

1. ОБЗОР СЕЙСМИЧНОСТИ

УДК 550.348. (-924/-925)

СЕЙСМИЧНОСТЬ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ в 2020 году

**А.А. Маловичко, Н.В. Петрова, В.И. Левина, И.П. Габсатарова,
Р.С. Михайлова, А.Д. Курова**

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

Аннотация. В 2020 г. мониторинг сейсмичности Северной Евразии, включающей 16 регионов России и сопредельных стран, выполнялся сетями сейсмических станций России, Азербайджана, Армении, Беларуси, Казахстана, Кыргызстана, Молдовы, Туркменистана, Таджикистана, Узбекистана, Украины. Эти сети включали в общей сложности 675 цифровых станций (из них 36 – в составе локальных сетей), две аналоговые станции и восемь сейсмических групп. На основе региональных каталогов создан сводный каталог землетрясений Северной Евразии, который содержит 28348 тектонических землетрясений. Около 21 тыс. из них расположены в земной коре ($h < 70$ км), более 7 тыс. – на промежуточных глубинах ($h = 70–300$ км), и лишь 90 – на глубинах более 300 км. В большинстве регионов сейсмический процесс протекал относительно спокойно. Суммарная сейсмическая энергия, выделенная на указанной территории в 2020 г. ($\Sigma E_{ан} = 3.42 \cdot 10^{16}$ Дж), была ниже среднегодового уровня за предыдущий период 2006–2019 гг. ($\Sigma E_{ан} = 4.83 \cdot 10^{16}$ Дж), но значительно превышала энергию за 2019 г. ($\Sigma E_{ан} = 0.62 \cdot 10^{16}$ Дж). Максимальным по магнитуде ($M_S = M_W = M_T = 7.5$) и ошутимости (6–7 баллов в г. Северо-Курильске) было внутриплитное Парамуширское землетрясение 25 марта с очагом в Тихоокеанской плите на глубине 20–70 км (основной диапазон глубин афтершоков) в области ее изгиба перед погружением в зону субдукции. С такой же интенсивностью в населенных пунктах Северной Евразии ощущались в 2020 г. еще пять землетрясений.

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

Для цитирования: 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

Введение. Обзор сейсмичности Северной Евразии в 2020 г. составлен на основе региональных каталогов и обзоров сейсмичности, представленных в 27 выпуске журнала «Землетрясения Северной Евразии». Границы регионов и территорий Северной Евразии, включающей территорию России и сопредельных стран, показаны на рис. 1. Состав регионов и территорий не изменился по сравнению с предыдущим выпуском 26 [1]. В электронных приложениях к журналу представлены региональные каталоги основных параметров, механизмов очагов, макросейсмических проявлений землетрясений в этих границах, а также списки сейсмических станций, обеспечивающих сейсмический мониторинг в том или ином регионе/территории, и их аппаратного оснащения. Регистрация и сводная обработка землетрясений Северной Евразии в 2020 г., анализ сейсмичности и подготовка опубликованных в журнале статей выполнялись в сейсмологических учреждениях Азербайджана, Армении, Беларуси, Казахстана, Кыргызстана, Молдовы, России, Туркменистана, Таджикистана, Узбекистана и Украины.

Сейсмотектоническая обстановка. Сейсмичность Северной Евразии вызвана геодинамическим взаимодействием крупных литосферных плит Земли – Евразийской, Тихоокеанской, Северо-Американской, Аравийской, Индийской, а также малых плит на востоке и юге Евразии – Амурской, Охотоморской, Иранской, Анатолийской и других. В результате перемещения, столкновения и наслаивания литосферных плит относительно друг друга, на границах плит образуются пояса повышенной сейсмичности – Западно-Тихоокеанский, Срединно-Арктический, Арктико-Азиатский, Средиземноморско-Трансазиатский (Альпийско-Гималайский), Алтае-Охотоморский (рис. 1), в пределах которых происходит большинство землетрясений рассматриваемой территории. Подробное описание сейсмических поясов Евразии дано в [2].

Помимо горно-складчатых поясов, где сосредоточена основная сейсмичность, рассматриваемая территория включает обширные платформенные области, самые крупные из которых – древние Восточно-Европейская и Сибирская платформы, а также молодые плиты – Туранская, Западно-Сибирская, Скифская (рис. 1). Эти территории характеризуются слабой рассеянной сейсмичностью в пределах земной коры, однако и здесь известны относительно небольшие по магнитуде землетрясения, ощущавшиеся с интенсивностью более 5 баллов [3].

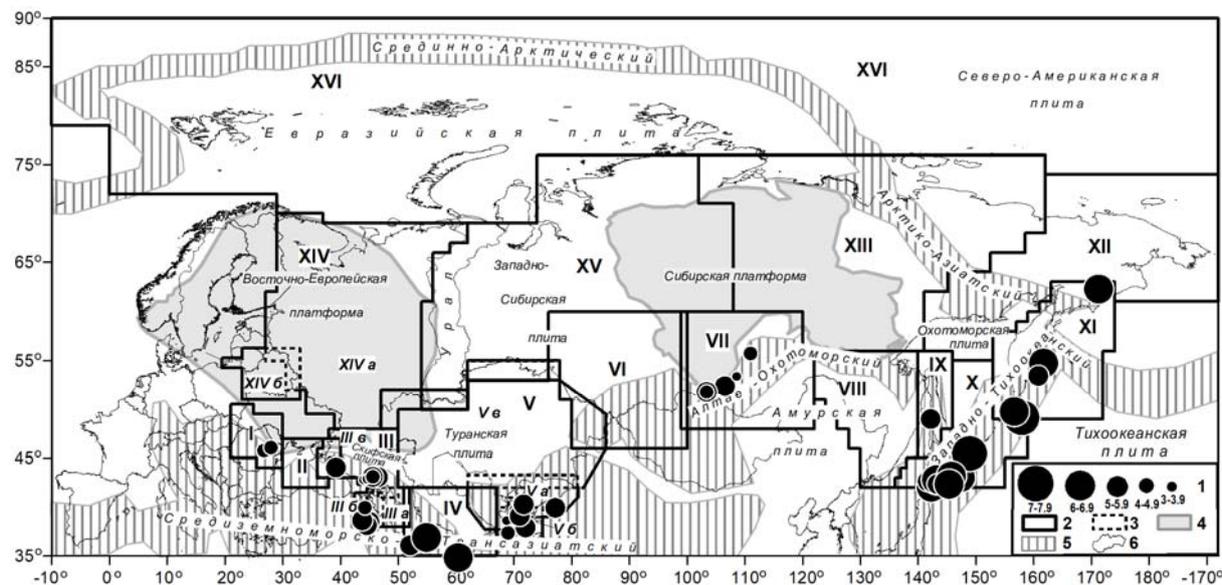


Рис. 1. Карта-схема границ регионов/территорий Северной Евразии и землетрясений, ощущавшихся в этих границах в 2020 г. с интенсивностью $I \geq 5$ баллов

1 – единая магнитуда M землетрясений из сводного каталога [Прил. 2], технология ее расчета описана ниже в методическом разделе; 2 – граница региона; 3 – граница территории (составной части региона); 4 – древняя платформа; 5 – сейсмический пояс по [2]; 6 – государственные границы и береговые линии. Цифра в центре региона/территории соответствует его/ее номеру и названию в табл. 1.

Самой высокой сейсмической активностью отличается Западно-Тихоокеанский сейсмический пояс, захватывающий небольшой юго-западный участок Приамурья и Приморья (VIII), Сахалин (IX), Курило-Охотский регион (X), Камчатку и Командорские острова (XI) (рис. 1). Высокая сейсмичность связана с процессом субдукции северо-западного края Тихоокеанской плиты под Охотоморскую и Амурскую плиты (малые плиты на востоке одной из восьми крупнейших плит Земли – Евразийской) и под Северо-Американскую плиту. Здесь происходят самые сильные и глубокие землетрясения (вплоть до $h=700$ км), а процессы субдукции подтверждаются интенсивной вулканической деятельностью. Средиземноморско-Трансзиатский пояс проходит через регионы с более низкой сейсмичностью – Карпаты (I), Крым (II), Кавказ (III), Копетдаг (IV) и Центральную Азию (V). Здесь землетрясения в основном происходят в земной коре ($h < 70$ км) за исключением Карпат (I), Гиндукуша на территории Таджикистана (V б) и локального участка на Северном Кавказе (III в), где, помимо коровых, регистрируются промежуточные землетрясения ($70 \text{ км} \leq h \leq 300 \text{ км}$). В пределах Алтае-Охотоморского пояса, протягивающегося от Восточного Казахстана (V в) через Алтай и Саяны (VI), Прибайкалье и Забайкалье (VII), Приамурье и Приморье (VIII) до берегов Охотского моря, происходят умеренные коровые землетрясения.

Сети сейсмических станций. В 2020 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) [4] и бюллетеня Международного сейсмологического центра (ISC) [5]. Всего на указанной территории в 2020 г. функционировали 675 цифровых станций (из них 36 – в составе локальных сетей), две аналоговые и восемь сейсмических групп (табл. 1, Прил. 1).

Региональные каталоги землетрясений и сводный каталог. Для анализа сейсмичности на территории Северной Евразии (карта эпицентров на рис. 2, временной ход выделенной сейсмической энергии на рис. 3) составлен сводный каталог [Прил. 2], основой которого послужили региональные каталоги. Поскольку границы некоторых регионов перекрываются (рис. 1), в каталогах таких регионов присутствуют одни и те же землетрясения перекрывающихся территорий. При составлении сводного каталога «дубли» были удалены. В табл. 1 приведены характеристики региональных каталогов за 2020 г., представленных на сайте журнала «Землетрясения Северной Евразии» (<http://www.gsras.ru/zse/app-27.html>): диапазон магнитуд/энергетических классов землетрясений регионального каталога; 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 количественные параметры дополнительных каталогов, созданных в ряде регионов по данным ISC [5] из землетрясений, отсутствующих в региональных каталогах. В графе 13 табл. 1 приведены значения суммарной энергии ΣE землетрясений региональных каталогов, рассчитанные суммированием энергий отдельных землетрясений ($\Sigma E = \Sigma 10^K$, где $K = \lg E$) и приведенные в региональных обзорах сейсмичности. Формулы расчета сейсмической энергии отдельных землетрясений в разных регионах различаются и указаны в соответствующих обзорах. В опубликованных в настоящем выпуске журнала обзорах сейсмичности Приамурья и Приморья, Сахалина, Курило-Охотского региона, а также территории Казахстана, сведения о суммарной сейсмической энергии не приведены, поэтому в табл. 1 для этих регионов/территорий в скобках указаны значения ΣE , полученные авторами данной статьи с использованием единой магнитуды M землетрясений из сводного каталога [Прил. 2] и формул Т.Г. Раутиан [6]:

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

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

Методика расчета единой магнитуды M землетрясений разных регионов изложена далее в разделе «Методика однородной классификации землетрясений сводного каталога». По этой же методике и формулам (1), (2) была пересчитана суммарная энергия землетрясений в каталогах Армении и Азербайджана, соответствующие значения приведены в столбце 10 табл. 1 в скобках наряду с энергией, указанной авторами региональных обзоров. Значительная часть территорий каталогов Армении и Азербайджана перекрывается. В результате в обоих каталогах максимальными оказались два землетрясения 23 февраля в 05^h53^m с $M_s = 5.5$ и в 16^h00^m с $M_s = 5.9$, произошедшие на турецко-иранской границе. Однако в силу различных подходов к расчету сейсмической энергии в сейсмологических службах Армении и Азербайджана, описанных в соответствующих обзорах сейсмичности, авторы получили отличающиеся более чем на порядок значения суммарной энергии. Примененный единый подход нивелировал эту разницу.

Для землетрясений Карпат впервые в сводный каталог включены данные не только так называемого «основного» каталога [7], составленного в отделе сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины (ИГ НАНУ), но и «дополнительного» каталога по данным лаборатории сейсмологии Института геологии и сейсмологии АН Молдовы (ИГС АНМ) [8]. Поскольку с 2018 г. из каталогов ИГС АНМ исключен энергетический класс, а классификация землетрясений ведется только в локальных магнитудах $M_{L\text{млд}}$, установлено соотношение между энергетическим классом K_p землетрясений из каталога ИГ НАНУ [7] и локальной магнитудой $M_{L\text{млд}}$ из каталога ИГС АНМ [8] в виде:

$$K_p = 1.71 M_{L\text{млд}} + 3.58, \quad (3)$$

которое использовалось для однородной классификации землетрясений Карпат. В сводный каталог вошли все землетрясения основного каталога [7], а также землетрясения из дополнительного каталога [8], отсутствующие в основном. Отметим, что согласно [9], энергетические классы по данным ИГ НАНУ и ИГС АНМ близки ($K_{p, \text{млд}} - K_{p, \text{укр}} = 0.14$), а локальная магнитуда $M_{L\text{млд}}$ из каталога ИГС АНМ [8] значительно выше магнитуды $M = (K_{p, \text{укр}} - 4) / 1.8$: $M_{L\text{млд}} - M = 0.44$.

Таблица 1. Распределение станций и землетрясений по регионам и территориям
Северной Евразии в 2020 г.

№	Регион, территория	Число станций			Диапазон классов/ магнитуд	Число землетрясений					ΣE , Дж
		А	Ц	Г		N_{Σ}	$h=70-300$ км	$h>300$ км	$N_{\text{ощ}}$	$N_{\text{мех}}$	
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I	Карпаты Карпаты (Укр) Карпаты (Молд)	–	30	–	0.2–4.9 _M ;	253	165	–	16	4	1.17·10 ¹³
		–	24	–	4.3–12.8 _{Kp} ;	60	9	–	–	–	
		–	6	–	0.5–4.6 _{Md} ;	220	163	–	–	–	
II	Крымско-Черноморский	–	9	–	4.4–11.3 _{Kл}	88	–	–	2	2	2.48·10 ¹¹
III а	Азербайджан	–	35	–	3.0–5.9 _{ML}	207	–	–	23	22	2.38·10 ¹³ (3.91·10 ¹⁴)
III б	Армения	1	19	–	0.1–6.0 _{ML}	1642	–	–	23	22	9.07·10 ¹⁴ (2.46·10 ¹⁴)
III в	Северный Кавказ	–	62	1	1.7–12.9 _{Kp}	3685	34	–	31	34	1.33·10 ¹³
IV	Копетдаг	1	32	–	8.6–13.4 _{Kp}	219	–	–	20	37	6.7·10 ¹³
V а	Кыргызстан и Узбекистан	–	67	–	8.6–14.5 _{Kp}	261	–	–	22	61	4.01·10 ¹⁴
V б	Таджикистан	–	7	–	8.6–14.3 _{Kp}	7839	6557	–	67	45	4.55·10 ¹⁴
V в	Казахстан	–	43	5	6.6–12.3 _{Kp}	503	1	–	11	25	(1.16·10 ¹²)
VI	Алтай и Саяны	–	53+25 _л	–	–0.8–5.3 _{ML}	8438	–	–	3	8	1.02·10 ¹²
VII	Прибайкалье и Забайкалье	–	35	–	7.6–14.6 _{Kp}	837	–	–	35	64	5.71·10 ¹⁴
VIII	Приамурье и Приморье	–	10	–	5.5–12.9 _{Kp} ; 2.5–5.5 _{MPVA}	117	–	9	3	1	(4.04·10 ¹²)
IX	Сахалин	–	14+11 _л	–	5.8–11.1 _{Kc} ; 5.1–9.0 _{Kp} ; 2.9–6.9 _{MPVA}	313 +36 _{взр}	–	20	13	7	(9.74·10 ¹⁴)
X	Курило-Охотский	–	7	–	6.2–15.7 _{Kc} ; 4.4–7.5 _{MLH} ; 4.4–7.9 _{MSH}	1572 +79 _{ISC}	360	32	122	159 +155 _{ISC}	(8.63·10 ¹⁵)
XI	Камчатка и Командорские о-ва	–	78	–	8.5–16.8 _{Ks}	1666	178	31	94	60	6.41·10 ¹⁶
Вулканы											
	Северная группа	–	–	–	1.6–8.6 _{Ks}	3975	–	–	–	–	1.37·10 ⁹
	Авачинская группа	–	–	–	1.6–6.0 _{Ks}	337	–	–	–	–	1.99·10 ⁶
	Мутновско-Гореловская группа	–	–	–	1.6–6.8 _{Ks}	498	–	–	–	–	9.98·10 ⁶
	Кизимен	–	–	–	2.4–7.8 _{Ks}	55	–	–	–	–	1.23·10 ⁸
	Жупановский	–	–	–	2.6–7.3 _{Ks}	41	–	–	–	–	5.15·10 ⁷
	Карымский	–	–	–	5.4–6.6 _{Ks}	4	–	–	–	–	5.03·10 ⁶
XII	Северо-Восток России	–	14	–	6.2–15.0 _{Kp}	327	–	–	5	5	3.45·10 ¹²
XIII	Якутия	–	20	–	7.2–11.2 _{Kp}	360	–	–	1	1	7.03·10 ¹¹
XIV а	ВЕП. Российская часть	–	45	1	3.2–9.4 _{Kp} ; 0.8–3.2 _{ML}	37	–	–	–	–	7.16·10 ⁹
XIV б	Беларусь	–	17	–	5.3–8.5 _{Kd}	65	–	–	–	–	1.74·10 ⁹
XV	Урал и Западная Сибирь	–	17	1	1.5–3.5 _{ML}	29 +36 _{ГТУ}	–	–	–	–	1.27·10 ⁹
XVI	Арктика	–	25	–	–0.1–5.6 _M	475	–	–	–	17	1.64·10 ¹⁴
I-XVI	Северная Евразия, региональные каталоги	2	639+36 _л	8	–	28724 _{зем} 4910 _{влк} 36 _{ГТУ}	7301	97	491	574	7.63·10 ¹⁶
I-XVI	Северная Евразия, сводный каталог	–	–	–	–1.5–7.4 _M	(28348)	(7285)	(90)	–	–	3.42·10 ¹⁶

Примечание. А – аналоговая станция, Ц – цифровая станция, Г – сейсмическая группа (array). Значения нижних индексов: л – локальная сеть; ма, mpva, mlh, msh, ml, m – магнитуды по длительности записи, по короткопериодным Р-волнам, по горизонтальной компоненте поверхностных волн, по горизонтальной компоненте S-волн, локальная магнитуда, магнитуда сводного каталога, соответственно; Kp, Кл, Kc, Ks, Kd – энергетические классы по шкалам Раутиан [6], Пустовитенко [10], Соловьёва [11], Федотова [12] и по длительности записи, соответственно; взр – взрыв; влк – вулканическое землетрясение; ГТУ – горно-тектонический удар; ISC – дополнительные землетрясения из бюллетеня ISC [5]. В скобках указаны значения N и ΣE по данным сводного каталога [Прил. 2], а также ΣE для каталогов Армении и Азербайджана, рассчитанные авторами данной статьи.

Методика однородной классификации землетрясений сводного каталога. Границы ряда регионов перекрываются, а набор представленных в региональных каталогах магнитуд и энергетических классов различен, поэтому для анализа сейсмичности Северной Евразии создан сводный каталог [Прил. 2], в котором удалены события, дублирующие друг друга в каталогах смежных регионов/территорий. Энергетические параметры землетрясений сводного каталога приведены 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 [5] или в СБ [4], встречается магнитуда по вертикальной составляющей записи поверхностных волн, определенная на телесеismicких расстояниях. Далее будем обозначать магнитуду из СБ « MS », а из ISC – « Ms ». В настоящей работе принималось, что для неглубоких землетрясений с $h \leq 40$ км эти магнитуды и MLH идентичны, а единая магнитуда M равна:

$$M=MS=Ms=MLH. \quad (4)$$

При наличии для одного землетрясения нескольких магнитуд из выражения (4) приоритет в качестве единой 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 [13]:

$$40 < h \leq 90 \text{ км: } M=MS+1.71 \lg h-2.726, \quad (5)$$

$$h > 90 \text{ км: } M=MS+0.556 \lg h-0.5. \quad (6)$$

При отсутствии прямых определений MS , Ms или MLH значения M для умеренных и сильных землетрясений с моментной магнитудой $M_w \geq 5.6$ рассчитывались по формуле для глобальной сейсмичности [14]:

$$M=(\ln(M_w-2.863)+0.222)/0.233. \quad (7)$$

В других случаях расчет M производился с помощью региональных соотношений, приведенных в табл. 2.

Таблица 2. Региональные соотношения для перехода от энергетического класса или магнитуд разных типов к однородной магнитуде M

Регион, территория	Формула	Ссылка
Беларусь, Карпаты, Копетдаг, Северный Кавказ, Кыргызстан и Узбекистан, Прибайкалье и Забайкалье, Северо-Восток России, Якутия, Казахстан, Таджикистан, Карпаты	$K_p, K_d \leq 14: M=(K_p-4)/1.8=(K_d-4)/1.8$ (8 а) $K_p, K_d > 14: M=(K_p-8)/1.1=(K_d-8)/1.1$ (8 б) $M=M_d$ (9)	[6]
Крым	$M=0.55 K_{II}-2.3$ (10)	[10]
Азербайджан	$M=0.77 ML_{Azp}+0.43$ (11)	[15]
Алтай и Саяны	$M=0.945 ML_{Alt}-0.834$ (12)	[16]
Камчатка	$M=0.926 K_S-6.44$ (13)	[17]
Сахалин, Курило-Охотский регион, Приамурье и Приморье	$K_p \leq 14: M=(K_p-4)/1.8$ (8 а) $K_p > 14: M=(K_p-8)/1.1$ (8 б) $M=(K_C-1.2)/2$ (14) $M=(MSH-1.71)/0.75$ (15) $M=(MPV-2.5)/0.65$ (16) $M=1.47 MPSP-2.91$ (17)	[6] [6] [18, 19] [18, 19] [18, 19] [20]
Армения, Урал и Западная Сибирь, Арктика (сети RU, КО и АН), Восточно-Европейская платформа (сети RU, VN, КО, АН, IDG, IGKR, IGKRC)	$M=ML-0.3$ (18) $M=1.02 m_{bISC}-0.49$ (19) $M=(K_p-4)/1.8$ (8 а)	[21] [21] [6]

Примечание. Формула (8 а) применялась для энергетических классов по длительности записи землетрясений Беларуси с заменой K_p на K_d ($K_d=K_p$). Формула (9) использовалась для землетрясений из каталога Карпат по данным ИГ НАНУ [7]. Для землетрясений Сахалина и Курил с $h \geq 40$ км порядок приоритетов для определения M следующий: MS , Ms (ур. 4–6), MLH (ур. 4), MSH , MPV , K_C , $MSHA$, $MPVA$ (ур. 14–16). Значения MSH и MPV в ур. (15) и (16), определяемые по средне- и длиннопериодным приборам, при их отсутствии заменялись короткопериодными магнитудами $MSHA$ и $MPVA$.

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:

$$M = (M_w - 2.1) / 0.67 \quad [22]. \quad (20)$$

Общая характеристика сейсмичности Северной Евразии. Описание сейсмичности Северной Евразии в данном разделе опирается на данные сводного каталога [Прил. 2]. Эпицентральное поле землетрясений с $M \geq 3$ представлено на рис. 2.

Всего в 2020 г. зарегистрировано, обработано и включено в каталоги регионов I–XVI более 28 тысяч тектонических и 4910 вулканических землетрясений. Если число тектонических землетрясений примерно соответствует среднегодовому за период 2018–2019 гг., то число вулканических событий, после всплеска в 2018–2019 гг., вернулось к уровню 2016–2017 гг., когда только в районе влк. Шивелуч число очагов вулканических землетрясений, сопровождавших рост и обрушение купола, \sim в 8 раз превысило таковое за период 2016–2017 гг. [23]. Большинство тектонических землетрясений в 2020 г. локализовано в пределах сейсмических поясов, показанных на рис. 1. Около 21 тыс. из них расположены в земной коре ($h < 70$ км), более 7 тыс. – на промежуточных глубинах ($h = 70–300$ км) и лишь 90 – на глубинах более 300 км (табл. 1). При этом коровые толчки локализованы во всех регионах Северной Евразии, тогда как промежуточные землетрясения зарегистрированы в Карпатской зоне Вранча, в Терско-Сунженской зоне Северного Кавказа, на Сахалине, Курилах и Камчатке, а их максимальное количество – в Памиро-Гиндукушской зоне Таджикистана, в области отрыва и опускания Гиндукушской плиты. Глубокие землетрясения сосредоточены на Дальнем Востоке России (Приамурье и Приморье, Сахалин, Курило-Охотский регион, Камчатка) и связаны с погружением Тихоокеанской плиты под континент. В целом конфигурация эпицентрального поля на рис. 2 не изменилась по сравнению с аналогичными картами прошлых лет.

В Прил. 3 к данной статье представлена информация о землетрясениях, ощущавшихся в 2020 г. на территории Северной Евразии ($N=431$). На рис. 1 и в табл. 3 приведены сведения о 40 из них, проявившихся с интенсивностью $I_{\max} = 5$ баллов и выше в населенных пунктах регионов I–XVI. Кроме того, в таблицу включены семь высокомагнитудных ($M, M_w \geq 5.5$) землетрясений, ощущавшихся слабее (№ 2 в табл. 3) или неощутимых (№ 29, 30, 38, 41, 43, 48). Таблица содержит параметры всех ощутимых землетрясений, о которых имеются отдельные статьи в настоящем выпуске журнала (№ 7, 9, 11, 16, 18, 19, 24, 28, 43, 47), причем три из них ощущались слабее 5 баллов (№ 7, 18, 24). Большинство событий из табл. 3 произошло в горно-складчатых структурах в границах сейсмических поясов, ощутимых платформенных землетрясений в 2020 г. не было.

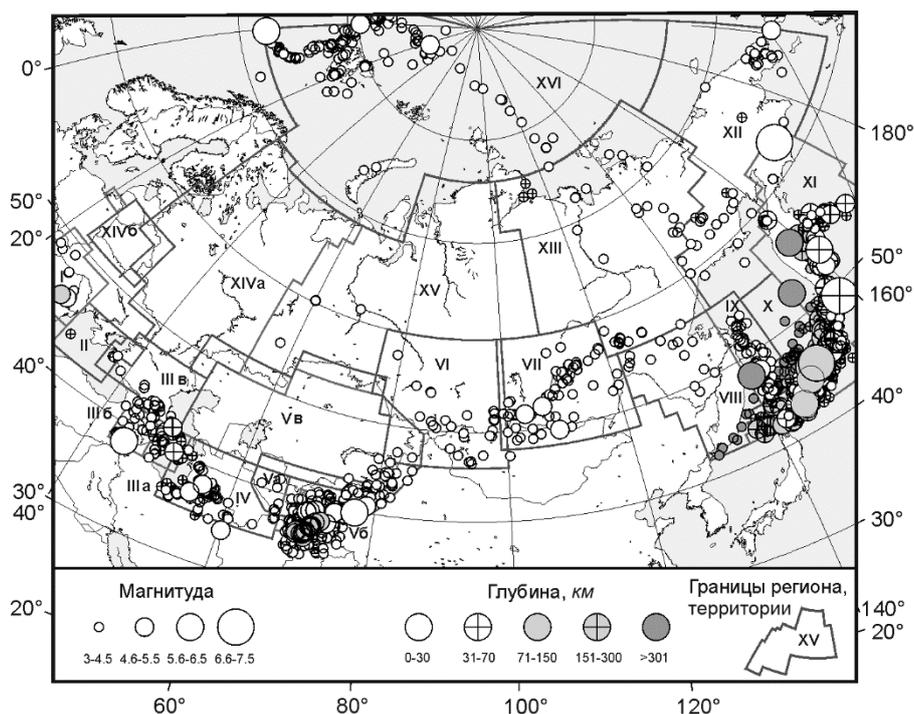


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Северной Евразии с $M \geq 3$ за 2020 г.

Таблица 3. Наиболее заметные землетрясения Северной Евразии в 2020 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	04:29:08	34.23	60.34	10	6.0	5.5	5*	Копетдаг
2	09.01	08:38:03	62.30	171.39	8	6.6	6.4	3–4	Камчатка и Командорские о-ва
3	11.01	15:55:41	43.32	146.51	62	6.1	–	5**	Курило-Охотский регион
4	15.01	11:31:36	42.90	145.17	99	5.7	4.9	5**	Курило-Охотский регион
5	19.01	13:27:55	39.85	77.17	–	5.9	6.0	7*	Кыргызстан и Узбекистан
6	22.01	11:04:12	54.74	161.85	83	6.4	5.6	5–6	Камчатка и Командорские о-ва
7	26.01	21:01:39	42.72	44.13	17	3.1	–	4–5	Северный Кавказ, <i>Верхне-Фиагдонское</i> [24]
8	28.01	01:36:04	43.39	146.04	103	6.4	5.4	6–7**	Курило-Охотский регион
9	31.01	01:26:48	45.73	26.65	121	4.7	4.7	5	Карпаты, <i>Оцутимые в Молдове</i> [25]
10	12.02	10:36:35	42.58	142.01	64	5.0	4.3	5**	Курило-Охотский регион
11	13.02	10:33:44	45.43	149.01	142	7.1	7.0	5–6	Курило-Охотский регион, <i>Землетрясение в проливе Фриза</i> [26]
12	19.02	15:50:31	43.13	143.90	34	5.1	4.2	5**	Курило-Охотский регион
13	20.02	18:57:34	53.44	160.92	52	5.6	5.8	5	Камчатка и Командорские о-ва
14	23.02	05:53:00	38.44	44.49	10	5.7	–	7*	Армения
15	23.02	16:00:29	38.42	44.55	10	5.9	6.0	7*	Армения
16	25.03	02:49:20	49.11	158.08	48	7.5	7.5	6–7	Камчатка и Командорские о-ва, <i>Парамуширское</i> [27]
17	28.03	00:57:53	41.96	142.37	88	6.1	5.0	5**	Курило-Охотский регион
18	24.04	22:04:18	45.90	27.49	21	4.9	4.7	4–5	Карпаты <i>Оцутимые в Молдове</i> [25]
19	24.04	22:32:47	37.28	68.98	11	4.1	4.6	6	Таджикистан, <i>Колхозабадское</i> [28]
20	07.05	20:18:23	36.00	52.00	–	5.6	5.0	5*	Копетдаг
21	10.05	12:52:31	38.54	68.72	10	3.9	–	5	Таджикистан
22	12.05	02:44:34	42.91	145.63	61	5.3	4.3	5**	Курило-Охотский регион
23	13.05	13:46:23	42.74	145.10	78	5.6	4.1	5**	Курило-Охотский регион
24	24.05	12:33:39	42.78	44.69	19	3.7	–	4	Северный Кавказ, <i>Джейрахское</i> [24]
25	30.05	18:13:49	42.52	143.78	103	6.4	5.60	6–7**	Курило-Охотский регион
26	16.06	01:30:47	37.83	72.015	134	5.4	5.7	5*	Таджикистан
27	25.06	10:03:30	38.49	44.06	10	5.4	–	5*	Армения
28	04.07	09:52:58	39.02	70.99	10	5.3	–	6–7	Таджикистан, <i>Таджикабадское</i> [29]
29	09.07	05:14:03	45.59	149.60	145	6.1	5.0	–	Курило-Охотский регион
30	17.07	06:10:46	44.62	147.66	138	5.8	–	–	Курило-Охотский регион
31	24.07	13:42:36	53.38	108.63	18	3.6	–	5	Прибайкалье и Забайкалье
32	11.08	23:29:08	39.86	44.16	10	4.2	–	5*	Армения
33	01.09	00:59:05	43.99	39.12	7	5.1	–	5	Северный Кавказ
34	01.09	04:37:07	42.29	143.46	71	5.1	–	5*	Курило-Охотский регион
35	02.09.	10:35:43	43.100	145.870	65	6.1	4.8	5**	Курило-Охотский регион
36	06.09.	21:34:22	36.810	54.840	20	6.1	5.1	5*	Копетдаг
37	13.09.	13:42:24	48.970	142.260	10	5.5	–	5–6	Сахалин
38	15.09.	03:41:25	55.877	158.590	360	6.3	6.5	–	Камчатка и Командорские острова
39	21.09.	18:04:57	51.780	103.410	12	5.2	–	6–7	Прибайкалье и Забайкалье
40	21.09.	18:19:55	51.770	103.410	12	4.2	–	5–6	Прибайкалье и Забайкалье
41	08.10.	18:24:49	52.322	153.170	561	5.8	5.3	–	Камчатка и Командорские острова
42	27.11.	18:45:06	49.748	156.764	45	6.0	5.3	5	Таджикистан
43	30.11.	22:54:33	48.06	140.81	613	6.3	6.4	–	Сахалин, <i>Глубокофокусное 30 ноября</i> [30]
44	03.12.	12:37:09	55.730	111.030	5	4.1	–	5	Прибайкалье и Забайкалье
45	09.12.	21:44:34	52.380	106.590	22	5.4	–	6–7	Прибайкалье и Забайкалье
46	12.12.	21:29:49	43.037	45.542	20	4.1	4.8	5–6	Северный Кавказ, <i>Черногорское-I</i> [31]
47	13.12.	11:34:18	43.022	45.508	20	5.3	–	5	Северный Кавказ, <i>афтершок Черногорского-I</i> [31]
48	14.12.	19:35:58	72.23	0.58	4	5.6	5.9	–	Арктика
49	16.12.	01:28:07	42.560	144.320	76	6.2	5.1	5**	Курило-Охотский регион
50	26.12.	10:28:34	40.200	71.690	9	5.3	–	5–6	Кыргызстан и Узбекистан

Примечание. В таблицу включены землетрясения с M , $M_w \geq 5.5$ и $I \geq 5$ баллов, а также землетрясения, о которых имеются отдельные статьи в настоящем выпуске журнала, с названиями и ссылками в столбце 10. В столбце 7 указана единая магнитуда M , полученная согласно описанию в методическом разделе и приведенная в [Прил. 2]. В столбце 9 дана вызванная землетрясением максимальная интенсивность сотрясений I_{\max} в населенных пунктах в границах регионов Северной Евразии (рис. 1) в баллах по MSK-64 [32], ШСИ-17 [33], MMI [34] или пересчитанная из JMA [35]. Символы в графе 9: * – интенсивность приведена по шкале MMI [34]; ** – интенсивность пересчитана из шкалы JMA по формуле $I_{MSK-64} = 0.5 + 1.5 I_{JMA}$ [36].

Максимальным по магнитуде и ощутимости в 2020 г. было Парамуширское землетрясение 25 марта в 02^h49^m с $M=MS=M_{WGCMT}=7.5$ (№ 16 в табл. 3), локализованное на глубине 48 км в сейсмофокальной зоне Курильских островов у южного края Камчатки. Землетрясение ощущалось с интенсивностью 6–7 баллов в г. Северо-Курильске на о-ве Парамушир.

С такой же интенсивностью на территории Северной Евразии ощущались в 2020 г. еще пять землетрясений, произошедших на Курилах, в Таджикистане и Прибайкалье и Забайкалье (табл. 3).

Временной ход выделения сейсмической энергии на территории Северной Евразии за период 2006–2020 гг. представлен на рис. 3. Территориально все максимальные землетрясения за этот период произошли в пределах Курило-Камчатской зоны субдукции, за исключением Сарезского и Гиндукушского землетрясений 2015 г., реализовавшихся на территории «Таджикистан», сейсмические процессы на юге которой связаны с субдукцией Индийской плиты под Евразийскую с отрывом и опусканием Гиндукушской плиты. Суммарная сейсмическая энергия в 2020 г. ($\Sigma E_{an}=3.42 \cdot 10^{16}$ Дж) значительно увеличилась по сравнению с таковой за предыдущий год ($\Sigma E_{an}=0.62 \cdot 10^{16}$ Дж), оставаясь на уровне значений энергии за 2017 и 2018 гг. (рис. 3), но не достигая среднегодового уровня за предыдущий период 2006–2019 гг. ($\Sigma E_{an}=4.83 \cdot 10^{16}$ Дж), как и в 2016–2019 гг. Отметим, что выполаживание зависимости кумулятивной выделенной энергии от времени $\Sigma E_{cum}(t)$ в 2008–2011 гг., означавшее торможение деформационных процессов на территории Северной Евразии, привело к реализации Охотоморских землетрясений: 2012 г. с $M_w=7.7$ и 2013 г. с $M_w=8.3$ (рис. 3). За последние семь лет (2014–2020 гг.) кумулятивный график выделения сейсмической энергии близок к линейной зависимости $\Sigma E_{cum}(t)$, не выходя за пределы 95 % доверительного интервала, что означает отсутствие резких изменений скорости деформации, приводящих к накоплению тектонической энергии и ее выделению в виде крупных сейсмических подвижек.

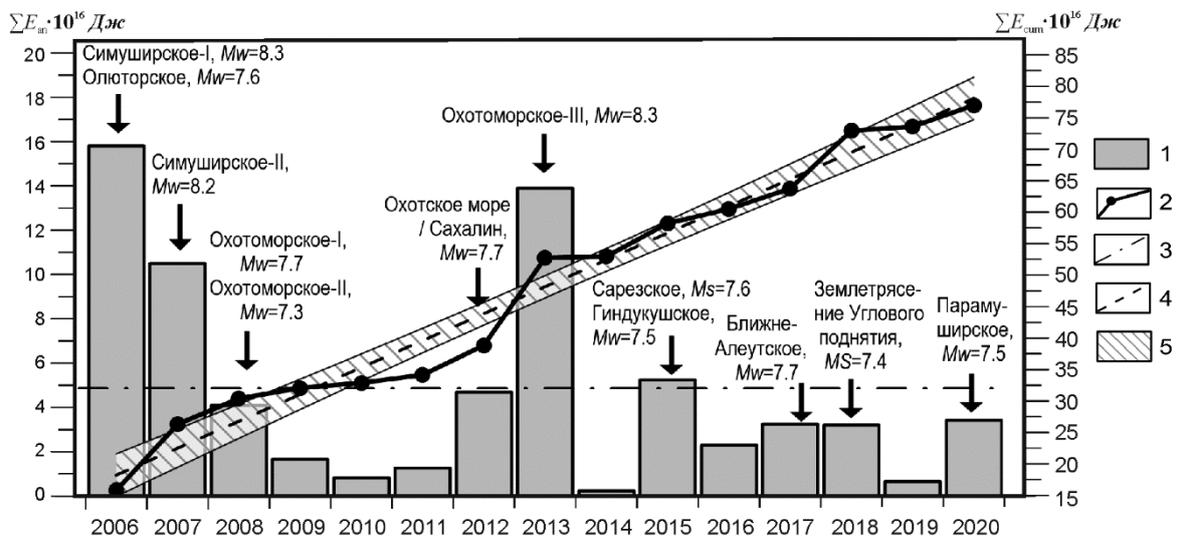


Рис. 3. Годовые значения суммарной сейсмической энергии ΣE_{an} , выделившейся на территории Северной Евразии в период 2006–2020 гг., кумулятивный график ΣE_{cum} и крупнейшие землетрясения этого периода

1 – ΣE_{an} ; 2 – ΣE_{cum} ; 3 – среднее значение $\Sigma E_{an}=4.83 \cdot 10^{16}$ Дж за период 2006–2019 гг.; 4, 5 – линейная зависимость $\Sigma E_{cum}(t)$ и ее 95 % доверительный интервал.

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)**, расположенный в самом западном сегменте Средиземноморско-Трансзаитского складчатого пояса, включает части территорий шести государств: Украины, Молдовы, Румынии, Венгрии, Словакии, Польши. Регион разделен на восемь районов, землетрясения обрабатываются согласно Инструкции [37] в двух центрах: во Львове на Украине, в отделе

сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины (ИГФ НАНУ), и в Кишинёве в Молдове, в лаборатории сейсмологии Института геологии и сейсмологии АН Республики Молдова (ИГиС АНМ).

Максимальные в 2020 г. толчки с $K_P=12.5$ ($M_{WGCMT}=4.8$) и 12.8 ($M_{WGCMT}=4.7$) возникли в горах Вранча Румынии 31 января с $h=121$ км и 24 апреля с $h=21$ км, вызвав сотрясения в Румынии, Молдове, Украине, Болгарии, Турции, Австрии и Германии. Первое из них ощущалось до 5 баллов в эпицентральной зоне на территории Румынии и, с меньшей балльностью, в Молдове, Украине, Болгарии, Турции (всего в 42 пунктах). Коровое землетрясение 24 апреля ощущалось в Румынии, Молдове, Украине, Болгарии, Австрии и Германии (в 37 пунктах). Оба землетрясения описаны в отдельной статье [25] с построением по одной изосейсте с $I_i=4$ балла и анализом механизма очагов. Там же описаны и более слабые толчки – 11 марта в 20^h23^m с $K_P=10.6$, $M_{WMED}=4.1$, $h_{RP}=120$ км и 2 июня в 11^h12^m с $K_P=12.0$, $m_b=4.2$, $h_{RP}=107$ км, – проявившиеся в Румынии и в Республике Молдова с интенсивностью до 3 баллов.

В *Предкарпатье* отмечено пять событий с $K_P=7.9-9.5$, $\Sigma E=3.92 \cdot 10^9$ Дж [38]. Из них ощутимыми, с интенсивностью около 3–4 баллов, были два землетрясения: 1 июня в 04^h22^m с энергетическим классом $K_P=9.5$ и второе в этот же день в 18^h05^m с $K_P=8.1$ в районе г. Долина Ивано-Франковской области. В *Закарпатье* отмечено 17 землетрясений с $K_P=4.3-9.4$, $\Sigma E=3.94 \cdot 10^9$ Дж. Их очаги находятся на глубинах $h=0.1-15.7$ км с эпицентрами в пределах ранее выделенных сейсмоактивных зон, приуроченных к Закарпатскому и Припаннонскому глубинным разломам по обеим сторонам от Выгорлат-Гутинского вулканического хребта [3]. Наиболее сильное из них, 19 апреля в 05^h45^m с $K_P=9.4$, $h=4$ км, ощущалось жителями населенных пунктов Великие Лазы, Холмец, Цыгановка, Подгорб и Глубокое с интенсивностью $I=3-4$ балла. До 3 баллов ощущалось в населенных пунктах Ужгород, Русские Комаровцы, Барвинок, Худлёво, Нижнее Солотвино и Яроч землетрясение 27 апреля в 22^h07^m с $K_P=9.1$, $h=1.4$ км.

Складчатые системы **Крыма** (регион II), **Кавказа** (регион III) и **Копетдага** (регион IV) объединены в единую систему реализации сейсмического режима [2, 39] и являются южными районами Евразийской литосферной плиты. В [40, 41, 42, 43, 44] настоящего выпуска журнала приводятся обзоры сейсмичности за 2020 г. в пределах системы Крым–Кавказ–Копетдаг.

Крым (II). Горный Крым с прилегающими к нему акваториями Чёрного и Азовского морей представляет западный сегмент складчатой системы. Мониторинг сейсмичности проводится сетью из девяти сейсмических станций, расположенных на Крымском п-ве. Уровень надежной регистрации, обеспечиваемый этой сетью, изменяется от $K_{min}=6$ до $K_{min}=9$. Восстановление регистрации на станции «Керчь» в 2019 г. повысило чувствительность сети в северо-восточном направлении: увеличилась площадь представительных землетрясений на уровне $K_{min}=7-8$ в пределах региона. Изолиния $K_{min}=8$, в отличие от предыдущих лет, покрывает уже весь Керченский п-ов и Таманский п-ов.

Всего в 2020 г. сетью станций Крыма зарегистрировано 88 землетрясений в диапазоне энергетических классов $K_{II}=4.4-11.3$. Кроме энергетических классов для 27 землетрясений определены локальные магнитуды M_{LWSG} , а для 11 землетрясений получены динамические параметры очагов и моментные магнитуды M_w [45].

Величина годовой суммарной энергии ΣE , высвободившейся в очагах землетрясений в 2020 г., составила $\Sigma E=2.479 \cdot 10^{11}$ Дж, т.е. примерно в 6 раз меньше среднегодового значения за предыдущие десять лет ($\Sigma E_{cp.}=15.51 \cdot 10^{11}$ Дж) [40]. Максимальное количество годовой сейсмической энергии (88.4 %) выделилось в очагах землетрясений Керченско-Анапского района (№ 5). Из них два толчка с $K_{II}=11.3$ и $K_{II}=10.1$ вызвали сотрясения в населенных пунктах Кавказского побережья Чёрного моря, в Крыму они не ощущались.

Регион **Кавказ (III)** расположен восточнее региона II, здесь Горный Крым переходит в центральный Кавказский сегмент. Этот регион представлен тремя административными территориями, соответствующими государствам *Азербайджан* (III а) и *Армения* (III б), а также территории РФ, относящейся к *Северному Кавказу* (III в).

В 2020 г. непосредственно в государственных границах Азербайджана произошло 4030 землетрясений с максимальной магнитудой $M_{L \text{ Азр}}=4.9$, при этом суммарная выделявшаяся сейсмическая энергия составила $\Sigma E=13.1 \cdot 10^{11}$ Дж. Всего же число землетрясений, зарегистрированных сетью станций Азербайджана, составило 6619, однако в каталоге землетрясений территории «Азербайджан», публикуемом в электронном приложении к обзорной статье за 2020 г.,

приводятся параметры лишь 207 землетрясений с магнитудой $M_{L\text{ Азр}} \geq 3.0$. Суммарная энергия землетрясений в указанных границах составляет $3.91 \cdot 10^{14}$ Дж (табл. 1). Самым значительным сейсмическим событием в государственных границах республики в 2020 г. было землетрясение 4 ноября в $17^{\text{h}}51^{\text{m}}$ с $M_{L\text{ Азр}}=4.2$, которое произошло в 15 км от станции «Саатлы» Имишлинского района и ощущалось с интенсивностью 4 балла в г. Имишли. В Исмаиллинском районе зарегистрировано два землетрясения с $M_{L\text{ Азр}} \geq 3.0$. Землетрясение 22 октября в $12^{\text{h}}52^{\text{m}}$ в 20 км восточнее станции «Габала» имело магнитуду $M_{L\text{ Азр}}=3.6$ ($M_s=3.0$), глубину $h=11$ км и ощущалось с интенсивностью 3 балла в г. Исмаиллы.

23 февраля за пределами Азербайджана, но внутри прямоугольника условной территории «Азербайджан» (рис. 1), вблизи турецко-иранской границы, в 110 км юго-западнее станции «Нахчыван», зарегистрированы два самые сильные на территории III а в 2020 г. землетрясения: в $05^{\text{h}}52^{\text{m}}$ с $M_{L\text{ Азр}}=5.8$ и в $16^{\text{h}}00^{\text{m}}$ с $M_{L\text{ Азр}}=5.9$. Землетрясения имели множество афтершоков и ощущались в населенных пунктах Турции, Ирана, Ирака, Армении, Азербайджана и др. С максимальной интенсивностью, до VII баллов по шкале Меркалли, они проявились в Турции и Иране. В Нахичеванской Автономной Республике (Азербайджан) ощущались 3–4-балльные сотрясения.

В центральной части Каспийского моря, в месте пересечения Шахово-Азизбековского и Аграхан-Красноводского разломов, 26 февраля 2020 г. в $07^{\text{h}}51^{\text{m}}$ произошло землетрясение с $M_{L\text{ Азр}}=4.6$, представленное сбросо-сдвигом. Следом за этим землетрясением, 27 февраля в $10^{\text{h}}17^{\text{m}}$, на территории Южного Каспия произошел еще один сейсмический толчок с магнитудой $M_{L\text{ Азр}}=4.5$, движение в очаге – сброс, ориентированный вдоль Сангачало-Огурчинского разлома северо-западного простирания. 12 октября в $11^{\text{h}}47^{\text{m}}$ на продолжении этого разлома было зафиксировано еще одно землетрясение с магнитудой $M_{L\text{ Азр}}=4.9$. Движение в очаге также возникло в условиях преобладания сил растяжения, тип подвижки – сбросо-сдвиг по плоскости северо-западного простирания.

На территории Армении (III б) сейсмическая сеть большую часть года состояла из 20 станций, но 1 октября 2020 г. прекратила работу станция «Адрут» (HDRТ).

Общее число землетрясений Кавказа, зарегистрированных Национальной сетью сейсмологических наблюдений Республики Армения (НССЗ РА) в 2020 г., около 3000. В каталог землетрясений за 2020 г. включено 1642 землетрясения с $M_L=0.1-6.0$ ($K_{\text{расч}}=4.2-14.8$). В результате их реализации общая высвобожденная энергия составила $\Sigma E=2.46 \cdot 10^{14}$ Дж (табл. 1). Это почти на порядок выше, чем в 2019 г. ($\Sigma E=3.48 \cdot 10^{13}$ Дж) [42].

Повышенная сейсмическая активность непосредственно в пределах Республики Армения, как и в предыдущие годы, наблюдалась в зоне разрушительного Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 года. 30 августа в $15^{\text{h}}14^{\text{m}}$ и в $18^{\text{h}}14^{\text{m}}$ на территории республики Армения произошло два ощутимых толчка. Первый, в 20 км к северо-западу от г. Ехигнадзора с $M_L=2.8$, ощущался в этом городе с интенсивностью 3–4 балла. Толчок в $18^{\text{h}}14^{\text{m}}$ имел такую же магнитуду $M_L=2.9$, но ощущался сильнее: Ашоцк – 4 балла, Большой Сепасар, Мусаелян, Амасия, Зуйгахпюр, Гюмри – 3 балла.

Значительные землетрясения, часть из которых ощущалась на территории Республики Армения, зафиксированы в Турции, Иране и Азербайджане. Самые крупные среди них – землетрясения 23 февраля в $05^{\text{h}}53^{\text{m}}$ с $M_L=5.7$ и в $16^{\text{h}}00^{\text{m}}$ с $M_L=6.0$, произошедшие на турецко-иранской границе.

На большей части территории Северного Кавказа (III в) сеть из 62 цифровых станций и одной сейсмической группы (табл. 1) обеспечивала представительную регистрацию землетрясений с $K_p \geq 7.0$, в ее центральной (включая район Большого Сочи) и восточной частях – с $K_p \geq 6.0$, а в отдельных локальных зонах – с $K_p \geq 5.5$. В целом в регионе и окрестностях зарегистрировано 3685 землетрясений с $K_p=1.7-12.9$.

В населенных пунктах Кавказа ощущались 16 землетрясений. Максимальная интенсивность сотрясений $I_{\text{max}}=5-6$ баллов по шкале MSK-64 была отмечена от землетрясения 12 декабря с $K_p=12.9$ в населенных пунктах Чеченской Республики (Герско-Каспийский передовой прогиб) [43]. Землетрясение сопровождалось афтершоками, большинство из них произошло в первые сутки, а наиболее сильные афтершоки реализовались в первые 11 дней после главного толчка. Для пяти из них проведен спектральный анализ с расчетом среднесетевых значений скалярного сейсмического момента M_0 и моментной магнитуды M_w , для девяти афтершоков были

построены механизмы очагов [46]. В целом и основной толчок, и афтершоки произошли в области Черногорского разлома под действием сил сжатия близмеридионального направления и имели взбросовый тип механизма очага.

На территории Северной Осетии (Большой Кавказ) 26 января произошло Верхне-Фиагдонское землетрясение с $K_p=11.1$, ощущавшееся в населенных пунктах с интенсивностью до 4–5 баллов [24].

Два ощутимых землетрясения были зарегистрированы 1 сентября с $K_p=10.8$ и 12 декабря с $K_p=10.5$ в Чёрном море. С максимальной ощутимостью, 5 баллов и 4–5 баллов соответственно, они проявились в населенных пунктах Краснодарского края.

Выделенная в 2020 г. на территории III в сейсмическая энергия ($\Sigma E=1.33 \cdot 10^{13}$ Дж) [43] превысила таковую в предыдущем году ($6.83 \cdot 10^{12}$ Дж [1, 47]). Сейсмичность Северного Кавказа в 2020 г. в соответствии со шкалой уровня сейсмичности «СОУС-09» установлена как «фоновая средняя» за период наблюдений с 1962 г. по 2020 год.

В регионе *Копетдаг (IV)* в 2020 г. зарегистрировано 219 землетрясений с $K_p \geq 8.6$, из них 16 – ощутимые, включая одно за пределами Копетдагского региона. Для 37 событий определены механизмы очагов, в том числе для события за границами региона. Три самые крупные землетрясения региона с $K_p=13$, произошедшие 6 сентября, 26 сентября и 25 ноября в Эльбурском и Туркмено-Хорасанском районах, в зоне Эльбурс-Копетдагского сейсмолинеамента северо-восточного простирания, обозначили направление развития сеймотектонического процесса, связанного с этим сейсмолинеаментом, на северо-восток, куда последовательно мигрировали эпицентры указанных землетрясений. Максимальными по ощутимости на территории Туркменистана были землетрясения 26 сентября и 25 ноября с $K_p=13$, которые проявились в ближайших населенных пунктах с интенсивностью 4 балла. В целом по Копетдагскому региону в 2020 г. число представительных землетрясений с $K_p \geq 8.6$ (219), сейсмическая активность ($A_{10}=0.041$) и выделенная сейсмическая энергия ($\Sigma E=6.7 \cdot 10^{13}$ Дж) повысились по сравнению с аналогичными параметрами в предыдущем году, приблизившись к долговременным средним значениям ($N_{\Sigma}=216$ для землетрясений с $K_p \geq 8.6$, $A_{10}=0.044$, $\Sigma E=2.5 \cdot 10^{13}$ Дж).

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

Сейсмические наблюдения на территории *Кыргызстана и Узбекистана* 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). В Узбекистане сеть наблюдений состояла из 41 станции. Обработка землетрясений в 2020 г., как и ранее [48], осуществлялась по общепринятой инструкции [37].

Региональный каталог землетрясений за 2020 г. содержит $N_{\Sigma}=261$ событие с $K_p=8.6–14.5$ и суммарной энергией $\Sigma E=4.01 \cdot 10^{14}$ Дж. Эти параметры ниже их среднего долговременного за 24 года (1996–2019 гг.) уровня, но относительно предыдущего 2019 г. наблюдалась сейсмическая активизация во всех трех районах рассматриваемой территории: *Северо-Восточном, Юго-Западном и Южном Тянь-Шане*. Большая часть наиболее сильных землетрясений произошла в приграничных с Кыргызстаном районах Китая и Таджикистана.

Максимальным по энергии ($K_p=14.5$) стало событие, зарегистрированное на территории КНР 19 января в 13^h27^m с многочисленными афтершоками. Непосредственно на территории Кыргызстана в приграничье с Китаем произошли два довольно сильных события: 15 февраля с $K_p=12.0$ и 6 мая с $K_p=12.5$. На территории Узбекистана наиболее сильными были три землетрясения: 26 марта с $K_p=11.8$, 6 ноября с $K_p=12.4$ и 26 декабря с $K_p=11.9$, причем землетрясение 26 декабря с $K_p=11.9$, которое проявилось в Фергане (Узбекистан) с интенсивностью 5–6 баллов, оказалось максимальным по ощутимости в 2020 г. на всей рассматриваемой территории. В очагах большинства землетрясений территории Кыргызстана в 2020 г. происходили подвижки типа «сдвига-надвиг» и «взброс».

В *Таджикистане (V б)* с прилегающими районами нескольких государств (Узбекистана, Кыргызстана, Китая, Афганистана, Пакистана, Индии) сейсмичность обусловлена континентальным столкновением Индийской и Евразийской тектонических плит, которые сходятся с относительной скоростью 40–50 мм в год [49]. Субдукция Индийской плиты под Евразийскую вызывает

многочисленные землетрясения и делает этот район, по определению Ч. Рихтера, «замечательной зоной постоянной активности» [50], одной из наиболее сейсмически опасных на Земле. В 2020 г. сейсмический мониторинг осуществлялся сетью из семи сейсмических станций Геофизической службы АН Республики Таджикистан (ГС АН РТ). Создание годового каталога с включением разрозненных макросейсмических данных производилось в ГС АН РТ. Макросейсмическое обследование двух ощутимых землетрясений – Колхозабадского с $K_p=11.4$, $I_0=6$ баллов [28] и Таджикабадского с $K_p=13.3$, $I_0=7$ баллов [29] – выполнено другим академическим учреждением – Институтом геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии (ИГССС АН РТ).

Всего зарегистрировано 7839 землетрясений в диапазоне $K_p=8.6-14.3$, из них 1218 – мелкофокусные толчки с $h=1-30$ км, разбросанные на всей территории зон I–III, 6557 – землетрясения промежуточных глубин (70–276 км) Памиро-Гиндукуша в зоне IV. Ощутимыми были 67 землетрясений, два из них обследованы и построены карты изосейст. Сводный каталог механизмов очагов землетрясений содержит 45 событий. Наиболее сильные землетрясения с очагами в земной коре в зоне II – 29 января с $K_p=13.1$, $M_{WGCMT}=5.0$, 6 мая с $K_p=13.0$, $M_{WGCMT}=5.0$, 4 июля с $K_p=13.3$, $M_{WGCMT}=5.4$, 10 ноября с $K_p=13.1$, $M_{WGCMT}=5.0$ – сгруппировались в срединной части Республики между Южно-Гиссарским и Дарваз-Заалайским разломами I-го порядка, а в зоне III – на севере Памира 24 января с $K_p=13.5$, $M_{WGCMT}=5.5$ и на востоке 18 сентября с $K_p=13.3$, $M_{WGCMT}=5.2$. Максимальное землетрясение из всех зон, с $K_p=14.3$, $M_{WGCMT}=5.7$, реализовалось в Хорогской подзоне промежуточных землетрясений 16 июня на глубине $h=134$ км [51].

Движение Индийской плиты на север и ее столкновение с Евразией продолжается, но вызванный им в исследуемый год сейсмический процесс в Таджикистане и прилегающих к нему территориях протекал относительно спокойно. Даже в Афганской подзоне зоны IV промежуточных землетрясений, с глубинами очагов $h=70-276$ км, где 26.10.2015 г. произошло катастрофическое Гиндукушское землетрясение с $M_w=7.5$, $h_{rp}=217$ км [52, 53, 54], сильных землетрясений не было. В 2020 г. здесь произошло одно землетрясение с $K_p=13.1$, $h=225$ км 9 апреля и еще четыре с $K_p=13.0$ (30 марта с $t_b=4.9$, $h_{rp}=217$ км, 28 апреля с $t_b=4.7$, $h_{rp}=198$ км, 16 июня с $t_b=4.9$, $h_{rp}=228$ км, 16 октября с $t_b=4.8$, $h_{rp}=222$ км), а также 4630 толчков с $K_p=8.6-12.8$, что свидетельствует о продолжении спада активности в очаговой зоне промежуточных землетрясений.

В Казахстане (V в) сейсмический мониторинг в 2020 г., как и ранее [55], проводили две организации: Государственное учреждение «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция» Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (СОМЭ) и филиал Республиканского государственного предприятия «Национальный ядерный центр» – «Институт геофизических исследований» (ИГИ). В составе сети СОМЭ в течение 2020 г. работали 36 трехкомпонентных цифровых сейсмических станций, 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 [56]. В результате были созданы сводный каталог землетрясений Казахстана по данным двух организаций с $N_{\Sigma}=503$ с $K_p=6.6-12.1$ и каталог территории «Северный Тянь-Шань» с $N_{\Sigma}=429$ с $K_p \geq 6.6$. Зарегистрировано 4416 карьерных и шахтных взрывов, а также несколько техногенных землетрясений в районах добычи жидких и твердых полезных ископаемых; определены параметры механизмов очагов для 14 землетрясений с $K_p \geq 9$ и параметры записей сильных движений для 17 землетрясений. Описание методики распознавания взрывов и землетрясений по комплексу сейсмических и инфразвуковых записей приведено в работе [57]. Наибольшее число взрывов зарегистрировано вблизи Костаная, Караганды и Оскемена.

Самое сильное землетрясение в зоне ответственности в 2020 г. произошло на территории Джунгарии 6 июня с $K_p=12.1$, $MPVA=5.6$, $MS=4.4$. Интенсивность сотрясений в ближайших населенных пунктах не превышала 4 баллов. Самое высокое значение ускорений отмечено службой сильных движений при землетрясении 6 ноября 2020 г. с $K_p=11.3$, $MPVA=5.0$ на станции «Подгорное» (PDGK), расположенной на расстоянии 13 км от эпицентра. Амплитуда ускорений на горизонтальной компоненте составила 3.8 см/с², интенсивность сотрясений в ближайших населенных пунктах ($\Delta=43-52$ км) – 3–4 балла (MSK-64). Однако в целом сейсмический режим большей части территории Казахстана в 2020 г. характеризовался умеренной сейсмической активностью, параметры режима близки к своим долговременным средним значениям. Выделенная в 2020 г. на территории Казахстана сейсмическая энергия $\Sigma E=1.16 \cdot 10^{12}$ Дж (табл. 1) осталась на уровне таковой в 2019 г. ($2.38 \cdot 10^{12}$ Дж) [1].

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), Примурье и Приморье (VIII)*.

Сеть сейсмических станций и контролируемая ею сейсмичность *Алтая и Саян (VI)* описаны в обзорной статье [58]. В 2020 г. в регионе зарегистрировано 8438 землетрясений ($0.8 \leq ML \leq 5.3$), 4655 из которых произошли в Чуйско-Курайской зоне Республики Алтай. Самое сильное в 2020 г. землетрясение в регионе с $ML=5.3$ произошло 22 октября в 13^h38^m на южном склоне хр. Восточный Саян. Второе по мощности землетрясение с $ML=5.0$ произошло 23 марта в 22^h47^m на территории Монголии на стыке Монгольского Алтая и Котловины Больших озер. Суммарная сейсмическая энергия, выделенная в очагах землетрясений в 2020 г., составила $1.02 \cdot 10^{12}$ Дж, что является рекордно низким значением за всю историю инструментальных наблюдений.

В регионе *Прибайкалье и Забайкалье (VII)* в 2020 г. зарегистрировано 7711 землетрясений с $K_p \geq 5.6$. В Байкальской рифтовой зоне (БРЗ) локализовано 94 % этих событий. Макросейсмические эффекты на территории региона наблюдались при 36 землетрясениях ($K_p=8.4-14.6$). Максимальная наблюдаемая интенсивность сотрясений, составившая 6–7 баллов, была отмечена при двух сильнейших землетрясениях региона. Самое сильное – Быстринское – произошло 21 сентября 2020 г. в 18^h04^m в Хубсугул-Тункинском районе ($M_w=5.6$, $K_p=14.6$) [59, 60, 61]. Второе по мощности – Кударинское – произошло 9 декабря 2020 г. в 21^h44^m в Южно-Байкальском районе с $M_w=5.5$, $K_p=14.0$ [62, 63]. В целом, 2020 г. характеризовался умеренной сейсмической активностью, при этом суммарная сейсмическая энергия составила $5.71 \cdot 10^{14}$ Дж, что примерно в два раза превышает аналогичный показатель 2018–2019 гг.

В *Примурье и Приморье (VIII)* сейсмичность традиционно делится на коровую и глубоководную при отсутствии землетрясений в промежуточном слое. В 2020 г. в регионе зарегистрировано 117 сейсмических событий, из них 92 землетрясения с очагами в земной коре, девять глубоководных, 16 событий отнесено к категории «возможно взрыв». Наиболее сильное коровое землетрясение с эпицентром на территории региона в 2020 г. произошло 28 февраля в 23^h09^m с $K_p=12.9$, $M_{w_{\text{per}}}=4.7$, $h=12$ км вблизи Станового хребта в слабозаселенной части Зейского района Амурской области. Уровень сейсмичности региона в 2020 г. по методике «СОУС'09» [64] отнесен к категории «фоновый средний».

В регионе *Сахалин (IX)* сейсмичность была представлена, в основном, коровыми землетрясениями с цепочками эпицентров, вытянутыми вдоль основных разломных систем острова в меридиональном направлении, и несколькими глубоководными землетрясениями, происшедшими, в основном, в южной части региона. Сильнейшим событием региона в 2020 г. является глубоководное ($h=613$ км) землетрясение 30 ноября в 22^h54^m с $M_{w_{\text{GCMT}}}=6.4$ в центральной части Татарского пролива, примерно на широте перешейка Поясок. Несмотря на большую глубину гипоцентра, почти предельную для землетрясений Курило-Камчатской сейсмофокальной зоны, землетрясение ощущалось на поверхности. Этому редкому для региона Сахалин событию посвящена отдельная статья в настоящем выпуске журнала [30]. Уровень сейсмичности региона в 2020 г. по методике «СОУС'09» [64] отнесен к категории «фоновый повышенный», однако, как показано в [65], это относится к мантийной сейсмичности, в то время как уровень коровой можно охарактеризовать как «фоновый средний».

В *Курило-Охотском регионе (X)* в 2020 г. зарегистрированы 1572 землетрясения с магнитудой $M^P=2.5-7.5$. Гипоцентры 1180 землетрясений (75.1 %) локализованы в верхнем глубинном интервале с $h \leq 70$ км, 360 (22.9 %) – в промежуточном слое с $h=71-300$ км, 32 (2.0 %) – глубоководные $h > 300$ км. Сильнейшее за последнее десятилетие землетрясение ($M_{w_{\text{per}}}=7.5$, $MLH=7.5$) с эпицентром в Курило-Охотском регионе, получившее название Парамуширское, произошло 25 марта в 02^h49^m. Гипоцентр расположен под юго-восточным склоном Курильского глубоководного желоба напротив Северных Курил на глубине $h=60$ км, что является редким случаем для землетрясений в данном районе. Землетрясение 25 марта стало самым сильным внутриплитовым событием на изгибе Тихоокеанской плиты в Курило-Камчатской зоне субдукции с известным механизмом очага, сформировавшимся в условиях субгоризонтального сжатия. Этому сейсмическому событию посвящена отдельная статья в настоящем выпуске журнала

[27]. Еще одно сильное ($M_{w\text{рег}}=6.9$) землетрясение произошло 13 февраля в $10^{\text{h}}33^{\text{m}}$ в районе Южных Курил с эпицентром между островами Итуруп и Уруп на глубине $h=142$ км. Землетрясение ощущалось во всех населенных пунктах Южно-Курильского и Курильского районов с интенсивностью сотрясений до 5–6 баллов. Подробная информация о землетрясении изложена в отдельной статье [26]. Уровень сейсмичности региона в 2020 г. по методике «СОУС'09» [64] отнесен к категории «фоновый средний».

В регионе **Камчатка и Командорские острова (XI)** в 2020 г. определены параметры 6576 землетрясений в энергетическом диапазоне $ML=0.45\text{--}7.65$ ($K_S=2.4\text{--}16.8$) [66]. На территории Камчатского края и Северных Курильских островов в 2020 г. с интенсивностью I от 1–2 до 6–7 баллов ощущались 94 землетрясения с $ML=3.55\text{--}7.65$ ($K_S=8.6\text{--}16.8$), а также наблюдались проявления не вошедшего в Камчатский каталог землетрясения (входит в каталог Курило-Охотского региона) 13 февраля в $10^{\text{h}}33^{\text{m}}$ с глубиной $h=158$ км, $K_P=14.3$, $M_w=7.0$ с эпицентром в Охотском море вблизи северо-западного побережья о. Итуруп [26]. Максимальная интенсивность сотрясений $I_{\text{max}}=6\text{--}7$ баллов наблюдалась в г. Северо-Курильске ($\Delta=223$ км) во время Парамуширского землетрясения 25 марта в $02^{\text{h}}49^{\text{m}}$ с $ML=7.65$ ($K_S=16.8$, $M_w=7.4$), $h=48$ км [27]. Это второе после землетрясения Углового Поднятия 2018 г. [67] событие с магнитудой более 7, которое реализовалось в северо-западной части Тихоокеанской литосферной плиты за последние 50 лет. Для каталога Камчатки и Командорских островов число зафиксированных событий в 2020 г. с $ML\geq 3.5$ превышает среднегодовое значение в полтора раза. Уровень сейсмичности по шкале «СОУС'09» [64] в 2020 г. соответствует высокому уровню сейсмичности. Суммарная энергия всех зарегистрированных в 2020 г. землетрясений региона составила $\Sigma E=6.4\cdot 10^{16}$ Дж.

Отдельная статья в журнале «Землетрясения Северной Евразии» традиционно посвящена сейсмичности на вулканах Камчатки [68]. Согласно данным за 2020 г., в районе Северной, Авачинской и Мутновско-Гореловской групп вулканов, а также вулканов Кизимен, Жупановский и Карымский было лоцировано 4910 землетрясений, высвобожденная в их очагах суммарная сейсмическая энергия составила $\Sigma E=1.56\cdot 10^9$ Дж.

В регионе **Северо-Восток России (XII)** в 2020 г. сеть наблюдений из 14 цифровых сейсмических станций зарегистрировала 327 сейсмических событий с $K_P=6.2\text{--}15.0$, из них 213 землетрясений с $K_P=6.2\text{--}12.2$ – в границах региона [69]. Как обычно, большая их часть локализована в районе Колымы. Самое сильное в границах региона землетрясение с $K_P=12.2$ и магнитудой $mb=4.3$ ($M_S=3.7$) произошло 1 ноября в $11^{\text{h}}44^{\text{m}}$ в Беринговом море у восточной границы региона. Другое сильное землетрясение с $K_P=13.0$, реализовавшееся 1 сентября в $00^{\text{h}}51^{\text{m}}$, является одним из сильнейших событий роя, который регистрировался с 26 декабря 2019 г. в заливе Шелихова. По данным станций сети Магаданского филиала ФИЦ ЕГС РАН, его эпицентр находится на территории Северо-Востока. Но, как и все события этого роя, оно отнесено к территории Камчатки, т.к. большинство землетрясений этой последовательности находится в зоне Камчатского региона [66]. Суммарная сейсмическая энергия, выделившаяся в границах региона, составила $\Sigma E=3.448\cdot 10^{12}$ Дж. Уровень сейсмичности Северо-Востока России в 2020 г., согласно шкале «СОУС'09» [64], оценен как «фоновый средний» за период наблюдений с 1968 по 2020 год.

В **Якутии (XIII)** мониторинг сейсмичности в 2020 г. по-прежнему выполнялся стационарной сетью из 20 цифровых станций ФИЦ ЕГС РАН, но локальная сеть полевых станций в рамках проекта «Seismicity and neotectonics of Laptev Sea region (SIOLA)» совместно с Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН (г. Москва) и Гельмгольцким центром полярных и морских исследований Полярного института им. А. Вегенера (Германия) расширилась с 25 до 32 [70]. Они располагались непосредственно в дельте р. Лена вдоль Оленёкской протоки и в губе Буор-Хая. Сбор данных с этих станций, фиксировавших без пропусков толчки с $K_P\geq 7$, был произведен в полевой период 2020 года. Вся действующая сеть в целом позволила сохранить представительность K_{min} на том же уровне, что и в 2019 г., а именно: $K_P\geq 8\text{--}9$ для восточных районов, $K_P=7$ в Южной Якутии, $K_P\geq 8$ от побережья моря Лаптевых до Северного Приохотья (система хребтов Черского), $K_P\geq 11\text{--}12$ для всей территории Республики Саха (Якутия). В итоге в течение 2020 г. было зарегистрировано 360 землетрясений с $K_P\geq 7.2$, $\Sigma E=7.03\cdot 10^{11}$ Дж против $N_{\Sigma}=380$, $\Sigma E=2.78\cdot 10^{12}$ Дж в 2019 году. В целом пространственное распределение эпицентров в 2020 г. критично не изменилось, т.к. оно определяется взаимодействием крупных тектонических плит – Евразийской, Северо-Американской и Амурской (малая плита Евразии). Наибольшая сейсмическая энергия выделилась в двух районах: Хребет Черского (№ 9) и Лаптевском (№ 11) – 39.1 %

и 35.1 % всей сейсмической энергии соответственно. Максимум количества землетрясений зафиксирован в районе № 11, а в районе № 9 произошли повторные толчки, тяготеющие к уже известным эпицентральному полям 7-балльного Верхнемомского землетрясения 2011 г. [71] и 9-балльного Илин-Тасского (Абыйского) землетрясения 2013 г. [72].

Сейсмичность **Восточно-Европейской платформы (ВЕП) (XIV)** описана в журнале двумя статьями: по российской части с ее ближайшим окружением [73] и по территории Беларуси [74].

На российской территории Восточно-Европейской платформы зарегистрировано 37 сейсмических событий тектонической и техногенно-тектонической природы. Как и ранее, слабая природная и природно-техногенная сейсмичность регистрировалась на территории Воронежского кристаллического массива и Балтийского щита: в Карелии, приграничных с Финляндией районах, вблизи Кандалакшского залива, в пределах Хибинского, Ковдорского массивов и в районе Вите-губы оз. Имандра на Кольском полуострове. Особенностью сейсмичности 2020 г. является возникновение землетрясений в палеорифтовых структурах северо-востока Восточно-Европейской платформы: в Кировско-Кажимском и Среднерусском авлакогенах. Заметное ($ML=3.3$) и вместе с тем редкое землетрясение произошло 8 марта 2020 г. в $23^{\text{h}}29^{\text{m}}$ в Ленском районе Архангельской области вблизи границы с Республикой Коми. Оно является тектоническим, среднекоровым и приурочено к северному флангу Среднерусского авлакогена – Котласскому. Близким по значению локальной магнитуды было землетрясение 16 сентября 2020 г. в $01^{\text{h}}04^{\text{m}}$ с $ML=3.2$, произошедшее в Слободском районе Кировской области в 20 км северо-восточнее места впадения р. Белая Холуница в р. Вятка, его эпицентр относится к Кировско-Кажимскому авлакогену Волго-Уральской антеклизы, являющейся самой сейсмически активной структурой северо-востока ВЕП.

Суммарный объем выделившейся сейсмической энергии в 2020 г. составляет $\Sigma E=7.16 \cdot 10^9$ Дж, что в два раза меньше, чем в 2019 г., но в два раза больше энергии, выделившейся в 2018 году.

На территории *Беларуси* (XIV б) в 2020 г. зарегистрировано 65 событий с $K_d=5.3-8.5$, что немного ниже годовых значений числа землетрясений в 2018 и 2019 гг. Все события локализованы в южной части зоны ответственности, включающей Солигорский горнопромышленный район [74]. 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 2020 г. ($\Sigma E=1.74 \cdot 10^9$ Дж) оставался повышенным относительно его минимальных значений в 2010–2012 гг., но не достиг долговременного среднего уровня за период 1983–2019 гг. ($\Sigma E=2.17 \cdot 10^9$ Дж). Число сейсмических событий в 2020 г. ($N=65$), наоборот, значительно превышает среднее долговременное фоновое значение ($N=46$).

Регион «**Урал и Западная Сибирь**» (XV) охватывает огромную территорию континентальной части Евразийской литосферной плиты, но слабая рассеянная сейсмичность проявляется в основном в пределах *Урало-Монгольского складчатого пояса*, представленного складчатыми структурами Урала, в частности, Главным Уральским Разломом (ГУР) субмеридионального простираения. Сейсмическому мониторингу этого региона посвящена статья в текущем выпуске журнала [75].

В 2020 г. в конфигурации региональной сейсмологической сети произошли изменения. 30 июля 2020 г. в Челябинской области была открыта новая стационарная сейсмическая станция «Катав-Ивановск». Станция размещена в с. Верх-Катавка, расположенном в 20 км к юго-востоку от эпицентра Катав-Ивановского землетрясения 04.09.2018 г. [76]. На станции установлен велосиметр Nanometrics Trillium Compact PH 20s [77], размещенный в скважине на глубине 1.5 м, на верхней границе скальных пород. Открытие данной стационарной сейсмической станции позволило понизить магнитудный порог представительной регистрации в пределах Южного Урала до $ML \geq 2.2$ [75]. На сейсмической станции «Власы» (PR4R) в 2020 г. произведен перенос бункера для размещения сейсмометров, обусловленный необходимостью снижения уровня фоновых сейсмических помех, возросших в связи с расширением поселка, и оптимизации издержек по частому ремонту длинных кабельных линий связи.

Сейсмической сетью региона, состоящей из 18 станций, в 2020 г. было зарегистрировано 403 сейсмических события и определены их основные параметры. На долю массовых и технологических взрывов, проводимых на горнодобывающих предприятиях Пермского края, Свердловской, Челябинской областей и Республики Башкортостан, приходится большая часть зарегистрированных событий – 338. К категории «тектоническое землетрясение» и «возможно индуцированное землетрясение» отнесено 29 событий. 36 сейсмических событий являются горно-тектоническими ударами на шахтах Североуральского бокситового месторождения (АО «СУБР»). В Пермском крае в 2020 г. было зарегистрировано 21 землетрясение. Почти все они (20 событий) произошли в пределах сейсмически активной зоны «Таборы» – района д. Таборы Добрянского муниципального округа Пермского края. В 2020 г. впервые за весь период инструментального сейсмологического мониторинга в данной зоне было зарегистрировано два события с магнитудой, близкой к $M_L=3.0$: 14 февраля в $11^{\text{h}}38^{\text{m}}$ с $M_L=2.9$ и 13 марта в $22^{\text{h}}44^{\text{m}}$ с $M_L=2.8$. С тектонической точки зрения эпицентры событий расположены в Косьвинско-Чусовской седловине Предуральского краевого прогиба.

В эпицентральной области Катав-Ивановского землетрясения в 2020 г. [76] произошло четыре землетрясения. Самое сильное из них было зарегистрировано 22 июля 2020 г. в $12^{\text{h}}10^{\text{m}}$ с магнитудой $M_L=3.5$. Одно землетрясение локализовано в пределах Ханты-Мансийского округа (Югра), на территории Западно-Сибирской плиты. Оно произошло 21 февраля 2020 г. в $20^{\text{h}}58^{\text{m}}$ на расстоянии ~ 55 км к северо-востоку от г. Ханты-Мансийска и имело магнитуду $M_L=3.5$ ($M_s=3.6$). Природа этого события определена как «возможно индуцированное», так как эпицентр этого события находится вблизи Приобского нефтяного месторождения.

Суммарная сейсмическая энергия, выделенная на территории региона в 2020 г. ($\Sigma E=1.27 \cdot 10^9$ Дж), снизилась по сравнению с ее значением за 2019 г. ($\Sigma E=2.41 \cdot 10^9$ Дж).

В течение инструментального периода наблюдений вплоть до конца XX века сеть станций в регионе **Арктика** (XV) была редкой и неравномерной. С начала XXI века на арктических архипелагах Шпицберген, Земля Франца-Иосифа и Северная Земля, а также на побережье Баренцева и Карского морей появились новые российские стационарные сейсмические станции и сейсмические группы. В 2020 г. в регионе функционировало несколько международных и региональных сетей сейсмических станций разных стран и организаций, в том числе 25 российских станций.

Для подготовки обзора сейсмичности Арктики за 2020 г. [78] составлен сводный каталог землетрясений по данным сейсмического мониторинга Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лавёрова Уральского отделения РАН, Кольского и Якутского филиалов ФИЦ ЕГС РАН, с привлечением данных Сейсмологического бюллетеня [4] и ISC [5].

При составлении сводного каталога землетрясений Арктики впервые применена методика однородной классификации землетрясений с опорой на магнитуду по поверхностным волнам: $M=M_s$. Магнитуда M применялась при расчете энергии отдельных землетрясений в соответствии с предложенным в [1] подходом, использующим пересчет энергии из энергетического класса K_p по шкале Т.Г. Раутиан [6] ($\lg E=K_p$), формулы его связи с магнитудой M (1) и (2) и соотношения (4), (7), (18), (20) между M и магнитудами M_s , M_w , M_L . Ранее энергия рассчитывалась с помощью формулы Касахара [79] ($\lg E, \text{ Дж} = 2.4m_b - 1.2$) и пересчета локальной магнитуды M_L в $m_b, \text{ ISC}$.

В сводный каталог землетрясений Арктики за 2020 г. вошло 475 землетрясений с $M_L=1.7-5.2$ ($M=-0.15-5.6$). Большая часть очагов приурочена к срединно-океаническим хребтам Мона, Книповича, Гаккеля и Шпицбергенско-Гренландской зоне разломов. В пределах хребтов произошло и самое сильное землетрясение в 2020 г.: 14 декабря в $19^{\text{h}}35^{\text{m}}$ с $M_S=5.6$ [4] и $M_w_{\text{GCMT}}=5.9$ [5].

Выделенная на территории Арктики в 2020 г. сейсмическая энергия составила $\Sigma E=1.64 \cdot 10^{14}$ Дж. Это значение на порядок выше, чем в 2019 г. ($\Sigma E=1.16 \cdot 10^{13}$ Дж), но близко к суммарной сейсмической энергии в 2018 г. ($\Sigma E=1.1 \cdot 10^{14}$ Дж).

Заключение. Сейсмический процесс в большинстве регионов Северной Евразии, судя по количеству землетрясений и выделенной сейсмической энергии, протекал относительно спокойно. Суммарная сейсмическая энергия по Северной Евразии в целом ($\Sigma E_{\text{ан}}=3.42 \cdot 10^{16}$ Дж) не достигла в 2020 г. среднегодового уровня за предыдущий период 2006–2019 гг. ($\Sigma E_{\text{ан}}=4.83 \cdot 10^{16}$ Дж), оставаясь на уровне годовых значений выделенной энергии за 2017

и 2018 гг., но значительно превышая энергию за 2019 г. ($\Sigma E_{an}=0.62 \cdot 10^{16}$ Дж). За последние семь лет (2014–2020 гг.) годовые значения кумулятивного графика выделения сейсмической энергии на территории Северной Евразии были близки к линейной зависимости $\Sigma E_{cum}(t)$ за период 2006–2020 гг., не выходя за пределы ее 95 % доверительного интервала, что означает отсутствие резких изменений скорости деформации, приводящих к накоплению тектонической энергии и ее выделению в виде крупных сейсмических подвижек.

Максимальным по магнитуде ($MS=Mw_{GCMT}=7.5$) и ощутимости (6–7 баллов в г. Северо-Курильске) было Парамуширское землетрясение 25 марта в 02^h49^m, сильнейшее инструментально зарегистрированное внутриплитное землетрясение с очагом в Тихоокеанской плите на глубине 20–70 км (основной диапазон глубин афтершоков) в области ее изгиба перед погружением в зону субдукции. С такой же интенсивностью на территории Северной Евразии ощущались в 2020 г. еще пять землетрясений, произошедших на Курилах, в Таджикистане, в Прибайкалье и Забайкалье.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания № 075-00682-24 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://ckp-rf.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_2020 (<http://www.gsras.ru/zse/app-27.html>): 1 – Список всех сейсмических станций Северной Евразии за 2020 г.; 2 – Сводный каталог землетрясений Северной Евразии за 2020 г.; 3 – Сводный каталог макросейсмических проявлений ощутимых землетрясений Северной Евразии в 2020 г.; 4 – Список населенных пунктов, из которых получены сообщения об ощутимых землетрясениях Северной Евразии за 2020 год.

Л и т е р а т у р а

1. Маловичко А.А., Петрова Н.В., Габсатарова И.П., Левина В.И., Михайлова Р.С., Курова А.Д. Сейсмичность Северной Евразии в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 10–34. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.01> EDN: ZSVQJD
2. Шерман С.И. Сейсмический процесс и прогноз землетрясений: тектонофизическая концепция. – Новосибирск, Россия: Общество с ограниченной ответственностью Академическое издательство Гео, 2014. – 359 стр.
3. Маловичко А.А., Петрова Н.В., Габсатарова И.П., Михайлова Р.С., Левина В.И., Старовойт О.Е., Курова А.Д. Сейсмичность Северной Евразии в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 10–30. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2021.24.01>
4. Сейсмологический бюллетень (сеть телесеизмических станций), 2020. (2024) // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2020
5. International Seismological Centre. (2024). On-line Bulletin. <https://doi.org/10.31905/D808B830>
6. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9 (176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
7. Пронишин Р.С., Прокопишин В.И., Стецькив А.Т., Келеман И.Н., Гаранджа И.А., Добротвир Х.В., Вербицкая О.Я., Давыдяк О.Д., Герасименюк Г.А., Гандарова Г.З., Кикеля Л.М., Вербицкая О.С., Олийнык Г.И. Каталог землетрясений Карпат за 2020 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-27.html>
8. Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю., Тону Н.А., Михайлова Р.С., Лукаш Н.А. Дополнение к региональному каталогу землетрясений Карпат по данным Молдовы за 2020 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-27.html>
9. Петрова Н.В., Левина В.И. Межмагнитудные связи для создания сводного каталога землетрясений Карпатского региона // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Тезисы XVIII Международной сейсмологической школы / Отв. ред. А.А. Маловичко. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2024. – С. 65.
10. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Горячун А.В. Землетрясения Крымско-Черноморского региона. – Киев: Наукова думка, 1989. – 192 с.

11. Соловьев С.Л., Соловьёва О.Н. Соотношение между энергетическим классом и магнитудой Курильских землетрясений // Физика Земли. – 1967. – № 2. – С. 13–23.
12. Федотов С.А. Энергетическая классификация K_S Курило-Камчатских землетрясений и проблема магнитуд. – М.: Наука, 1972. – 117 с.
13. 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>
14. 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.
15. 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.
16. 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.
17. Гусев А.А., Мельников В.Н. Связи между магнитудами – среднемировые и для Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 1990. – № 6. – С. 55–63.
18. 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.
19. Соловьёва О.Н., Соловьёв С.Л. Новые данные о динамике сейсмических волн неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений // Проблемы цунами. – М.: Наука, 1968. – С. 75–97.
20. Виноградов Ю.А., Рыжикова М.И., Пойгина С.Г., Петрова Н.В., Коломиец М.В. Сильные землетрясения на территории земного шара и России в I полугодии 2020 г. по данным ФИЦ ЕГС РАН // Российский сейсмологический журнал. – 2020. – Т. 2, № 3. – С. 7–21. DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2020.3.01>
21. 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
22. Ekström G., Dziewonski A.M. Evidence of bias in estimations of earthquake size // Nature. – 1988. – V. 332, N 6162. – P. 319–323.
23. Сеньюков С.Л., Нуждина И.Н. Сейсмичность вулканических районов Камчатки в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 г.). – С. 354–370. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.31> EDN: EADZDV
24. Дмитриева И.Ю., Багаева С.С., Саяпина А.А. Ощутимые землетрясения Северного Кавказа в 2020 году: Верхне-Фиагдонское 26 января 2020 г. с $K_p=11.2$, $I_0=5$ баллов и Джейрахское 24 мая 2020 г. с $K_p=10.6$, $I_0=4$ балла // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 265–276. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.24> EDN: QNHDOA
25. Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. Ощутимые в Молдове землетрясения 2020 года (Румыния-Молдова) // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 255–264. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.23> EDN: QFBFSB
26. Сафонов Д.А., Семёнова Е.П. Землетрясение 13 февраля 2020 г., $M_w=6.9$ (пролив Фриза, Курильские острова) // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 277–288 DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.25> EDN: RUJHT
27. Чебров Д.В., Матвеев Е.А., Абубакиров И.Р., Ландер А.В., Митюшкина С.В., Павлов В.М., Раевская А.А., Ромашева Е.И., Салтыков В.А., Сеньюков С.Л. Парамуширское землетрясение 25 марта 2020 г. $M_L=7.7$, $M_w=7.4$ // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 289–300. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.26> EDN: RZVNFO
28. Джураев Р.У. Колхозабдское землетрясение 24 апреля 2020 г. с $K_p=11.4$, $M_{WGSM}=4.6$, $I_0=6$ баллов (Таджикистан) // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 301–312. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.27> EDN: TMGSHG
29. Джураев Р.У. Таджикибадское землетрясение 4 июля 2020 г. с $M_S=5.2$, $I_0=7$ баллов (Таджикистан) // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 313–322. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.28> EDN: UMJKTA
30. Семенова Е.П., Костылев Д.В., Костылева Н.В. Глубокофокусное землетрясение 30 ноября 2020 г. в Татарском проливе, $M_w=6.4$ (о. Сахалин) // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 323–334. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.29> EDN: VHNXIF

31. 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
32. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Международная шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
33. ГОСТ Р 57546–2017. Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 28 с.
34. The Modified Mercalli Intensity Scale. Earthquake Topics // USGS [Web Site]. – URL: <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/modified-mercalli-intensity-scale>
35. Japan Meteorological Agency. (2024). – URL: <https://www.jma.go.jp/jma/indexe.html>
36. ГОСТ Р 53166–2008. Землетрясения. Воздействие природных внешних условий на технические изделия. Общая характеристика. – Москва: Стандартинформ, 2009. – 20 с.
37. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. – М.: Наука, 1982. – 273 с.
38. Вербицкий С.Т., Пронишин Р.С., Прокопишин В.И., Стецькив А.Т., Ницименко И.М., Келеман И.Н., Герасименюк Г.А., Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. Сейсмичность Карпат в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 35–43. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.02> EDN: ATXJGJ
39. Патина И.С., Леонов Ю.Г., Волож Ю.А., Копп М.Л., Антипов М.П. Крымско-Копетдагская зона концентрированных орогенических деформация как трансрегиональный позднеколлизийный правый сдвиг // Геотектоника. – 2017. – № 4. – С. 17–30.
40. Свидлова В.А., Бондарь М.Н. Сейсмичность Крымско-Черноморского региона в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С.44–51 DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.03> EDN: CWXQWP
41. Етирмишли Г.Д., Исмаилова С.С., Казымова С.Э., Исламова Ш.К. Сейсмичность Азербайджана и прилегающих территорий в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 27 (2020). – С. 52–59. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.04> EDN: DENDGF
42. Абгарян Г.Р., Саргсян Г.В., Геворгян А.А., Петрова Н.В. Сейсмичность Армении и прилегающих территорий в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 60–68. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.05> EDN: DGRSUO
43. Габсатарова И.П., Королецки Л.Н., Саяпина А.А., Багаева С.С., Адилов З.М., Асманов О.А. Сейсмичность Северного Кавказа в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С.69–80. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.06> EDN: DPWUCN
44. Сарыева Г.Ч., Безменова Л.В., Петрова Н.В. Сейсмичность Копетдагского региона в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 81–90. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.07> EDN: ESTODM
45. Пустовитенко Б.Г., Эреджепов Э.Э., Бондарь М.Н. Спектральные и очаговые параметры землетрясений Крымско-Черноморского региона в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 231–241. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.21> EDN: KOLHOO
46. Зверева А.С., Скоркина А.А., Габсатарова И.П. Спектральные и очаговые параметры землетрясений Северного Кавказа в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 242–254. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.22> EDN: NZRLES
47. Габсатарова И.П., Королецки Л.Н., Иванова Л.Е., Саяпина А.А., Багаева С.С., Адилов З.М., Асманов О.А. Сейсмичность Северного Кавказа в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 73–91. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.06> EDN: ZOYJVU
48. Абдрахматов К.Е., Фролова А.Г., Берёзина А.В., Шукурова Р., Першина Е.В., Кучкаров К.И. Сейсмичность Кыргызстана и Узбекистана в 2018 и 2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 102–110. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.08> EDN: XZLZUX
49. Hayes G.P., Myers E.K., Dewey J.W., Briggs R.W., Earle P.S., Benz H.M., Smoczyk G.M., Flamme H.E., Barnhart W.D., Gold R.D., Furlong K.P. Tectonic summaries of magnitude 7 and greater earthquakes from 2000 to 2015 // US Geological Survey. – 2017. – V. 2016, N 192. – 148 p.
50. Рихтер Ч. Элементарная сейсмология. – М.: ИЛ, 1963. – 670 с.
51. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Сейсмичность Таджикистана и прилегающих территорий в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 101–113. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.09> EDN: FOXCPR

52. Михайлова Р.С., Улубиева Т.Р., Петрова Н.В. Гиндукушское землетрясение 26 октября 2015 г. с $M_w=7.5$, $I_0=7$: предшествующая сейсмичность и афтершоковая последовательность // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 324–339. DOI: 10.35540/1818-6254.2021.24.31
53. Kufner S.K., Schurr B., Haberland C., Zhang Y., Saul J., Ischuk A., Oimahmadov I. Zooming into the Hindu Kush slab break-off: A rare glimpse on the terminal stage of subduction // Earth and Planetary Science Letters. – 2017. – V. 461. – P. 127–140.
54. Kufner S.K., Kakar N., Bezada M., Bloch W., Metzger S., Yuan X., Schurr B. The Hindu Kush slab break-off as revealed by deep structure and crustal deformation // Nature communications. – 2021. – V. 12, N 1. – P. 1–11.
55. Михайлова Н.Н., Соколова И.Н., Жунусова А.Ж. Сейсмичность Казахстана и прилегающих территорий в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 120–132. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.10> EDN: YFKEUM
56. Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний. Прил. 1. – Вена, 2009. – 153 с.
57. Смирнов А.А., Мукамбаев А.С., Михайлова Н.Н. Методика распознавания сейсмических событий по комплексу инфразвуковых и сейсмических данных // Вестник НЯЦ РК. – 2020. – Вып. 2. – С. 105–110.
58. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Шевкунова Е.В., Подкорытова В.Г. Сейсмичность Алтае-Саянского региона в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 127–134. <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.11> EDN: GERVJY
59. Гилёва Н.А., Кобелева Е.А., Радзиминович Я.Б., Мельникова В.И., Чечельницкий В.В. Быстринское землетрясение 21.09.2020 г. ($M_w=5.5$) в Южном Прибайкалье: Предварительные результаты инструментальных и макросейсмических наблюдений // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2020. – Т. 47, № 4. – С. 55–71. DOI: <https://doi.org/10.21455/VIS2020.4-4> EDN: BBDWFE
60. Filippova A.I., Bukchin B.G., Fomochkina A.S., Melnikova V.I., Radziminovich Y.B., Gileva N.A. Source process of the September 21, 2020 M_w 5.6 Bystraya earthquake at the South-Eastern segment of the Main Sayan fault (Eastern Siberia, Russia) // Tectonophysics. – 2022. – V. 822. – P. 229162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2021.229162> EDN: DQTPPV
61. Радзиминович Я.Б., Новопашина А.В., Лухнева О.Ф., Кадетова А.В., Гилёва Н.А. Детальное макросейсмическое обследование и рациональный подход к оценке интенсивности сотрясений на территории крупного города (на примере последствий Быстринского землетрясения 21.09.2020 г. в Иркутске) // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2022. – Т. 49, № 1. – С. 34–51. DOI: <https://doi.org/10.21455/VIS2022.1-3> EDN: BCLMUP
62. Тубанов Ц.А., Санжиева Д.П.-Д., Кобелева Е.А., Предеин П.А., Цыдыпова Л.Р. Кударинское землетрясение 09.12.2020 г. ($M_w=5.5$) на озере Байкал: результаты инструментальных и макросейсмических наблюдений // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2021. – Т. 48, № 4. – С. 32–47. DOI: <https://doi.org/10.21455/VIS2021.4-2> EDN: HJEMXK
63. Radziminovich Y.B., Gileva N.A., Tubanov T.A., Lukhneva O.F., Novopashina A.V., Tsydyrova L.R. The December 9, 2020, M_w 5.5 Kudara earthquake (Middle Baikal, Russia): internet questionnaire hard test and macroseismic data analysis // Bulletin of Earthquake Engineering. – 2022. – V. 20, N 3. – P. 1297–1324. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10518-021-01305-8> EDN: EVMQWQ
64. Салтыков В.А. Статистическая оценка уровня сейсмичности: методика и результаты применения на примере Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 2011. – № 2. – С. 53–59.
65. Сафонов Д.А., Фокина Т.А. Сейсмичность юга Дальнего Востока России в 2020 году // Геосистемы переходных зон. – 2021. – Т. 5, № 4. – С. 308–319. DOI: <https://doi.org/10.30730/gtr.2021.5.4.308-319>
66. Чебров Д.В., Матвеев Е.А., Абубакиров И.Р., Дрознина С.Я., Митюшкина С.В., Павлов В.М., Раевская А.А., Ромашева Е.И., Салтыков В.А. Сейсмичность Камчатки и Командорских островов в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 162–163. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.14> EDN: HIOXIU
67. Чебров Д.В., Кугаенко Ю.А., Ландер А.В., Абубакиров И.Р., Дрознина С.Я., Митюшкина С.В., Павлов В.М., Салтыков В.А., Серафимова Ю.К., Титков Н.Н. Землетрясение углового поднятия 20 декабря 2018 г. $M_w=7.3$ в зоне сочленения Камчатского и Алеутского океанических желобов // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2020. – Вып. 45, № 1. – С. 100–117.
68. Сеников С.Л., Нуждина И.Н. Сейсмичность вулканических районов Камчатки в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 347–363 DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.31> EDN: XPLRMS
69. Алёшина Е.И., Курткин С.В., Карпенко Л.И. Сейсмичность Северо-Востока России в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 174–182. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.15> EDN: HNOTYP
70. Шибаев С.В., Geissler W., Макаров А.А., Туктаров Р.М., Куляндина А.С. Сейсмичность Якутии в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 183–188. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.16> EDN: HMOVQF

71. Козьмин Б.М., Шибаев С.В. Якутия // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 202–208.
72. Шибаев С.В., Козьмин Б.М., Имаева Л.П., Имаев В.С., Петров А.Ф., Старкова Н.Н. Илин-Тасское (Абыйское) землетрясение 14 февраля 2013 г. с $M_w=6.7$ (Северо-Восток Якутии) // Российский сейсмологический журнал. – 2020. – Т. 2, № 1. – С. 92–102. DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2020.1.09>.
73. Носкова Н.Н., Габсатарова И.П., Баранов С.В., Ваганова Н.В., Зуева И.А., Ковалева И.С., Конечная Я.В., Карпинская О.В., Лебедев А.А., Мещерякова В.А., Бакунович Л.И., Морозов А.Н., Мунирова Л.М., Надёжка Л.И., Петров С.И., Пивоваров С.П. Сейсмичность Российской части Восточно-Европейской платформы и ближайшего окружения в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 189–197 DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.17> EDN: HVJCFV
74. Аронова Т.И., Аронов Г.А., Захаревич О.В., Аронов А.Г. Сейсмичность на территории Беларуси в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 198–204. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.18> EDN: HZTBPO
75. Верхованцев Ф.Г., Голубева И.В., Дягилев Р.А., Злобина Т.В. Сейсмичность Урала и Западной Сибири в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 205–222. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.19> EDN: IXPMMM
76. Верхованцев 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
77. Trillium Compact Vault Seismometer. Nanometrics Inc. (2024). [Site]. – URL: https://nanometrics.ca/hubfs/Downloads/Data%20Sheets/trillium_compact.pdf
78. Морозов А.Н., Антоновская Г.Н., Асминг В.Э., Баранов С.В., Ваганова Н.В., Виноградов Ю.А., Конечная Я.В., Федоров А.В., Шибаев С.В. Сейсмичность Арктики в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 223–230. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.20> EDN: JNYUWA
79. Касахара К. Механика землетрясений. – М.: Мир, 1985. – С. 25.

SEISMICITY of NORTHERN EURASIA in 2020

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

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

Abstract. In 2020, monitoring of seismicity in Northern Eurasia, consisting of 16 regions of Russia and neighboring countries, was carried out by networks of seismic stations in Russia, Azerbaijan, Armenia, Belarus, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Moldova, Tajikistan, Turkmenistan, Uzbekistan and Ukraine. In total, the networks included 675 digital, two analogue stations and eight seismic groups. Based on regional catalogs, a consolidated catalog of earthquakes in Northern Eurasia, containing 28,348 tectonic earthquakes, was created. About 21 thousand of them are located in the earth's crust ($h < 70$ km), more than 7 thousand are at intermediate depths ($h = 70–300$ km), and only 90 are at depths greater than 300 km. In most regions, the seismic process occurred in the background. The total seismic energy released in the specified territory in 2020 ($\Sigma E_{an} = 3.42 \cdot 10^{16}$ J) was lower than the average annual level for the previous period 2006–2019 ($\Sigma E_{an} = 4.83 \cdot 10^{16}$ J), but significantly exceeded the energy for 2019 ($\Sigma E_{an} = 0.62 \cdot 10^{16}$ J).

Keywords: Northern Eurasia, region, 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., 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

References

1. Malovichko, A.A., Petrova, N.V., Gabsatarova, I.P., Levina, V.I., Mikhailova, R.S., & Kurova, A.D. (2022). [Seismicity of Northern Eurasia in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 10–34. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.01> EDN: ZSVQJ
2. Sherman, S.I. (2014). *Sejsmicheskij 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. Malovichko, A.A., Petrova, N.V., Gabsatarova, I.P., Mikhailova, R.S., Levina, V.I., Starovoit, O.E., & Kurova, A.D. (2021). [Seismicity of Northern Eurasia in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 10–30. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2021.24.01>
4. GS RAS, Bulletin of Teleseismic Stations, 2020. (2024). Retrieved from http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2020
5. International Seismological Centre. (2024). On-line Bulletin. Retrieved from <https://doi.org/10.31905/D808B830>
6. 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.).
7. Pronishin, R.S., Prokopishin, V.I., Stetskiv, A.T., Keleman, I.N., Garandzha, I.A., Dobrotvir, H.V., Verbitskaya, O.Ya., Davydyak, O.D., Gerasimenyuk, G.A., Gandarova, G.Z., Kikelya, L.M., Verbitskaya, O.S., & Oliynyk, G.I. (2024). [Catalog of earthquakes in the Carpathians for 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-27.html> (In Russ.).
8. Stepanenko, N.Ya., Cardanets, V.Yu., Tonu, N.A., Mikhailova, R.S., & Lukash, N.A. (2024). [Addition to the regional catalog of earthquakes in the Carpathians according to data from Moldova for 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-27.html> (In Russ.).
9. Petrova, N.V. & Levina, V.I. (2024). [Intermagnitude relationships for creating a consolidated catalog of earthquakes in the Carpathian region]. In *Sovremennye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh. Tezisy XVIII Mezhdunarodnoi seismologicheskoi shkoly* [Modern methods of processing and interpretation of seismological data. Abstracts of the XVIII International Seismological Workshop] (p. 65). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
10. 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.).
11. 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.).
12. Fedotov, S.A. (1972). *Energeticheskaya klassifikatsiya 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.).
13. 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>
14. 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.
15. 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.).
16. 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.).
17. Gusev, A.A., & Mel'nikova, V.N. (1990). Relationships between magnitudes: average–world and for Kamchatka. *Volcanology and seismology*, 6, 55–63.
18. 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.).
19. 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.).
20. Vinogradov, Yu.A., Ryzhikova, M.I., Poygina, S.G., Petrova, N.V., & Kolomiets, M.V. (2020). [Strong earthquakes in the Globe and Russia in the first half of 2020 according to the GS RAS]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 2(3), 7–21. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2020.3.01>
21. 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 seismologicheskikh dannykh. Tezisy XVI Mezhdunarodnoj seismologicheskoi 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
22. Ekström, G., & Dziewonski, A.M. (1988). Evidence of bias in estimations of earthquake size. *Nature*, 332(6162), 319–323.

23. Senyukov, S.L., Droznina, S.Ya., Karpenko, E.A., Ledneva, N.A., Nazarova, Z.A., Kozhevnikova, T.Yu., Matveenko, E.A., Mityushkina, S.V., Raevskaya, A.A., & Romasheva, E.I. (2023). [Catalog of earthquakes in Kamchatka and the Commander Islands for 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html> (In Russ.).
24. Dmitrieva, I.Yu., Bagaeva, S.S., & Sayapina, A.A. (2024). [Earthquakes felt in the North Caucasus in 2020: Verkhne-Fiagdon earthquake on January 26, 2020 with $K_R=11.2$, $I_0=5$ and Jeyrakh earthquake on May 24, 2020 with $K_R=10.6$, $I_0=4$]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 265–276. (In Russ.). 265–276. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.24> EDN: QNHDOA
25. Stepanenco, N.Ya., & Cardanets, V.Yu. (2024). [Earthquakes of 2020 felt in Moldova (Romania–Moldova)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 255–264. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.23> EDN: QFBFSB
26. Safonov, D.A., & Semenova, E.P. (2024). [Earthquake on February 13, 2020, $M=6.9$ (Frieze strait, Kuril Islands)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 323–334. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.29> EDN: VHNXIF
27. Chebrov, D.V., Matveenko, E.A., Abubakirov, I.R., Lander, A.V., Mityushkina, S.V., Pavlov, V.M., Raevskaya, A.A., Romasheva, E.I., Saltykov, V.A., & Senyukov, S.L. (2024). [Paramushir earthquake on March 25, 2020 $ML=7.7$, $M_w=7.4$]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 289–300. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.26> EDN: RZVNFO
28. Juraev, R.U. (2024). [Kolkhozabad earthquake of April 24, 2020 with $K_R=11.4$, $M_{WGCMT}=4.6$, $I_0=6$ (Tajikistan)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 301–312. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.27> EDN: TMGSHG
29. Juraev, R.U. (2024). [Tadjikabad earthquake of July 4, 2020 with $M_s=5.2$, $I_0=7$ (Tajikistan)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 313–322. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.28> EDN: UMJKTA
30. Semenova, E.P., Kostylev, D.V., & Kostyleva, N.V. (2024). [Deep-focus earthquake on November 30, 2020, in the Tatar strait, $M_w=6.4$ (Sakhalin Island)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 323–334. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.29> EDN: VHNXIF
31. 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:
32. 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.).
33. GOST R 57546-2017. (2017). [Earthquakes. Seismic Intensity Scale]. Moscow, Russia: Standardinform Publ., 28 p.
34. The Modified Mercalli Intensity Scale. USGS National Earthquake Information Centre. (2024). Retrieved from <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/modified-mercalli-intensity-scale>
35. Japan Meteorological Agency. (2024). Retrieved from <https://www.jma.go.jp/jma/indexe.html>
36. GOST R 53166-2008. (2009). [Earthquakes. The impact of natural external conditions on technical products. General characteristics]. Moscow, Russia: Standardinform Publ., 20 p.
37. *Instruktsiia o poriadke proizvodstva i obrabotki nabliudenii na seismicheskikh stantsiiakh Edinoi sistemy seismicheskikh nabliudenii 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.).
38. Verbitsky, S.T., Pronishin, R.S., Prokopishin, V.I., Stets'kiv, A.T., Chuba, M.V., Nishchimenko, I.M., Keleman, I.N., & Stepanenko, N.Ya., & Cardanets, V.Yu. (2024). [Seismicity of the Carpathians in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 35–43. (In Russ.). 35–43. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.02> EDN: ATXJGJ
39. 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.
40. Svidlova V.A., & Bondar M.N. (2024). [Seismicity of the Crimean-Black Sea region in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 44–51. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.03> EDN: CWXQWP
41. Etirmishli, G.D., Ismailova, S.S., Kazimova, S.E., & Islamova, Sh.K. (2024). [Seismicity of Azerbaijan and adjacent territories in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 52–59. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.04> EDN: DENDGF

42. Abgaryan, G.R., Sargsyan, H.V., Gevorgyan, A.A., & Petrova, N.V. (2024). [Seismicity of Armenia and adjacent territories in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 60–68. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.05> EDN: DGRSUO
43. Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., Sayapina, A.A., Bagaeva, S.S., Adilov, Z.M., & Asmanov, O.A. (2024). [Seismicity of the Northern Caucasus in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 69–80. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.06> EDN: DPWUCN
44. Saryeva, G.Ch., Petrova, N.V., & Bezmenov, L.V. (2024). [Seismicity of the Kopetdag region in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 81–90. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.07> EDN: ESTODM
45. Pustovitenko, B.G., Eredzhepov, E.E., & Bondar, M.N. (2024). [Spectral and focal parameters of Crimean-Black Sea region earthquakes in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 231–241. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.21> EDN: KOLHOO
46. Zvereva, A.S., Skorkina, A.A., & Gabsatarova, I.P. (2024). [Spectral and source parameters of North Caucasus earthquakes in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 242–254. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.22> EDN: NZRLES
47. Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., Ivanova L.E., Sayapina A.A., Bagaeva, S.S., Adilov, Z.M., & Asmanov, O.A. (2023). [Seismicity of the Northern Caucasus in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 73–91. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.06> EDN: ZOYJVU
48. Abdrakhmatov, K.E., Frolova, A.G., Berezina, A.V., Shukurova, R., Pershina, E.V., & Kuchkarov, K.I. (2023). [Seismicity of Kyrgyzstan and Uzbekistan in 2018 and 2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 102–110. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.08> EDN: XZLZUX
49. Hayes, G.P., Myers, E.K., Dewey, J.W., Briggs, R.W., Earle, P.S., Benz, H.M., Smoczyk, G.M., Flamme, H.E., Barnhart, W.D., Gold, R.D., & Furlong, K.P. (2017). Tectonic summaries of magnitude 7 and greater earthquakes from 2000 to 2015. *US Geological Survey, 2016–1192*, 148 p.
50. Richter, Ch. (1963). *Elementarnaia seismologiya* [Elementary seismology]. Moscow, Russia: IL Publ., 670 p. (In Russ.).
51. Ulubieva, T.R., Mikhailova, R.S., & Risling, L.I. (2024). [Seismicity of Tajikistan and adjacent territories in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 101–113. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.09> EDN: FOXCPR
52. Mikhailova, R.S., Ulubieva, T.R., & Petrova, N.V. (2021). [The Hindu Kush earthquake on October 26, 2015 with $M_w=7.5$, 10~7: Preceding seismicity and aftershock sequence]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 324–339. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2021.24.31>
53. Kufner, S.K., Schurr, B., Haberland, C., Zhang, Y., Saul, J., Ischuk, A., & Oimahmadov, I. (2017). Zooming into the Hindu Kush slab break-off: A rare glimpse on the terminal stage of subduction. *Earth and Planetary Science Letters*, 461, 127–140.
54. Kufner, S.K., Kakar, N., Bezada, M., Bloch, W., Metzger, S., Yuan, X. & Schurr, B. (2021). The Hindu Kush slab break-off as revealed by deep structure and crustal deformation. *Nature communications*, 12(1), 1–11.
55. Mikhailova, N.N., Sokolova, I.N., & Zhunusova, A.Zh. (2023). [Seismicity of Kazakhstan and adjacent territories in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 120–132. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.10> EDN: YFKEUM
56. Comprehensive Test-Ban Treaty. (2009). Appendix 1. Vienna, Austria, 153.
57. Smirnov, A.A., Mukambaev, A.S., & Mikhailova, N.N. (2020). [Technique for seismic events discrimination using infrasound and seismic data]. *Vestnik NYTs RK* [NNC RK Bulletin], 2, 105–110. (In Russ.).
58. Emanov, A.F., Emanov, A.A., Fateev, A.V., Shevkunova, E.V., & Podkorytova, V.G. (2024). [Seismicity of the Altai and Sayan region in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 127–134. (In Russ.). <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.11> EDN: GERVJY
59. Gileva, N.A., Kobeleva, E.A., Radziminovich, Y.B., Melnikova, V.I., & Chechelnitsky, V.V. (2021). The September 21, 2020, $M_w=5.5$, Bystraya earthquake in the Southern Baikal Region: preliminary results of instrumental and macroseismic observations. *Seismic Instruments*, 57(2), 173–186. DOI: <https://doi.org/10.3103/S07479239210202376>
60. Filippova, A.I., Bukchin, B.G., Fomochkina, A.S., Melnikova, V.I., Radziminovich, Y.B., & Gileva, N.A. (2022). Source process of the September 21, 2020 M_w 5.6 Bystraya earthquake at the South-Eastern segment of the Main Sayan fault (Eastern Siberia, Russia). *Tectonophysics*, 822, 229162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2021.229162>
61. Radziminovich, Y.B., Novopashina, A.V., Lukhneva, O.F., Kadetova, A.V., & Gileva, N.A. (2022). Detailed macroseismic survey and rational approach to seismic intensity assessment within the territory of a large city: case study of the consequences of the September 21, 2020 Bystraya earthquake in Irkutsk. *Seismic Instruments*, 58(4), 409–423. DOI: <https://doi.org/10.3103/S0747923922040089>

62. Tubanov, Ts.A., Sanzhieva, D.D., Kobeleva, E.A., Predein, P.A., & Tcydypova, L.R. (2022). Kudara earthquake of September 12, 2020 ($M_w=5.5$) on Lake Baikal: Results of instrumental and macroseismic observations. *Seismic Instruments*, 58(1), 86–98. DOI: <https://doi.org/10.3103/S0747923922010108>
63. Radziminovich, Y.B., Gileva, N.A., Tubanov, T.A., Lukhneva, O.F., Novopashina, A.V., & Tcydypova, L.R. (2022). The December 9, 2020, M_w 5.5 Kudara earthquake (Middle Baikal, Russia): internet questionnaire hard test and macroseismic data analysis. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 20(3), 1297–1324. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10518-021-01305-8>
64. 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.).
65. Safonov, D.A., & Semenova, E.P. (2021). Seismicity of the South Far East of Russia in 2020. *Geosistemy perekhodnykh zon* [Geosystems of Transition Zones], 5(4), 308–319. (In Russ.).
66. Chebrov, D.V., Matveenkov, E.A., Abubakirov, I.R., Droznina, S.Ya., Mityushkina, S.V., Pavlov, V.M., Raevskaya, A.A., Romasheva, E.I., & Saltykov, V.A. (2024). [Seismicity of Kamchatka and Commander Islands in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 162–163. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.14>. EDN: HIOXIU
67. Chebrov, D.V., Kugaenko, Yu.A., Lander, A.V., Abubakirov, I.R., Droznina, S.Ya., Mityushkina, S.V., Pavlov, V.M., Saltykov, V.A., Serafimova, Yu.K., & Titkov, N.N. (2020). [The Uglovoye Podnyatiye Earthquake on December 20, 2018 ($M_w=7.3$) in the Junction Zone between Kamchatka and Aleutian Oceanic Trenches]. *Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle* [Bulletin of KRAESC. Earth sciences], 1(45), 100–117. (In Russ.).
68. Seniukov, S.L., & Nuzhdina, I.N. (2024). [Seismicity of the volcanic areas of Kamchatka in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 347–363. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.31> EDN: XPLRMS
69. Alyeshina, E.I., Kurtkin, S.V., & Karpenko, L.I. (2024). [Seismicity of the North-East of Russia in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in North Eurasia], 27(2020), 174–182. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.15> EDN: HMOTYP
70. Shibaev, S.V., Geissler, W., Makarov, A.A., Tuktarov, R.M., & Kulyandina, A.S. (2024). [Seismicity of Yakutia in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 183–188. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.16> EDN: HMUVQF
71. Koz'min, B.M., & Shibaev, S.V. (2017). [Yakutia]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2011 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2011] (pp. 202–208). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
72. Shibaev, S.V., Koz'min, B.M., Imaeva, L.P., Imaev, V.S., Petrov, A.F., & Starkova, N.N. (2020). [Ilin-Tass (Abyiskoe) earthquake on February 14, 2013 with $M_w=6.7$ (North-East of Yakutia)]. *Rossiiskii seismolo-gicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 2(1), 92–102. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2020.1.09>
73. Noskova, N.N., Gabsatarova, I.P., Baranov, S.V., Vaganova, N.V., Zueva, I.A., Kovaleva, I.S., Konechnaya, Ya.V., Karpinskaya, O.V., Lebedev, A.A., Meshcheryakova, V.A., Bakunovich, L.I., Morozov, A.N., Munirova, L.M., Nadezhka, L.I., Petrov, S.I., & Pivovarov, S.P. (2024). [Seismicity of the Russian part of East European platform and adjacent territories in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 189–197. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.17> EDN: HVJCFV
74. Aronova, T.I., Aronov, G.A., Zaharevich, O.V., & Aronov, A.G. (2024). [Seismicity of the territory of Belarus in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 198–204. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.18> EDN: HZTBPO
75. Verkholantsev, 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), 323–339. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.29> EDN: FALSTN
76. Verkholantsev, 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
77. Trillium Compact Vault Seismometer. Nanometrics Inc. (2024). Retrieved from https://nanometrics.ca/hubfs/Downloads/Data%20Sheets/trillium_compact.pdf
78. Morozov, A.N., Antonovskaya, G.N., Asming, V.E., Baranov, S.V., Vaganova, N.V., Vinogradov, Yu.A., Konechnaya, Ya.V., Fedorov, A.V., & Shibaev, S.V. (2024). [Seismicity of the Arctic in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 223–230. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.20> EDN: JNYYWA
79. Kasakhara, K. (1985). *Mekhanika zemletryasenii* [Earthquake mechanics]. Moscow, Russia: Mir Publ., 25 p. (In Russ.).