано в очаге на границе Предгорного р-на Ставропольского края и Кабардино-Балкарской Республики (КБР).

VI – Ставропольский свод. Здесь зарегистрировано 12 слабых событий с $K_p=5.4$ –9.0. Эпицентр самого сильного землетрясения, произошедшего 16 августа в 14^h26^m с $K_p=9.0$ и $h=13$ км, располагался в 15 км к северо-западу от Ставрополя, вблизи Сенгилеевского водохранилища. Механизм очага представлен взбросо-сдвигом с диагональным простиранием одной из нодальных плоскостей, и надвигом по другой [3], [Приложение 3].

VIII – структуры Скифской платформы. 63 из 71 зарегистрированного здесь землетрясения имели $K_p=4.6$ –7.9, эпицентры большинства из них располагались вдоль продолжения Армави́ро-Невинномы́сского разлома в направлении от Невинномысска к Нальчику. Глубины очагов $h < 33$ км. Можно отметить два сильных землетрясения, произошедших в Краснодарском крае: первое, 6 февраля в 17^h26^m с $K_p=10.2$, и второе, 1 июля в 17^h38^m с $K_p=9.6$. Для первого из них построен механизм очага. 2 января выделяется рой из пяти событий на границе Ставропольского края и Кабардино-Балкарской Республики с $K_p=6.3$ –8.0.

XII – Мегантиклинорий Малого Кавказа. Вне зоны ответственности, в Армении, 5 февраля в 15^h36^m зарегистрировано сильное ощутимое землетрясение с $K_p=13.0$, механизм очага представлен сдвигом. Землетрясение находится вне границ региона, но обработано по данным сети Северного Кавказа, т.к. является самым сильным на Кавказе в этом году.

XV – Донецко-Каспийская погребенная складчатая зона. Редкое для этой слабосейсмичной зоны землетрясение было зарегистрировано 7 ноября в 00^h14^m с $K_p=8.3$ и $h=8$ км. Эпицентр находился в зоне ощутимого до 6–7 баллов Сальского землетрясения 22 мая 2001 г. с $M=4.7$, реализованного в Манычском прогибе.

В акватории **Чёрного моря (XVI)**, включая его юго-восточную часть, зарегистрировано 117 землетрясений с $K_p=4.0$ –9.7. В основном они сгруппировались в Анапской ($N_1=86$) и Сочинско-Туапсинской ($N_2=28$) зонах. В Анапской зоне в основном регистрировалась слабая сейсмичность с $K_p \leq 8.0$. Самым сильным было землетрясение 11 сентября в 06^h33^m с $K_p=9.7$ и $h=13$ км. Из 39 землетрясений из одного очага наиболее заметными были три землетрясения, произошедшие в шель-

фовой зоне недалеко от береговой линии, два из них – ощутимые. Первое, 13 марта в 22^h15^m с $K_p=9.5$ и $h=35$ км, ощущалось в Сукко, Су-Псехе – 3–4 балла; Анапе – 3 балла; Новороссийске – 2–3 балла. Механизм очага представлен сбросом с незначительными сдвиговыми компонентами, субмеридиональное простирание нодальных плоскостей говорит об активизации разломных структур, поперечных общекавказскому направлению. Второе, 18 апреля в 10^h58^m с $K_p=9.1$ и $h=29$ км, не ощущалось; третье, 17 сентября в 16^h50^m с $K_p=9.4$ и $h=30$ км, ощущалось в Абрау-Дюрсо, Новороссийске – 2–3 балла; Анапе – 2 балла.

В Сочинско-Туапсинской зоне самым сильным было землетрясение 15 декабря в 22^h54^m с $K_p=9.6$ и $h=3$ км. Другие землетрясения были гораздо слабее, их энергетические классы варьировали в интервале $K_p=4.0$ –8.9.

В Каспийском море (XVIII) в рамках исследуемой территории регистрировалась слабая сейсмичность, энергетические классы землетрясений в основном не превышали $K_p=8.9$.

Заключение. Наиболее сильные землетрясения в 2021 г. произошли в тектонических зонах Дагестанский клин, Большой Кавказ и Терско-Каспийский передовой прогиб. В Дагестанском клине выделилась наибольшая сейсмическая энергия ($\Sigma E=87 \cdot 10^{11}$ Дж), а в Терско-Каспийском прогибе зарегистрировано самое большое число землетрясений ($N_{\Sigma}=1403$). Распределение эпицентров по всей территории подтверждает оценки представительности землетрясений – $K_{\min}=7.0$

В целом уровень сейсмичности в 2021 г. по шкале «СОУС'09» [8] был признан «фоновым средним» за более чем 59-летний период инструментальных наблюдений.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (в рамках госзадания № 075-00604-25) и с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира».

В подготовке электронных приложений к данной статье принимали участие: З.А. Адиллов, Л.И. Александрова, З.А. Асекова, О.А. Асманов, С.С. Багаева, Н.В. Будеева, И.П. Габсатарова, М.Я. Гайсумов, А.М. Гамидова, К.В. Гричуха, И.Ю. Дмитриева, А.С. Зверева, Л.Е. Иванова, И.Ю. Калугина, Е.А. Карпович, А.И. Клянчин, Л.Н. Королецки, В.В. Косая, А.А. Кулова, Н.М. Лещук, Н.А. Лукаш, Д.Ю. Мехрюшев, Х.Д. Магомедов, З.А. Мусалаева, И.Н. Павличенко, Э.А. Петросян, С.Г. Пойгина, Н.Л. Пономарева, Е.Ю. Сагателова, Е.А. Селиванова, А.А. Саяпина, О.В. Твалиашвили, С.Г. Шахмарданова, Г.В. Цирихова, А.Ю. Янков.

Электронное приложение App05_North_Caucasus_2021 (<http://www.gsras.ru/zse/app-28.html>): 1 – Сейсмические станции ФИЦ ЕГС РАН, работавшие на территории Северного Кавказа в 2021 г.; 2 – Каталог землетрясений Северного Кавказа за 2021 г.; 3 – Каталог механизмов очагов землетрясений Северного Кавказа за 2021 г.; 4 – Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Северного Кавказа в населенных пунктах в 2021 г.; 5 – Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Северного Кавказа за 2021 г.; 6 – Спектральные и динамические параметры очагов землетрясений Северного Кавказа в 2021 г. (S-волны), рассчитанные по сети станций с применением программы SEISAN.

Л и т е р а т у р а

1. Габсатарова И.П., Королецки Л.Н., Иванова Л.Е., Саяпина А.А., Багаева С.С., Адиллов З.М., Асманов О.А. Сейсмичность Северного Кавказа в 2020 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 73–91. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.06> EDN: ZOYJVU
2. Хаин В.Е. Кавказ. Тектоническая карта. – М.: 1:5 500 000 // Большая Советская Энциклопедия. – 1973. – Т. 11. – С. 112–114.
3. Габсатарова И.П., Зверева А.С. Спектральные и очаговые параметры землетрясений Северного Кавказа в 2021 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 238–247. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.22> EDN: RPXHUJ
4. Peterson J. Observation and modeling of seismic background noise // U. S. Geological Survey. Open-File Report. – 1993. – V. 93. – 95 p.
5. Габсатарова И.П., Зверева А.С. Сейсмический мониторинг Северного Кавказа в первую четверть XXI века // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том XIII / Науч. ред. И.А. Керимов, В.А. Широкова, В.Б. Заалишвили, В.И. Черкашин. – М.: ИИЕТ РАН, 2023. – С. 257–264. DOI: <https://doi.org/10.26200/GSTOU.2023.81.74.035>
6. Габсатарова И.П. Исследование пространственно-временных особенностей сейсмичности на Северном Кавказе. Дис. на соиск. уч. степ. канд. ф.-м. наук. – М.: ИФЗ РАН, 2011. – 178 с.
7. Адиллов 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
8. Салтыков В.А., Коновалова А.А., Кравченко Н.М., Пойгина С.Г. Оценка уровня сейсмичности регионов России // Землетрясения России в 2021 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2023. – С. 88–94. EDN: GXJNPQ

9. Авдеева Л.И., Александрова Л.И., Алёшина Е.И., Андреева С.А., Артёмова А.И., Асминг В.Э., Ассиновская Б.А., Баранов С.В., Белевская М.А., Богинская Н.В., Бугаева А.П., Верховланцев Ф.Г., Волосов С.Г., Габдрахманова Ю.В., Габсатарова И.П., Гладышев Е.А., Гоев А.Г., Голубева И.В., Гусева Н.С., Данилова Т.В., Денега Е.Г., Дягилев Р.А., Еманов А.А., Ефременко М.А., Зверева А.С., Зуева И.А., Иванова Л.Е., Карпинская О.В., Клянчин А.И., Коломиец О.А., Константиновская Н.Л., Коргун Н.В., Королецки Л.Н., Косая В.В., Кругова И.П., Лебедев А.А., Лещук Н.М., Манушина О.А., Мещерякова В.А., Мунирова Л.М., Надёжка Л.И., Панас Н.М., Паршина И.А., Петросян Э.Н., Пивоваров Р.С., Пивоваров С.П., Подкорытова В.Г., Подлипская Л.А., Рунова А.И., Санина И.А., Селиванова Е.А., Старикович Е.Н., Старкова Н.Н., Тарасов С.А., Фролов М.В., Хастаева Е.В., Чернецова А.Г., Шаталова А.О., Шевелёва С.С., Шевкунова Е.В. Сведения о наиболее крупных промышленных взрывах // Землетрясения России в 2021 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2023. – С. 204–216. EDN: ALQMYM
10. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
11. Черкашин В.И., Сабанаев К.А., Гаврилов Ю.О., Панов Д.И. Тектоника Дагестана (объяснительная записка) (Отв. ред. Леонов Ю.Г.) // Труды института геологии ДНЦ РАН / Институт геологии Вып. 60. – Махачкала: АЛЕФ, 2012. – 130 с.
12. Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Лутиков А.И., Собисевич А.Л., Собисевич Л.Е., Горбатиков А.В. Эндогенные опасности Большого Кавказа. – М.: ИФЗ РАН, 2014. – 256 с. EDN: ZPKBCV
13. International Seismological Centre. (2025). On-line Bulletin. <https://doi.org/10.31905/D808B830>
14. Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н. Сейсмическая и геологическая активность тектонических нарушений Северо-Западного Кавказа // Физика Земли. – 2005. – № 6. – С. 29–41.
15. Трифонов В.Г., Соболева О.В., Трифонов Р.В., Востриков Г.А. Современная геодинамика Альпийско-Гималайского коллизийного пояса. – М.: ГЕОС, 2002. – 225 с.
16. Арефьев С.С., Стасюк Е.И., Ривера Л. Модель очага Дагестанского землетрясения 1970 г. // Физика Земли. – 2004. – № 2. – С. 15–27. EDN: OXHYNJ

SEISMICITY of the NORTHERN CAUCASUS in 2021

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

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

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

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

Abstract. Seismic monitoring of the territory of the Northern Caucasus in 2021 was carried out by a seismic network of 62 stations. The seismic network provided representative registration of earthquakes with $K_R \geq 7.0$ in most of the territory, in its central (including the Greater Sochi region) and eastern parts – with $K_R \geq 6.0$, and in some local zones – with $K_R \geq 5.5$. In general, 3263 earthquakes with $K_R = 2.0–13.0$ (including a strong earthquake in Armenia) were recorded in the region and its environs. 23 earthquakes were felt in the Caucasus settlements. The maximum shaking intensity $I_{max} = 5$ according to the MSK-64 was noted in the settlements of Dagestan (Dagestan wedge) from the Khunzakh earthquake, which occurred on July 28 with $K_R = 12.9$. In the territory of the Chechen Republic (Tersko-Caspian Trough), the earthquakes of October 20 with $K_R = 12.1$, $I_{max} = 5$ and June 28 with $K_R = 10.3$ were felt in settlements with a maximum intensity of $I_{max} = 4–5$. The earthquake of September 3 with $K_R = 12.4$ was felt with the same intensity in the settlements of Dagestan (Greater Caucasus). The seismicity of the North Caucasus in 2021, in accordance with the seismicity level scale “SOUS’09”, is set as “background average” for the observation period from 1962 to 2021.

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

For citation: Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., Sayapina A. A., Bagaeva, S.S., Adilov, Z.M., & Asmanov, O.A. (2025). [Seismicity of the Northern Caucasus in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 69–80. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.06> EDN: GNNBIA

References

1. Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., Ivanova, L.E., 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), 73–91. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.06> EDN: ZOYJVU
2. Khain, V.E. (1973). [Caucasus. Tectonic map. – M: 1:5 500 000]. In *Bol'shaia Sovetskaia Entsiklopediia*. T. 11 [Great Soviet Encyclopedia, V. 11] (pp. 112–114). Moscow, Russia: Soviet Encyclopedia Publ. (In Russ.).
3. Gabsatarova, I.P., & Zvereva, A.S. (2025). [Spectral and source parameters of North Caucasus earthquakes in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii*. [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 238–247. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.22> EDN: RPXHUJ
4. Peterson, J. (1933). Observation and modeling of seismic background noise. *U. S. Geological Survey. Open-File Report*, 93, 1–95.
5. Gabsatarova, I.P., & Zvereva, A.S. (2023). [Seismic monitoring of the North Caucasus in the first quarter of the 21st century]. *Sovremennyye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo Kavkaza* [Modern problems of geology, geophysics and geoecology of the North Caucasus], 13, 257–264. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26200/GSTOU.2023.81.74.035>
6. Gabsatarova, I.P. (2011). *Issledovanie prostranstvenno-vremennykh osobennostei seismichnosti na Severnom Kavkaze. Dis. Kand. fiz.-mat. nauk* [Investigation of spatial-temporal features of seismicity in the Northern Caucasus. Cand. phys.-math. sci. diss.]. Moscow, Russia: IFZ RAS Publ., 178 p. (In Russ.).
7. Adilov, Z.A., Asmanov, O.A., & Magomedov, Kh.Dzh. (2025). [Dagestan earthquakes felt 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
8. Saltykov, V.A., Konovalova, A.A., Kravchenko, N.M., & Poygina, S.G. (2023). [Evaluation of the level of seismic activity of the Russian regions]. In *Zemletriaseniia Rossii v 2021 godu* [Earthquakes in Russia, 2021] (pp. 88–94). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.). EDN: GXJNPQ
9. Avdeeva, L.I., Alexandrova, L.I., Alyoshina, E.I., Andreeva, S.A., Artemova, A.I., Asming, V.E., Assinovskaya, B.A., Baranov, S.V., Belevskaya, M.A., Boginskaya, N.V., Bugaeva, A.P., Verkholtantsev, F.G., Volosov, S.G., Gabdrakhmanova, Yu.V., Gabsatarova, I.P., Gladyshev, E.A., Goev, A.G., Golubeva, I.V., Guseva, N.S., Danilova, T.V., Denega, E.G., Dyagilev, R.A., Emanov, A.A., Efremenko, M.A., Zvereva, A.S., Zueva, I.A., Ivanova, L.E., Karpinskaya, O.V., Klyanchin, A.I., Kolomic, O.A., Konstantinovskaya, N.L., Korgun, N.V., Korolecki, L.N., Kosaya, V.V., Krugova, I.P., Lebedev, A.A., Leshchuk, N.M., Manushina, O.A., Meshcheryakova, V.A., Munirova, L.M., Nadyozhka, L.I., Panas, N.M., Parshina, I.A., Petrosyan, E.N., Pivovarov, R.S., Pivovarov, S.P., Podkorytova, V.G., Podlipskaya, L.A., Runova, A.I., Sanina, I.A., Selivanova, E.A., Starikov, E.N., Starkova, N.N., Tarasov, S.A., Frolov, M.V., Hastaeva, E.V., Chernecova, A.G., Shatalova, A.O., Shevelyova, S.S., & Shevkunova, E.V. (2023). [Information about the largest industrial explosions]. In *Zemletriaseniia Rossii v 2021 godu* [Earthquakes in Russia, 2021] (pp. 204–216). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.). EDN: ALQMYM
10. Medvedev, S.V., Shponhoyer, V., & Karnik, V. (1965). *Mezhdunarodnaia shkala seysmicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 International seismic intensity scale]. Moscow, Russia: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p. (In Russ.).
11. Cherkashin, V.I., Sabanaev, K.A., Gavrilov, Yu.O., & Panov, D.I. (2012). *Tektonika Dagestana (ob'yasnitel'naya zapiska)* [Tectonic map of Dagestan in Scale 1: 500000. Explanatory note]. Makhachkala, Russia: IG DSC RAS Publ., 129 p. (In Russ.).
12. Rogozhin, E.A., Ovsyuchenko, A.N., Lutikov, A.I., Sobisevich, A.L., Sobisevich, L.E., & Gorbatikov, A.V. (2014). *Endogennye opasnosti Bol'shogo Kavkaza* [Endogenous hazards of the Greater Caucasus]. Moscow, Russia: IPE RAS Publ., 256 p. (In Russ.). EDN: ZPKBCV
13. International Seismological Centre. (2025). On-line Bulletin. Retrieved from <https://doi.org/10.31905/D808B830>
14. Rogozhin, E.A., & Ovsyuchenko, A.N. (2005). Seismic and geological activity of tectonic disturbances in the North-Western Caucasus. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*, 6, 29–41.
15. 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.).
16. Arefiev, S.S., Stasyuk, E.I., & Rivera, L. (2004). Source model of the Dagestan, 1970 earthquake. *Izvestiya. Physics of the Solid Earth*, 40(2), 102–113. EDN: LIRXCN