

I. ОБЗОР СЕЙСМИЧНОСТИ

УДК 550.348. (-924/-925)

СЕЙСМИЧНОСТЬ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ в 2021 году

А.А. Маловичко, Н.В. Петрова, В.И. Левина, И.П. Габсатарова, А.Д. Курова

ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия, npetrova@gsras.ru

Аннотация. В 2021 г. мониторинг сейсмичности 16 регионов Северной Евразии выполнялся сетями сейсмических станций России, Азербайджана, Армении, Беларуси, Казахстана, Кыргызстана, Молдовы, Туркменистана, Таджикистана, Узбекистана, Украины, включающими в общей сложности 674 цифровые станции (из них 36 – в составе локальных сетей), две аналоговые станции и восемь сейсмических групп. Сводный каталог землетрясений Северной Евразии, составленный на основе региональных каталогов, содержит 24831 тектоническое землетрясение, 16573 из которых произошли в земной коре ($h < 70$ км), 8187 – на промежуточных глубинах ($h = 70–300$ км) и лишь 71 – на глубинах более 300 км. Для всех землетрясений в сводном каталоге рассчитана однородная магнитуда M , аналогичная магнитуде по поверхностным волнам M_s . В большинстве регионов сейсмический процесс протекал относительно спокойно, и лишь в регионах «Копетдаг», «Прибайкалье и Забайкалье», «Северо-Восток», «Якутия» и в субрегионе «Беларусь» отмечено повышение сейсмической активности по сравнению с параметрами предыдущего года и/или долговременными среднегодовыми. Суммарная сейсмическая энергия, выделенная на территории 16 регионов в 2021 г. ($\Sigma E_{ан} = 1.99 \cdot 10^{16}$ Дж), оставалась заметно ниже ее среднегодового уровня за период 2006–2021 гг. ($\Sigma E_{ан} = 4.56 \cdot 10^{16}$ Дж), как и в течение пяти предыдущих лет. Максимальными по магнитуде в 2021 г. были Хубсугульское землетрясение 11 января в $21^{\text{h}}32^{\text{m}}$ с $M_{WGCMT} = 6.8$ ($M = 7.1$), локализованное в регионе «Прибайкалье и Забайкалье» на территории Монголии, и Восточно-Кроноцкое 16 марта в $18^{\text{h}}38^{\text{m}}$ с $M_{WGCMT} = 6.6$ ($M = 7.1$) в Камчатской сейсмофокальной зоне. Самыми ощутимыми в 2021 г. были Таджикибадское землетрясение 10 июля в $02^{\text{h}}14^{\text{m}}$ с $M_{WGCMT} = 5.8$ ($M = 5.9$), $h = 13$ км и интенсивностью 7 баллов в г. Бустон и с. Кули-Калон (субрегион «Таджикистан») и землетрясение 5 декабря в $21^{\text{h}}46^{\text{m}}$ с $M_{WGCMT} = 5.0$ ($M = 4.2$), $h = 5$ км, проявившееся с такой же интенсивностью в г. Эрджис, Турция (субрегион «Армения»).

Ключевые слова: Северная Евразия, регион, территория, зона субдукции, сейсмический пояс, тектоническое землетрясение, вулканическое землетрясение, горно-тектонический удар, механизм очага, выделенная сейсмическая энергия, интенсивность сотрясений.

Для цитирования: Маловичко А.А., Петрова Н.В., Левина В.И., Габсатарова И.П., Курова А.Д. Сейсмичность Северной Евразии в 2021 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 10–31. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.01> EDN: DEVSSU

Введение. В выпуске 28 журнала «Землетрясения Северной Евразии» представлены результаты сейсмического мониторинга на территории России и сопредельных стран в 2021 г. в виде обзоров региональной сейсмичности и статей об отдельных сильных и ощутимых землетрясениях. Электронные приложения к журналу содержат региональные каталоги основных параметров землетрясений, механизмов очагов, таблицы макросейсмических параметров, списки сейсмических станций и их аппаратного оснащения. Все эти материалы подготовлены в сейсмологических учреждениях Азербайджана, Армении, Беларуси, Казахстана, Кыргызстана, Молдовы, России, Туркменистана, Таджикистана, Узбекистана и Украины. Границы регионов и территорий Северной Евразии, в которых составлялись региональные каталоги и обзоры, показаны на рис. 1. Состав регионов и субрегионов («территорий») не изменился по сравнению с предыдущим выпуском 27 (2020) журнала [1].

Для анализа данных сейсмического мониторинга на указанной территории в 2021 г. в Центральном отделении ФИЦ ЕГС РАН составлены сводные каталоги: список всех сейсмических станций на рассматриваемой территории [Приложение 1]; сводный каталог землетрясений, обобщающий данные региональных каталогов с удалением дублирующих событий в соседних регионах [Приложение 2]; каталог макросейсмических проявлений ощутимых землетрясений [Приложение 3] и список населенных пунктов, из которых получены сообщения об ощутимых землетрясениях [Приложение 4]. Результаты анализа этих материалов представлены в данной статье.

Сеймотектоническая обстановка на территории Северной Евразии подробно описана в статьях за прошлые годы, например, в [1].

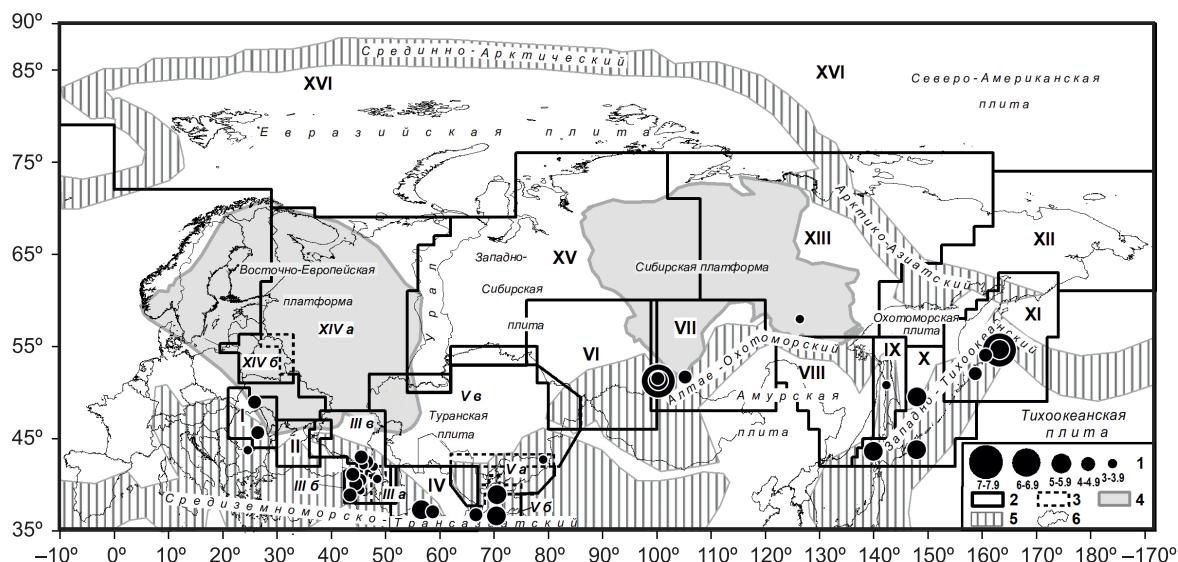


Рис. 1. Карта-схема границ регионов и субрегионов (территорий) Северной Евразии и землетрясений, ощущавшихся в этих границах с интенсивностью $I_i \geq 5$ баллов в 2021 г.

1 – магнитуда M землетрясений из сводного каталога [Приложение 2], унифицированного по магнитуде; 2 – граница региона; 3 – граница его составной части – субрегиона (территории); 4 – древняя платформа; 5 – сейсмический пояс по [2]; 6 – государственные границы и береговые линии. Цифра в центре региона/субрегиона соответствует его номеру и названию в табл. 1.

Сети сейсмических станций. В 2021 г. на рассматриваемой территории действовали сети сейсмических станций региональных подразделений ФИЦ ЕГС РАН и соседних государств, описанные в региональных и территориальных обзорах сейсмичности. Параметры установленной на станциях аппаратуры приведены в электронных приложениях к соответствующим обзорам. К анализу сейсмичности привлекались также данные Сейсмологического бюллетеня ФИЦ ЕГС РАН (СБ) [3] и бюллетеня Международного сейсмологического центра (ISC) [4]. Всего на указанной территории в 2021 г. функционировали 674 цифровые станции (из них 36 – в составе локальных сетей), две аналоговые и восемь сейсмических групп (табл. 1, Приложение 1).

Региональные каталоги землетрясений и сводный каталог, методика однородной классификации землетрясений. Для анализа сейсмичности на территории Северной Евразии (карты эпицентров на рис. 1 и 2, временной ход выделенной сейсмической энергии на рис. 3) на основе региональных каталогов землетрясений составлен сводный каталог [Приложение 2]. Поскольку границы некоторых регионов и субрегионов (территорий) перекрываются (рис. 1), в региональных каталогах могут присутствовать одни и те же землетрясения, произошедшие на перекрывающихся территориях («дубли»), которые удалялись при составлении сводного каталога.

В табл. 1 приведены количественные характеристики региональных каталогов за 2021 г., представленных на сайте журнала «Землетрясения Северной Евразии (<http://www.gsras.ru/zse/app-28.html>): диапазон магнитуд/энергетических классов землетрясений; общее число землетрясений в каталоге и их распределение по интервалам глубин; число ощутимых землетрясений и событий с определенным механизмом очага; суммарная энергия каталога. Для информации в табл. 1 указаны также количественные параметры дополнительных каталогов, созданных в ряде регионов по данным ISC [4] из землетрясений, отсутствующих в региональных каталогах. В графе 12 табл. 1 приведены значения суммарной энергии ΣE землетрясений региональных каталогов, рассчитанные суммированием выделенных энергий от отдельных землетрясений ($\Sigma E, Дж = \Sigma 10^K$, где $K = \lg E$) и приведенные в региональных обзорах сейсмичности. Формулы расчета выделенной сейсмической энергии от отдельных землетрясений в разных регионах различаются и указаны в соответствующих обзорах сейсмичности. Для регионов/территорий, в обзорах сейсмичности которых сведения о суммарной выделенной за 2021 г. сейсмической энергии не приведены, в графе 12 табл. 1 в скобках указаны значения ΣE , полученные авторами данной статьи с использованием однородной магнитуды M землетрясений из сводного каталога [Приложение 2] с помощью формул Т. Г. Раутиан [5]:

$$M \leq 5.6: \lg E = K_p = 1.8M + 4, \quad (1)$$

$$M > 5.6: \lg E = K_p = 1.1M + 8. \quad (2)$$

Таблица 1. Распределение станций и землетрясений по регионам и территориям Северной Евразии в 2021 г.

№	Регион, территория	Число станций			Диапазон классов/ магнитуд	Число землетрясений					ΣE, Дж
		A	Ц	Г		N _Σ	h=70–300 км	h>300 км	N _{общ}	N _{мех}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	Карпаты	–	29	–	0.5–4.7 _M ; 4.4–12.2 _{Kp}	239	157	–	18	3	3.37·10 ¹²
II	Крымско-Черноморский	–	10	–	4.6–10.2 _{Kи}	96	–	–	3	2	4.86·10 ¹⁰
III a	Азербайджан	–	35	–	3.0–5.5 _{ML}	138	–	–	30	20	6.20·10 ¹²
III б	Армения	1	15	–	0.1–5.2 _{ML}	2629	–	–	41	23	3.40·10 ¹³
III в	Северный Кавказ	–	62	1	2.0–13.0 _{Kp}	3263	46	–	25	33	1.41·10 ¹³
IV	Копетдаг	1	33	–	8.6–13.8 _{Kp}	269 +3 _{ISC}	1	–	13	17	1.43·10 ¹⁴
V a	Кыргызстан и Узбекистан	–	67	–	8.6–14.1 _{Kp}	196	–	–	26	23	1.32·10 ¹⁴
V б	Таджикистан	–	7	–	8.6–14.3 _{Kp}	8906	7481	1	80	23	8.09·10 ¹⁴
V в	Казахстан	–	40	5	6.6–11.7 _{Kp}	453	–	–	13	13	(3.50·10 ¹²)
VI	Алтай и Саяны	–	53 +25 _л	–	2.5–5.9 _{ML}	933	–	–	10	5	9.50·10 ¹²
VII	Прибайкалье и Забайкалье	–	37	–	7.6–15.9 _{Kp}	3687	–	–	83	89	1.04·10 ¹⁶
VIII	Приамурье и Приморье	–	11	–	5.8–11.3 _{Kp} ; 2.2–4.8 _{MPVA}	120	–	8	1	–	(1.13·10 ¹²)
IX	Сахалин	–	16 +11 _л	–	4.5–10.1 _{Kc} ; 6.3–11.9 _{Kp} ; 2.7–5.1 _{MPVA}	411	5	17	23	15	(1.35·10 ¹³)
X	Курило-Охотский	–	8	–	6.1–14.0 _{Kc} ; 4.2–6.1 _{MLH} ; 3.8–6.6 _{MSH}	1172 +107 _{ISC}	313 +40 _{ISC}	37 +13 _{ISC}	131	175	(4.58·10 ¹⁵)
XI	Камчатка и Командорские о-ва	–	81	–	8.5–14.6 _{Ks}	1194	188	32	76	59	5.20·10 ¹⁴
	Вулканы Камчатки:										
	Северная группа	–	–	–	1.6–10.6 _{Ks}	7599	–	–	–	–	5.75·10 ¹⁰
	Авачинская группа	–	–	–	1.6–9.4 _{Ks}	385	–	–	–	–	2.51·10 ⁹
	Мутновско-Гореловская группа	–	–	–	1.9–6.9 _{Ks}	295	–	–	–	–	1.50·10 ⁷
	Кизимен	–	–	–	1.8–12.0 _{Ks}	3397	–	–	–	–	3.40·10 ¹²
	Жупановский	–	–	–	3.0–6.1 _{Ks}	17	–	–	–	–	2.00·10 ⁶
	Карымский	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
XII	Северо-Восток России	–	14	–	6.2–13.3 _{Kp}	256	–	–	2	5	2.43·10 ¹³
XIII	Якутия	–	20	–	7.2–11.6 _{Kp}	394	–	–	1	2	1.22·10 ¹²
XIV a	ВЕП. Российская часть	–	40	2	7.7–9.8 _{Kp} ; 0.8–3.2 _{ML}	225 +11 _{ISC}	–	–	–	–	1.56·10 ¹⁰
XIV б	Беларусь	–	17	–	4.6–9.2 _{Kd}	70	–	–	–	–	3.77·10 ⁹
XV	Урал и Западная Сибирь	–	19	–	1.0–3.6 _{ML}	24 +45 _{ГТУ}	–	–	–	–	7.22·10 ⁸
XVI	Арктика	–	24	–	0.1–5.0 _M	566	–	–	–	18	2.00·10 ¹³
I–XVI	Сев. Евразия, региональные каталоги	2	638 +36 _л	8	–	25362 _{зем} 11693 _{влк} 45 _{ГТУ}	8191 (+40 _{ISC})	95 (+13 _{ISC})	576	530	1.67·10 ¹⁶
I–XVI	Сев. Евразия, сводный каталог	–	–	–	–1.1–7.1 _M	(24831)	(8187)	(71)	–	–	1.99·10 ¹⁶

Примечание. А – аналоговая станция, Ц – цифровая станция, Г – сейсмическая группа (array). Значения нижних индексов: л – локальная сеть; M_d, MPVA, MLH, MSH, ML, M – магнитуды по длительности записи, по короткопериодным P-волнам, по горизонтальной компоненте поверхностных волн, по горизонтальной компоненте S-волн, локальная магнитуда, магнитуда сводного каталога, соответственно; Kp, Kи, Kc, Ks, Kd – энергетические классы по шкалам Раутиан [5], Пустовитенко [6], Соловьёва [7], Федотова [8] и по длительности записи соответственно; взр – взрыв; влк – вулканическое землетрясение; ГТУ – горно-тектонический удар; ISC – дополнительные землетрясения из бюллетеня ISC [4]. В скобках указаны значения N и ΣE по данным сводного каталога [Приложение 2].

Методика расчета однородной магнитуды M землетрясений разных регионов, включенных в сводный каталог, почти не изменилась по сравнению с изложенной в [1]. Энергетические параметры землетрясений приводились к единой магнитуде M с опорой на магнитуду по поверхностным волнам – MLH , MS или Ms . MLH – это магнитуда по горизонтальному вектору смещения в поверхностных волнах, которая в СССР определялась массово, а в настоящее время присутствует в каталогах Курило-Охотского региона, Сахалина, Приамурья и Приморья и некоторых других регионов России и сопредельных стран. Гораздо чаще в современных каталогах и бюллетенях, например, в бюллетене ISC [4] или в СБ [3], встречается магнитуда по вертикальной составляющей записи поверхностных волн, определенная на телесеismicких расстояниях. Далее в тексте магнитуда из СБ обозначена « MS », а из ISC – « Ms ». В настоящей работе принималось, что для неглубоких землетрясений с $h \leq 40$ км эти магнитуды и MLH идентичны, а однородная магнитуда M равна:

$$M=MS=Ms=MLH. \quad (3)$$

При наличии для одного землетрясения нескольких магнитуд из выражения (3), приоритет в качестве однородной магнитуды M отдавался MS или Ms , а из них выбиралась наибольшая. Для землетрясений с $h > 40$ км значения MS или Ms корректировались за глубину с помощью поправок из [9]:

$$40 < h \leq 90 \text{ км: } M=MS+1.71 \lg h-2.726, \quad (4)$$

$$h > 90 \text{ км: } M=MS+0.556 \lg h-0.5. \quad (5)$$

Если прямые определения MS , Ms или MLH отсутствовали, значения M для умеренных и сильных землетрясений с моментной магнитудой $M_w \geq 5.6$ рассчитывались по формуле для глобальной сейсмичности [10]:

$$M=(\ln(M_w-2.863)+0.222)/0.233. \quad (6a)$$

При отсутствии вышеуказанных магнитуд расчет M производился с помощью региональных соотношений, приведенных в табл. 2 (порядок приоритетов – сверху вниз). Для большинства регионов подход к расчету M остался прежним, за исключением Курило-Охотского региона, для землетрясений которого в пересчет добавилась моментная магнитуда $M_{w_{\text{per}}}$ ($M=M_{w_{\text{per}}}$) и локальная магнитуда ($M=ML$), определенные в Сахалинском филиале ФИЦ ЕГС РАН [11]. Кроме того, для региона Карпат, сводный каталог землетрясений которого составляется на основе слияния двух каталогов, сформированных в отделе сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины (ИГФ НАН У) и в лаборатории сейсмологии Института геологии и сейсмологии АН Молдовы (ИГиС АН М) [12], добавлено уточненное соотношение между энергетическими классами из каталога ИГФ НАН У: $K_{\text{р}_{\text{укр}}}=0.99 Kd_{\text{укр}}+0.15$ [Приложение 2], которые использовались при расчете M .

В отдельных случаях, когда для землетрясений с $M_w < 5.6$ магнитуды/классы, используемые в вышеперечисленных формулах, отсутствовали, расчет единой магнитуды M производился по формуле:

$$M=(M_w-2.1)/0.67 [21]. \quad (6б)$$

Общая характеристика сейсмичности Северной Евразии. Эпицентральное поле землетрясений с $M \geq 3$ в 2021 г. представлено на рис. 2. В целом его конфигурация не изменилась по сравнению с картами прошлых лет – большинство землетрясений в 2021 г., как и ранее, локализовано в пределах сейсмических поясов, показанных на рис. 1.

В каталоги регионов I–XVI в 2021 г. включено 24831 тектоническое землетрясение, при которых выделилось $\Sigma E=1.99 \cdot 10^{16}$ Дж сейсмической энергии, что меньше среднегодовых значений этих параметров ($N_{\text{ср}}=27171$, $\Sigma E_{\text{ср}}=2.91 \cdot 10^{16}$ Дж) за пять последних лет (2017–2021 гг.). Число вулканических событий в 2021 г. ($N=11693$), наоборот, немного превысило среднегодовое значение за указанный период ($N_{\text{ср}}=10592$). 16573 тектонических землетрясений произошли в земной коре ($h < 70$ км), 8187 – на промежуточных глубинах ($h=70-300$ км) и 71 – на глубинах более 300 км (табл. 1). В отличие от регистрации коровых сейсмических событий на всей территории Северной Евразии, промежуточные и глубокие землетрясения происходят лишь в некоторых сейсмоактивных регионах, связанных с процессами субдукции тектонических плит: промежуточные – в Карпатской зоне Вранча, в Терско-Сунженской зоне Северного Кавказа, в Памиро-Гиндукушской зоне Таджикистана, на Сахалине, Курилах и Камчатке; глубокие – на Дальнем Востоке России (Приамурье и Приморье, Сахалин, Курило-Охотский регион, Камчатка), где наблюдается погружение Тихоокеанской плиты под континент.

Таблица 2. Соотношения для перехода от энергетического класса или магнитуд разных типов в региональных каталогах к однородной магнитуде M в сводном каталоге

Регион, территория	Формула	Ссылка
Беларусь, Казахстан, Копетдаг, Кыргызстан и Узбекистан, Прибайкалье и Забайкалье, Северный Кавказ, Северо-Восток России, Таджикистан, Якутия	$K_p \leq 14: M = (K_p - 4)/1.8$ (7 а)	[5]
	$K_p > 14: M = (K_p - 8)/1.1$ (7 б)	[5]
	$K_p = Kd$ (8)	[5]
Карпаты	$K_p \leq 14: M = (K_p - 4)/1.8$ (7 а)	[5]
	$K_p > 14: M = (K_p - 8)/1.1$ (7 б)	[5]
	$K_p = K_{p \text{ укр}}$ (9)	[12]
	$K_{p \text{ укр}} = 0.99 Kd_{\text{укр}} + 0.15$ (10)	[Прил. 3] к [12]
	$K_p = 1.71 ML_{\text{Млд}} + 3.58$ (11)	[12]
Крым	$M = 0.55 K_{\text{Г}} - 2.3$ (12)	[13]
Азербайджан	$M = 0.77 ML_{\text{Азр}} + 0.43$ (13)	[14]
Алтай и Саяны	$M = 0.945 ML_{\text{Алт}} - 0.834$ (14)	[15]
Камчатка	$M = 0.926 K_s - 6.44$ (15)	[16]
Приамурье и Приморье, Сахалин	$K_p \leq 14: M = (K_p - 4)/1.8$ (7 а)	[5]
	$K_p > 14: M = (K_p - 8)/1.1$ (7 б)	[5]
	$M = (K_c - 1.2)/2$ (16)	[11; 17, 18]
Курило-Охотский регион	$M = M_{w \text{ пер}}$ (17)	[5]
	$M = (MSH - 1.71)/0.75$ (18)	[5]
	$M = (MPV - 2.5)/0.65$ (19)	[11, 17, 18]
	$M = (K_c - 1.2)/2$ (16)	[11, 17, 18]
	$M = ML$ (20)	[11]
Армения, Урал и Западная Сибирь, Арктика (сети RU, КО и АН), Восточно-Европейская платформа (сети RU, VN, КО, АН, IDG, IGKR, IGKRC)	$M = ML - 0.3$ (21)	[19, 20]
	$M = 1.02 mb_{\text{ISC}} - 0.49$ (22)	[19, 20]
	$M = (K_p - 4)/1.8$ (7 а)	[5]

Примечание. Формулы (7 а) и (7 б) применялись с заменой K_p на энергетические классы по длительности записи Kd ($Kd = K_p$) для землетрясений Беларуси, на ур. (9) или (10) для землетрясений Карпат, где $Kd_{\text{укр}}$ – классы из каталога Карпат по данным ИГ НАНУ. $ML_{\text{Млд}}$ – локальная магнитуда из каталога Молдовы [12]. Для землетрясений Курил значения MSH и MPV в ур. (18) и (19), определяемые по средне- и длиннопериодным приборам, при их отсутствии заменялись короткопериодными магнитудами $MSHA$ и $MPVA$.

В Приложении 3 к данной статье представлена информация о землетрясениях, ощущавшихся в 2021 г. на территории Северной Евразии ($N=522$). В табл. 3 приведены сведения о 45 из них, проявившихся с интенсивностью $I_{\text{max}}=5$ баллов и выше в населенных пунктах регионов I–XVI (рис. 1) или имевших магнитуду $M \geq 5.5$. Таблица содержит параметры всех ощутимых землетрясений, о которых имеются отдельные статьи в настоящем выпуске журнала, даже если они не удовлетворяют двум вышеуказанным условиям ($I_{\text{max}}=5$ баллов; $M \geq 5.5$). Почти все события из табл. 3 произошли в границах сейсмических поясов, за исключением Нимнырского землетрясения 18 января в 18^h46^m с $M=3.6$ (№ 6 в табл. 3) [22], локализованного на юге Сибирской платформы в регионе XIII (рис. 1), и Чортковского землетрясения (№ 37 в табл. 3) 23 сентября в 03^h17^m с $M=4.3$ на юге Восточно-Европейской платформы в регионе I (Карпаты).

Максимальными по магнитуде в 2021 г. были два землетрясения: Хубсугульское 11 января в 21^h32^m с $M=7.1$, $M_{w \text{ GCM}}=6.8$, $h_{\text{ррISC}}=9$ км (№ 3 в табл. 3), локализованное на территории Монголии, в северо-западной части Хубсугульской впадины в регионе Прибайкалье и Забайкалье, и Восточно-Кроноцкое 16 марта в 18^h38^m с $M=7.1$, $M_{w \text{ GCM}}=6.6$, $h=64$ км (№ 14 в табл. 3) в Камчатской сейсмофокальной зоне. Хубсугульское землетрясение ощущалось с максимальной интенсивностью 6–7 баллов в п. Монды (Бурятия), а Восточно-Кроноцкое – 5 баллов на кордоне Кроноки Кроноцкого государственного заповедника.

Самыми ощутимыми в 2021 г. были два других землетрясения: в Таджикистане – Таджикабадское 10 июля в 02^h14^m с $M=5.9$, $M_{w \text{ GCM}}=5.8$, $h=13$ км (№ 26 в табл. 3), ощущавшееся с интенсивностью 7 баллов по шкале MSK-64 [30] в г. Бустон и с. Кули-Калон, и в Армении – 5 декабря в 21^h46^m с $M=4.2$, $M_{w \text{ GCM}}=5.0$, $h=5$ км (№ 44 в табл. 3), проявившееся с интенсивностью 7 баллов по шкале MMI [32] в г. Эрджиш (Турция).

На рис. 3 показаны ежегодные и кумулятивные значения выделенной сейсмической энергии на территории Северной Евразии за период 2006–2021 гг. Большинство максимальных землетрясений этого периода с $M_w \geq 7.3$ связано с процессами субдукции в Курило-Камчатской зоне, где Тихоокеанская плита погружается под Охотоморскую, и лишь два из них – Сарезское и Гин-

дукушское землетрясения 2015 г. – реализовались на территории «Таджикистан», сейсмические процессы на юге которой связаны с субдукцией Индийской плиты под Евразийскую с отрывом и опусканием Гиндукушской плиты.

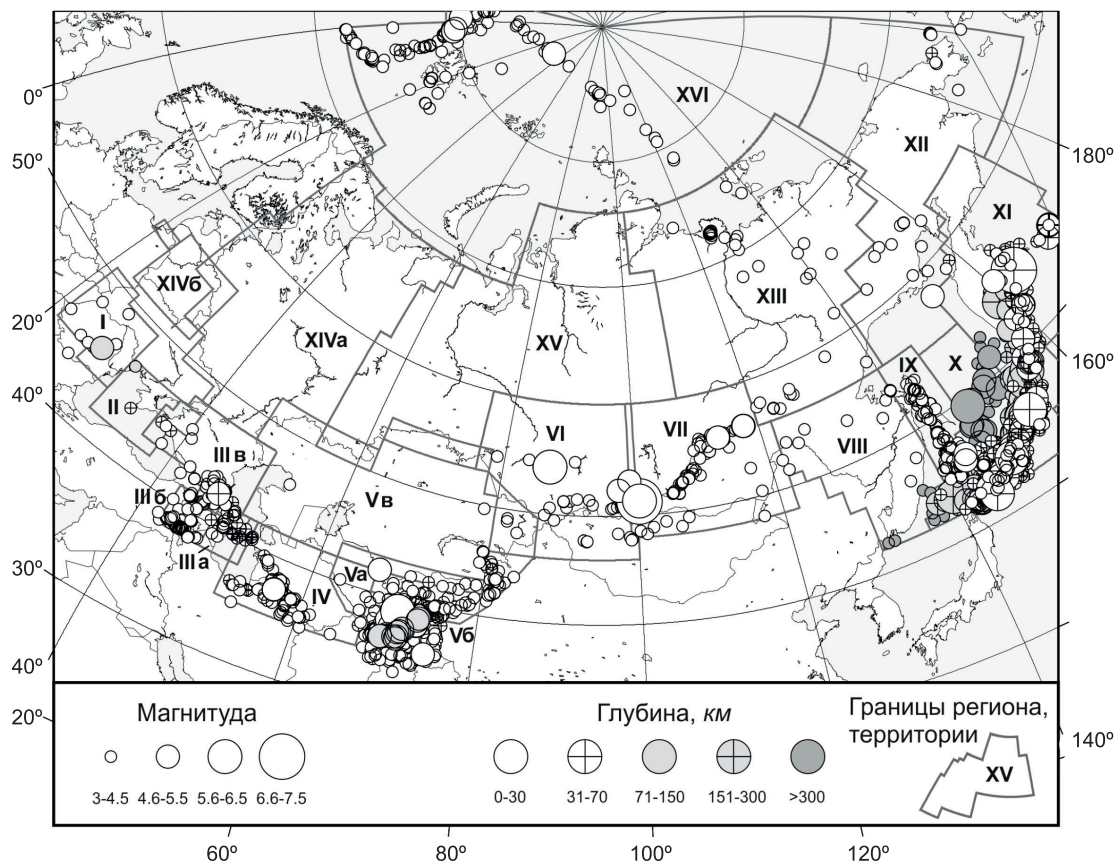


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Северной Евразии с $M \geq 3$ за 2021 г.

Таблица 3. Наиболее заметные землетрясения Северной Евразии в 2021 г.

№	Дата, д.м	t_0 , ч.мин.:с	φ° , N	λ° , E	h , км	M	M_{WGCMT}	I_{\max} , балл	Регион/территория, название землетрясения, ссылка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	02.01	01:05:52	41.985	47.848	9	3.7		6	Северный Кавказ, Хучинское, [23]
2	05.01	23:50:34	43.770	24.610	10	3.6		5**	Карпаты
3	11.01	21:32:59	51.270	100.380	9	7.1	6.8	6–7	Прибайкалье и Забайкалье, Хубсугульское [24]
4	12.01	02:39:43	43.645	140.068	203	5.7	6.0	6*	Курило-Охотский регион
5	16.01	20:02:47	36.637	70.505	198	5.3	5.6	5*	Таджикистан
6	18.01	18:46:11	58.000	126.510	13	3.6		5	Якутия, Нимырьское [22]
7	20.01	16:00:40	49.559	148.116	584	5.3	5.6	5*	Курило-Охотский регион
8	23.01	13:22:28	39.428	45.380	3	3.6		5	Азербайджан
9	05.02	15:36:09	40.520	45.300	10	4.3	5.2	6–7	Армения, Шоржинское [25]
10	12.02	17:01:34	38.200	73.400	130	5.9	5.9	4	Таджикистан
11	13.02	11:29:23	40.110	44.540	10	4.0	4.9	5–6	Армения, Ереванское [26]
12	27.02	21:13:08	45.560	26.510	144	3.3		5*	Карпаты
13	02.03	21:22:46	43.829	148.051	51	5.9	5.8	5	Курило-Охотский регион
14	16.03	18:38:21	54.641	163.346	64	7.1	6.6	5***	Камчатка и Командорские о-ва, Восточно-Кроноцкое [27]
15	16.03	19:51:27	54.695	163.397	61	5.9		5.5***	Камчатка
16	16.03	21:59:24	45.987	151.684	83	5.7			Курило-Охотский регион
17	09.04	18:36:46	45.84	26.64	82	4.6		3–4**	Карпаты [28]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18	11.04	13:48:49	52.083	158.884	60	4.6		6***	Камчатка и Командорские о-ва
19	17.04	15:45:20	54.082	160.786	71	4.7	5.0	5***	Камчатка и Командорские о-ва
20	18.04	08:16:50	50.835	142.484	4	3.7		5–6	Сахалин
21	03.05	08:46:39	51.330	100.390		5.7	5.7	5	Прибайкалье и Забайкалье
22	06.05	07:07:21	42.750	79.133	15	3.3		5*	Казахстан
23	16.05	03:23:56	42.022	144.562	40	5.9	5.8	4*	Курило-Охотский регион
24	16.05	23:04:56	37.310	56.650	20	5.0	5.3	6*	Копетдаг
25	25.05	21:30:37	45.54	26.57	138	4.1		4–5**	Карпаты [28]
26	10.07	02:14:40	38.941	70.603	13	5.9	5.8	7	Таджикистан, <i>Таджикабадское</i> [29]
27	13.07	00:30:18	45.893	152.005	72	5.7	5.9	3	Курило-Охотский регион
28	28.07	00:41:28	42.502	46.562	49	4.9		5	Северный Кавказ, <i>Хунзахское</i> [23]
29	16.08	01:44:7	41.180	43.980	10	4.0	4.8	5–6	Армения
30	22.08	20:36:55	51.550	100.300		4.0		5	Прибайкалье и Забайкалье
31	24.08	05:37:52	48.581	155.537	73	6.3	6.0	2	Курило-Охотский регион
32	01.09	10:32:11	45.680	26.460	153	4.2	4.4	6*	Карпаты [12]
33	03.09	03:34:47	42.153	45.982	11	3.9		5	Северный Кавказ, <i>Безтинское</i> [23]
34	03.09	10:14:25	49.323	147.304	577	5.6	5.8	2	Курило-Охотский регион
35	13.09	04:02:31	37.080	58.740	13	4.5	5.1	5*	Копетдаг
36	20.09	20:25:26	46.124	152.915	61	6.2	6.2	2–3	Курило-Охотский регион
37	23.09	03:17:56	48.990	25.880	5	4.3		5	Карпаты, <i>Чортковское</i> [12]
38	05.10	07:59:59	36.760	66.720	40	4.5	5.3	6*	Копетдаг
39	11.10	23:10:01	48.031	154.472	121	6.0	5.8		Курило-Охотский регион
40	18.10	08:24:29	53.891	158.972	186	5.8	5.4		Камчатка и Командорские о-ва
41	20.10	04:45:41	43.033	45.553	13	4.0	4.8	5	Северный Кавказ
42	24.10	17:04:46	41.150	43.980	10	4.3		5*	Армения
43	20.11	12:46:11	40.648	48.522	41	3.9	5.0	5	Азербайджан
44	05.12	21:46:43	38.910	43.490	5	4.2	5.0	7*	Армения
45	15.12	13:44:52	51.710	105.330		4.2	4.8	5	Прибайкалье и Забайкалье

Примечание. В таблицу включены землетрясения с $I_i \geq 5$ баллов или с $M \geq 5.5$, а также землетрясения, о которых имеются специальные статьи в настоящем выпуске журнала (названия землетрясений и ссылки на статьи о них приведены в столбце 10). В столбце 7 указана однородная магнитуда M сводного каталога, приведенная в [Приложение 2]. В столбце 9 дана вызванная землетрясением максимальная интенсивность сотрясений I_{max} в населенных пунктах, расположенных в границах регионов Северной Евразии (рис. 1), в баллах по MSK-64 [30], ШСИ-17 [31], MMI [32], EMS-98 [33]. Символы в графе 9: * – интенсивность по шкале MMI; ** – EMS-98; *** – ШСИ-17; без звездочек – баллы по шкале MSK-64.

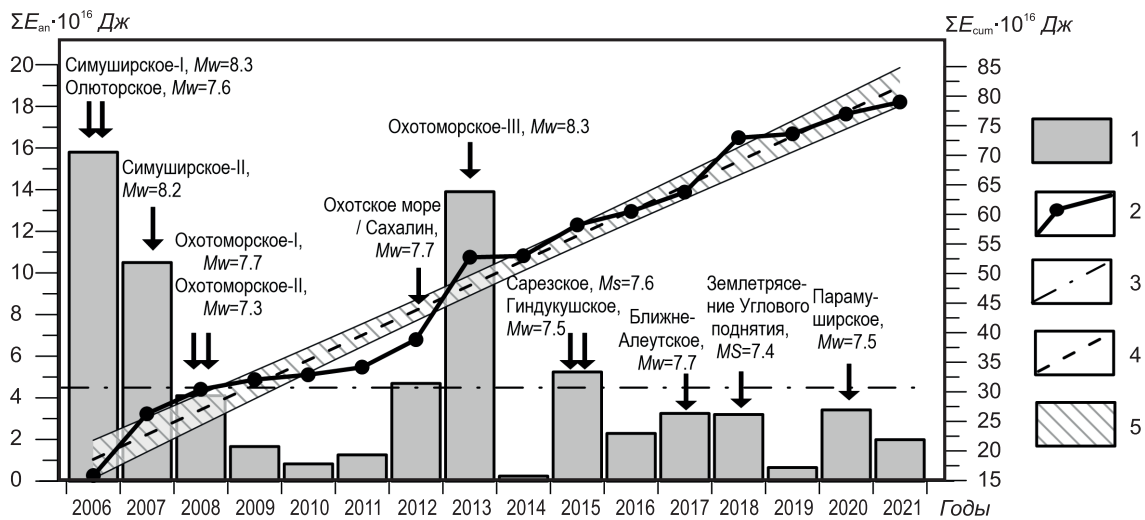


Рис. 3. Годовые значения суммарной сейсмической энергии ΣE_{an} , выделившейся на территории Северной Евразии в 2006–2021 гг., кумулятивный график ΣE_{cum} и крупнейшие землетрясения этого периода

1 – ΣE_{an} ; 2 – ΣE_{cum} ; 3 – среднее значение $\Sigma E_{an} = 4.56 \cdot 10^{16}$ Дж за период 2006–2021 гг.; 4, 5 – линейная зависимость $\Sigma E_{cum}(t)$ и ее 95% доверительный интервал.

Суммарная сейсмическая энергия в 2021 г. ($\Sigma E_{\text{ан}}=1.99 \cdot 10^{16}$ Дж) уменьшилась по сравнению с таковой за предыдущий год ($\Sigma E_{\text{ан}}=3.42 \cdot 10^{16}$ Дж) и оставалась заметно ниже среднегодового уровня за период 2006–2021 гг. ($\Sigma E_{\text{ан}}=4.56 \cdot 10^{16}$ Дж), как и в течение пяти предыдущих лет. При этом после семилетней (2014–2020 гг.) близости кумулятивного графика выделения сейсмической энергии $\Sigma E_{\text{cum}}(t)$ к линейной зависимости, в 2021 г. наметилось его выполаживание, означающее торможение деформационных процессов на территории Северной Евразии. Отметим, что заметное выполаживание зависимости $\Sigma E_{\text{cum}}(t)$ в 2008–2011 гг. привело к реализации Охотоморских землетрясений: 2012 г. с $M_w=7.7$ и 2013 г. с $M_w=8.3$ (рис. 3).

Сейсмичность регионов. Описание сейсмичности в данном разделе основано на материалах региональных обзоров сейсмичности и статей о сильных и ощутимых землетрясениях, опубликованных в текущем выпуске журнала.

Регион **Карпаты (I)** расположен в самом западном сегменте *Средиземноморско-Трансатлантического складчатого пояса* и частично захватывает территории Украины, Молдовы, Румынии, Венгрии, Словакии, Польши. Сейсмические наблюдения в 2021 г. производились 23 стационарными цифровыми станциями в Украине и одной аналоговой и шестью цифровыми станциями в Молдове. Данные этих сетей обрабатывались отдельно в двух центрах: во Львове, в отделе сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины (ИГФ НАНУ), и в Кишинёве, в лаборатории сейсмологии Института геологии и сейсмологии АН Республики Молдова (ИГиС АНМ). В каждом из центров созданы региональные каталоги, которые для анализа сейсмичности Карпат в 2021 г. были объединены в сводный каталог. Всего в 2021 г. в регионе, согласно сводному каталогу, локализовано 239 землетрясений, большинство из которых зарегистрировано в районах «Вранча» (177) и в Северо-Западном (23). Впервые после 2002 г. в сейсмоактивном районе «Буковина» 23 сентября 2021 г. произошло довольно сильное Чортковское землетрясение с $K_p=11.7$, $M=4.3$, $m_{b, \text{ISC}}=4.4$, $h=5$ км (№ 37 в табл. 3), которое ощущалось на территории Украины с интенсивностью до 5 баллов [12]. Эпицентр землетрясения локализован вблизи пересечения Тербовлянского и Тетеревского глубинных разломов, а изосейсты, построенные на основе данных об ощутимости в 27 населенных пунктах, вытянуты в северо-восточном направлении, вдоль Тетеревского разлома [12]. Максимальное землетрясение региона в 2021 г. зарегистрировано в горах Вранча 9 апреля с $K_p=12.2$, $M=4.6$, $m_{b, \text{ISC}}=4.4$ и $h=82$ км (№ 17 в табл. 3). Самым ощутимым было 6-балльное землетрясение (по шкале MMI [32]) 1 сентября с $M=4.2$, $M_w=4.4$, $h=153$ км (№ 32 в табл. 3) [28]. Выделившаяся в Карпатском регионе в 2021 г. сейсмическая энергия составила $\Sigma E=3.37 \cdot 10^{12}$ Дж, что ниже уровня 2020 г. ($\Sigma E=1.11 \cdot 10^{13}$ Дж).

Складчатые системы **Крыма (регион II)**, **Кавказа (регион III)** и **Копетдага (регион IV)** объединены в единую систему реализации сейсмического режима [2, 34] и являются южными районами Евразийской литосферной плиты. В статьях [35, 36, 37, 38] настоящего выпуска журнала приводятся обзоры сейсмичности в 2021 г. в пределах системы Крым–Кавказ.

Горный **Крым (регион II)** с прилегающими к нему акваториями Черного и Азовского морей представляет западный сегмент складчатой системы. Мониторинг сейсмичности проводился сетью сейсмических станций, состоящей из десяти пунктов наблюдений, расположенных на Крымском п-ове. 19 мая 2021 г. в с. Марьевка на юге Керченского п-ова был открыт новый пункт регистрации землетрясений «Опук» (OPUK). Уровень надежной регистрации, обеспечиваемый этой сетью, варьирует от $K_{\text{min}}=6$ до $K_{\text{min}}=9$. Восстановление регистрации на станции «Керчь» в 2019 г. и открытие нового пункта «Опук» повысило чувствительность сети в северо-восточных зонах региона.

Всего в 2021 г. сетью станций Крыма зарегистрировано 96 землетрясений в диапазоне энергетических классов $K_{\text{II}}=4.6 \div 10.2$. Для 12 землетрясений с $K_{\text{II}}=7.0 \div 10.2$ по амплитудным спектрам с использованием теоретической дислокационной модели Бруна (ω^2) восстановлены динамические параметры очагов (M_0 , r_0 , $\Delta\sigma$, ϵ , $\eta\sigma$, $\Delta\sigma_r$, \bar{y} , E_U и M_w) [39].

Годовая суммарная выделенная сейсмическая энергия $\Sigma E=48.62 \cdot 10^9$ Дж оказалась меньше в ~32 раза среднегодового значения энергии за предыдущий десятилетний период. Более 80% энергии в 2021 г. выделилось в Керченско-Анапском и Севастопольском районах п-ова. Три землетрясения слабо ощущались: 13 марта с $K_{\text{II}}=9.1$ ($K_p=9.5$), $MPSP=4.0$, $I_{\text{max}}=3 \div 4$ балла, 17 сентября с $K_{\text{II}}=9.5$ ($K_p=9.4$), $MPSP=4.2$, $I_{\text{max}}=2 \div 3$ балла в Керченско-Анапском районе, 11 января с $K_{\text{II}}=8.8$, $M_w=2.8$, $I_{\text{max}}=2 \div 3$ балла в Ялтинском районе на побережье Южного берега Крыма. Для землетрясения 2 июня с $K_{\text{II}}=10.2$ из Севастопольского района построен механизм очага, получен сдвигосбросовый тип движения в очаге [39].

Регион **Кавказ (III)** расположен восточнее региона II, здесь Горный Крым переходит в центральный Кавказский сегмент и представлен тремя субрегионами («территориями»): *Азербайджан (III а)*, *Армения (III б)* и *Северный Кавказ (III в)* в РФ.

В субрегионе *Азербайджан* (III а), как и ранее, сеть состояла из 35 телеметрических станций, которые равномерно распределены по территории [36], чувствительность сети также оставалась на прежнем уровне: $K_{\min}=7$ на большей части территории субрегиона, включая Нахичеванскую АР и шельфовую зону Каспийского моря; в Шамахи-Исмаиллинской зоне – $K_{\min}=6.0$, в Тальше – $K_{\min}=6.5$.

В 2021 г. на территории «Азербайджан» произошло 6071 землетрясение, из них 138 землетрясений с $M_{L\text{Азр}} \geq 3.0$ представлены в каталоге в электронном приложении к журналу. Выделенная на указанной территории сейсмическая энергия ($\Sigma E=6.2 \cdot 10^{12}$ Дж) снизилась в 3.9 раза по сравнению с таковой в 2020 г.

Максимальным по энергии и ошутимости в субрегионе было Шоржинское землетрясение 5 февраля 2021 г. в $15^{\text{h}}36^{\text{m}}$ с $M_{L\text{Азр}}=5.5$ (№ 9 в табл. 3), локализованное на территории Армении вблизи армяно-азербайджанской границы и ощущавшееся в приграничных районах Азербайджана с интенсивностью до 6 баллов. Непосредственно на территории Республики Азербайджан самым значительным землетрясением в 2021 г. было событие 20 ноября в $12^{\text{h}}46^{\text{m}}$ с $M_{L\text{Азр}}=5.1$, $M_{W\text{ГЦМТ}}=5.0$ и интенсивностью в эпицентре $I_0=5$ баллов (№ 43 в табл. 3). В ближайших населенных пунктах Шамахи и Агсу были зафиксированы 5-балльные сотрясения.

В субрегионе *Армения* (III б) сейсмическая сеть после закрытия в конце 2020 г. – начале 2021 г. цифровых станций «Адрут» (HDRT), «Капан» (KAP1), «Каратак» (KRTK) и «Ванк» (VANK) состояла из одной аналоговой и 15 цифровых сейсмических станций.

Общее число землетрясений, зарегистрированных Национальной сетью сейсмологических наблюдений Республики Армения (НССЗ РА) в 2021 г. – 2629 с $M_L=0.1-5.2$ ($K_p=3.0-13.4$). Общая высвобожденная энергия составила $\Sigma E=3.4 \cdot 10^{13}$ Дж, что на полтора порядка ниже, чем в 2020 г. ($\Sigma E=9.07 \cdot 10^{14}$ Дж) [37].

Повышенная сейсмическая активность наблюдалась в Памбак-Севанской сейсмогенной зоне, где 7 декабря 1988 г. произошло разрушительное Спитакское землетрясение [40]. В этой зоне в 2021 г. произошли Шоржинское землетрясение 5 февраля в $15^{\text{h}}36^{\text{m}}$ с $M_{W\text{ГЦМТ}}=5.2$, $I_0=6-7$ баллов (№ 9 в табл. 3) [25] и Ереванское землетрясение 13 февраля в $11^{\text{h}}29^{\text{m}}$ с $M_{W\text{ГЦМТ}}=4.9$, $I_0=6$ баллов (№ 25 в табл. 3) [26], детально описанные в специальных статьях настоящего журнала. Механизм очага Шоржинского землетрясения 5 февраля представлен чистым сдвигом. Это решение совпадает с решениями ряда других агентств, приведенными в статье, посвященной Шоржинскому землетрясению, где показано, что это событие приурочено к Памбак-Севан-Суникскому разлому общекавказского простираения, по которому и произошел правосторонний сдвиг [25]. Механизм очага Ереванского землетрясения 13 февраля – взброс с существенными компонентами сдвига [26].

На *Северном Кавказе* (III в) сейсмический мониторинг в 2021 г. производился сейсмической сетью ФИЦ ЕГС РАН, состоящей из 63 станций. Чувствительность сети оставалась на прежнем уровне. На большей части территории сеть обеспечивала представительную регистрацию землетрясений с $K_p \geq 7.0$. В целом в регионе и окрестностях зарегистрировано 3263 землетрясения с $K_p=2.0-12.9$, выделившаяся сейсмическая энергия в 2021 г. ($\Sigma E=141 \cdot 10^{11}$ Дж) сопоставима с таковой в 2020 г., но ниже годовых значений в период 2016–2018 гг. [38].

В населенных пунктах Кавказа ошутимыми были 23 землетрясения. Максимальная интенсивность сотрясений $I_{\max}=6$ баллов по шкале MSK-64 [30] была отмечена в населенных пунктах Дагестана (Дагестанский клин) от Хучнинского землетрясения 2 января с $K_p=12.3$, $M_S=3.7$, $I_0=6$ баллов (№ 1 в табл. 3). Кроме того, на территории Дагестана произошли еще два ошутимых землетрясения: Хунзахское 28 июля с $K_p=12.6$, $m_{b\text{MOS}}=4.7$, $I_0=5$ баллов (№ 28 в табл. 3) и Бежтинское 3 сентября с $K_p=12.4$, $M_S=3.9$, $I_0=5$ баллов (№ 33 в табл. 3) [23]. В Урус-Мартановском районе Чеченской Республики с января по март 2021 г. продолжался афтершоковый процесс землетрясения 12 декабря 2020 г., получившего название «Черногорское-1» ($K_p=12.9$, $M_{W\text{ГЦМТ}}=4.8$, $I_0=5-6$ баллов) [41]. После относительного затишья в этом же очаге 20 октября 2021 г. произошло сильное землетрясение с $K_p=12.1$ и $h=13$ км, которое ощущалось в населенных пунктах Чеченской Республики с максимальной интенсивностью 5 баллов [38]. Рассчитаны механизмы очагов 32 землетрясений 2021 г. с $K_p \geq 9.0$, 17 из которых произошли в Терско-Каспийском прогибе. Деформационный режим на Северном Кавказе в 2021 г., как и ранее, традиционно характеризовался преобладанием взбросовых подвижек [42].

Регион *Копетдаг* (IV) является восточным сегментом системы Крым–Кавказ–Копетдаг *Средиземноморско-Трансазиатского складчатого пояса*.

Система сейсмического мониторинга не изменилась и состояла из 34 сейсмических станций Института сейсмологии и физики атмосферы Академии наук Туркменистана. В границах региона в 2021 г. зарегистрировано 265 землетрясений с $K_p \geq 8.6$, для 17 из них определены механизмы очагов. В населенных пунктах Туркменистана ощущались 11 землетрясений, эпицентры четырех из них находились за пределами Туркменистана.

Самые крупные сейсмические события региона зарегистрированы 16 мая с $K_p=13.8$ (№ 24 в табл. 3), 17 мая с $K_p=13.5$ (афтершок) и 13 сентября с $K_p=13.4$ (№ 35 в табл. 3) в Туркмено-Хорасанском районе на территории Ирана, а также 5 октября с $K_p=13.2$ (№ 38 в табл. 3) на севере Афганистана. Непосредственно на территории Туркменистана самым крупным в 2021 г. было землетрясение 14 марта с $K_p=12.1$, ощущавшееся в п. Кёнекесире ($\Delta=10$ км) с интенсивностью $I_1=4-5$ баллов, максимальной в Туркменистане в 2021 году. Землетрясение сопровождалось беспрецедентным количеством афтершоков – 5760 в радиусе 15 км от эпицентра до конца года. В целом по Копетдагскому региону в 2021 г. суммарное число представительных землетрясений с $K_p \geq 8.6$ ($N_{\Sigma}=265$), сейсмическая активность ($A_{10}=0.046$) и выделенная сейсмическая энергия ($\Sigma E=14.3 \cdot 10^{13}$ Дж) повысились по сравнению как с параметрами предыдущего года, так и с долговременными среднегодовыми их значениями. Активизация сейсмического режима наблюдалась в основном в Туркмено-Хорасанском районе, при сейсмическом затишье в Балхано-Каспийском и Эльбурском районах.

В регионе **Центральная Азия (V)**, расположенном в месте поворота на юг *Средиземноморско-Трансазиатского сейсмического пояса*, рассматриваются три субрегиона («территории») – *Кыргызстан и Узбекистан* (бывшая «Центральная Азия» в составе региона «Средняя Азия») (V а), *Таджикистан* (V б) и *Казахстан* (V в).

Сейсмические наблюдения на территории субрегиона *Кыргызстан и Узбекистан* (V а) проводились с использованием данных сетей сейсмических станций этих государств. На территории Кыргызстана продолжали свою работу десять цифровых телеметрических станций Научной станции Российской академии наук (сеть KNET) и 16 цифровых станций Института сейсмологии Национальной академии наук Кыргызстана (сеть KRNET) [43]. В Узбекистане сеть наблюдений состояла из 41 станции. Обработка записей землетрясений в 2021 г., как и ранее, осуществлялась по общепринятой инструкции [44]. Общее число землетрясений с $K_p \geq 8.6$ на рассматриваемой территории в 2021 г., включенных в сводный каталог землетрясений этого субрегиона, составило $N_{\Sigma}=196$, что в 1.3 раза меньше по сравнению с числом событий в предыдущем году. Суммарная энергия ($\Sigma E=1.319 \cdot 10^{14}$ Дж) также понизилась по сравнению с таковой в прошлом году. Максимальным по энергии ($K_p=14.1$) стало вышеупомянутое Таджикибадское землетрясение 10 июля в 02^h14^m, зарегистрированное на территории Таджикистана, на участке, где субрегионы *Кыргызстан и Узбекистан* и *Таджикистан* перекрываются. Второе по величине землетрясение с $K_p=12.1$ зарегистрировано 11 августа в 07^h01^m вблизи г. Газли (Узбекистан). Таким же по энергии было землетрясение 1 августа у восточной границы субрегиона V а, на территории Китая, сопровождавшееся тремя афтершоками.

В государственных границах Кыргызстана самым сильным было событие 14 мая в 09^h54^m с $K_p=11.7$, локализованное в приграничье с Таджикистаном. Еще два землетрясения с энергетическими классами $K_p=11.4$ и $K_p=11.2$ зафиксированы вблизи г. Джалал-Абада.

В субрегионе *Таджикистан* (V б), включающем, помимо территории Таджикистана, районы нескольких государств (Узбекистана, Кыргызстана, Китая, Афганистана, Пакистана, Индии), сейсмический мониторинг в 2021 г. осуществлялся сетью из семи сейсмических станций Геофизической службы Национальной академии наук Таджикистана (ГС НАНТ) [45]. Создание годового каталога землетрясений с $K_p=8.6-14.4$, содержащего, кроме основных параметров землетрясений, разрозненные макросейсмические данные, осуществлено в ГС НАНТ. Всего в субрегионе в 2021 г. зарегистрировано 8906 землетрясений в диапазоне $K_p=8.6-14.4$, из них 1424 – мелкофокусные толчки с $h < 70$ км и 7482 – землетрясения Памиро-Гиндукуша с промежуточными глубинами (70–301 км). Сводный каталог механизмов очагов землетрясений содержит 23 события, для которых найдено 41 решение.

Непосредственно в государственных границах Таджикистана наиболее сильным землетрясением с очагом в земной коре явилось мелкое ($h=13$ км) Таджикибадское землетрясение с $K_p=14.1$, $M_{SISC}=5.9$, зарегистрированное 10 июля 2021 г. в 02^h14^m с $h=13$ км, $h_{pp}=15$ км в пригребневой части хр. Петра Первого (№ 26 в табл. 3), в 25 км к юго-западу от районного центра Таджикибада и в 168 км восточнее г. Душанбе. Это землетрясение, детально описанное в отдельной статье [29], вызвало сотрясения с интенсивностью $I_0=7-8$ баллов в эпицентре и множество афтершоков, которые продолжались до конца года.

На Афганском участке промежуточных землетрясений реализовалась близширотная полоса из семи очагов с $K_p \geq 12.6$, с максимальным событием 16 января с $K_p=14.0$ (№ 5 в табл. 3), а также группа из трех очагов на востоке Мургабской подзоны, максимальный среди которых, 12 февраля с $K_p=14.4$, $M_{WGCMT}=5.9$ (№ 10 в табл. 3), оказался и максимальным среди всех событий каталога землетрясений Таджикистана в этом году.

Суммарная энергия, выделившаяся в очагах всех землетрясений субрегиона, составила $\Sigma E = 8.085 \cdot 10^{14}$ Дж, в том числе $\Sigma E = 3.032 \cdot 10^{14}$ Дж при мелких событиях ($h < 70$ км) и $\Sigma E = 5.053 \cdot 10^{14}$ Дж – при промежуточных ($h = 70–301$ км). Судя по количеству землетрясений ($N = 8906$) и выделенной сейсмической энергии ($\Sigma E = 8.085 \cdot 10^{14}$ Дж) в 2021 г. по сравнению с таковыми в 2020 г. ($N = 7839$, $\Sigma E = 5.5 \cdot 10^{14}$ Дж) [1], интенсивность сейсмического процесса на территории «Таджикистан» несколько повысилась, оставаясь, однако, ниже таковой в 2015–2019 гг.

В *Казахстане* (V) сейсмический мониторинг в 2021 г., как и ранее, проводили две организации: Государственное учреждение «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция» Комитета науки (СОМЭ) и филиал «Институт геофизических исследований» Национального ядерного центра Министерства энергетики Республики Казахстан (ИГИ) [46]. В составе сети СОМЭ в течение 2021 г. работали 33 трехкомпонентные цифровые сейсмические станции, в состав сети ИГИ входили пять сейсмических групп и семь трехкомпонентных станций. Каждая организация имеет в г. Алматы свои центры обработки данных. В ИГИ это – Казахстанский национальный центр данных в составе Международной системы мониторинга Организации договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний [47].

Сводный каталог землетрясений Казахстана по данным двух организаций включает 453 землетрясения с энергетическими классами $K_p = 6.6–11.7$, из них 361 – на территории Северного Тянь-Шаня. Самое сильное землетрясение ($K_p = 11.7$, $MPVA = 5.2$) на рассматриваемой территории произошло 8 января в 03^h48^m . Его эпицентр находился в высокогорной части Внутреннего Тянь-Шаня, на территории Китая. Кроме того, в 2021 г. зарегистрировано и идентифицировано более 4500 карьерных взрывов в разных областях Казахстана. Наиболее сильные среди них достигали сейсмической энергии $E = 10^9$ Дж.

Судя по числу землетрясений ($N = 453$) в каталоге землетрясений Казахстана за 2021 г. и диапазону их энергетических классов ($K_p = 6.6–11.7$), сейсмическая активность в 2021 г. несколько понизилась по сравнению с таковой в 2020 г. ($N = 503$, $K_p = 6.6–12.3$).

Алтае-Охотоморский сейсмический пояс, северным ограничением которого служит зона контакта Сибирской платформы с Амурской плитой, протягивается от восточной части Казахстана через российские регионы *Алтай и Саяны (VI)*, *Прибайкалье и Забайкалье (VII)*, *Приамурье и Приморье (VIII)*.

В 2021 г. в *Алтае и Саянах (VI)* продолжала действовать сеть из 53 постоянных сейсмических станций, а также четыре локальных сети и одна временная станция [48]. В течение года зарегистрировано 933 землетрясения ($ML = 2.5–5.9$), большинство из которых произошло в Чуйско-Курайской зоне Республики Алтай. Сеть обеспечивала представительную регистрацию событий с $ML \geq 1.5$. Выделившаяся в 2021 г. суммарная сейсмическая энергия составила $9.5 \cdot 10^{12}$ Дж, что немного ниже среднегодового значения за весь период инструментальных наблюдений. Продолжалось снижение удельного веса Чуйско-Курайской зоны Горного Алтая в общей сейсмичности региона; большинство крупных землетрясений в 2021 г. зафиксировано в различных областях Республики Тува. Крупнейшее землетрясение региона в 2021 г. с $ML = 5.9$ ($MS = 4.8$, $MW_{GCMT} = 5.3$) произошло 6 сентября в 07^h47^m в центральной части хр. Восточный Саян, на стыке границ трех административных субъектов: Республики Тува, Республики Бурятия и Красноярского края. Сопоставимое по выделившейся энергии ($ML = 5.8$, $MS = 4.6$, $MW_{GCMT} = 5.0$) землетрясение было зафиксировано приблизительно в 100 км от вышеописанного события 21 февраля в 01^h37^m на территории Республики Тува, в районе Тоджинской котловины. Уровень сейсмичности региона оценен по методике СОУС'09 [49] как «фоновый средний».

Максимальная интенсивность макросейсмических проявлений (до $I = 5$ баллов по шкале MSK-64 [30]) зафиксирована в г. Новокузнецке от землетрясения 12 августа 2021 г. в 20^h41^m с $ML = MS = 5.6$ в районе разреза «Талдинский» Кемеровской области. Отметим, что это второе по магнитуде техногенное землетрясение за всю историю Алтае-Саянского региона. Также 5 баллов достигали сотрясения в ряде населенных пунктов от упомянутого выше землетрясения 6 сентября 2021 г. с $ML = 5.9$, крупнейшего в регионе в 2021 году.

В регионе *Прибайкалье и Забайкалье (VII)* в 2021 г. зарегистрировано 20278 землетрясений с $K_p \geq 5.6$, 97.5% из которых локализованы в пределах Байкальской рифтовой зоны. В каталог основных параметров землетрясений, публикуемый в электронном приложении к обзору сейсмичности региона [50], включено 3687 землетрясений с энергетическими классами $K_p = 7.6–15.9$. Для 89 землетрясений региона определены механизмы очагов. Их параметры включены в каталог механизмов, также публикуемый в электронном приложении к [50]. Анализ данных этого каталога еще раз подтвердил, что в регионе VII преобладает субгоризонтальное рифтовое растяжение.

В 2021 г. в регионе произошли крупные сейсмические активизации в Восточном Саяне и на северо-востоке Байкальского рифта, в пределах Муяканского и Каларского хребтов. Выделившаяся в регионе сейсмическая энергия составила $\sim 1.038 \cdot 10^{16}$ Дж, что примерно в 20 раз превышает показатель 2020 г. Уровень сейсмичности по шкале СОУС'09 [49] оценен как «повышенный».

Крупнейшим в Прибайкалье и Забайкалье стало Хубсугульское землетрясение 11 января в 21^h32^m с $ML=6.9$, $M_w=6.7$ (№ 3 в табл. 3), локализованное на территории Монголии в пределах Хубсугульской впадины, вблизи границы с Российской Федерацией. Это событие, которому посвящены отдельные статьи [24, 51], является крупнейшим известным землетрясением в Хубсугульской впадине. Эпицентр землетрясения располагался в районе сочленения Алтае-Саянской складчатой зоны и Байкальской рифтовой зоны. Событие ощущалось с интенсивностью до 6–7 баллов в п. Монды и Тункинской долине, где были зарегистрированы пиковые ускорения грунта до 54.6 см/с^2 . Землетрясение сопровождалось мощным афтершоковым процессом – свыше 10 000 событий за четыре года (2021–2024 гг.).

В региональный каталог землетрясений **Приамурья и Приморья (VIII)** за 2021 г. включено 120 сейсмических событий: 108 землетрясений с очагами в земной коре, восемь – глубокофокусных и четыре отнесено к категории «возможно взрыв». Расчетная магнитуда M землетрясений этого региона в сводном каталоге Северной Евразии [Приложение 2] варьирует в диапазоне $M=1.0\text{--}4.3$. Региональная сейсмичность традиционно делится на коровую и глубокофокусную при отсутствии землетрясений в промежуточном слое [11]. Глубина коровых землетрясений в 2021 г. лежит в диапазоне $h=5\text{--}25 \text{ км}$, глубокофокусных – $h=316\text{--}587 \text{ км}$.

Самое сильное землетрясение с гипоцентром в земной коре на территории региона в 2021 г. произошло 9 июня в 16^h20^m с $K_p=11.3$, $MPSP=4.2$; $h=10 \text{ км}$. Эпицентр расположен севернее г. Николаевска-на-Амуре на границе с Сахалинским регионом. Наиболее сильное глубокофокусное землетрясение в регионе VIII произошло 20 декабря в 09^h50^m с $M=4.3$, $MPSP=4.1$, $h=501 \text{ км}$. Эпицентр находился в Японском море южнее г. Владивостока. Единственное ощутимое землетрясение региона в 2021 г. зарегистрировано 18 января в 12^h20^m с $K_p=8.2$ ($M=2.3$) на глубине $h=9 \text{ км}$. Эпицентр землетрясения расположен в 19 км от г. Облучье Еврейской а.о., где был слышен гул и отмечались сотрясения оконных стекол. Интенсивность оценивается в 3 балла по шкале MSK-64 [30].

В целом в регионе в 2021 г. наблюдалась рассеянная слабая сейсмичность, величина выделившейся суммарной сейсмической энергии в этом году – $\Sigma E=1.13 \cdot 10^{12}$ Дж согласно табл. 1 (оценка по данным сводного каталога) – наименьшая с начала века [11]. Уровень сейсмичности региона по шкале СОУС'09 [51] в 2021 г. классифицирован как «фоновый средний».

Уровень сейсмичности региона **Сахалин (IX)** в 2021 г. по оценке методики СОУС'09 [49] классифицирован как «фоновый средний» [11]. В региональный каталог включены 411 событий, из них 28 глубокофокусных землетрясений, 23 события идентифицированы как «взрыв» (при анализе сейсмичности не учитывались), остальные – коровые. Для семи событий определен механизм очага, макросейсмические проявления зарегистрированы в 23 случаях.

Выделенная в регионе суммарная сейсмическая энергия составила $\Sigma E=1.35 \cdot 10^{13}$ Дж, что в 72 раза ниже энергии 2020 г. ($\Sigma E=9.74 \cdot 10^{14}$ Дж).

Событие с самой высокой макросейсмической интенсивностью ($I_i=5\text{--}6$ баллов на Сахалине произошло 18 апреля в 08^h16^m с $M=3.7$, $M_{w_{\text{per}}}=MPSP=mb=4.2$, $h=4 \text{ км}$ (№ 20 в табл. 3). Эпицентр землетрясения расположен в 12 км от пос. Тымовское, где интенсивность сотрясений составила 5–6 баллов. Еще в трех пунктах наблюдались 5-балльные сотрясения. Самое сильное глубокофокусное землетрясение в Сахалинском регионе произошло 31 октября в 19^h51^m с $MPSP=4.2$; $h=347 \text{ км}$. Эпицентр находится в Охотском море к востоку от Тонино-Анивского п-ова. На поверхности это землетрясение не ощущалось.

На территории **Курило-Охотского региона (X)** в 2021 г. зарегистрировано 1172 землетрясения с магнитудой $M=1.7\text{--}6.3$, из них 70.1% событий произошли на глубинах до 70 км, 26.7% – на промежуточных $h=71\text{--}300 \text{ км}$, и 3.2% – глубокофокусные с $h>300 \text{ км}$ [11]. Всего в 2021 г. выделилось $\Sigma E=4.58 \cdot 10^{15}$ Дж, сейсмичность региона по шкале СОУС'09 [49] отнесена к категории «фоновый средний».

Самое ощутимое землетрясение региона произошло 12 января в 02^h39^m с $M=5.7$, $M_{w_{\text{GCMТ}}}=6.0$ (№ 4 в табл. 3) восточнее о. Хоккайдо на промежуточной глубине $h=203 \text{ км}$. Максимальная ощутимость 6 баллов по шкале MMI [32] отмечена в г. Саппоро (Япония). Механизм очага классифицируется как сброс, обе нодальные плоскости ориентированы субширотно. Одно из самых высокомагнитудных событий ($M=M_{w_{\text{GCMТ}}}=6.2$; $h=61 \text{ км}$) произошло 20 сентября в 20^h25^m (№ 36 в табл. 3) в центральной части Курильской островной дуги и ощущалось жителями южных Ку-

рильских островов. Так, в с. Рейдово (392 км) и г. Курильске (404 км) интенсивность сотрясений оценивается в 2–3 балла. Механизм очага землетрясения – сдвиговой, одна из нодальных плоскостей с правосторонней сдвиговой компонентой простирается в юго-западном направлении вдоль островной дуги, вторая, с левосторонней компонентой сдвига, ориентирована на северо-запад. Другое высокомагнитудное землетрясение произошло 24 августа в 05^h37^m с $M=6.3$, $M_{W_{GCM1}}=6.0$ на глубине $h=73$ км (№ 31 в табл. 3). В Северо-Курильске оно ощущалось с интенсивностью 2 балла.

Сейсмический мониторинг региона **Камчатка и Командорские острова (XI)** осуществлялся сетью из 81 цифровой станции, две из которых открыты в 2021 г.: «Удина» (UDINA) на северо-западном склоне вулкана Большая Удина и «Юлия Кугаенко» (YKUG) в районе вулкана Плоский Толбачик. В октябре 2021 г. на склоне вулкана Козельский восстановлена работа пункта наблюдений «Козельский» (KZL), который был законсервирован с 1 августа 1991 года [52].

Сейсмичность характеризовалась высоким количеством зарегистрированных событий – 9829, из которых 1194 – с $ML \geq 3.5$. Преимущественно наблюдалась типичная картина расположения эпицентров землетрясений, большая часть которых относилась к зоне субдукции Тихоокеанской плиты. Суммарная выделенная сейсмическая энергия составила в 2021 г. $\Sigma E = 5.2 \cdot 10^{14}$ Дж. Уровень сейсмичности Камчатского региона по шкале СОУС'09 оценен как «фоновый средний» [49].

Крупнейшее событие года – Восточно-Кроноцкое землетрясение 16 марта 2021 г. в 18^h38^m с $ML=6.55$, $M_w=6.5$ (№ 15 в табл. 3), которому посвящена отдельная статья в настоящем выпуске журнала [27]. Эпицентр находился на западном склоне Курило-Камчатского глубоководного жёлоба в 80 км на восток от Кроноцкого полуострова. Максимальные сотрясения с $I=5$ баллов, вызванные этим землетрясением, зарегистрированы в 140 км от эпицентра. Афтершоковый процесс продолжался около 300 суток, афтершоковое облако растянулось в северо-восточном направлении. Наиболее сильный афтершок ($ML=5.5$, $M_w=5.5$) произошел в день основного события.

Максимальная в регионе интенсивность сотрясений, 6 баллов по шкале ШСИ-2017 [31], наблюдалась в районе маяка Круглый при землетрясении 11 апреля в 13^h48^m с $M=mb=4.6$, $M_{w_{per}}=4.5$ (№ 12 в табл. 3).

Отдельная статья в журнале «Землетрясения Северной Евразии» традиционно посвящена сейсмичности на *вулканах Камчатки* [53]. В районе Северной группы вулканов в 2021 г. лоцировано 7599 землетрясений с $K_s=1.6–10.6$, Авачинской – 385 с $K_s=1.6–9.4$, Мутновско-Гореловской – 295 с $K_s=1.9–6.9$, в районе влк. Кизимен – 3397 землетрясений с $K_s=1.8–12.0$, влк. Жупановский – 17 событий с $K_s=3.0–6.1$. На влк. Ключевской в 2021 г. было лоцировано в ~1.5 раза больше землетрясений ($N=4197$, $\Sigma E=7.89 \cdot 10^8$ Дж), чем в 2020 г., их суммарная энергия также в ~1.5 раза превысила таковую предыдущего года. Всего за 2021 г. в районе Северной, Авачинской и Мутновско-Гореловской групп вулканов, а также в районе вулканов Кизимен и Жупановский было лоцировано 11693 землетрясения, высвобожденная в их очагах суммарная сейсмическая энергия составила $\Sigma E=10.79 \cdot 10^{11}$ Дж. В 2021 г. зафиксированы: интенсивная вулканическая деятельность влк. Шивелуч, связанная с ростом нового купола; завершение вершинного эксплозивно-эффузивного извержения влк. Ключевской и образование нового «несубтерминального» побочного прорыва на его склоне.

На территории региона **Северо-Восток России (XII)** в 2021 г. действовало 14 сейсмических станций [54]. Зарегистрировано 256 землетрясений с $K_p=6.2–13.3$, 84% которых – в районе Колымы. Сильнейшее землетрясение – Омолонское 9 октября в 06^h54^m с $K_p=13.3$, $MPSP=5.0$, $MS=4.2$ – произошло в восточной части Магаданской области, ощущалось до 4 баллов в п. Омсукчан и сопровождалось серией афтершоков. Это первое столь сильное землетрясение в этом районе за историю инструментальных наблюдений.

Суммарная сейсмическая энергия, выделившаяся в границах региона, составила $2.43 \cdot 10^{13}$ Дж. Уровень сейсмичности Северо-Востока России в 2021 г., согласно шкале «СОУС'09», оценен как «фоновый повышенный» [49].

В **Якутии (XIII)** в 2021 г. стационарная сеть станций состояла, как и в 2020 г., из 20 опорных пунктов наблюдений [55]. Локальная сеть полевых станций, установленная в рамках проекта «Seismicity and Neotectonics of Laptev Sea Region (SIOLA)», была свернута в связи с завершением проекта. Стационарной сетью в 2021 г. было зарегистрировано и обработано 394 землетрясения с $K_p=7.2–11.6$ ($M=1.8–4.0$), включенных в каталог сейсмических событий Якутии. Выделенная при этих землетрясениях сейсмическая энергия суммарно составляла $\Sigma E=1.22 \cdot 10^{12}$ Дж, что в 1.7 раза выше таковой в 2020 г. ($\Sigma E=2.47 \cdot 10^{11}$ Дж).

Наиболее сейсмически активными в 2021 г. были районы Алданского нагорья, Верхоянского и Черского хребтов, а также Лаптевский район. В пределах последнего 13 июня в 04^h28^m было зафиксировано самое сильное ($K_p=11.6$, $M=4.2$) землетрясение региона за рассматриваемый

период. Самым заметным в 2021 г. в регионе XIII было Нимнырское землетрясение 18 января 2021 г. с $K_p=11.4$ ($M=3.6$, $MPSP=4.6$) (№ 6 в табл. 3), произошедшее в районе Алданского нагорья и ощущавшееся в пгт Большой Нимныр с интенсивностью 5 баллов, а еще в восьми населенных пунктах с интенсивностью от 4–5 до 2–3 баллов, в зависимости от удаления от эпицентра. Более подробно это событие описано в отдельной статье в текущем выпуске журнала [22].

Сейсмичность **Восточно-Европейской платформы (ВЕП) (XIV)** в 2021 г. представлена двумя статьями в журнале: по российской части и ее ближайшему окружению [56] и по территории Беларуси [57].

На *российской территории ВЕП (XIV а)* сейсмические наблюдения в 2021 г. проводились 41 стационарной сейсмической станцией. Открыты две новые станции. Станция «Умба» (UMBA) установлена в южной части Кольского п-ова, где возникла необходимость повышения детальности мониторинга Кандалакшской зоны возникновения очагов землетрясений (ВОЗ). Станция «Инта» (IN0) улучшила мониторинг в северных районах Республики Коми, где происходят низкомагнитудные сейсмические события, вызванные разработкой месторождений Печорского угольного бассейна, Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, месторождений различных руд и минерально-строительного сырья, добыча которых является причиной возникновения техногенных событий.

В 2021 г. зарегистрировано 225 сейсмических событий тектонической и техногенно-тектонической природы, что значительно превышает число ежегодно регистрируемых землетрясений в предыдущие восемь лет наблюдений (2013–2020 гг.). Большинство из этих событий ($N=204$) локализовано на территории Балтийского щита в северной части ВЕП, в Хибинском массиве Мурманской области, где произошла активизация природно-техногенной сейсмичности в районе Кировского и Расвумчоррского рудников АО «Апатит». С 1 по 31 декабря 192 события составили рой ($ML=0.9-2.2$), связанный с процессом деструкции крыла горы Юксפורр, нарушенного в результате техногенной деятельности [56].

Наиболее значительные по магнитуде землетрясения с $M\sim 3$ произошли 19 сентября 2021 г. в $02^{\text{h}}21^{\text{m}}$ с $K_p=9.8$ и 13 декабря в $11^{\text{h}}45^{\text{m}}$ с $K_p=9.1$ в Днепровско-Донецком авлакогене и Северско-Донецкой геодинамически активной зоне на юге ВЕП, в области сочленения южного склона Воронежского свода и поднятия Донбасса.

Впервые в каталог землетрясений ВЕП включены землетрясения северо-восточного Прикаспия в соляно-купольном районе Прикаспийской впадины. Эпицентры землетрясений приурочены к соляно-купольному поднятию Большой Азгир, который подвергся в эпоху СССР мощному техногенному воздействию. Слежение за сейсмичностью в этой зоне необходимо, так как ранее здесь проводились ядерные испытания и мирные ядерные взрывы в народно-хозяйственных целях.

Суммарный объем выделившейся сейсмической энергии в 2021 г. составил $\Sigma E=1.56 \cdot 10^{10}$ Дж, он примерно близок к энергии, выделившейся в 2017 г. и 2019 г., но почти вдвое превышает энергию 2020 г.

На территории *Беларуси (XIV б)* сейсмический мониторинг проводился на основе данных 17 цифровых станций. В 2021 г. зарегистрировано 70 событий с $K_d=4.6-9.2$. Все землетрясения локализованы в южной части зоны ответственности, включающей Солигорский горнопромышленный район [57]. Происходящие в Солигорском районе сейсмические события относятся к индуцированной сейсмичности и являются следствием как горнодобывающей деятельности, так и естественных деформационных процессов в регионе. Они несут важную информацию о пространственном расположении активно деформирующихся областей горного массива Солигорского горнопромышленного региона.

Уровень выделившейся сейсмической энергии в 2021 г. ($\Sigma E=3.77 \cdot 10^9$ Дж) и число зарегистрированных землетрясений ($N=70$) были повышенными относительно средних уровней за долговременный период наблюдений (1983–2021 гг.).

Сейсмичность *Урало-Монгольского складчатого пояса* в 2021 г., локализованная в пределах региона **Урал и Западная Сибирь (XV)**, является слабой и приурочена в основном к складчатым структурам Урала, в частности, к Главному Уральскому Разлому (ГУР) субмеридионального простирания, хотя регион в целом охватывает огромную территорию континентальной части Евразийской литосферной плиты.

В 2021 г. в составе региональной сейсмологической сети произошел ряд изменений [58]. 19 августа 2021 г. в Пермском крае была вновь запущена в работу стационарная сейсмическая станция «Добрянка», работа которой была приостановлена в июне 2012 года. На двух сейсмических станциях произведена модернизация оборудования: на станции «Уфа» (BA1R) в октябре 2021 г. вышедший из строя регистратор «Угра» был заменен на «Ермак-5», на сейсмической станции «Североуральск» был установлен широкополосный велосиметр Guralp CMG-6T. Действующая

сеть станций обеспечивала уверенную регистрацию сейсмических событий на большей части Пермского края с $ML \geq 2.0$, в Свердловской области, Республике Башкортостан и Челябинской области с $ML \geq 2.4$, в Оренбургской области с $ML \geq 2.6$, в Тюменской и Курганской областях с $ML \geq 3.0$, а на остальной территории – с $ML \geq 3.4$

Из 491 зарегистрированного события 86% приходятся на технологические взрывы на горнодобывающих предприятиях, 25 событий имеют отношение к природной, а 45 – к природно-техногенной сейсмичности (горные (ГУ) и горно-тектонические удары (ГТУ)).

Большую часть природно-техногенных событий представляют зарегистрированные на шахтах Североуральского бокситового месторождения (ОАО «СУБР») – 190 ГТУ с энергией более 10^5 Дж, однако большинство из них фиксировались только одной сейсмической станцией – «Североуральск» (SVUR), расположенной непосредственно в горных выработках шахты «Красная шапочка». По записям станций Уральской сейсмологической сети параметры очагов были определены для 43 событий в диапазоне магнитуд $1.8 \leq ML \leq 3.6$. Один ГТУ зарегистрирован на шахте «Естонинская» (ОАО «Высокогорский ГОК») г. Нижнего Тагила 11 января 2021 г. в $11^{\text{h}}39^{\text{m}}$ с $ML=2.5$. Достаточно редкое событие было зарегистрировано 16 декабря 2021 г. в $20^{\text{h}}53^{\text{m}}$ с $ML=1.6$ на шахте Учалинского ГОКа (г. Учалы, Республика Башкортостан). ГТУ сопровождался обрушением горных выработок на отметке –870 метров, на поверхности макросейсмические проявления не отмечены. Самым сильным за рассматриваемый период стал ГТУ на шахте «Черёмуховская» (ОАО «СУБР») 3 декабря 2021 г. в $18^{\text{h}}45^{\text{m}}$ с $ML=3.6$. Событие ощущалось в п. Черёмухово с интенсивностью 3.7 ± 0.3 балла по шкале ШСИ-2017 [31].

В пределах Пермского края в 2021 г. было зарегистрировано 21 землетрясение, 20 из которых произошли в сейсмически активной зоне «Таборы» – в районе п. Таборы Добрянского муниципального округа Пермского края, где сейсмическая активность впервые зарегистрирована в апреле 2019 года. Зарегистрированное в Пермском крае в 2021 г. количество событий ($N=21$) близко к таковому в 2020 г. [59] – $N=20$, а уровень суммарной выделенной сейсмической энергии несколько снизился – $\Sigma E=7.22 \cdot 10^8$ Дж против $\Sigma E=1.27 \cdot 10^9$ Дж в 2020 г. Более слабые землетрясения регистрировались вблизи эпицентральных областей Качканарского землетрясения 29.03.2010 г. с $ML=3.9$ и $I_0=5$ и Катав-Ивановского землетрясения 4 сентября 2018 г. с $ML=5.4$, $mb=5.5$, $I_0=6.4$ балла [60]. На северо-востоке Западной Сибири, по данным агентства IDC, на расстоянии порядка 140 км от г. Нового Уренгоя, 6 ноября 2021 г. в $02^{\text{h}}12^{\text{m}}$ было зарегистрировано землетрясение с магнитудой $ML=3.2 \pm 0.2$, $mb=3.7 \pm 0.2$.

На обширной территории региона *Арктика (XV)* сеть сейсмических станций традиционно была редкой и неравномерной. В 2021 г. здесь функционировало несколько международных и региональных сетей сейсмических станций разных стран и организаций, в том числе 24 российских станции, принадлежащие Центральному отделению, Кольскому, Якутскому филиалам ФИЦ ЕГС РАН и Федеральному исследовательскому центру комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лавёрова Уральского отделения РАН [Приложение 1]. Используя каталоги землетрясений этих центров, а также данные международных центров [3, 4], составлен сводный каталог землетрясений Арктики за 2021 г., включающий 566 землетрясений в диапазоне $M=0.1-5.0$, суммарная энергия которых составляет $\Sigma E=2.0 \cdot 10^{13}$ Дж (табл. 1). Несмотря на возросшее число землетрясений в каталоге за 2021 г. по сравнению с таковым в 2020 г. ($N=475$ [1]), суммарная энергия землетрясений 2021 г. значительно понизилась в сравнении с энергией каталога 2020 г. ($\Sigma E=1.64 \cdot 10^{14}$ Дж [1]).

Согласно каталогу, большинство эпицентров землетрясений приурочено к срединно-океаническим хребтам Мона, Книповича и Гаккеля, а также к Шпицбергенско-Гренландской зоне разломов, причем в пределах хребтов произошли все сильнейшие землетрясения в 2021 г. На шельфовых территориях большая часть землетрясений была приурочена к архипелагу Шпицберген, в частности, к сейсмоактивной зоне в проливе Стур-фьорд. Редкая сейсмичность регистрировалась в пределах архипелага Новая Земля, зоны перехода «континент–океан» Баренцево-Карского региона и юго-восточнее архипелага Шпицберген.

Самое сильное землетрясение в 2021 г. произошло в западной части Срединно-Арктического сейсмического пояса (рис. 1) 23 июля в $04^{\text{h}}05^{\text{m}}$ с $M=M_S=5.0$, $M_{W_{\text{GCMT}}}=5.5$ [61, Приложение 2].

Заключение. Сейсмический процесс в большинстве регионов Северной Евразии, судя по количеству землетрясений и выделенной сейсмической энергии, протекал при среднем или пониженном уровне сейсмичности. Повышение сейсмической активности по сравнению с параметрами предыдущего года и/или долговременными среднегодовыми отмечено лишь в регионах «Копетдаг», «Прибайкалье и Забайкалье», «Северо-Восток», «Якутия» и в субрегионе «Беларусь». Суммарная сейсмическая энергия в 2021 г. по Северной Евразии в целом ($\Sigma E_{\text{ан}}=1.99 \cdot 10^{16}$ Дж)

оставалась заметно ниже ее среднегодового уровня за период 2006–2021 гг. ($\Sigma E_{\text{ан}}=4.56 \cdot 10^{16}$ Дж), как и в течение пяти предыдущих лет.

Максимальными по магнитуде в 2021 г. были Хубсугульское землетрясение 11 января в 21^h32^m с $M=7.1$, $M_{W_{\text{ГСМТ}}}=6.8$, локализованное на территории Монголии региона «Прибайкалье и Забайкалье», и Восточно-Кроноцкое землетрясение 16 марта в 18^h38^m с $M=7.1$, $M_{W_{\text{ГСМТ}}}=6.6$ в Камчатской сейсмофокальной зоне.

Самыми ощутимыми в 2021 г. были Таджикибадское землетрясение 10 июля в 02^h14^m с $M=5.9$, $M_{W_{\text{ГСМТ}}}=5.8$, $h=13$ км с интенсивностью 7 баллов в г. Бустон и с. Кули-Калон (субрегион «Таджикистан») и землетрясение 5 декабря в 21^h46^m с $M=4.2$, $M_{W_{\text{ГСМТ}}}=5.0$, $h=5$ км, проявившееся с такой же интенсивностью в г. Эрджис, Турция (субрегион «Армения»).

Отмечена тенденция выполаживания в 2021 г. кумулятивного графика выделения сейсмической энергии $\Sigma E_{\text{сум}}(t)$, что может свидетельствовать о торможении деформационных процессов на территории Северной Евразии и обычно предшествует сильным землетрясениям. Необходимо проследить за дальнейшим поведением этого графика.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания № 075-00604-25 с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира» (<https://krf.ru/usu/507436/>, <http://www.gsras.ru/unu/>).

В подготовке электронных приложений к данной статье принимали участие В.И. Левина, Н.А. Лукаш, Н.В. Петрова.

Электронное приложение App00_North_Eurasia_2021 (<http://www.gsras.ru/zse/app-28.html>): 1 – Список всех сейсмических станций Северной Евразии за 2021 г.; 2 – Сводный каталог землетрясений Северной Евразии за 2021 г.; 3 – Сводный каталог макросейсмических проявлений ощутимых землетрясений Северной Евразии в 2021 г.; 4 – Список населенных пунктов, из которых получены сообщения об ощутимых землетрясениях Северной Евразии за 2021 год.

Л и т е р а т у р а

1. Маловичко А.А., Петрова Н.В., Левина В.И., Габсатарова И.П., Михайлова Р.С., Курова А.Д. Сейсмичность Северной Евразии в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 10–34. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.01> EDN: ARTKSQ
2. Шерман С.И. Сейсмический процесс и прогноз землетрясений: тектонофизическая концепция. – Общество с ограниченной ответственностью Академическое издательство Гео, 2014.
3. Сейсмологический бюллетень (сеть телесеизмических станций), 2021. (2025) // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2021
4. International Seismological Centre. (2025). On-line Bulletin. <https://doi.org/10.31905/D808B830>
5. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности (Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
6. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Горячун А.В. Землетрясения Крымско-Черноморского региона. – Киев: Наукова думка, 1989. – 192 с.
7. Соловьев С.Л., Соловьева О.Н. Соотношение между энергетическим классом и магнитудой Курильских землетрясений // Физика Земли. – 1967. – № 2. – С. 13–23.
8. Федотов С.А. Энергетическая классификация K_S Курило-Камчатских землетрясений и проблема магнитуд. – М.: Наука, 1972. – 117 с.
9. Petrova N.V., Gabsatarova I.P. Depth corrections to surface-wave magnitudes for intermediate and deep earthquakes in the regions of North Eurasia // Journal of Seismology. – 2020. – V. 24, N 1. – P. 203–219. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10950-019-09900-8>
10. Storchak D.A., Di Giacomo D., Bondár I., Engdahl E.R., Harris J., Lee W.H.K., Villaseñor A., Bormann P. Public Release of the ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue (1900–2009) // Seismological Research Letters. – 2013. – V. 84, N 5. – P. 810–815.
11. Сафонов Д.А., Семенова Е.П., Костылев Д.В. Сейсмичность Приамурья и Приморья, Сахалина и Курило-Охотского региона в 2021 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 150–161. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.13> EDN: NFCBPH
12. Пронишин Р.С., Левина В.И., Петрова Н.В., Тону Н.А. Сейсмичность Карпат в 2021 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 32–43. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.02> EDN: YWUSFD
13. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Горячун А.В. Землетрясения Крымско-Черноморского региона. – Киев: Наукова думка, 1989. – 192 с.
14. Етирмишли Г.Д., Абдуллаева Р.Р., Исмаилова С.С., Казымова С.Э. Азербайджан // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 59–66.

15. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Подкорытова В.Г., Шевкунова Е.В. Алтай и Саяны // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 132–142.
16. Гусев А.А., Мельникова В.Н. Связи между магнитудами – среднемировые и для Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 1990. – № 6. – С. 55–63.
17. Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н. Скорость колебания земной поверхности в объемных волнах неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений на расстояниях до 17° // Физика Земли. – 1967. – № 1. – С. 37–60.
18. Соловьёва О.Н., Соловьёв С.Л. Новые данные о динамике сейсмических волн неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений // Проблемы цунами. – М.: Наука, 1968. – С. 75–97.
19. Петрова Н.В., Курова А.Д. О сходимости оценок локальных магнитуд землетрясений в регионах Северной Евразии // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Тезисы XVI Международной сейсмологической школы / Отв. ред. А.А. Маловичко. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2022. – С. 70. – EDN: BGXMEY
20. Петрова Н.В., Курова А.Д. Сопоставление систем классификации землетрясений в локальных магнитуд M_L в некоторых регионах Северной Евразии // Российский сейсмологический журнал. – 2023. – Т. 5, № 2. – С. 61–76. DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2023.2.05> EDN: LTIMEJ
21. Ekström G., Dziewonski A.M. Evidence of bias in estimations of earthquake size // Nature. – 1988. – V. 332, N 6162. – P. 319–323.
22. Куляндина А.С., Туктаров Р.М., Макаров А.А. Нимнырское землетрясение 18 января 2021 года // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 268–277. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.25> EDN: TYGKTP
23. 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
24. Еманов А.А., Еманов А.Ф., Фатеев А.В., Гладышев Е.А., Шевкунова Е.В., Ешкунова И.Ф., Полянский П. О. Хубсугульское землетрясение 11 января 2021 г. с $M_L=6.9$, $M_w=6.7$ (Монголия) // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 259–267. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.24> EDN: TJHBUQ
25. Саргсян Г.В., Маргарян С.С., Абгарян Г.Р., Геворгян А.А., Петрова Н.В. Шоржинское землетрясение 5 февраля 2021 г. с $M_L=4.7$, $I_0=6-7$ // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 291–299. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.27> EDN: ULMOGF
26. Саргсян Г.В., Маргарян С.С., Абгарян Г.Р., Геворгян А.А., Петрова Н.В. Ереванское землетрясение 13 февраля 2021 г., $M_L=4.7$, $I_0=6$ (Армения) // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 300–308. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.28> EDN: VEYFYN
27. Чебров Д.В., Матвеев Е.А., Абубакиров И.Р., Дрознина С.Я., Ландер А.В., Митюшкина С.В., Павлов В.М., Раевская А.А., Салтыков В.А. Восточно-Кроноцкое землетрясение 16 марта 2021 г., $M_w=6.5$ // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 309–320. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.29> EDN: VHYZYX
28. Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. Ощутимые в Молдове землетрясения 2021 года (Румыния–Молдова) // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 321–327. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.30> EDN: VOUEDL
29. Джураев Р.У. Таджикибадское землетрясение 10 июля 2021 г. с $M_S=5.8$, $I_0=7-8$ (Таджикистан) // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 278–290. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.26> EDN: UECROA
30. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Международная шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
31. ГОСТ Р 57546–2017. Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 28 с.
32. The Modified Mercalli Intensity Scale. Earthquake Topics // USGS [Web Site]. – URL: <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/modified-mercalli-intensity-scale>
33. Grünthal G. European Macroseismic Scale 1998: EMS-98. – Luxembourg: ESC, 1998. – 101 p. – URL: https://www.franceseisme.fr/EMS98_Original_english.pdf
34. Пагина И.С., Леонов Ю.Г., Волож Ю.А., Копп М.Л., Антипов М.П. Крымско-Копетдагская зона концентрированных орогенических деформаций как трансрегиональный позднеколлизийный правый сдвиг // Геотектоника. – 2017. – № 4. – С. 17–30
35. Пустовитенко Б.Г., Бондарь М.Н., Свидлова В.А. Сейсмичность Крымско-Черноморского региона в 2021 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 44–51. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.03> EDN: BADULA
36. Етирмишли Г.Д., Исмаилова С.С., Казымова С.Э., Исламова Ш.К. Сейсмичность Азербайджана и прилегающих территорий в 2021 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 52–60. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.04> EDN: BHRRBE
37. Абгарян Г.Р., Маргарян С.С., Саргсян Г.В., Петрова Н.В. Сейсмичность Армении и прилегающих территорий в 2021 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 61–68. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.05> EDN: BMAGWP

38. Габсатарова И.П., Королецки Л.Н., Саяпина А.А., Багаева С.С., Адилов 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
39. Пустовитенко Б.Г., Эреджепов Э.Э., Бондарь М.Н. Спектральные и очаговые параметры землетрясений Крымско-Черноморского региона в 2021 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 228–237. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.21> EDN: RJCUEU
40. Арефьев С.С., Татевосян Р.Э. Структура и режим очаговой зоны Спитакского землетрясения // Изв. АН СССР. Физика Земли. – 1991. – № 11. – С. 74–85. EDN: TOPCVQ
41. Габсатарова И.П., Дмитриева И.Ю., Саяпина А.А., Багаева С.С., Гайсумов М.Я. Черногорское-I землетрясение 12 декабря 2020 г. с $K_p=12.9$, $M_w=4.8$ (GCMТ), $I_0=5-6$ баллов // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 335–346. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.30> EDN: WLTFEI
42. 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
43. Абдрахматов К.Е., Фролова А.Г., Берёзина А.В., Муралиев А.М., Першина Е.В., Малдыбаева М.Б., Абдыраева Б.С., Кучкаров К.И. Сейсмичность Кыргызстана и Узбекистана в 2021 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 94–101. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.08> EDN: IZGWVT
44. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. – М: Наука, 1982. – 273 с.
45. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Сейсмичность Таджикистана и прилегающих территорий в 2021 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 102–117. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.09> EDN: JBEVLW
46. Михайлова Н.Н., Мукамбаев А.С., Жунусова А.Ж. Сейсмичность Казахстана и прилегающих территорий в 2021 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 118–128. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.10> EDN: JSCJHF
47. Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний. Приложение 1. – Вена, 2009. – 153 с.
48. Еманов А.А., Еманов А.Ф., Фатеев А.В., Шевкунова Е.В., Подкорытова В.Г. Сейсмичность Алтае-Саянского региона в 2021 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 129–137. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.11> EDN: LGIDKF
49. Салтыков В.А. Статистическая оценка уровня сейсмичности: методика и результаты применения на примере Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 2011. – № 2. – С. 53–59.
50. Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Радзиминович Я.Б., Филиппова А.И., Кобелева Е.А., Хритова М.А. Сейсмичность Прибайкалья и Забайкалья в 2021 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 138–149. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.12> EDN: MKPFUA
51. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Чечельницкий В.В., Шевкунова Е.В., Радзиминович Я.Б., Фатеев А.В., Кобелева Е.А., Гладышев Е.А., Арапов В.В., Артёмов А.И., Подкорытова В.Г. Хубсугульское землетрясение, 12.01.2021 г. $M_w=6.7$, $ML=6.9$ и афтершоки начального периода // Физика Земли. – 2022. – № 1. – С. 67–82. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0002333722010021> EDN: PADCYH
52. Чебров Д.В., Матвеев Е.А., Абубакиров И.Р., Дрознина С.Я., Митюшкина С.В., Павлов В.М., Равевская А.А., Ромашева Е.И., Салтыков В.А. Сейсмичность Камчатки и Командорских островов в 2021 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 162–172. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.14> EDN: NUOFES
53. Сенюков С.Л., Нуждина И.Н. Сейсмичность вулканических районов Камчатки в 2021 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 328–343. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.31> EDN: XYSAJX
54. Алёшина Е.И., Курткин С.В., Карпенко Л.И. Сейсмичность Северо-Востока России в 2021 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 173–182. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.15> EDN: OMMIMA
55. Шибаев С.В., Макаров А.А., Туктаров Р.М., Куляндина А.С. Сейсмичность Якутии в 2021 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 183–188. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.16> EDN: QVKALT
56. Баранов С.В., Габсатарова И.П., Ефременко М.А., Карпинская О.В., Ковалева И.С., Мунирова Л.М., Надёжка Л.И., Носкова Н.Н., Пивоваров С.П., Соколова И.Н. Сейсмичность Российской части Восточно-Европейской платформы и ближайшего окружения в 2021 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 189–199. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.17> EDN: QJGQQP
57. Аронова Т.И., Аронов Г.А., Захаревич О.В., Аронов А.Г. Сейсмичность на территории Беларуси в 2021 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 200–205. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.18> EDN: RANYQA
58. Верхованцев Ф.Г., Злобина Т.В., Дягилев Р.А., Шулаков Д.Ю. Сейсмичность Урала и Западной Сибири в 2021 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 206–219. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.19> EDN: RGDIPW

59. Верховланцев Ф.Г., Голубева И.В., Дягилев Р.А., Злобина Т.В. Сейсмичность Урала и Западной Сибири в 2020 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 205–222. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.19> EDN: IXPMMM
60. Верховланцев Ф.Г., Дягилев Р.А., Шулаков Д.Ю., Варлашова Ю.В. Катав-Ивановское землетрясение 4 сентября 2018 г. с $ML=5.4$, $mb=5.5$, $I_0=6.4$ балла // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 323–339. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.29> EDN: FALSTN
61. Морозов А.Н., Антоновская Г.Н., Асминг В.Э., Баранов С.В., Ваганова Н.В., Виноградов Ю.А., Конечная Я.В., Старкова Н.Н., Федоров А.В., Шибаев С.В. Сейсмичность Арктики в 2021 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 220–227. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.20> EDN: RIWTTT

SEISMICITY of NORTHERN EURASIA in 2021

A.A. Malovichko, N.V. Petrova, V.I. Levina, I.P. Gabsatarova, A.D. Kurova

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

Abstract. In 2021, seismicity monitoring of 16 regions of Northern Eurasia was carried out by 674 digital seismic stations, two analog stations and eight seismic groups, located in Russia, Azerbaijan, Armenia, Belarus, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Moldova, Turkmenistan, Tajikistan, Uzbekistan and Ukraine. The consolidated catalogue of Northern Eurasia earthquakes, compiled on the basis of regional catalogues, contains 24,831 tectonic earthquakes, 16,573 of which occurred in the Earth's crust ($h < 70$ km), 8,187 – at intermediate depths ($h = 70–300$ km) and 71 – at depths greater than 300 km. For all earthquakes in the consolidated catalogue, a uniform magnitude M similar to the magnitude of surface waves M_s is calculated. In most regions, the seismic process was relatively calm, and only in the regions of Kopetdag, Baikal and Transbaikalia, North-East of Russia, Yakutia and in the subregion of Belarus, an increase in seismic activity was noted compared to the parameters for the previous year and/or long-term annual averages. The total seismic energy released in the territory of Northern Eurasia in 2021 ($\Sigma E_{an} = 1.99 \cdot 10^{16}$ J) remained significantly below its average annual level for the period 2006–2021 ($\Sigma E_{an} = 4.56 \cdot 10^{16}$ J), as during five previous years. The highest magnitude earthquakes in 2021 were the Khubsugul earthquake of January 11 at 21^h32^m with $M_{WGCMT} = 6.8$ ($M = 7.1$), localized on the territory of Mongolia (Baikal and Transbaikalia region), and the East Kronotsky earthquake of March 16 at 18^h38^m with $M_{WGCMT} = 6.6$ ($M = 7.1$), in the Kamchatka seismic focal zone (Kamchatka and Commander Islands region). The most noticeable in 2021 were the Tajikabad earthquake of July 10 at 02^h14^m with $M = 5.9$, $M_{WGCMT} = 5.8$, $h = 13$ km and an intensity $I_i = 7$ in the city of Buston and the village of Kuli-Kalon (subregion “Tajikistan”) and the earthquake of December 5 at 21^h46^m with $M = 4.2$, $M_{WGCMT} = 5.0$, $h = 5$ km, which occurred with the same intensity in the city of Ercis, Turkey (subregion “Armenia”).

Keywords: Northern Eurasia, region, subregion, territory, subduction zone, seismic belt, tectonic earthquake, volcanic earthquake, mountain tectonic impact, focal mechanism, released seismic energy, shaking intensity.

For citation: Malovichko, A.A., Petrova, N.V., Levina, V.I., Gabsatarova, I.P., & Kurova, A.D. (2025). [Seismicity of Northern Eurasia in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 10–31. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.01> EDN: DEVSSU

References

1. Malovichko, A.A., Petrova, N.V., Levina, V.I., Gabsatarova, I.P., Mikhailova, R.S., & Kurova, A.D. (2024). [Seismicity of Northern Eurasia in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 10–34. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.01> EDN: ARTKSQ
2. Sherman, S.I. (2014). *Seismicheskij process i prognoz zemletryasenij: tektonofizicheskaya koncepciya* [Process and the Forecast of Earthquakes: Tectonophysical Conception]. Novosibirsk, Russia: Academic Publishing House «Geo» Publ., 359 p. (In Russ.).
3. GS RAS, Bulletin of Teleseismic Stations, 2021. (2025). Retrieved from http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2021
4. International Seismological Centre. (2025). On-line Bulletin. Retrieved from <https://doi.org/10.31905/D808B830>
5. Rautian, T.G. (1960). [Energy of earthquakes]. In *Metody detal'nogo izucheniya seismichnosti (Trudy IFZ AN SSSR, № 9(176))* [Methods of Detail Study of Seismicity] (pp. 75–114). Moscow, Russia: Inst. Fiz. Zemli Akad. Nauk SSSR Publ. (In Russ.).
6. Pustovitenco, B.G., Kul'chickij, V.E., & Goryachun, A.V. (1989). *Zemletriaseniia Krymsko-Chernomorskogo regiona* [Earthquakes of the Crimean Black Sea region]. Kiev, Ukraine: Naukova Dumka Publ., 192 p. (In Russ.).
7. Solov'yov, S.L., & Solov'yova, O.N. (1967). [Relationship between the energy class and the magnitude of the Kuril earthquakes]. *Fizika Zemli* [Izvestiya. Physics of the Solid Earth], 2, 13–23. (In Russ.).
8. Fedotov, S.A. (1972). *Energeticheskaja klassifikatsiia K_s Kurilo-Kamchatskikh zemletriasenii i problema magnitud* [K_s energy classification of Kuril-Kamchatka earthquakes and the problem of magnitudes]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 117 p. (In Russ.).

9. Petrova, N.V., & Gabsatarova, I.P. (2020). Depth corrections to surface-wave magnitudes for intermediate and deep earthquakes in the regions of North Eurasia. *Journal of Seismology*, 24(1), 203–219. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10950-019-09900-8>
10. Storchak, D.A., Di Giacomo, D., Bondár, I., Engdahl, E.R., Harris, J., Lee, W.H.K., Villaseñor, A., & Bormann, P. (2013). Public Release of the ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue (1900–2009). *Seismological Research Letters*, 84(5), 810–815.
11. Safonov, D.A., Semenova, E.P., & Kostylev, D.V. (2025). [Seismicity of the Amur and Primorye, Sakhalin and the Kuril-Okhotsk region in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 150–161. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.13> EDN: NFCBPH
12. Pronishin, R.S., Levina, V.I., Petrova, N.V., & Tonu, N.A. (2025). [Seismicity of the Carpathians in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 32–43. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.02> EDN: YWUSFD
13. Pustovitenko, B.G., Kul'chickij, V.E., & Goryachun, A.V. (1989). *Zemletriaseniia Krymsko-Chernomorskogo regiona* [Earthquakes of the Crimean Black Sea region]. Kiev, Ukraine: Naukova Dumka Publ., 192 p. (In Russ.).
14. Etirmishli, G.D., Abdullaeva, R.R., Ismailova, S.S., & Kazymova, S.E. (2018). [Azerbaijan]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21(2012), 59–66. (In Russ.).
15. Emanov, A.F., Emanov, A.A., Fateev, A.V., Podkorytova, V.G., & Shevkunova, E.V. (2018). [Altai and Sayan mountains]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21(2012), 132–142. (In Russ.).
16. Gusev, A.A., & Mel'nikova, V.N. (1990). Relationships between magnitudes: average-world and for Kamchatka. *Volcanology and seismology*, 6, 55–63.
17. Solov'yov, S.L., & Solov'yova, O.N. (1967). [Earth surface oscillation velocity in body waves of shallow focus Kuril-Kamchatka earthquakes at distances up to 17°]. *Fizika Zemli* [Izvestiya. Physics of the Solid Earth], 1, 37–60. (In Russ.).
18. Solov'yov, S.L., & Solov'yova, O.N. (1968). [New data on the dynamics of seismic waves of shallow focus Kuril-Kamchatka earthquakes]. In *Problemy cunami* [Tsunami problems] (pp. 75–97). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
19. Petrova, N.V., & Kurova, A.D. (2022). [On the conformity of local magnitude estimates for earthquakes in the regions of Northern Eurasia]. In *Sovremennye metody obrabotki i interpretatsii sejsmologicheskikh dannyh. Tezisy XVI Mezhdunarodnoj sejsmologicheskoy shkoly* [Modern methods of processing and interpretation of seismological data. Abstracts of the XVI International Seismological Workshop] (p. 70). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.). EDN: BGXMEY
20. Petrova, N.V., & Kurova, A.D. (2023). [Comparison of earthquake classification systems in local magnitudes ML in some regions of Northern Eurasia]. *Rossiiskii sejsmologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 5(2), 61–76. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2023.2.05> EDN: LTIMEJ
21. Ekström, G., & Dziewonski, A.M. (1988). Evidence of bias in estimations of earthquake size. *Nature*, 332(6162), 319–323.
22. Kulyandina, A.S., Tuktarov, R.M., & Makarov, A.A. (2025). [Nimnyr earthquake on January 18, 2021 with $K_p=11.4$, $ML=4.2$]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 268–277. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.25> EDN: TYGKTP
23. 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
24. Emanov, A.A., Emanov, A.F., Fateev, A.V., Gladyshev, E.A., Shevkunova, E.V., Eshkunova, I.F., & Polyansky, P.O. (2025). [The Khubsugul Earthquake of January 11, 2021, $ML=6.9$, $M_w=6.7$ (Mongolia)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 259–267. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.24> EDN: TJHBUQ
25. Sargsyan, H.V., Margaryan, S.S., Abgaryan, G.R., Gevorgyan, A.A., & Petrova, N.V. (2025). [Shorzha earthquake on February 5, $M_L=4.7$, $I_0=6-7$]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 291–299. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.27> EDN: ULMOGF
26. Sargsyan, H.V., Margaryan, S.S., Abgaryan, G.R., Gevorgyan, A.A., & Petrova, N.V. (2025). [Yerevan earthquake on February 13, 2021, $M_L=4.7$, $I_0=6$ (Armenia)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 300–308. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.28> EDN: VEYFYN
27. Chebrov, D.V., Matveenko, E.A., Abubakirov, I.R., Droznina, S.Ya., Lander, A.V., Mityushkina, S.V., Pavlov, V.M., Raevskaya, A.A., & Saltykov, V.A. (2025). [East Kronotsky earthquake on March 16, 2021, $M_w=6.5$]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 309–320. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.29> EDN: VHYZYX
28. Stepanenco, N.Ya., & Cardanets, V.Yu. (2025). [Earthquakes of 2021 felt in Moldova (Romania–Moldova)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 321–327. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.30> EDN: VOUEDL
29. Juraev, R.U. (2025). [Tajikabad earthquake of July 10, 2021 with $M_s=5.8$, $I_0=7-8$ (Tajikistan)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 278–290. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.26> EDN: UECROA

30. 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.).
31. GOST R 57546–2017. (2017). [Earthquakes. Seismic Intensity Scale]. Moscow, Russia: Standardinform Publ., 28 p.
32. The Modified Mercalli Intensity Scale. USGS National Earthquake Information Centre. (2023). Retrieved from <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/modified-mercalli-intensity-scale>
33. Grünthal, G. (Ed.). (1998). *European Macroseismic Scale 1998: EMS-98*. Luxembourg: ESC, 101 p. Retrieved from https://www.franceseisme.fr/EMS98_Original_english.pdf
34. Patina, I.S., Leonov, Y.G., Volozh, Y.A., Kopp, M.L., & Antipov, M.P. (2017). Crimea-Kopet Dagh zone of concentrated orogenic deformations as a transregional late collisional right-lateral strike-slip fault. *Geotectonics*, 51(4), 353–365.
35. Pustovitenko, B.G., Bondar M. N., & Svidlova, V.A. (2025). [Seismicity of the Crimean-Black Sea region in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 44–51. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.03> EDN: BADULA
36. Etirmishli, G.D., Ismailova, S.S., Kazimova, S.E., & Islamova, Sh.K. (2025). [Seismicity of Azerbaijan and adjacent territories in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 52–60. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.04> EDN: BHRRBE
37. Abgaryan, G.R., Margaryan, S.S., Sargsyan, H.V., & Petrova, N.V. (2025). [Seismicity of Armenia and adjacent territories in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 61–68. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.05> EDN: BMAGWP
38. 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
39. Pustovitenko, B.G., Eredzhepov, E.E., & Bondar, M.N. (2025). [Spectral and focal parameters of Crimean-Black Sea region earthquakes in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 228–237. (In Russ.). DDOI :<https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.21> EDN: RJCUN
40. Arefiev, S.S., & Tatevossian, R.E. (1991). Structure and Seismic Regime of the Source Zone of the Spitak Earthquake. *Izv. Akad. Nauk SSSR, Fiz. Zemli*, (11), 74–85.
41. Gabsatarova I.P., Dmitrieva, I.Yu., Sayapina, A.A., Bagaeva, S.S., & Gaisumov, M.Ya. (2024). [Chernogorskoe-I earthquake on December 12, 2020 with $K_R=12.9$, $M_w=4.8$ (GCMT), $I_0=5-6$ in the Chechen Republic]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020). 335–346. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.30> EDN: WLTFEI
42. 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. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.22> EDN: RPXHJ
43. Abdрахmatov, K.E., Frolova, A.G., Berezina, A.V., Muraliev, A.M., Pershina, E.V., Maldybaeva, M.B., Abdyraeva, B.S., & Kuchkarov, K.I. (2025). [Seismicity of Kyrgyzstan and Uzbekistan in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 94–101. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.08> EDN: IZGWVT
44. *Instruktsiia o poriadke proizvodstva i obrabotki nabludeniia na seismicheskikh stantsiiakh Edinoi sistemy seismicheskikh nabludeniia SSSR* [The instruction on order of production and processing of observations at seismic stations of the Uniform system of seismic observations of the USSR]. (1982). Moscow, Russia: Nauka Publ., 273 p. (In Russ.).
45. Ulubieva, T.R., Mikhailova, R.S., & Risling, L.I. (2025). [Seismicity of Tajikistan and adjacent territories in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 102–117. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.09> EDN: JBEVLW
46. Mikhailova, N.N., Mukambayev, A.S., & Zhunusova, A.Zh. (2025). [Seismicity of Kazakhstan and adjacent territories in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 118–128. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.10> EDN: JSCJHF
47. Comprehensive Test-Ban Treaty. (2009). Appendix 1. Vienna, Austria, 153 p.
48. Emanov, A.A., Emanov, A.F., Fateev, A.V., Gladyshev, E.A., Shevkunova, E.V., Eshkunova, I.F., & Polyansky, P.O. (2025). [The Khubsugul Earthquake of January 11, 2021, $ML=6.9$, $M_w=6.7$ (Mongolia)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 129–137. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.11> EDN: LGIDKF
49. Saltykov, V.A. (2011). [Statistical estimation of the level of seismic: methodology and application results on the example of Kamchatka]. *Vulkanologiya i seismologiya* [Volcanology and seismology], 2, 53–59. (In Russ.).
50. Melnikova, V.I., Gileva, N.A., Radziminovich, Ya.B., Filippova, A.I., Kobeleva, E.A., & Khritova, M.A. (2025). [Seismicity of the Baikal Region and Transbaikalia in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 138–149. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.12> EDN: MKPFUA
51. Emanov, A.F., Emanov, A.A., Chechel'nitsky, V.V., Shevkunova, E.V., Radziminovich, Y.B., Fateev, A.V., Kobeleva, E.A., Gladyshev, E.A., Arapov, V.V., Artemova, A.I., & Podkorytova, V.G. (2022). The Khuvsgul Earthquake of January 12, 2021 ($M_w=6.7$, $ML=6.9$) and Its Early Aftershocks. *Physics of the Solid Earth*, 58(1), 59–73. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0002333722010021> EDN: PADCYH:

52. Chebrov, D.V., Matveenko, E.A., Abubakirov, I.R., Droznina, S.Ya., Mityushkina, S.V., Pavlov, V.M., Raevskaya, A.A., Romasheva, E.I., & Saltykov, V.A. (2025). [Seismicity of Kamchatka and Commander Islands in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 162–172. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.14> EDN: NUOFES
53. Seniukov, S.L., & Nuzhdina, I.N. (2025). [Seismicity of the volcanic areas of Kamchatka in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 328–343. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.31> EDN: XYSAJX
54. Alyeshina, E.I., Kurtkin, S.V., & Karpenko, L.I. (2025). [Seismicity of the North-East of Russia in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 173–182. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.15> EDN: OMMIMA
55. Shibaev, S.V., Makarov, A.A., Tuktarov, R.M., & Kulyandina, A.S. (2025). [Seismicity of Yakutia in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 183–188. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.16> EDN: QBKALT
56. Baranov, S.V., Gabsatarova, I.P., Efremenko, M.A., Karpinskaya, O.V., Kovaleva, I.S., Munirova, L.M., Nadezhka, L.I., Noskova, N.N., Pivovarov, S.P., & Sokolova, I.N. (2025). [Seismicity of the Russian part of East European platform and adjacent territories in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 189–199. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.17> EDN: QJGQQP
57. Aronova, T.I., Aronov, G.A., Zaharevich, O.V., & Aronov, A.G. (2025). [Seismicity of the territory of Belarus in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 200–205. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.18> EDN: RANYQA
58. Verkholtantsev, F.G., Zlobina, T.V., Dyagilev, R.A., & Shulakov, D.Yu. (2025). [Seismicity of the Urals and Western Siberia in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 206–219. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.19> EDN: RGDIPW
59. Verkholtantsev, F.G., Golubeva, I.V., Dyagilev, R.A., & Zlobina, T.V. (2024). [Seismicity of the Urals and Western Siberia in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 205–222. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.19> EDN: IXPMMM
60. Verkholtantsev, F.G., Dyagilev, R.A., Shulakov, D.Yu., & Varlashova, Yu.V. (2023). [September 4, 2018 Katav-Ivanovsk earthquake with $ML=5.4$, $mb=5.5$, $I_0=6.4$]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 323–339. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.29> EDN: FALSTN
61. Morozov, A.N., Antonovskaya, G.N., Asming, V.E., Baranov, S.V., Vaganova, N.V., Vinogradov, Yu.A., Konechnaia, Ya.V., Starkova, N.N., Fedorov, A.V., & Shibaev, S.V. (2025). [Seismicity of the Arctic in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 220–227. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.20> EDN: RIWTTT