

1. ОБЗОР СЕЙСМИЧНОСТИ

УДК 550.348. (-924/-925)

СЕЙСМИЧНОСТЬ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ в 2018–2019 гг.

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

Р.С. Михайлова, А.Д. Курова

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

Аннотация. Представлен обзор сейсмичности 16 регионов России и сопредельных стран в 2018–2019 гг., выполненный по результатам сейсмического мониторинга сетями сейсмических станций России, Азербайджана, Армении, Беларуси, Казахстана, Кыргызстана, Молдовы, Туркменистана, Таджикистана, Узбекистана, Украины. В большинстве регионов сейсмический процесс протекал в фоновом режиме. По Северной Евразии в целом суммарная сейсмическая энергия в 2018 г. ($\Sigma E_{an}=3.2 \cdot 10^{16}$ Дж) практически не изменилась по сравнению с таковой за предыдущий год, а в 2019 г. упала до $\Sigma E_{an}=0.62 \cdot 10^{16}$ Дж, причем годовые значения выделившейся энергии за 2018 г. и 2019 г. были ниже ее среднегодового уровня периода 2006–2017 гг. ($\Sigma E_{an}=5.3 \cdot 10^{16}$ Дж). Самым крупным за период 2018–2019 гг. было «землетрясение Углового поднятия» 20 декабря 2018 г. в $17^{\text{h}}01^{\text{m}}$ с $MS=7.4$ ($M_{w,reg}=7.3$), локализованное в поверхностном слое сейсмофокальной зоны Командорского сегмента Алеутской дуги с эпицентром в Тихом океане. Максимальные сотрясения на территории Северной Евразии ($I=6-7$ баллов) вызвали землетрясения 6 июля 2018 г. в $01^{\text{h}}40^{\text{m}}$ с $M_{wGCMT}=6.2$, $h=75$ км в сейсмофокальной зоне Курилы–Южная Камчатка и Катав-Ивановское 4 сентября 2018 г. в $22^{\text{h}}58^{\text{m}}$ в Челябинской области (регион «Урал и Западная Сибирь»). Катав-Ивановское землетрясение уникально еще и тем, что сопровождалось значительным количеством афтершоков, что является первым известным случаем для тектонических событий в пределах Урала. Кроме того, оно продемонстрировало, что природный сейсмический потенциал Урала на порядок превышает техногенную составляющую.

Ключевые слова: Северная Евразия, сейсмический пояс, тектоническое, вулканическое землетрясение, горно-тектонический удар, ощутимое землетрясение, механизм очага, выделенная сейсмическая энергия.

Для цитирования: 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. 10–38. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.01> EDN: ZSVQJD

Введение. В текущем, 26, выпуске журнала «Землетрясения Северной Евразии» представлены обзоры двухлетней сейсмичности (2018–2019 гг.) в регионах на территории России и сопредельных стран, далее упоминаемой как «Северная Евразия». Как и в предыдущем выпуске, двухлетний формат описания сейсмичности по сравнению с традиционным годовым выбран, чтобы сократить отставание года выпуска журнала от времени реализации описываемой сейсмичности. В данной статье обобщены сведения о сейсмичности в регионах Северной Евразии, границы которых показаны на рис. 1. В этих же границах в электронных приложениях к журналу представлены каталоги, на основе которых составлены обзоры региональной сейсмичности. Состав регионов и территорий не изменился по сравнению с предыдущим выпуском 25 [1] за исключением того, что сведения о сейсмичности территории «Восточная Балтика», впервые включенные в выпуск 25, в текущем выпуске не представлены.

Регистрация и сводная обработка землетрясений регионов и территорий, 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 на территории Северной Евразии обусловлена 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. На границах плит

образуются пояса повышенной сейсмичности – Срединно-Арктический, Средиземноморско-Трансзиатский (Альпийско-Гималайский), Тихоокеанский и другие (рис. 1), в пределах которых происходят самые сильные землетрясения.

Самой высокой сейсмичностью отличается Тихоокеанский сейсмический пояс, захватывающий следующие регионы: Сахалин (IX), Курило-Охотский (X), Камчатка и Командорские острова (XI) (рис. 1). Средиземноморско-Трансзиатский пояс проходит через регионы с более низкой сейсмичностью – Карпаты (I), Крым (II), Кавказ (III), Копетдаг (IV) и Центральную Азию (V). Менее сильные и ощутимые землетрясения происходят в пределах Алтае-Охотоморского пояса, протягивающегося от восточного Казахстана (V б) через Алтай и Саяны (VI), Прибайкалье и Забайкалье (VII), Приамурье и Приморье (VIII) до берегов Охотского моря. Подробное описание сейсмических поясов Евразии дано в [2].

Помимо горно-складчатых поясов, где сосредоточена основная сейсмичность, рассматриваемая территория включает обширные платформенные области, среди которых две самые крупные и древние – Восточно-Европейская и Сибирская платформы, а также несколько молодых – Туранская, Западно-Сибирская, Скифская плиты (рис. 1). Эти территории характеризуются слабой рассеянной сейсмичностью в пределах земной коры, однако и здесь известны относительно небольшие по магнитуде землетрясения, ощущавшиеся с интенсивностью до 6–7 баллов [3].

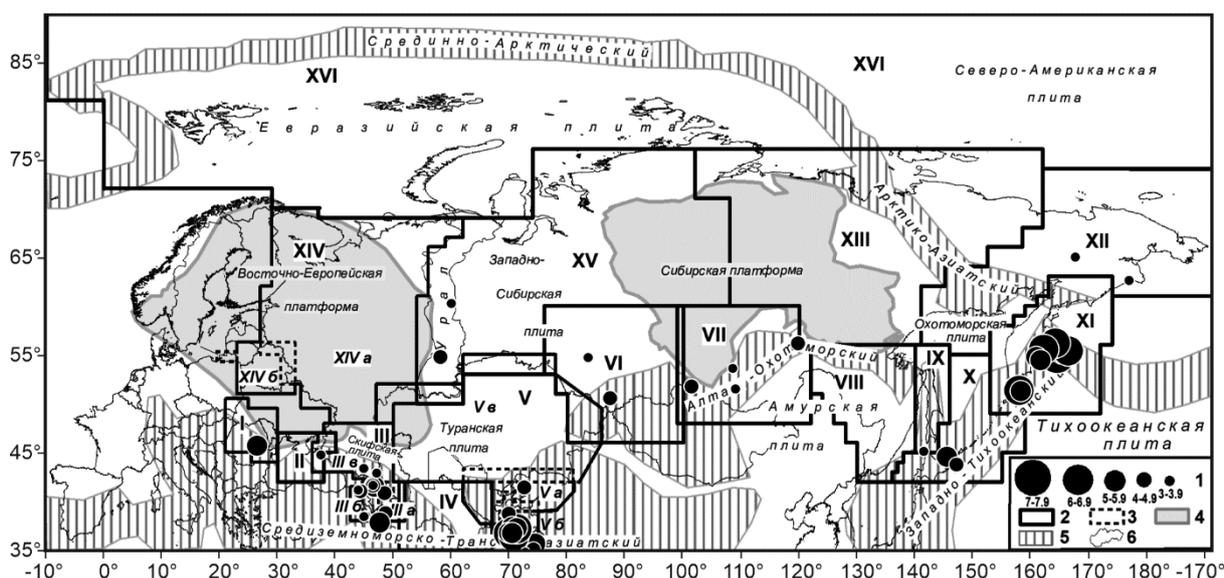


Рис. 1. Карта-схема границ регионов и территорий Северной Евразии, а также эпицентров землетрясений, ощущавшихся в этих границах в 2018–2019 гг. с интенсивностью $I \geq 5$ баллов

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

Сети сейсмических станций. В 2018–2019 гг. сейсмический мониторинг рассматриваемой территории Северной Евразии осуществлялся сетями сейсмических станций региональных подразделений ФИЦ ЕГС РАН и соседних государств. 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 2018 г. функционировали 640 станций, включая 630 цифровых, две аналоговые и восемь сейсмических групп (табл. 1, Приложение 1). В 2019 г. число аналоговых станций и сейсмических групп осталось прежним, а число цифровых станций возросло до 641.

Региональные каталоги землетрясений. Обзоры сейсмичности регионов Северной Евразии составлены по данным региональных каталогов, представленных в электронном виде на сайте журнала по адресу: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>. В табл. 1 приведены характеристики этих каталогов: 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. Для информации в табл. 1 указаны аналогичные параметры дополнительных каталогов, созданных в ряде регионов по данным ISC [5] из землетрясений, отсутствующих в региональных каталогах, а также землетрясений Карпат из дополнительного каталога по данным сейсмической сети Молдовы [6], отсутствующих в основном каталоге Карпат [7] (землетрясения дополнительных каталогов не включены в сводный каталог землетрясений Северной Евразии). В графе 13 табл. 1 даны 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 регионах различаются и указаны в соответствующих обзорах. В статьях о сейсмичности Приамурья и Приморья, Сахалина, Курило-Охотского региона, а также территорий Казахстана и Российской части Восточно-Европейской платформы настоящего выпуска сведения о суммарной сейсмической энергии, выделенной на указанных территориях, не приведены, поэтому в табл. 1 для этих регионов и территорий указаны значения ΣE (в скобках), полученные авторами данной статьи с использованием сводного каталога [Приложения 2 и 3] и единой магнитуды M , формулы расчета которой даны в следующем разделе. Таким же образом была пересчитана сейсмическая энергия для региона «Арктика», которая была сильно занижена в соответствующем обзоре [8] из-за использования в формуле расчета энергии короткопериодной магнитуды mb вместо широкополосной mB . При определении энергии отдельных землетрясений сводного каталога использовались формулы Т.Г. Раутиан [9]:

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

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

Таблица 1. Распределение станций и землетрясений по регионам и территориям Северной Евразии в 2018–2019 гг.

№	Год	Регион, территория	Число станций			Диапазон классов/ магнитуд	Число землетрясений					ΣE , Дж
			А	Ц	Г		N_Σ	70–300	>300	$N_{\text{оц}}$	$N_{\text{мех}}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I	2018	Карпаты	–	24 +6 MLD	–	0.7–5.0 _{MLD} 1.9–5.8 _{ML}	48+65 _{MLD} +14 _{ISC}	12+48 _{MLD} +10 _{ISC}	–	4	4	4.11·10 ¹³
I	2019	Карпаты	–	24 +6 MLD	–	0.3–4.1 _{MLD} 2.0–4.5 _{ML}	51+182 _{MLD} +3 _{ISC}	19+152 _{MLD} +2 _{ISC}	–	9	1	9.15·10 ¹¹
II	2018	Крымско-Черноморский	–	8	–	3.9–11.1 _{Кр}	100	–	–	5	5	3.64·10 ¹¹
II	2019	Крымско-Черноморский	–	9	–	3.8–10.0 _{Кр}	85	–	–	1	2	4.88·10 ¹⁰
III			Кавказ:									
III а	2018	Азербайджан	–	35	–	3.0–5.5 _{ML}	101	–	–	20	5	3.83·10 ¹²
III а	2019	Азербайджан	–	35	–	3.0–6.0 _{ML}	115	–	–	25	13	3.31·10 ¹²
III б	2018	Армения	1	19	–	0.1–4.6 _{ML}	1417	–	–	11	4	6.42·10 ¹²
III б	2019	Армения	1	21	–	0.1–5.1 _{ML}	1416	–	–	16	3	3.48·10 ¹³
III в	2018	Северный Кавказ	–	57	1	1.8–14.1 _{Кр}	3139	14	–	27	32	1.31·10 ¹⁴
III в	2019	Северный Кавказ	–	66	1	1.1–12.5 _{Кр}	3735	37	–	32	27	6.83·10 ¹²
IV	2018	Копетдаг	1	33	–	8.6–12.1 _{Кр}	192+5 _{ISC}	1 _{ISC}	–	8	37	6.11·10 ¹²
IV	2019	Копетдаг	1	33	–	8.6–11.4 _{Кр}	156+5 _{ISC}	1 _{ISC}	–	10	26	4.10·10 ¹²
V			Центральная Азия									
V а	2018	Кыргызстан и Узбекистан	–	66	–	8.6–13.0 _{Кр}	441	–	–	14	33	2.57·10 ¹³
V а	2019	Кыргызстан и Узбекистан	–	67	–	8.6–12.4 _{Кр}	210	–	–	8	25	1.20·10 ¹³
V б	2018	Таджикистан	–	7	–	8.6–14.9 _{Кр}	8560	7152	1	34	37	1.80·10 ¹⁵
V б	2019	Таджикистан	–	7	–	8.6–14.8 _{Кр}	8635	7172	–	29	24	1.51·10 ¹⁵
V в	2018	Казахстан	–	43	5	6.6–12.0 _{Кр}	521	–	–	16	21	(3.85·10 ¹³)

№	Год	Регион, территория	Число станций			Диапазон классов/ магнитуд	Число землетрясений					ΣE , Дж
			А	Ц	Г		N_{Σ}	70–300	>300	$N_{\text{ощ}}$	$N_{\text{мех}}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
V в	2019	Казахстан	–	43	5	6.6–12.8 _{Кр}	529	–	–	8	16	(2.38·10 ¹²)
VI	2018	Алтай и Саяны	–	55	–	–0.7–5.6 _{ML}	6504	–	–	–	3	2.19·10 ¹²
VI	2019	Алтай и Саяны	–	54	–	–1.0–6.2 _{ML}	8901	–	–	6	8	1.17·10 ¹³
VII	2018	Прибайкалье и Забайкалье	–	35	–	7.6–12.4 _{Кр}	832	–	–	19	37	3.03·10 ¹²
VII	2019	Прибайкалье и Забайкалье	–	35	–	7.6–14.4 _{Кр}	889	–	–	29	44	2.95·10 ¹⁴
VIII	2018	Приамурье и Приморье	–	10	–	5.9–14.1 _{Кр} 2.6–5.4 _{MPVA}	260	–	5	5	5	(1.29·10 ¹³)
VIII	2019	Приамурье и Приморье	–	10	–	5.3–11.2 _{Кр} 2.4–5.2 _{MPVA}	241	–	11	–	2	(1.48·10 ¹²)
IX	2018	Сахалин	–	16 +11 _л	–	5.9–10.9 _{Кс} 5.0–10.1 _{Кр} 2.2–5.2 _{MPVA}	375	3	9	9	2	(5.43·10 ¹²)
IX	2019	Сахалин	–	16 +11 _л	–	5.8–11.4 _{Кс} 4.0–12.7 _{Кр} 2.2–5.7 _{MPVA}	384	2	12	11	4	(1.35·10 ¹⁴)
X	2018	Курило- Охотский	–	7	–	5.9–14.3 _{Кс} 3.8–7.1 _{MLH} 3.8–7.4 _{MSH}	1878+ 171 _{ISC}	437+ 46 _{ISC}	38+ 17 _{ISC}	233+ 72 _{ISC}	30+ 217 _{ISC}	(1.11·10 ¹⁶)
X	2019	Курило- Охотский	–	7	–	5.9–13.7 _{Кс} 4.0–5.9 _{MLH} 3.8–7.0 _{MSH}	1851+ 86 _{ISC}	537+ 42 _{ISC}	36+ 16 _{ISC}	133+ 5 _{ISC}	52+ 136 _{ISC}	(3.26·10 ¹⁵)
XI	2018	Камчатка и Командорские о-ва	–	78	–	8.5–16.1 _{Кс}	1943	203	23	115	86	1.87·10 ¹⁶
XI	2019	Камчатка и Командорские о-ва	–	78	–	8.5–14.4 _{Кс}	1703	164	39	113	72	8.74·10 ¹⁴
<i>Вулканы</i>												
	2018	Северная группа	–	–	–	1.7–8.8 _{Кс}	8446 _{ВЛК}	–	–	–	–	3.45·10 ⁹
	2019	Северная группа	–	–	–	1.6–10.1 _{Кс}	20753 _{ВЛК}	–	–	–	–	2.48·10 ¹⁰
	2018	Авачинская группа	–	–	–	1.6–7.6 _{Кс}	281 _{ВЛК}	–	–	–	–	4.13·10 ⁷
	2019	Авачинская группа	–	–	–	1.6–6.3 _{Кс}	433 _{ВЛК}	–	–	–	–	7.28·10 ⁶
	2018	Мутновско- Гореловская группа	–	–	–	1.7–6.7 _{Кс}	180 _{ВЛК}	–	–	–	–	9.55·10 ⁶
	2019	Мутновско- Гореловская группа	–	–	–	1.7–7.3 _{Кс}	67 _{ВЛК}	–	–	–	–	2.35·10 ⁷
	2018	Кизимен	–	–	–	2.6–8.7 _{Кс}	98 _{ВЛК}	–	–	–	–	6.35·10 ⁸
	2019	Кизимен	–	–	–	3.9–7.4 _{Кс}	18 _{ВЛК}	–	–	–	–	8.30·10 ⁷
	2018	Жупановский	–	–	–	2.2–6.5 _{Кс}	258 _{ВЛК}	–	–	–	–	5.50·10 ⁶
	2019	Жупановский	–	–	–	2.9–10.9 _{Кс}	57 _{ВЛК}	–	–	–	–	8.20·10 ¹⁰
	2018	Камбальный	–	–	–	6.2–7.7 _{Кс}	4 _{ВЛК}	–	–	–	–	7.26·10 ⁷
	2019	Камбальный	–	–	–	8.6 _{Кс}	1 _{ВЛК}	–	–	–	–	2.0·10 ⁸
	2018	Карымский	–	–	–	5.2 _{Кс}	1 _{ВЛК}	–	–	–	–	1.58·10 ⁵
	2019	Карымский	–	–	–	6.0–6.7 _{Кс}	3 _{ВЛК}	–	–	–	–	9.17·10 ⁶
XII	2018	Северо-Восток России	–	14	–	4.8–12.9 _{Кр}	283+ 10 _{ISC}	–	–	1 _{ISC}	3	9.27·10 ¹²
XII	2019	Северо-Восток России	–	14	–	4.9–13.2 _{Кр}	368+2 _{ISC}	–	–	13+ 1 _{ISC}	2	1.74·10 ¹³
XIII	2018	Якутия	–	21	–	7.2–12.2 _{Кр}	350	–	–	1	1	3.19·10 ¹²
XIII	2019	Якутия	–	20	–	7.2–12.3 _{Кр}	380	–	–	1	1	2.78·10 ¹²
XIV	Восточно-Европейская платформа (ВЕП):											
XIV а	2018	ВЕП. Российская часть	–	48	1	1.3–9.9 _{Кр} –0.8–3.3 _{ML}	37	–	–	–	1	(3.59·10 ⁹)
XIV а	2019	ВЕП. Российская часть	–	48	1	5.4–10.3 _{Кр} 0.8–3.5 _{ML}	38	–	–	–	–	(1.40·10 ¹⁰)
XIV б	2018	Беларусь	–	17	–	4.9–8.6 _{Кд}	72	–	–	–	–	1.59·10 ⁹

№	Год	Регион, территория	Число станций			Диапазон классов/ магнитуд	Число землетрясений					ΣE , Дж
			А	Ц	Г		N_{Σ}	70–300	>300	$N_{\text{ощ}}$	$N_{\text{мех}}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
XIV б	2019	Беларусь	–	17	–	4.9–8.2 _{Кд}	69	–	–	–	–	$5.57 \cdot 10^8$
XV	2018	Урал и Западная Сибирь	–	16	1	1.3–5.4 _{МЛ}	35+1 _{в.зем} +31 _{ГТУ} +2 _{техн}	–	–	15	1	$1.22 \cdot 10^{13}$ _{зе} $1.26 \cdot 10^{10}$ _{ГТ}
XV	2019	Урал и Западная Сибирь	–	16	1	1.6–3.5 _{МЛ}	39 +43 _{ГТУ}	–	–	5	–	$2.41 \cdot 10^9$ _{зем} $2.47 \cdot 10^{10}$ _{ГТ}
XVI	2018	Арктика	–	15	–	2.1–5.9 _{МЛ}	654	–	–	1	16	$(1.1 \cdot 10^{14})$
XVI	2019	Арктика	–	15	–	2.0–4.8 _{МЛ}	523	–	–	–	12	$(1.16 \cdot 10^{13})$
I–XVI	2018	Сев. Евразия, региональные каталоги (сводный каталог)	2	630	8	–	27742 _{зем} 9268 _{влк} 31 _{ГТУ} (26827 _{зем})	7880	76	536	359	$3.20 \cdot 10^{16}$ $(4.76 \cdot 10^{16})$
	2019	Сев. Евразия, региональные каталоги (сводный каталог)	2	641	8	–	30521 _{зем} 21332 _{влк} 43 _{ГТУ} (29642 _{зем})	8103	98	441	328	$6.17 \cdot 10^{15}$ $(1.14 \cdot 10^{16})$

Примечание. А – аналоговая станция, Ц – цифровая станция, Г – сейсмическая группа (array). Значения нижних индексов: л – локальная сеть; мд, мр_в, млн, мшн, мл – магнитуды по длительности записи, по короткопериодным Р-волнам, по горизонтальной составляющей поверхностных волн, по горизонтальной составляющей S-волн, локальная магнитуда соответственно; Кр, Кп, Кс, Кд – энергетические классы по шкалам Раутиан [9], Пустовитенко [10], Соловьёва [11], Федотова [12] и по длительности записи соответственно; в.зем – возможно, землетрясение; влк – вулканическое землетрясение; гту – горно-тектонический удар; isc – дополнительные землетрясения из бюллетеня ISC [5]; млд – землетрясения Карпат из дополнительного каталога по данным Молдовы [6], отсутствующие в основном каталоге [7]. В скобках указаны значения N и ΣE по данным сводного каталога [Приложения 2 и 3].

Методика создания сводного каталога и однородной классификации землетрясений.

Поскольку границы ряда регионов перекрываются, а набор представленных в региональных каталогах магнитуд и энергетических классов различен, для анализа сейсмичности Северной Евразии был создан сводный каталог [Приложения 2 и 3], из которого удалены землетрясения, 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 эпизодически 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 Ms по вертикальной составляющей записи поверхностных волн, определенная на телесеизмических 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 идентичны, а единая магнитуда M равна:

$$M=MS=Ms=MLH. \tag{3}$$

При составлении сводного каталога и при наличии для одного землетрясения нескольких магнитуд из выражения (3), приоритет в качестве единой магнитуды M отдавался MS или Ms, а из них обычно выбиралась наибольшая.

Для коррекции за глубину значений MS или Ms применялись предложенные в [13] поправки:

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

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

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]:

$$M=(\ln(M_w-2.863)+0.222)/0.233. \tag{6}$$

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	$K_p, Kd \leq 14: M = (K_p - 4)/1.8 = (Kd - 4)/1.8$ (7 а)	[9]
	$K_p, Kd > 14: M = (K_p - 8)/1.1 = (Kd - 8)/1.1$ (7 б)	[9]
	$M = Md$ (8)	
Крым	$M = 0.55 K_{II} - 2.3$ (9)	[10]
Азербайджан	$M = 0.77 ML_{Aзр} + 0.43$ (10)	[15]
Алтай и Саяны	$M = 0.945 ML_{Alt} - 0.834$ (11)	[16]
Камчатка	$M = 0.926 K_S - 6.44$ (12)	[17]
Сахалин, Курило-Охотский регион, Приамурье и Приморье	$K_p \leq 14: M = (K_p - 4)/1.8$ (7 а)	[9]
	$K_p > 14: M = (K_p - 8)/1.1$ (7 б)	[9]
	$M = (K_C - 1.2)/2$ (13)	[18, 19]
	$M = (MSH - 1.71)/0.75$ (14)	[18, 19]
	$M = (MPV - 2.5)/0.65$ (15)	[18, 19]
	$M = 1.47 MPSP - 2.91$ (16)	[20]
Армения, Урал и Западная Сибирь, Арктика (сети RU, КО и АН), Восточно-Европейская платформа (сети RU, VN, КО, АН, IDG, IGKR, IGKRC)	$M = ML - 0.3$ (17)	[21]
	$M = 1.02 mb_{ISC} - 0.49$ (18)	[21]
	$M = (K_p - 4)/1.8$ (7 а)	[9]

Примечание. Формула (7 а) применялась для энергетических классов по длительности записи землетрясений Беларуси с заменой K_p на Kd ($Kd = K_p$). Формула (8) использовалась, наряду с (7 а) и (7 б), для Карпат. Для землетрясений Сахалина и Курил с $h \geq 40$ км порядок приоритетов для определения M следующий: MS , M_s (ур. 3–5), MLH (ур. 3), MSH , MPV , K_C , $MSHA$, $MPVA$ (ур. 13–15). Значения MSH и MPV в ур. (14) и (15), 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:

$$M = (M_w - 2.1)/0.67 [22]. \quad (19)$$

Общая характеристика сейсмичности Северной Евразии. Статистика описания сейсмичности Северной Евразии в данном разделе опирается в основном на данные сводного каталога, из которого исключены «дубли» землетрясений, имевшиеся в каталогах смежных регионов. Эпицентрального поле землетрясений с $M \geq 3$ представлено на рис. 2.

Всего за период 2018–2019 гг. было зарегистрировано, обработано и включено в каталоги регионов I–XVI более 56 тыс. тектонических и более 30 тыс. вулканических землетрясений. Эти цифры значительно превышают аналогичные данные за период 2016–2017 гг. [1]. Большинство тектонических землетрясений в 2018–2019 гг. локализовано в пределах сейсмических поясов, показанных на рис. 1. Около 40 тыс. из них расположены в земной коре ($h < 70$ км), около 16 тыс. – на промежуточных глубинах ($h = 70–300$ км), и лишь 160 – на глубинах более 300 км. Как и ранее, коровые толчки происходили во всех регионах Северной Евразии. 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, где под Гиндукушем наблюдается отрыв и опускание 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 (рис. 2) мало изменилась по сравнению с аналогичными картами прошлых лет.

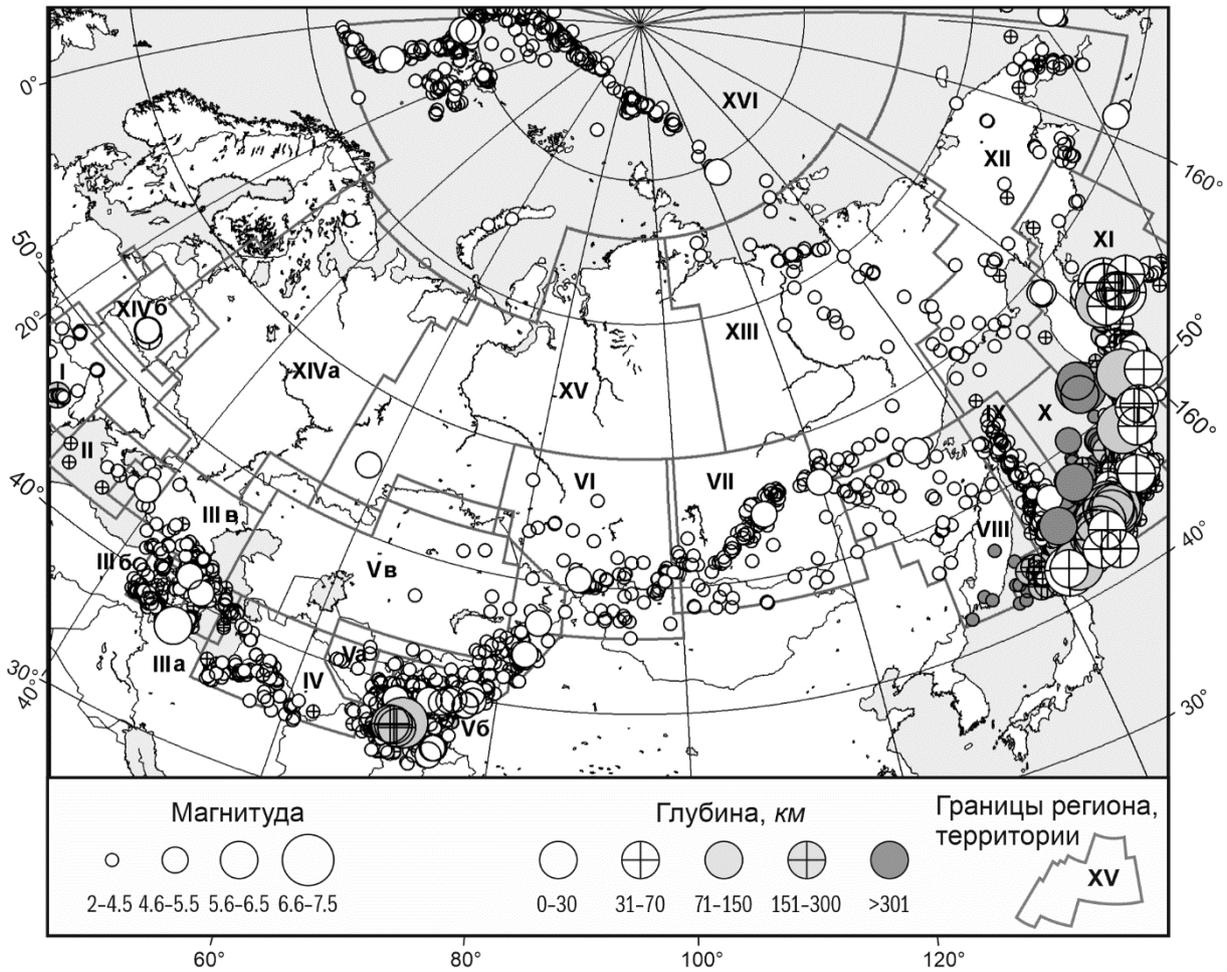


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений с $M \geq 3$ на территории регионов I–XVI Северной Евразии за 2018–2019 гг.

В Приложении 4 к данной статье представлена информация о 954 землетрясениях, ощущавшихся в 2018–2019 гг. в Северной Евразии. На рис. 1 и в табл. 3 приведены сведения о 56 из них, проявившихся с интенсивностью 5 и более баллов в населенных пунктах регионов I–XVI. Большинство событий произошло в границах крупных сейсмических поясов, и лишь пять – в относительно слабосейсмичных областях Урала, Чукотки и в северной части Алтая и Саян, в зоне техногенной активизации при добыче антрацита в Новосибирской области. Самое крупное из этих пяти землетрясений, Катав-Ивановское 4 сентября 2018 г. с $M_S=4.8$, $m_b=5.5$, проявилось с максимальной интенсивностью $I_i=6.4$ балла по шкале ШСИ-2017 [23] в с. Орловка ($\Delta=14$ км).

Таблица 3. Наиболее заметные (M , $M_w \geq 5.5$ или $I_i \geq 5$ баллов) землетрясения Северной Евразии в 2018–2019 гг.

№	Дата, д.м.г.	t_0 , ч:мин:с	φ° , N	λ° , E	h , км	M	M_w ГСМТ	I_{\max} , балл	№ региона/территории, ссылка на источник
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10.01.2018	04:11:09	55.09	165.61	39	5.0	–	5	XI, [24]
2	18.01.2018	12:08:51	52.23	153.27	491	5.6	5.8	2–3	XI, [24]
3	25.01.2018	02:10:31	55.37	166.65	46	6.3	6.2	5–6	XI, [24]
4	31.01.2018	07:07:13	36.55	70.7	200	6.3	6.2	6	V б, [25]
5	07.03.2018	04:40:11	45.62	152.53	65	6.1	5.9	2	X, [26]
6	14.03.2018	10:24:32	45.71	26.57	143	4.0	–	III	I, [27]
7	29.03.2018	22:54:02	38.72	69.89	5	5.1	–	5–6	V б, Сарихосорское I [28]
8	12.04.2018	07:24:41	43.34	44.35	5	2.7	–	3–4	III в, Заманкульское [29]

№	Дата, д.м.г.	t_0 , ч:мин:с	φ° , N	λ° , E	h , км	M	M_{WGSMT}	I_{max} , балл	№ региона/территории, ссылка на источник
9	13.04.2018	19:00:48	43.2	145.81	75	5.6	5.4	4	X, [26]
10	16.04.2018	00:02:45	38.45	45.21	5	3.4	–	5	III а, [30]
11	24.04.2018	20:47:45	44.7	37.46	35	3.6	–	5	III в [31]
12	25.04.2018	17:15:24	45.63	26.44	154	4.4	–	3	I, [27]
13	09.05.2018	10:41:16	37.04	71.15	105	6.3	6.3	5	V б, [25]
14	17.05.2018	18:42:04	42.64	145.59	54	6.0	5.8	–	X, [26]
15	23.05.2018	01:37:23	55.08	162.44	56	5.7	5.7	5	XI, [24]
16	05.06.2018	18:40:21	41.44	46.71	9	5.1	5.3	6	III в, Закаतालское [31]
17	06.06.2018	03:58:52	41.01	43.89	10	3.2	–	5–6	III б [32]
18	06.06.2018	13:07:19	40.85	44.22	10	3.2	–	6	III б [33]
19	12.06.2018	23:45:58	50.26	156.87	80	5.5	5.0	4	XI, [24]
20	06.07.2018	01:40:44	51.32	158.13	75	6.3	6.2	6–7	XI, [24]
21	17.07.2018	01:48:20	51.25	158.45	56	5.5	–	5–6	XI, [24]
22	23.07.2018	21:37:19	44.94	148.45	137	6.0	5.1	3	X, [26]
23	07.08.2018	17:17:10	41.36	72.61	20	4.3	–	5	V а, [34]
24	10.08.2018	18:12:04	48.04	155.58	56	6.3	6.1	2	X, [26]
25	18.08.2018	15:50:49	51.47	109.13	0	3.6	–	5	VII, [35]
26	28.08.2018	12:57:02	38.72	48.63	15	4.2	5.0	5–6	III а, [30]
27	04.09.2018	22:58:54	54.75	58.11	6	4.8	5.0	6.4	XV, Катав-Ивановское [36]
28	05.09.2018	07:27:35	54.76	58.11	4	3.5	–	5–6	XV, [37]
29	05.09.2018	18:07:18	42.5	141.92	46	7.1	6.7	2	X, [26]
30	28.09.2018	07:19:18	54.42	161.85	56	5.3	–	5	XI, [24]
31	09.10.2018	07:45:34	49.13	156.66	57	6.3	6.1	4	XI, [24]
32	13.10.2018	11:10:37	52.53	153.87	499	6.7	6.7	4	XI, [24]
33	17.10.2018	15:55:20	43.31	44.87	19	3.5	–	5	III в, Яндарское [29]
34	26.10.2018	03:06:40	44.43	145.67	19	5.7	–	3	X, Сиретокское I [38]
35	28.10.2018	00:38:51	45.65	26.43	158	5.2	5.6	V	I, [27]
36	02.11.2018	11:01:49	47.63	147	446	5.9	6.0	–	X, [26]
37	04.11.2018	19:26:05	44.51	145.68	14	5.6	6.0	5	X, Сиретокское II [38]
38	14.11.2018	21:21:48	55.53	162.41	75	6.3	6.2	6	XI, [24]
39	15.11.2018	07:48:30	54.75	58.12	4	4.1	–	5.2	XV, [37]
40	20.11.2018	20:16:03	44.27	148.17	103	5.7	4.8	3	X, [26]
41	11.12.2018	00:26:25	43.75	146.4	113	5.8	4.8	3	X, [26]
42	20.12.2018	17:01:22	54.91	164.71	54	7.4	7.2	5–6	XI, землетрясение Углов- вого поднятия [24]
43	20.12.2018	17:19:07	54.99	164.85	54	6.0	–	3	XI, [24]
44	21.12.2018	18:19:33	55.23	164.47	59	5.5	5.6	–	XI, [24]
45	22.12.2018	13:29:55	55.12	164.71	55	5.6	5.5	4	XI, [24]
46	24.12.2018	12:41:26	55.25	164.46	51	6.3	6.1	4	XI, [24]
47	03.01.2019	20:46:11	48.59	154.3	133	5.6	5.3	–	X, [26]
48	09.01.2019	11:01:08	54.69	83.66	0	3.4	–	5	VI, [39]
49	02.02.2019	12:04:21	36.61	70.57	210	5.5	5.7	3	V б, [25]
50	05.02.2019	16:47:52	35	74.2	10	4.8	5.3	5	V б, [25]
51	05.02.2019	19:31:40	40.78	48.46	8	4.6	5.2	6	III а, [30]
52	09.02.2019	02:24:01	43.78	145.78	115	5.8	5.0	2–3	X, [26]
53	13.02.2019	06:34:09	54.61	161.12	89	5.2	5.0	5	XI, [24]
54	21.02.2019	12:22:41	42.66	141.9	56	5.7	5.6	–	X, [26]
55	25.02.2019	17:13:52	44.73	148.31	102	5.7	5.0	2–3	X, [26]
56	02.03.2019	03:22:03	42.01	147.07	46	5.8	6.0	3–4	X, [26]
57	04.03.2019	13:02:42	53.58	108.66	21	3.9	–	5	VII, [35]
58	07.03.2019	10:56:34	38.67	69.94	15	4.1	–	5	V б, Сарихосорское II [28]
59	28.03.2019	22:06:10	50.51	160.07	49	6.3	6.2	4–5	XI, [24]
60	29.03.2019	23:22:30	51.72	101.52	3	4.1	4.8	6	VII, [35]
61	02.04.2019	21:35:16	52.29	177.98	20	6.4	6.4	–	XI, [24]
62	27.04.2019	17:24:50	42.58	142.88	112	5.9	5.5	2	X, [26]
63	24.05.2019	22:34:16	42.83	47.1	10	3.5	–	6	III в, Буйнакское-I [31]
64	12.06.2019	03:10:54	34.71	72.8	10	3.9	–	5	V б, [25]
65	22.06.2019	14:30:22	44.6	148.91	93	5.6	–	2	X, [26]

№	Дата, д.м.г.	t_0 , ч:мин:с	φ° , N	λ° , E	h , км	M	M_{WGCMT}	I_{\max} , балл	№ региона/территории, ссылка на источник
66	25.06.2019	09:05:39	56.18	164.41	57	6.5	6.4	5	XI, [24]
67	26.06.2019	02:18:06	56.16	164.36	53	6.6	6.4	4	XI, [24]
68	06.07.2019	05:23:33	56.15	164.42	56	5.6	–	–	XI, [24]
69	04.08.2019	19:04:55	36.91	70.98	219	5.3	5.1	5	V б, [25]
70	08.08.2019	00:45:26	36.72	69.99	227	5.8	5.9	5	V б, [25]
71	10.08.2019	06:43:11	37.18	71.32	109	5.3	5.3	5	V б, [25]
72	10.08.2019	07:35:07	41.55	46.46	5	4.0	–	6	III а, [30]
73	11.08.2019	03:29:18	41.57	46.47	6	3.4	–	5	III а, [30]
74	16.08.2019	02:09:21	36.67	70.52	211	5.2	5.2	5	V б, [25]
75	03.09.2019	11:52:52	45.5	26.33	128	4.1	–	3–4	I, [27]
76	10.09.2019	16:22:45	40.98	44.27	10	4.0	4.8	6	III б [32]
77	10.09.2019	16:24:40	41.09	43.93	8	3.6	–	5	III б [33]
78	10.09.2019	17:00:15	41.09	43.91	10	3.0	–	5	III б [33]
79	13.09.2019	04:08:01	50.52	87.46	9	4.6	5.1	5	VI, [39]
80	28.09.2019	21:28:09	56.15	119.94	0	4.8	5.2	5	VII, Ленгерское [35]
81	09.10.2019	10:44:36	36.68	70.53	195	5.1	5.0	5	V б, [25]
82	13.10.2019	09:58:41	44.43	148.94	83	5.6	4.7	3	X, [26]
83	14.10.2019	23:14:52	44.38	146.95	125	5.6	5.3	3–4	X, [26]
84	07.11.2019	22:47:03	37.76	47.61	5	5.7	6.0	V	III а, [30, 40]
85	08.11.2019	21:03:42	43.6	147.07	68	5.7	–	4	X, [26]
86	11.11.2019	00:58:37	38.37	44.91	10	3.9	–	6	III а, [30]
87	15.11.2019	01:48:34	65	167.88	0	3.7	–	5	XII, [41]
88	20.11.2019	08:26:05	53.07	153.97	497	6.3	6.3	2	XI, [24]
89	23.11.2019	12:58:10	43.71	147.33	65	4.9	5.4	5	X, [26]
90	24.11.2019	15:07:30	62.6	177.17	0	3.4	–	5	XII, [41]
91	05.12.2019	02:03:16	45.18	150.72	49	5.5	5.6	2	X, [26]
92	07.12.2019	18:37:16	60.24	60.01	1	3.5	–	5.4	XV, [36]
93	11.12.2019	16:09:50	45.06	141.68	51	3.8	–	5	IX [42]
94	15.12.2019	04:38:16	45.69	143.11	323	5.6	–	–	IX [42]
95	20.12.2019	11:39:53	36.7	70.34	209	6.1	6.2	6	V б, [25]
96	24.12.2019	14:36:54	43.55	146.16	100	5.8	4.9	3–4	X, [26]
97	30.12.2019	17:18:57	35.6	74.5	10	5.4	5.6	6	V б, [25]

Примечание. В столбце 7 указана однородная магнитуда M , приведенная в [Приложения 2 и 3]; в столбце 9 дана вызванная землетрясением максимальная интенсивность сотрясений I_{\max} по MSK-64 [43], ШСИ-2017 [23] (дробные значения в графе 9) или MMI [44] (римские цифры в графе 9) в населенных пунктах, расположенных в границах регионов Северной Евразии (границы показаны на рис. 1).

Максимальным по магнитуде за двухлетний период стало «землетрясение Углового поднятия» 20 декабря 2018 г. в $17^{\text{h}}01^{\text{m}}$ с $MS=7.4$, $M_{\text{верг}}=7.3$, локализованное в поверхностном слое сейсмофокальной зоны Командорского сегмента Алеутской дуги. Эпицентр расположен в Тихом океане, в 208 км на юго-восток от села Никольское, где оно проявилось с интенсивностью 5–6 баллов.

Максимальными по ощутимости в регионах Северной Евразии оказались два события: землетрясение 6 июля 2018 г. в $01^{\text{h}}40^{\text{m}}$ с $M_{WGCMT}=6.2$, $h=75$ км в сейсмофокальной зоне Курил и Южной Камчатки, проявившееся с максимальной интенсивностью $I_{\max}=6–7$ баллов по шкале MSK-64 [43] в двух населенных пунктах, и Катав-Ивановское землетрясение на Урале 4 сентября 2018 г. в $22^{\text{h}}58^{\text{m}}$, $M_{WGCMT}=5.0$, $h=6$ км с максимальной интенсивностью 6.4 балла по шкале ШСИ-17 [23] в с. Орловка. Еще одно землетрясение, 7 ноября 2019 г. в $22^{\text{h}}47^{\text{m}}$ с $MS=5.7$, $M_{WGCMT}=6.0$, $h=5$ км, локализованное на территории Ирана, проявилось, по данным USGS [40], VII-балльными сотрясениями в иранском г. Сарабе, расположенном в 8.5 км от южной границы региона «Кавказ», однако в границах региона сотрясения не превышали V баллов по шкале MMI [44].

Распределение по годам суммарной сейсмической энергии, выделившейся на территории Северной Евразии за 14 лет, показано на рис. 3. Поскольку сводные каталоги по Северной Евразии составлялись только начиная с 2015 г., при расчетах ежегодно выделяемой сейсмической энергии для рис. 3, охватывающего более длительный период (2006–2019 гг.), использовалось суммирование энергий отдельных регионов, значения которых приведены в соответствующих обзорных статьях, включая, для единообразия, и период с 2015 по 2019 год.

Все самые значительные землетрясения за 2006–2019 гг., за исключением Сарезского и Гиндукушского 2015 г., произошли в пределах Курило-Камчатской зоны субдукции Западно-Тихоокеанского сейсмического пояса, там же локализовано и «землетрясение Углового поднятия» 2018 года. Суммарная сейсмическая энергия в 2018 г. ($\Sigma E_{an}=3.20 \cdot 10^{16}$ Дж) практически не изменилась по сравнению с таковой за предыдущий год, а в 2019 г. упала до $\Sigma E_{an}=0.62 \cdot 10^{16}$ Дж (рис. 3). При этом годовые значения выделившейся в 2018 г. и 2019 г. энергии были существенно ниже ее среднегодового уровня предшествовавшего периода 2006–2017 гг. ($\Sigma E_{an}=5.3 \cdot 10^{16}$ Дж). Отметим выполаживание кривой зависимости от времени кумулятивной энергии $\Sigma E_{cum}(t)$ за последние четыре года. Напомним, что наклон кривой $\Sigma E_{cum}(t)$ пропорционален скорости деформации, и после его существенного уменьшения в 2008–2012 гг., означавшего торможение деформационных процессов на территории Северной Евразии, последовало Охотоморское-III землетрясение 2013 г. с $M_w=8.3$ (рис. 3).

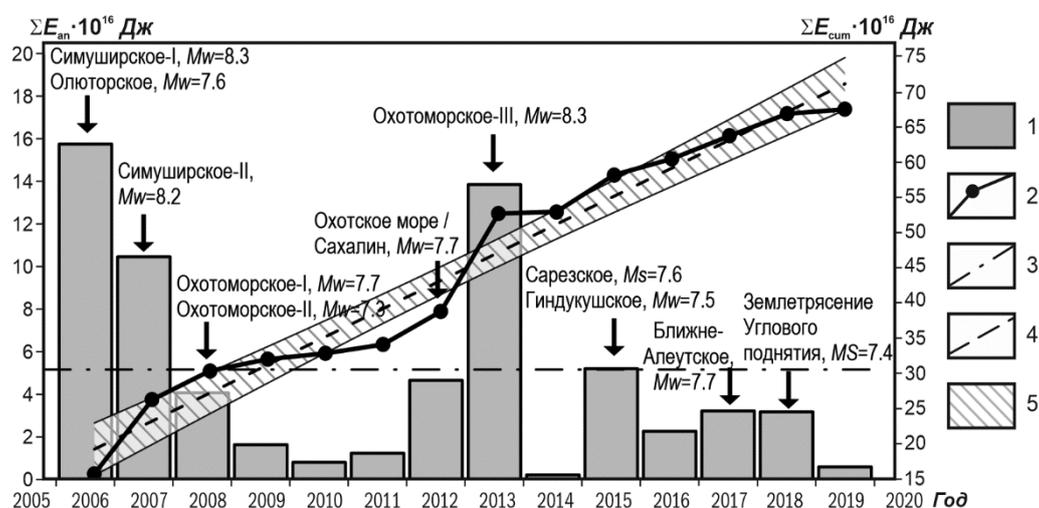


Рис. 3. Годовые значения суммарной сейсмической энергии ΣE_{an} , выделившейся на территории Северной Евразии в период 2006–2019 гг., их кумулятивный график ΣE_{cum} и крупнейшие землетрясения этого периода

1 – ΣE_{an} ; 2 – ΣE_{cum} ; 3 – среднее значение $\Sigma E_{an}=5.3(\pm 2.7) \cdot 10^{16}$ Дж за период 2006–2017 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 и статей о сильных и ощутимых землетрясениях, опубликованных в текущем выпуске журнала.

В регионе **Карпаты (I)**, расположенном в самом западном сегменте *Средиземноморско-Трансазиатского складчатого пояса*, в сейсмических наблюдениях в 2018–2019 гг. участвовали, как и ранее, два государства – Украина, с отделом сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины (ИГФ НАНУ), и Молдова, с лабораторией сейсмологии Института геологии и сейсмологии АН Молдовы (ИГиС АНМ). Мониторинг сейсмичности выполнялся с помощью стационарных цифровых сетей из 21 и шести станций соответственно, с центрами обработки во Львове и Кишинёве, дополненных на Украине тремя временными станциями, а в Молдове – комплектом аналоговой аппаратуры на станции «Кишинёв» [45]. Поскольку наблюдения в регионе Карпаты проводятся двумя центрами, существуют два отдельных продукта – каталог ИГФ НАНУ [7] и каталог ИГиС АНМ [6], которые не объединены в один сводный каталог. Каталог [7] содержит землетрясения внутри границ всего региона I, тогда как в [6] входят события в основном из зоны Вранча. В связи с этим обзор сейсмичности региона проведен по данным каталога [7]. Он содержит 99 событий с $K_p=4.5–13.6$, из них 68 приурочены к верхним этажам глубин с $h < 70$ км, а 31 – к промежуточным $h=72.5–157.5$ км. Наблюдаемые диапазоны глубин гипоцентров близки к таковым в 2016–2017 гг., но с уменьшением суммарного числа толчков в 1.4 раза (99 вместо 140), суммарной энергии – почти на порядок ($\Sigma E=4.2 \cdot 10^{13}$ Дж вместо $2.92 \cdot 10^{14}$ Дж).

Максимальное землетрясение в регионе Карпат с $K_p=13.6$, $M_{WGCMT}=5.6$ возникло 28 октября 2018 г. в районе Вранча на глубине $h=157.5$ км. Согласно собранным макросейсмическим данным, оно вызвало сотрясения на эпицентральных расстояниях от 18 до 1500 км в 138 населенных пунктах на территории десяти государств – Румынии, Болгарии, Молдовы, Приднестровья, Украины, Сербии, Турции, Албании, Италии и Германии. Их интенсивность по модифицированной шкале Меркалли [44] составила I–V баллов в Румынии (91 пунктов), II–IV балла в Болгарии (18 пунктов), II–III балла в Молдове (5 пунктов) и до I–III баллов на других территориях. На юге Украины (шесть пунктов) и в Молдове (еще десять пунктов) оно проявилось с интенсивностью до 4 баллов по шкале MSK-64 [43]. Более детальное описание этого землетрясения и карта изосейст даны в отдельной статье [27].

В Предкарпатье и Закарпатье происходили более слабые поверхностные землетрясения. Для Закарпатья их энергетический класс находился в диапазоне $K_p=5.5–7.9$, а глубина в пределах $h=0.6–8.0$ км; для Предкарпатья (Львовская область) – $K_p=4.5–7.3$, $h=0.4–2.0$ км. Наиболее сильным событием Буковины в 2018–2019 гг. было ощутимое землетрясение, которое произошло в районе г. Новоднестровска 24 марта 2018 г. с $K_p=9.4$ и магнитудой $MSH=2.4$ на глубине $h=1$ км. Оно ощущалось с интенсивностью 4 балла в с. Ломачинцы Сокирянского района Черновицкой области.

Складчатые системы **Крыма (II)**, **Кавказа (III)** и **Конетдага (IV)** объединены в единую систему реализации сейсмического режима [2, 46] и являются южными районами Евразийской литосферной плиты. В статьях [47, 48, 49, 50, 51] настоящего выпуска журнала приводятся обзоры сейсмичности этих регионов в 2018–2019 гг.

Горный **Крым** с прилегающими к нему акваториями Чёрного и Азовского морей представляют западный сегмент складчатой системы. На Крымском п-ове в 2018–2019 гг. произведено расширение сети сейсмических наблюдений относительно 2016–2017 гг. В западной части полуострова в 2018 г. была открыта новая станция «Донузлав», в восточной части восстановлена станция «Керчь». Расширенная сеть из девяти сейсмических станций позволяла без пропусков регистрировать землетрясения энергетического класса $K_{II}=8$ и выше на всей территории Крыма и $K_{II} \geq 7$ на южном берегу полуострова, причем эта зона значительно увеличилась по площади по сравнению с таковой в 2017 году. Всего в 2018–2019 гг. сетью станций Крыма зарегистрировано 185 землетрясений в диапазоне энергетических классов $K_{II}=3.8–11.0$. Величина годовой суммарной энергии ΣE , высвободившейся в очагах этих землетрясений, в 2018 г. составила $\Sigma E=3.64 \cdot 10^{11}$ Дж, а в 2019 г. примерно в 7 раз меньше – $\Sigma E=4.88 \cdot 10^{10}$ Дж, что по уровню ниже среднего долговременного значения [50]. Два землетрясения, 13 сентября 2018 г. в 05^h45^m с $K_{II}=10.5$, $MSH=3.5$ и 6 апреля 2019 г. в 08^h01^m с $K_{II}=9.9$ и $MSH=3.3$, были слабо ощутимыми с интенсивностью $I=3$ балла и $I=2$ балла по шкале MSK-64 [43] в населенных пунктах Крыма. Самым значимым событием явилось вышеупомянутое землетрясение 13 сентября 2018 г. на Южном берегу Крыма. Как и в предыдущий двухлетний период (2016–2017 гг.), наиболее активным был Керченско-Анапский район – здесь в 2018 г. произошли три ощутимые землетрясения с максимальной интенсивностью $I=4–5$ баллов (по данным Северо-Кавказской сети $I=5$ баллов). Самое сильное из них произошло 24 апреля 2018 г. в 20^h47^m , ему посвящена отдельная статья настоящего выпуска журнала [52, 53]. Одно ощутимое землетрясение наблюдалось 20 февраля в 07^h00^m в Азово-Кубанском районе на восточном побережье Азовского моря. Согласно Северо-Кавказскому каталогу, оно ощущалось в г. Приморско-Ахтарске (7 км) с интенсивностью $I=3–4$ балла [51].

Регион **Кавказ (III)** расположен восточнее Керченского и Таманского п-вов, здесь Горный Крым переходит в центральный Кавказский сегмент. Этот регион представлен тремя территориями, контролируемые сейсмическими сетями Азербайджана (III а), Армении (III б) и российского Северного Кавказа (III в).

На территории **Азербайджана (III а)** сеть состояла, как и ранее, из 35 телеметрических станций, равномерно распределенных по территории. Чувствительность сети также оставалась на прежнем уровне: $K_{min}=7$ на большей части территории республики, включая Нахичеванскую АР и шельфовую зону Каспийского моря, в Шамахи-Исмаиллинской зоне – $K_{min}=6.0$, а в Талыше – $K_{min}=6.5$ [48]. Суммарное число землетрясений, зарегистрированных сетью станций Азербайджана, составило 5387 в 2018 г. и 6880 в 2019 г., однако в каталоге землетрясений Азербайджана и прилегающих территорий, публикуемом в электронном приложении к обзору [48], приводятся данные о землетрясениях лишь с магнитудой $ML_{Azp} \geq 3.0$, количество которых составило 101 в 2018 г. и 115 в 2019 году. Несмотря на значительное число зарегистрированных землетрясений, выделенная сейсмическая энергия уменьшилась относительно фонового уровня в 6 и 7 раз соответственно.

Число землетрясений, ощущавшихся на территории III а в 2018–2019 гг., составило $N_{\text{ощ}}=38$, они проявились в 60 населенных пунктах, включая некоторые пункты в Грузии, Армении и Иране. Сильнейшим в 2018 г. можно назвать землетрясение 5 июня в $18^{\text{h}}40^{\text{m}}$ с $K_p=12.4$, $ML_{\text{Азр}}=5.5$, $M_s_{\text{ISC}}=5.1$ [48]), произошедшее в Загатальской зоне. Интенсивность сотрясений в 6 баллов по шкале MSK-64 [43] в Загатальском районе Азербайджана отмечена в населенных пунктах Мухах, Гюллюк, Закаталы, Муганли, Катех, Алибейли. Интенсивностью 5–6 баллов землетрясение ощущалось в ближайших пограничных районах Дагестана: в населенных пунктах Кусур и Цахур юго-западной части Дагестана. Дагестанские сейсмологи обследовали ближайшие к Азербайджану районы Дагестана. Собранные данные позволили построить карту изосейст этого землетрясения [54]. Очаговая область землетрясения 5 июня 2018 г. находится в районе сильных землетрясений 7 мая 2012 г. с $M_L_{\text{Азр}}=5.6$ и 5.7 и ограничена продольными и поперечными ортогональными разломами [48]. Сложностью строения этой зоны, видимо, можно объяснить неоднозначные варианты механизма очага этого землетрясения, полученные по данным азербайджанских сейсмологов [48] и российских (Обнинский центр ФИЦ ЕГС РАН). У первых преобладают силы растяжения и сбросовый тип движения в очаге, видимо, приуроченный к Загатальскому разлому, у вторых – механизм очага типа взброс со сдвиговыми компонентами, скорее связанный с Шамбул-Исмаиллинским разломом земной коры. Примечательно, что «русский» механизм подобен решению, полученному в GCMT для этого землетрясения.

В 2019 г. максимальный всплеск выделенной сейсмической энергии зарегистрирован в Исмаиллинской зоне, когда на территории Шамахи произошло заметное землетрясение 5 февраля в $19^{\text{h}}31^{\text{m}}$ с $K_p=12.0$, $ML_{\text{Азр}}=5.2$, $M_s_{\text{ISC}}=4.8$. Установлен сдвиговый тип движения по обеим плоскостям. Сопоставление простираения нодальных плоскостей с линиями разломов показывает согласие второй нодальной плоскости $NP2$ с правосторонним Западно-Каспийским ортогональным разломом [48].

На территории *Армении* (III б) сеть претерпела изменения за счет модернизации и замены оборудования на восьми станциях на более современное. Всего в Армении в 2018–2019 гг. функционировала 21 сейсмическая станция. Представительная регистрации землетрясений сетью станций велась примерно на уровне 2015 г.: вблизи Еревана, Гарни, в Спитакской зоне $M_{\text{min}}=0.5$ –1.0, в восточной части $M_{\text{min}}=1.0$ –1.5, а для всей территории – $M_{\text{min}}=2.0$ [49].

В каталог включены $N=2833$ землетрясения за 2018–2019 гг. с эпицентрами непосредственно на территории Армении и вблизи ее границ с Азербайджаном, Грузией, Турцией и Ираном. В пределах Республики наибольший уровень сейсмической активности зафиксирован в северном районе, примыкающем к Джавахетскому нагорью, и в очаговой зоне 10-балльного Спитакского землетрясения 1988 г. с $MLV=6.9$. Девять землетрясений ощущались в населенных пунктах Армении [55]. Этим событиям посвящена отдельная статья [33]. Два землетрясения 6 июня 2018 г., в $03^{\text{h}}58^{\text{m}}$ с $M_L=3.6$ и в $13^{\text{h}}07^{\text{m}}$ с $M_L=4.3$, а также два толчка 10 сентября 2019 г., в $16^{\text{h}}22^{\text{m}}$ с $M_L=4.7$ и в $16^{\text{h}}24^{\text{m}}$ с $M_L=3.9$, ощущались в ближайших населенных пунктах с интенсивностью 5 и более баллов по шкале MSK-64 [43]. Примечательно, что построенные карты изосейст имеют различную ориентацию: система из четырех изосейст июньских землетрясений представлена эллипсами, вытянутыми в северо-западном направлении, а сентябрьское землетрясение имеет близширотную ориентацию изосейст, почти как 6-балльная изосейста 10-балльного Спитакского землетрясения 1988 г., с небольшой вытянутостью в направлении с запад–юго-запада на восток–северо-восток [33]. Спитакская зона расположена на северо-западе Армении, приурочена к Абул-Самсарскому, Памбак-Севанскому и Транскавказскому разломам и вплоть до настоящего времени остается одной из наиболее сейсмоактивных областей Кавказа [49].

На *Северном Кавказе* (III в) сейсмический мониторинг в 2018–2019 гг. производился сейсмической сетью, состоящей из 66 станций. На большей части территории сеть обеспечивала представительную регистрацию землетрясений с $K_p \geq 7.0$, в ее центральной 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 6874 землетрясения. По выделившейся энергии первое место занимает зона Большого Кавказа (в два раза больше по энергии и почти в 1.2 раза – по количеству землетрясений), на втором месте по выделенной энергии находится зона Каспийского моря (в 400 раз больше по сравнению с таковой в 2016–2017 гг.). На порядок выше в 2018–2019 гг. уровень выделившейся энергии в зоне Терско-Каспийского прогиба, здесь зарегистрировано самое большое число землетрясений, 87 % из которых – слабые события с $K_p \leq 7$) [51].

На Северном Кавказе зафиксировано 26 ощутимых землетрясений. Максимальная интенсивность сотрясений $I_{\max}=6$ баллов по шкале MSK-64 [43] была отмечена от уже упомянутого Закавказского (Загатавского) землетрясения 5 июня 2018 г. с $K_p=14.1$ на территории Азербайджана и от Буйнакского-II 24 мая 2019 г. с $K_p=11.5$ в Дагестане вблизи Чиркейского водохранилища. Буйнакское-II землетрясение произошло в очаговой зоне Буйнакского-I 9 января 1975 г. с $M_s=4.3$, интенсивность сотрясений в эпицентре которого составляла $I_0=8$ баллов. Ощутимым Закавказскому и Буйнакскому-II землетрясениям посвящена отдельная статья [54].

На территории Осетии и Ингушетии (Терско-Каспийский передовой прогиб) ощущались максимально до 5 баллов два землетрясения 2018 г.: Заманкульское 12 апреля с $K_p=8.9$ и Яндарское 17 октября с $K_p=11.7$, детально описанные в [29].

Дуплет ощутимых до 3–4 баллов землетрясений зарегистрирован 24 и 25 ноября 2018 г. ($K_p=10.3$ и $K_p=10.5$) в Западно-Кубанском краевом прогибе. Эпицентры этих землетрясений располагались в 28 км от г. Краснодара. Они ощущались в ст. Северской, ст. Азовской, пос. Ильском с интенсивностью 3–4 балла, в Краснодаре – 3 балла. Тип движения в очагах – сброс.

Одно из редких событий – землетрясение 15 октября 2018 г. в центре Азовского моря. Главный толчок с $K_p=11.0$ и его афтершок с $K_p=8.4$ произошли в пределах субширотного Азовского вала, являющегося главной структурой, определяющей тектонический облик этого региона. Северное его крыло представлено Главным Азовским надвигом, разделяющим структуры Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты.

В регионе *Копетдаг (IV)* сейсмический мониторинг, как и в предыдущие два года, осуществлялся сетью из 34 сейсмических станций Института сейсмологии и физики атмосферы Академии наук Туркменистана, из них 20 стационарных и 14 передвижных [47]. За 2018–2019 гг. зарегистрировано 348 землетрясений с $K_p \geq 8.6$, для 62 событий определены механизмы очагов. В населенных пунктах Туркменистана ощущались более 20 землетрясений, лишь часть из которых локализована непосредственно в его границах. С максимальной интенсивностью на территории Туркменистана ощущалось землетрясение 7 января 2018 г. с $K_p=12.1$ ($m_b=4.8$), расположенное в Балхано-Каспийском районе и вызвавшее сотрясения 3–4 балла в г. Туркменбаши. Среди сейсмоактивных районов максимальная сейсмическая энергия в 2018 г. выделилась на территории Туркмено-Хорасанского района, в 2019 г. – в Восточном Туркменистане. По Копетдагскому региону в целом сейсмическая активность и соответствующие параметры сейсмического режима в 2018–2019 гг. существенно понизились по сравнению как с таковым в предыдущий двухлетний период, так и с долговременными средними значениями.

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).

В 2018–2019 гг. сейсмические наблюдения на территории *Кыргызстана и Узбекистана* (V а) проводились сетями сейсмических станций этих государств. К 25 станциям Кыргызстана в августе 2018 г. добавилась станция «Салом-Алик», а в апреле 2019 г. – станция «Жаны-Куч». В Узбекистане в 2018 г. были закрыты четыре станции («Бустон», «Нукус», «Сукок», «Хива») из 45, работавших в предыдущем году. Сводный каталог землетрясений за 2018 г. содержит 231 событие с энергетическими классами $K_p=8.6–13$, тогда как в 2017 г. в каталоге было 265 событий, т.е. сейсмичность в регионе несколько уменьшилась. Максимальным по энергии стало землетрясение 3 сентября в $21^{\circ}52'$ с $K_p=13.0$, произошедшее на территории Китая. За 73 секунды до него зарегистрирован близкий по энергии форшок с $K_p=12.1$. В 2019 г. сейсмичность региона оставалась практически на уровне предыдущего года – было зарегистрировано 210 землетрясений с $K_p=8.6–12.4$. Самое сильное землетрясение этого года произошло также на территории Китая 12 января в $04^{\circ}31'$ с $K_p=12.4$. В 2018 и 2019 гг. на рассматриваемой территории отмечена самая низкая сейсмическая активность по сравнению с ее долговременным средним значением за период с 1996 г. по 2019 год.

В *Таджикистане* с прилегающими территориями (V б) сейсмичность обусловлена континентальным столкновением Индийской и Евразийской тектонических плит, которые сходятся с относительной скоростью 40–50 мм в год [56]. Субдукция Индийской плиты под Евразийскую вызывает многочисленные землетрясения и делает этот район одним из наиболее сейсмически опасных на Земле. Здесь и в 2018–2019 гг. по-прежнему удерживался высокий уровень числа

землетрясений, близкий к зарегистрированному в 2015 г. ($N_{\Sigma}=9071$) [57], когда возникло сильнейшее Гиндукушское землетрясение 26.10.2015 г. с $M_w=7.5$, $h=230$ км [58], а именно: $N_{\Sigma}=8705$ – в 2016 г., 9150 – в 2017 г. [59], $N_{\Sigma}=8560$ и 8635 в 2018 г. и в 2019 г. соответственно [60]. Однако их суммарная энергия, уменьшившись от $\Sigma E=1.815 \cdot 10^{17}$ Дж в 2015 г. до $\Sigma E=1.189 \cdot 10^{16}$ Дж в 2016 г. и $\Sigma E=6.771 \cdot 10^{14}$ Дж в 2017 г., затем стабилизировалась на близких уровнях: $\Sigma E=1.826 \cdot 10^{15}$ Дж – в 2018 г. и $\Sigma E=1.500 \cdot 10^{15}$ Дж – в 2019 г., что свидетельствует о некотором заживлении очаговой зоны промежуточных землетрясений после катастрофического Гиндукушского землетрясения 26.10.2015 года.

Итоговый каталог Таджикистана за 2018 и 2019 гг., созданный Геофизической службой НАН Таджикистана (ГС НАНТ), содержит 17195 землетрясений в диапазоне $K_p=8.6$ –14.9, из них 14325, или 83 %, – Памиро-Гиндукушские землетрясения с промежуточными глубинами очагов $h=70$ –310 км и 2870, или 17 %, – мелкофокусные толчки с $h=1$ –60 км, разбросанные по всей территории. Движение Индийского континента на север и столкновение с Евразией продолжается, но вызванный им в исследуемые два года сейсмический процесс в Таджикистане и прилегающих к нему территориях протекал относительно спокойно. Максимальным в 2018 г. явилось землетрясение 9 мая с $K_p=14.9$, $M_{WGCMT}=6.3$, с промежуточной глубиной очага $h=105$ км, а в 2019 г. – также промежуточное событие 20 декабря с $K_p=14.8$, $M_{WGCMT}=6.2$, $h=209$ км. Очевидно, что они не могли быть причиной столь большого числа (14325) промежуточных толчков.

Непосредственно внутри государственных границ Таджикистана, на территории Южного Тянь-Шаня, самым значимым по энергии ($K_p=13.1$) явилось 6-балльное первое Сарихосорское землетрясение 29 марта 2018 г., возникшее на глубине $h=5$ км в наиболее активной в 2018–2019 гг. северо-восточной части Таджикской депрессии, в пределах Вахшского надвига, в 18.5 км к востоку от г. Рогуна. Оно обследовано сотрудниками Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Таджикистана (ИГССС НАНТ) и описано в отдельной статье [61]. Землетрясение вызвало мощную серию афтершоков ($N_{af}=521$), а через год, 7 марта 2019 г., в 7 км от предыдущего реализовалось и второе Сарихосорское землетрясение с $K_p=12.1$, 5–6-балльное, с меньшей на порядок серией из 53 афтершоков. Результаты макросейсмического обследования этого землетрясения также описаны в статье [61]. Этот очаг находился глубже первого ($h=15$ км), в средней части гранитного слоя земной коры. Эпицентральная зона землетрясения лежит на северо-западном склоне Вахшского хребта, на террасах левого берега Верхнего Вахша и в непосредственной близости от Южно-Гиссарского и Илякско-Вахшского разломов, как и первое Сарихосорское землетрясение.

В Казахстане (V) сейсмический мониторинг проводили две организации: Государственное учреждение «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция» Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан и Республиканское Государственное предприятие «Институт геофизических исследований» Министерства энергетики Республики Казахстан [62]. В сводный каталог включено 1050 землетрясений с энергетическими классами $K_p=6.6$ –12.8. Максимальное за два года землетрясение в зоне ответственности произошло 1 февраля 2019 г. в 21^h54^m с $K_p=12.8$, $M_{WGCMT}=5.0$ с эпицентром на территории провинции Синьцзян (КНР) вблизи казахстанско-китайской границы. Землетрясение ощущалось во многих населенных пунктах Казахстана. Непосредственно в Казахстане самое сильное землетрясение произошло недалеко от Капчагайского водохранилища (Илийская впадина) 26 марта 2018 г. с $K_p=12$. Оно ощущалось в г. Алматы с интенсивностью 3–4 балла. Несколько техногенных и природно-техногенных землетрясений зарегистрировано в ранее традиционно считавшихся асейсмичными районах западного, центрального, северо-восточного Казахстана, в местах добычи твердых и жидких полезных ископаемых. В целом большая часть территории Казахстана за период 2018–2019 гг. характеризовалась умеренной сейсмической активностью.

Сейсмичность российских регионов *Алтай и Саяны (VI)*, *Прибайкалье и Забайкалье (VII)*, *Приамурье и Приморье (VIII)* связана с *Алтае-Охотоморским сейсмическим поясом*, протягивающимся от восточного Казахстана до Охотского моря и ограниченным с севера зоной контакта Сибирской платформы с Амурской плитой.

Стационарная сейсмическая сеть *Алтая и Саян (VI)* в 2018–2019 гг. состояла из 55 станций. В рамках развития сети в Кузбассе на угледобывающем разрезе «Калтанский», в 40 км к югу от г. Новокузнецка, были открыты три новые станции. Дополнительно в регионе функционировали пять локальных временных сетей – одна исследовала сейсмический процесс и накапливала

данные для построения границы Мохо по методу приемных функций в Республике Алтай, четыре другие были ориентированы на исследование техногенной сейсмичности в районе угледобывающих предприятий Кемеровской и Новосибирской областей.

В течение 2018–2019 гг. в регионе зарегистрировано 15405 землетрясений ($0.8 \leq ML \leq 6.2$), 52 % из которых произошли в Чуйско-Курайской зоне Республики Алтай. Самым сильным землетрясением в региональном каталоге [39] является событие 1 февраля 2019 г. в 21^h54^m с $ML_{\text{рег}}=6.2$ по данным Алтайского филиала ФИЦ ЕГС РАН ($M_{W\text{GCMT}}=5.0$) в районе хр. Харбагатай на территории Китая в 70 км к югу от оз. Зайсан, которое названо максимальным и в обзоре сейсмичности Казахстана [62]. Дело в том, что границы каталогов Казахстана и Алтая и Саян перекрываются, и именно в зоне перекрытия расположено это землетрясение. В сводный каталог включено решение Казахстана, поскольку это землетрясение локализовано практически на его границе, тогда как минимальное расстояние до российской границы и, соответственно, сейсмических станций региона VI – 360 км. Вторым по магнитуде ($ML=5.6$) в каталоге Алтая и Саян оказалось землетрясение на территории Казахстана, произошедшее 21 мая 2018 г. в 13^h07^m в 120 км к юго-западу от эпицентра? землетрясения 1 февраля 2019 г., в районе оз. Алаколь. Суммарная сейсмическая энергия, выделенная в очагах землетрясений региона, составила $2.19 \cdot 10^{12}$ Дж в 2018 г. и $1.17 \cdot 10^{13}$ Дж в 2019 году.

В каталоге региона **Прибайкалье и Забайкалье (VII)** за 2018–2019 гг. [33] содержится 14545 землетрясений с $K_p \geq 5.6$. В Байкальской рифтовой зоне (БРЗ) локализовано 94 % этих событий. Самое сильное Ленгерское землетрясение 28 сентября 2019 г. с $M_w=5.1$ произошло в ранее асейсмичной зоне сочленения структур северо-восточного фланга БРЗ и Олёмно-Становой системы разломов к юго-западу от известных эпицентральных полей [63, 64]. Макросейсмические эффекты на территории региона наблюдались при 49 землетрясениях. Максимальная наблюдаемая интенсивность сотрясений (6 баллов) зарегистрирована при Хойтогольском-II землетрясении 29 марта 2019 г. (юго-западный фланг БРЗ на эпицентральной расстоянии $\Delta=2$ км, улус Хойто-Гол) [63, 65], что на 1 балл превышает максимальный макросейсмический эффект, наблюдавшийся в регионе в течение предыдущих 2016–2017 гг. [66]. В целом период 2018–2019 гг. характеризовался умеренной сейсмической активностью.

В **Приамурье и Приморье (VIII)** сейсмичность в 2018–2019 гг., как и ранее, представлена коровыми и глубокофокусными землетрясениями, минуя промежуточный слой. Коровая сейсмичность за рассматриваемый период, согласно [67], представлена 373 слабыми и умеренными сейсмическими событиями с $K_p=5.3–14.1$ ($M=0.7–5.6$), произошедшими на глубинах до 24 км. Наибольшее число землетрясений располагается в северо-западной части региона. Самое сильное коровое землетрясение произошло в районе Станового хребта на границе между Амурской и Евразийской литосферными плитами 7 июля 2018 г. в 08^h51^m на глубине $h=9$ км с $K_p=14.1$, $M_{W_{\text{рег}}}=4.9$, $MLH=5.4$. Эпицентр находился в северной части Хабаровского края в отрогах Атагского хребта вдалеке от населенных пунктов, макросейсмический эффект не отмечен. Глубокофокусная сейсмичность Приамурья и Приморья в 2018–2019 гг. представлена 17 землетрясениями с очагами в зоне субдукции Тихоокеанской плиты на глубинах $h=280–595$ км с эпицентрами в юго-восточной части региона: восемь – на территории Приморья, девять – в акватории Японского моря. Самое сильное глубокофокусное землетрясение произошло 22 апреля 2019 г. в 00^h47^m ($M_{W_{\text{рег}}}=4.3$, $h=478$ км) с эпицентром в южной части Приморского края. В целом в Приамурье и Приморье в 2018–2019 гг. наблюдался средний уровень коровой и глубокофокусной сейсмичности. Уровень сейсмичности региона в 2018 г. и в 2019 г. по методике «СОУС'09» [68] отнесен к категории «фоновый средний».

В регионе **Сахалин (IX)** сейсмичность была представлена, как и в регионе VIII, многочисленными коровыми землетрясениями с эпицентрами на о. Сахалин и его шельфе и небольшим количеством глубокофокусных землетрясений из зоны субдукции Тихоокеанской плиты. Так, в 2018–2019 гг. на территории региона зарегистрировано 671 коровое землетрясение с глубинами 1–22 км. Все самые сильные землетрясения региона реализовались в 2019 году. Среди коровых максимальное произошло 6 августа 2019 г. в 17^h40^m ($M=MLH=4.6$, $K_c=11.4$, $h=11$ км) с эпицентром в заливе Терпения на юго-восточном шельфе острова. Оно ощущалось в г. Макарове (133 км) с интенсивностью в 3–4 балла. Два самых сильных глубокофокусных землетрясения произошли 31 мая в 05^h04^m ($M=4.9$, $h=321$ км) с эпицентром к югу от мыса Анива и 28 августа в 01^h29^m ($M=4.9$, $h=317$ км) с эпицентром на северном шельфе о. Хоккайдо. Уровень сейсмичности

региона в 2018 и 2019 гг. по методике «СОУС'09» [68] отнесен к категории «фоновый средний».

В **Курило-Охотском регионе (X)** в 2018–2019 гг. зарегистрированы 3729 землетрясений с магнитудой $M=2.4-7.1$: 1878 – в 2018 г., 1851 – в 2019 году. Гипоцентры 2934 землетрясений (78.7 %) локализованы в верхнем глубинном интервале с $h \leq 80$ км, 721 (19.3 %) – в промежуточном слое с $h=81-300$ км и 74 (2.0 %) – в нижнем интервале глубин с $h > 300$ км.

Самое сильное землетрясение региона произошло 5 сентября 2018 г. в $18^{\text{h}}07^{\text{m}}$ на глубине $h=46$ км с $M=MLH=7.1$, $M_{w\text{per}}=6.6$ и эпицентром на юго-восточном шельфе о. Хоккайдо. На территории России оно ощущалось с интенсивностью 2 балла в пгт Южно-Курильск (362 км), с. Лагунное (358 км) и пос. Горячий Пляж (356 км). Это событие, названное Eastern Iburu earthquake, вызвало большой интерес у японских сейсмологов – согласно библиографическому справочнику ISC, ему посвящено более 90 публикаций. В промежуточном глубинном слое (81–300 км) самым сильным в 2018 г. (по магнитуде $M=6.0$ в сводном каталоге [Приложение 2]) было землетрясение 23 июля в $21^{\text{h}}37^{\text{m}}$ на глубине $h=137$ км с $K_C=13.2$, $M_{w\text{GCMT}}=5.1$, а в 2019 г. – толчок 27 апреля в $17^{\text{h}}24^{\text{m}}$, $h=112$ км, $K_C=13.0$, $M_{w\text{GCMT}}=5.5$, $M=5.9$. Оба события ощущались в населенных пунктах Курил с максимальной интенсивностью 3 и 2 балла соответственно. Максимальное глубокофокусное землетрясение произошло 2 ноября 2018 г. ($h=446$ км, $M=M_{w\text{per}}=5.9$, $M_{w\text{GCMT}}=6.0$), эпицентр располагался в акватории Охотского моря на северо-западной границе Курильской котловины. В октябре-ноябре 2018 г. в юго-западной части Охотского моря, северо-восточнее п-ова Сиретоко, на глубине 10–20 км произошла серия сильных землетрясений с магнитудами до $M_w=5.7-6.0$. Крупнейшим событием этой серии явилось землетрясение 4 ноября 2018 г. в $19^{\text{h}}26^{\text{m}}$ ($h=14$ км, $M=MS=5.8$, $M_{w\text{per}}=5.9$, $M_{w\text{GCMT}}=6.0$); ему посвящена отдельная статья данного выпуска журнала [38]. Эпицентр находился западнее о. Кунашир на подводном продолжении п-ова Сиретоко о. Хоккайдо. Механизм очага события – взброс с ССВ–ЮЮЗ ориентацией нодальных плоскостей. Сиретокское землетрясение 4 ноября 2018 г. – одно из двух событий, ощущавшихся в регионе с максимальной интенсивностью 5 баллов, причем сразу в пяти населенных пунктах – с. Лагунное (51 км), пос. Горячий Пляж (58 км), пгт Южно-Курильск (55 км), с. Менделеево (62 км) и с. Головинно (87 км). Второе землетрясение с 5-балльным эффектом (с. Малокурильское, $\Delta=44$ км) произошло 23 ноября 2019 г. в $12^{\text{h}}58^{\text{m}}$ с $M_{w\text{per}}=5.1$, $MLH=4.8$ на глубине $h=65$ км. Уровень сейсмичности региона в 2018 г. по методике «СОУС'09» [68] отнесен к категории «фоновый средний», в 2019 г. – «фоновый пониженный».

В регионе **Камчатка и Командорские острова (XI)** в 2018–2019 гг. зарегистрированы и обработаны 17044 землетрясения в энергетическом диапазоне $ML=0.35-7.3$ ($K_S=2.2-16.1$). В региональный каталог, представленный в настоящем издании, вошло 3646 событий с $K_S \geq 8.5$ [24]. Из них 228 событий с $ML=3.65-7.3$ ощущались с интенсивностью от 1–2 до 6–7 баллов. Уровень сейсмичности по шкале «СОУС'09» [68] в 2018 г. соответствует фоновому повышенному, в пределах точности оценки – высокому; в 2019 г. – фоновому среднему уровню сейсмичности. Суммарная энергия всех зарегистрированных в 2018 г. землетрясений составила $\Sigma E=1.8 \cdot 10^{16}$ Дж, в 2019 г. – $\Sigma E=8.0 \cdot 10^{14}$ Дж.

Сильнейшее и уникальное событие региона в 2018–2019 гг. – «землетрясение Углового поднятия» (ЗУП) – произошло на крайнем северо-западе Тихого океана южнее области сочленения Курило-Камчатской и Алеутской дуг 20 декабря 2018 г. в $17^{\text{h}}01^{\text{m}}$ с $MS=7.4$, $M_{w\text{per}}=7.3$, $h=53.6$ км [69]. Указанная глубина определена по данным станций Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН, односторонне расположенных относительно эпицентра, с ближайшей станцией ВКИ на расстоянии $\Delta=87$ км. Все вступления нечеткие, точность оценки глубины составляет 24 км. Кроме того, другие источники (СБ, ISC, IDC, USGS NEIC и др.) дают глубину не более 40 км [69], включая $h_{\text{np}}=18$ км [5]. Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод, что ЗУП – коровое землетрясение, и для него введение поправки за глубину при определении единой магнитуды для сводного каталога не требуется: $M=MS=7.4$ согласно ур. (3). ЗУП является сильнейшим внутриплитовым событием, принадлежность которого к району южнее зоны сочленения Камчатского и Алеутского желобов надежно установлена. Землетрясение сопровождалось большим числом афтершоков – по состоянию на конец мая 2019 г. зарегистрировано более 3600 повторных толчков [69]. ЗУП ощущалось на расстояниях до 500 км, но благодаря удаленности от большинства населенных пунктов, не привело к разрушительным последствиям. Это землетрясение привело к превышению среднегодовой сейсмической энергии, выделившейся в 2018 г. в зоне «Тихий океан» региона XI, более чем на два порядка. В зоне «Залив Шелихова» на протяжении 2018–2019 гг. регистрировалось число землетрясений с $ML \geq 3.5$ ($K_S \geq 8.5$), более чем на порядок превышающее среднегодовые значения для этой зоны.

На Камчатке продолжался мониторинг сейсмической и вулканической активности действующих вулканов. По данным наблюдений в 2018–2019 гг., на всех вулканах зафиксировано 30600 землетрясений [70]. Из них 95 % произошли в районе Северной группы вулканов. Половина из них характеризует вулканическую активность влк. Шивелуч в 2019 г., 37 % событий относятся к влк. Ключевской. Суммарная сейсмическая энергия, выделенная вулканическими землетрясениями за два года, составила $\Sigma E = 2.1 \cdot 10^{10}$ Дж.

В регионе **Северо-Восток России (XII)** в 2018–2019 гг. сетью наблюдений из 14 цифровых сейсмических станций зарегистрировано 644 землетрясения с $K_p = 4.8$ –13.2. Как обычно, большая их часть (77 %) локализована в районе Колымы. Самое сильное землетрясение с $K_p = 13.2$ и магнитудами $MPSP = 5.1$, $MS = 4.0$ произошло в районе Колымы 31 июля 2019 г. в 08^h29^m. Ощутимых землетрясений в 2018–2019 гг. было 13 [71]. Суммарная сейсмическая энергия, выделившаяся внутри границ региона за два года, составила $\Sigma E = 2.67 \cdot 10^{13}$ Дж. Уровень сейсмичности Северо-Востока России в 2018–2019 гг. по шкале «СОУС'09» оценен как «фоновый средний» за период наблюдений с 1968 по 2019 год.

В **Якутии (XIII)** мониторинг сейсмичности региона в 2018–2019 гг. выполнялся сетью из 20 цифровых станций и 25 полевых станций, продолжавших функционировать в рамках проекта «Seismicity and neotectonics of Laptev Sea region (SIOLA)» для проведения локальных исследований землетрясений в арктических районах Якутии Якутским филиалом ФИЦ ЕГС РАН (г. Якутск) совместно с Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН (г. Москва) и Гельмгольцским центром полярных и морских исследований Полярного института им. А. Вегенера (Германия) [72]. В итоге в течение 2018–2019 гг. было зарегистрировано около 730 землетрясений с $K_p \geq 7.2$, что соответствует нормальному сейсмическому фону. Очаги землетрясений располагались в уже известных зонах взаимодействия крупных литосферных тектонических плит – Евразийской, Североамериканской и Амурской, в основном в пределах двух крупных сеймотектонических поясов: Арктико-Азиатского на северо-востоке и в Арктике, а также Олёкмо-Становой зоны (восточный фланг Байкало-Станового пояса) на юге. Значительная сейсмическая активность установлена в Олёкминском районе и Алданском нагорье (Южная Якутия), а также на Яно-Оймяконском нагорье, хребте Черского и в море Лаптевых – на северо-востоке региона. Обращает на себя внимание невысокий уровень выделения сейсмической энергии в дельте р. Лены, несмотря на множество (более 2 тыс.) слабых землетрясений. Это, скорее всего, можно объяснить низким пока темпом современных тектонических движений, но имеющим тенденцию к росту.

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

В *российской части ВЕП (XIVa)* в 2018–2019 гг. сейсмичность проявлялась в основном в периферийных ее зонах и была представлена 76 сейсмическими событиями тектонической и техногенно-тектонической природы: 37 землетрясений в 2018 г. и 39 – в 2019 году.

Одно из самых значительных землетрясений произошло 5 ноября 2019 г. в Беломорском регионе на северном берегу Кандалакшского залива и имело локальную магнитуду по данным станций Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова (ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН, сеть АН) $ML_{АН} = 3.8$, тогда как в каталоге Кольского филиала ФИЦ ЕГС РАН (КоФ ФИЦ ЕГС РАН, сеть КО) $ML_{КО} = 3.3$. Большое расхождение в ML может быть связано как с разным набором зарегистрировавших землетрясение станций, так и с разными калибровочными кривыми, используемыми в указанных центрах [8, 21, 75]. Кроме указанных выше, для этого землетрясения в Сводном каталоге землетрясений ВЕП [76] приведены также ML по данным обрабатывающих центров ОБГСР (Центральное отделение ФИЦ ЕГС РАН), ИГКР (Институт геологии им. академика Н.П. Юшкина Коми научного центра УрО РАН) и НЕМ (Финляндия). С использованием всех перечисленных данных, получим среднюю магнитуду $ML_{ср} = 3.2$. С учетом близости $ML_{КО} = 3.3$ к $ML_{ср}$, мы приняли ее в качестве наиболее надежной оценки величины этого землетрясения и использовали ее при расчете однородной магнитуды M для сводного каталога по формуле (17). Эпицентр землетрясения 5 ноября 2019 г., согласно [75], расположен в районе межвпадинной перемычки, разделяющей Кандалакшский и Колвицкий грабены. Механизм очага этого землетрясения – сброс по обеим нодальным плоскостям – соответствует современному представлению о растяжении земной коры в продолжающемся развитии Колвицком грабене.

Близкое по магнитуде землетрясение произошло 5 сентября 2019 г. с $ML=3.4$ в Сосногорском районе Республики Коми вблизи рабочего пос. Нефтепечорск, где оно ощущалось с интенсивностью 4 балла по шкале MSK-64 [35, 77]. Эпицентр землетрясения локализован в бассейне среднего течения р. Печоры на территории нефтегазовых месторождений «Пашнинское» и «Береговое» Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. В тектоническом плане землетрясение 5 сентября относится к Печорской плите, к глубинному корово-мантийному Илыч-Чикшинскому разлому [77]. Расположение эпицентра на нефтегазовом месторождении дает основание полагать, что землетрясение может иметь наведенный характер и поэтому может быть отнесено к «техногенным» землетрясениям.

18 октября 2018 г. на северо-востоке ВЕП зарегистрировано слабое землетрясение с $ML=2.7$, очаг которого отнесен к Мезенско-Вашкинскому мегавалу Мезенской синеклизы, где ранее происходили более значительные по магнитуде землетрясения. Самое сильное из них, 17.09.2004 г. с $ML=4.3$, ощущалось до 5–6 баллов [77, 78, 79].

На территории Беларуси (XIV б) сейсмическая сеть была несколько модернизирована – на станциях «Минск» и «Нарочь» произошла замена оборудования SDAS+CM-3-OC на Centaur с широкополосными сейсмометрами Trillium 120. В остальной сети оставалась прежней: восемь цифровых станций Солигорской и семь – Островецкой локальных сетей. За весь период было зарегистрировано 141 землетрясение с $Kd=4.9–8.6$ [74]. По-прежнему природная сейсмическая активность наблюдалась в южной части территории, включая Солигорский горнопромышленный район. На западе, севере, востоке и в центральной части Беларуси не было зарегистрировано ни одного землетрясения. 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.

Сейсмичность Урало-Монгольского складчатого пояса, локализованная в пределах региона «Урал и Западная Сибирь» (XV), в эпицентральной поле выражена слабо (рис. 2), поэтому на рис. 1 данный пояс не показан. Регион охватывает огромную территорию континентальной части Евразийской литосферной плиты, но слабая рассеянная сейсмичность приурочена в основном к складчатым структурам Урала, в частности, к Главному Уральскому Разлому (ГУР) субмеридионального простирания.

В 2018–2019 гг. мониторинг сейсмичности региона осуществлялся 17 станциями региональной сети ГИ УрО РАН, в которой произошли некоторые изменения по сравнению с ее состоянием на конец 2017 года. Сейсмическая станция «Арти» (ARU) перенесена на новое место, на расстояние ~12 км от прежнего, с заменой аппаратуры и сохранением названия, но с изменением кода станции на ARTI. Регистрирующая аппаратура IRIS/IDA была заменена на регистраторы QuanterraQ-330HR, а набор сейсмометров и велосиметров расширен. На станциях «Каменск-Уральский» и «Североуральск» в октябре 2018 г. и апреле 2019 г. соответственно произведена замена регистраторов. Из зарегистрированных данной сетью за двухлетний период событий 82 % приходится на технологические взрывы на горнодобывающих предприятиях, 74 события имеют отношение к природной, а 76 – к природно-техногенной сейсмичности.

Период 2018–2019 гг. для региона в сейсмическом отношении оказался уникальным. 4 сентября 2018 г. в 22^h58^m вблизи г. Катав-Ивановска в Челябинской области произошло сильнейшее инструментально зарегистрированное на Урале землетрясение с $ML=5.4$, $M_{WGCMT}=5.0$ ($M=5.1$) [36, 37], которое продемонстрировало, что природный сейсмический потенциал Урала на порядок превышает техногенную составляющую. Землетрясение сопровождалось значительным количеством афтершоков, что является первым известным случаем для тектонических событий в пределах Урала. Всего зарегистрировано 33 афтершока в диапазоне магнитуд $1.6 \leq ML \leq 4.4$; наиболее сильные из них: 5 сентября в 07^h27^m с $ML=3.8$, 29 сентября в 09^h06^m с $ML=4.1$ и 15 ноября 2018 г. в 07^h48^m с $ML=4.4$. Катав-Ивановское землетрясение ощущалось во многих населенных пунктах на расстояниях до 381 км с максимальной интенсивностью 6.4 балла по шкале ШСИ-17 [23] в с. Орловка (14 км).

В выделенную в 2018 г. при тектонических землетрясениях региона энергию ($\Sigma E=1.22 \cdot 10^{13}$ Дж) основной вклад внесло Катав-Ивановское землетрясение, в результате чего она на три порядка превысила энергию ГТУ ($\Sigma E=1.26 \cdot 10^{10}$ Дж), в отличие от значений за 2019 г., когда энергия ГТУ ($\Sigma E=2.47 \cdot 10^{10}$ Дж) была на порядок выше энергии землетрясений ($\Sigma E=2.41 \cdot 10^9$ Дж).

На обширных территориях *Арктики* (XV) в настоящее время функционирует несколько международных и региональных сетей сейсмических станций, принадлежащих разным странам и организациям. В рамках периодического издания «Землетрясения Северной Евразии» происходит объединение данных российских сетей ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН (сеть АН), КоФ ФИЦ ЕГС РАН (сеть КО) и Центрального отделения ФИЦ ЕГС РАН (сеть OBGSR). Общее число станций этих сетей в Арктике ($N=15$) в 2018–2019 гг. не изменилось по сравнению с состоянием на конец 2017 года. Сеть OBGSR из трех станций BVNN, SBTT и HRSV, установленных на п-ове Ямал в 2017 г., регистрировала в основном землетрясения в южной части Арктики, сеть КО осуществляла мониторинг преимущественно западной части Арктического региона на основе данных трех станций (BRBB, BRBA и PYR) с привлечением исходных данных сейсмической группы SPITS (Норвегия), станций KBS (сеть GEOFON), VADS (Норвегия) и HSPB (Польша), а Архангельская сеть АН осуществляла мониторинг преимущественно центральной части Арктического региона с помощью девяти станций [8]. По результатам мониторинга этими сетями в 2018–2019 гг., дополненным данными Сейсмологического бюллетеня ФИЦ ЕГС РАН [4] и International Seismological Centre [5], составлен сводный каталог землетрясений Арктики (см. Приложение 2 к [8]), в который включено 1177 землетрясений с $ML=2.0-5.9$ и $MPSP=4.2-5.8$ за 2018–2019 гг. Как и ранее, большая часть очагов приурочена к срединно-океаническим хребтам Мона, Книповича и Гаккеля, где произошли все сильнейшие землетрясения за рассматриваемый период, включая самое сильное 8 февраля 2018 г. в $02^{\text{h}}29^{\text{m}}$ с $MPSP=5.8$. Имеются сведения о его ощутимости с интенсивностью II балла по шкале MMI [44] в пос. Нью-Олесунн (арх. Шпицберген) [40]. Для шельфовых территорий характерна сейсмичность в районе архипелага Шпицберген, в частности, в сейсмоактивной зоне в проливе Стур-фьорд, а также в зоне перехода «континент-океан» Баренцево-Карского региона, о. Белый и архипелага Новая Земля.

Заключение. По количеству землетрясений и выделившейся сейсмической энергии сейсмический процесс в большинстве регионов Северной Евразии в 2018–2019 гг. протекал в «фоновом» режиме. В целом по Северной Евразии суммарная сейсмическая энергия в 2018 г. ($\Sigma E_{\text{ан}}=3.20 \cdot 10^{16}$ Дж) практически не изменилась по сравнению с таковой за предыдущий год, а в 2019 г. упала до $\Sigma E_{\text{ан}}=0.62 \cdot 10^{16}$ Дж (рис. 3), причем ее значения за 2018 г. и 2019 г. были ниже среднегодового уровня, определенного за период 2006–2017 гг. ($\Sigma E_{\text{ан}}=5.3 \cdot 10^{16}$ Дж). Выпояживание кривой зависимости от времени кумулятивной энергии $\Sigma E_{\text{cum}}(t)$ за последние четыре года свидетельствует о торможении деформационных процессов на территории Северной Евразии.

Самым высокомагнитудным за рассматриваемый период явилось «землетрясение Углового поднятия» 20 декабря 2018 г. в $17^{\text{h}}01^{\text{m}}$ с $MS=7.4$, $K_S=16.1$, $M_{w\text{GCMT}}=7.2$, локализованное в поверхностном слое сейсмофокальной зоны Командорского сегмента Алеутской дуги с эпицентром в Тихом океане.

Максимальными по ощутимости в населенных пунктах регионов, включенных в состав рассматриваемой территории Северной Евразии, были два события: землетрясение 6 июля 2018 г. в $01^{\text{h}}40^{\text{m}}$ с $M_{w\text{GCMT}}=6.2$, $h=75$ км в сейсмофокальной зоне Курил и Южной Камчатки, проявившееся с максимальной интенсивностью $I_{\text{max}}=6-7$ баллов в ближайших населенных пунктах, и Катав-Ивановское землетрясение 4 сентября 2018 г. в $22^{\text{h}}58^{\text{m}}$ вблизи г. Катав-Ивановска в Челябинской области (регион «Урал и Западная Сибирь»), ощущавшееся с максимальной интенсивностью 6.4 балла по шкале ШСИ-17 [23] в с. Орловка. Другим значительным по интенсивности макросейсмическим проявлением сейсмическим событием является землетрясение 7 ноября 2019 г. в $22^{\text{h}}47^{\text{m}}$ с $MS=5.7$, $M_{w\text{GCMT}}=6.0$, $h=5$ км, локализованное в Иране. По данным USGS [40], оно ощущалось в населенных пунктах Ирана с интенсивностью до 7 баллов, включая 7-балльные сотрясения в пос. Сараб, расположенном в 8.5 км от южной границы региона «Кавказ». В границах региона ощущались 5-балльные сотрясения.

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

Электронное приложение App00_North_Eurasia_2018–2019 (<http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>): 1 – Список всех сейсмических станций Северной Евразии за 2018–2019 гг.; 2 – Сводный каталог землетрясений Северной Евразии за 2018 г.; 3 – Сводный каталог землетрясений Северной Евразии за 2019 г.; 4 – Список всех ощутимых землетрясений Северной Евразии за 2018–2019 гг.; 5 – Список населенных пунктов, из которых получены сообщения об ощутимых землетрясениях Северной Евразии за 2018–2019 гг.

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 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 10–34. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2022.25.01>. EDN: PFTCUQ
2. Шерман С.И. Сейсмический процесс и прогноз землетрясений: тектонофизическая концепция. – Общество с ограниченной ответственностью Академическое издательство Гео, 2014.
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), 2018–2019. (2023) // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2018
5. International Seismological Centre. (2023). On-line Bulletin. <https://doi.org/10.31905/D808B830>
6. Степаненко Н.Я., Тону Н.А., Лукаш Н.А. Дополнение к региональному каталогу землетрясений Карпат по данным Молдовы за 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
7. Нищименко И.М., Пронишин Р.С., Прокопшин В.И., Стецкив 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 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
8. Морозов А.Н., Антоновская Г.Н., Асминг В.Э., Баранов С.В., Ваганова Н.В., Виноградов Ю.А., Конечная Я.В., Федоров А.В., Федоров И.С. Сейсмичность Арктики в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 239–245. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.20> EDN: JEZPMX
9. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
10. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Горячун А.В. Землетрясения Крымско-Черноморского региона. – Киев: Наукова думка, 1989. – 192 с.
11. Соловьев С.Л., Соловьева 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., Мельникова 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: VGXMEY

22. Ekström G., Dziewonski A.M. Evidence of bias in estimations of earthquake size // Nature. – 1988. – V. 332, N 6162. – P. 319–323.
23. ГОСТ Р 57546–2017. Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 28 с.
24. Сенюков С.Л., Дрознина С.Я., Карпенко Е.А., Леднева Н.А., Назарова З.А., Кожевникова Т.Ю., Матвеев Е.А., Митюшкина С.В., Раевская А.А., Ромашева Е.И. Каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов за 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
25. Улубиева Т.Р., Рислинг Л.И., Михайлова Р.С., Нилобекова З.Г., Маматкулова З.С., Холова Г.Н., Хакимова С.Ш. Каталог землетрясений Таджикистана за 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
26. Дорошкевич Е.Н., Пиневиц М.В., Швидская С.В. Каталог землетрясений Курило-Охотского региона за 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
27. Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. Ощутимые в Молдове землетрясения 2018–2019 гг. (Румыния–Молдова) // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 264–272. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.23> EDN: JXVМAM
28. Джураев Р.У. Сарихосорские землетрясения 29 марта 2018 г. с $K_p=13.1$, $M_s=5.1$, $I_0=6$ и 7 марта 2019 г. с $K_p=12.1$, $M_s=4.1$, $I_0=5-6$ (Таджикистан) // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 273–282. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.> EDN:
29. Дмитриева И.Ю., Саяпина А.А., Багаева С.С., Горожанцев С.В. Ощутимые землетрясения Северного Кавказа в 2018 году: Заманкульское 12 апреля 2018 г. с $K_p=8.9$, $I_0=4$ балла и Яндарское 17 октября 2018 г. с $K_p=11.7$, $I_0=5-6$ баллов // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 283–292. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.> EDN:
30. Исмаилова С.С. Каталог землетрясений Азербайджана с $ML_{Aзр} \geq 3.0$ за 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
31. Королецки Л.Н., Габсатарова И.П., Адилев З.А., Багаева С.С., Иванова Л.Е., Александрова Л.И., Асекова З.А., Гамидова А.М., Гричуха К.В., Дмитриева И.Ю., Зверева А.С., Косая В.В., Кулова А.А., Лещук Н.М., Мусалаева З.А., Павличенко И.Н., Сагатов Е.Ю., Селиванова Е.А., Шахмарданова С.Г., Цирихова Г.В. Каталог землетрясений Северного Кавказа за 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
32. Саргсян Г.В., Абгарян Г.Р., Хачкалян К.Л., Бабаджанян Г.А. Каталог землетрясений Армении и сопредельных территорий за 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
33. Саргсян Г.В., Абгарян Г.Р., Григорян А.А., Петрова Н.В. Серия ощутимых землетрясений 2018–2019 гг. в очаговой зоне десятибалльного Спитакского землетрясения 1988 года // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 312–322. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.> EDN:
34. Фролова А.Г., Берёзина А.В., Шукурова Р., Соколова Н.П., Кучкаров К.И., Молдобекова С., Першина Е.В., Афонина Л.Р., Зоиров Ф.Ф. Каталог землетрясений Кыргызстана и Узбекистана за 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
35. Гилёва Н.А., Грачёва О.А., Архипенко Н.С., Емельянова Л.В., Курилко Г.В., Меньшикова Ю.А., Сенотрусова Т.Е., Ситникова А.А., Ныркова С.В., Подпругина М.А., Терёшина Е.Н., Мазаник Е.В., Инешина М.Ф., Федошкина Я.И., Папкина А.А., Борисова О.А., Галактионова Н.Н., Ковалёва С.А., Филиппова А.И., Радзиминович Я.Б. Каталог землетрясений Прибайкалья и Забайкалья за 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
36. Верхоланцев 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
37. Верхоланцев Ф.Г., Голубева И.В., Дягилев Р.А., Злобина Т.В. Сейсмичность Урала и Западной Сибири в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 225–238 DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.19> EDN: UCPMTP

38. Семёнова Е.П., Сафонов Д.А. Сиретокские землетрясения в октябре-ноябре 2018 г. с $M_w=5.7$ и 6.0 (Кунаширский пролив, о. Хоккайдо) // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 340–353. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.30> EDN: FNAKYM
39. Подкорытова В.Г., Денисенко Г.А., Еманов А.А., Манушина О.А., Подлипская Л.А., Шаталова А.О., Шевелёва С.С., Шевкунова Е.В. Каталог землетрясений Алтая и Саян за 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-26.html>
40. Search Earthquake Catalog // USGS [Site]. – URL: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>
41. Алёшина Е.И., Габдрахманова Ю.В., Чернецова А.Г., Бугаёва А.П. Каталог землетрясений Северо-Востока России за 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
42. Кругова И.П., Децик И.В., Лысенко Т.Н., Рунова А.И., Паршина И.А., Ферчева В.Н. Каталог землетрясений Сахалина за 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
43. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Международная шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
44. The Modified Mercalli Intensity Scale. Earthquake Topics // USGS [Web Site]. – URL: <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/modified-mercalli-intensity-scale>
45. Вербицкий С.Т., Пронишин Р.С., Прокопишин В.И., Стецькив А.Т., Нищименко И.М., Келеман И.Н., Герасименюк Г.А., Степаненко Н.Я. Сейсмичность Карпат в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 39–47. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.02> EDN: ZUVSJI
46. 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.
47. Сарыева Г.Ч., Петрова Н.В., Безменова Л.В. Сейсмичность Копетдагского региона в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 92–101. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.07> EDN: XYPCFV
48. Етирмишли Г.Д., Абдуллаева Р.Р., Исмаилова С.С., Казымова С.Э. Сейсмичность Азербайджана и прилегающих территорий в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 56–66. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.04> EDN: ZBPILM
49. Абгарян Г.Р., Саргсян Г.В. Сейсмичность Армении и прилегающих территорий в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 67–72. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.05> EDN: ZKJOJW
50. Пустовитенко Б.Г., Свидлова В.А., Бондарь М.Н. Сейсмичность Крымско-Черноморского региона в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 48–55. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.03> EDN: MPZWQA
51. 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
52. Клянчин А.И. Макросейсмические проявления двух ощутимых землетрясений 24 апреля 2018 г. и 13 сентября 2018 г. // Ученые записки Крымского Федерального Университета им. В.И. Вернадского. Серия «География. Геология». – 2019. – Т. 5 (71), № 4. – С. 95–105.
53. Клянчин А.С., Зверева А.С., Габсатарова И.П. Землетрясение 24 апреля 2018 г. с $M_w=3.9$ и $I_0=5$ баллов в Анапско-Новороссийской зоне // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 293–302. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.26> EDN: NYDJSS
54. Адилов З.А., Асманов О.А., Магомедов Х.Д., Ощутимые землетрясения Дагестана в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 303–311. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.27> EDN: CSNUVE
55. Саргсян Г.В., Абгарян Г.Р., Артёмова Е.В., Лукаш Н.А. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Армении в населенных пунктах за 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>

56. 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. – N 2016–1192. – 148 p.
57. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И., Джураев Р.У. Сейсмичность Таджикистана и прилегающих территорий в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 103–112. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2021.24.09>
58. Михайлова Р.С., Улубиева Т.Р., Петрова Н.В. Гиндукушское землетрясение 26 октября 2015 г. с $M_w=7.5$, $I_0=7$: предваряющая сейсмичность и афтершоковая последовательность // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 324–339. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2021.24.31>
59. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Сейсмичность Таджикистана и прилегающих территорий в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 108–117. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2022.25.09> EDN: SOANCB
60. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Сейсмичность Таджикистана и прилегающих территорий в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 111–119. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.09> EDN: YBJCIU
61. Джураев Р.У. Сарихосорские землетрясения 29 марта 2018 г. с $K_p=13.1$, $M_s=5.1$, $I_0=6$ и 7 марта 2019 г. с $K_p=12.1$, $M_s=4.1$, $I_0=5-6$ (Таджикистан) // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 273–282. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.24> EDN: GRJLGX
62. 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
63. Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Радзиминович Я.Б., Филиппова А.И., Кобелева Е.А. Сейсмичность Прибайкалья и Забайкалья в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 143–153. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.12> EDN: YNRDLX
64. Середкина А.И., Радзиминович Я.Б., Мельникова В.И., Гилёва Н.А. Геолого-геофизические и макросейсмические данные о землетрясении 28.09.2019 г. с $M_w=5.1$ на северо-востоке Байкальского рифта // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2020. – Т. 47, № 1. – С. 51–69. DOI: <https://doi.org/10.21455/VIS2020.1-3>
65. Радзиминович Я.Б., Середкина А.И., Мельникова В.И., Гилёва Н.А. Землетрясение 29.03.2019 г. в западной части Тункинской системы впадин: Очаговые параметры и макросейсмические проявления // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2020. – Т. 47, № 2. – С. 64–80. DOI: <https://doi.org/10.21455/VIS2020.2-4>
66. Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Радзиминович Я.Б., Филиппова А.И., Кобелева Е.А. Сейсмичность Прибайкалья и Забайкалья в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 137–145. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2022.25.12> EDN: SZUKRR
67. Волкова Л.Ф., Поплавская Л.Н., Соловьёва О.Н. Шкалы *MPVA*, *MSHA* для определения магнитуд близких глубокофокусных землетрясений Дальнего Востока // Сейсмологические наблюдения на Дальнем Востоке СССР. Методические работы ЕССН. – М.: Наука, 1989. – С. 81–85.
68. Салтыков В.А. Статистическая оценка уровня сейсмичности: методика и результаты применения на примере Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 2011. – № 2. – С. 53–59.
69. Чебров Д.В., Кугаенко Ю.А., Ландер А.В. и др. Землетрясение Углового поднятия 20 декабря 2018 г., $M_w=7.3$ в зоне сочленения Камчатского и Алеутского океанических желобов // Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле. – 2020. – № 1. – С. 100–117.
70. Сенюков С.Л., Нуждина И.Н. Сейсмичность вулканических районов Камчатки в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 354–370 DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.31> EDN: EADZDV
71. Алёшина Е.И. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Северо-Востока России в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
72. Шибяев С.В., Geissler W., Козьмин Б.М., Туктаров Р.М., Макаров А.А., Куляндина А.С. Сейсмичность Якутии в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 200–209. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.16> EDN: NVOKJN
73. Габсатарова И.П., Ассиновская Б.А., Баранов С.В., Карпинский В.В., Конечная Я.В., Мунирова Л.М., Надёжка Л.И., Носкова Н.Н., Петров С.И., Пивоваров С.П., Санина И.А. Сейсмичность Российской части Восточно-Европейской платформы и ближайшего окружения в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 210–216. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.17> EDN: OQLBBZ

74. Аронова Т.И., Аронов Г.А., Захаревич О.В., Аронов А.Г. Сейсмичность на территории Беларуси в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 217–224. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.18> EDN: SNZIXK
75. Морозов А.Н., Ваганова Н.В., Асминг В.Э., Балуев А.С., Асминг В.С. Сейсмичность Беломорского региона // Сейсмические приборы. – 2022. – Т. 58, № 1. – С. 5–28. DOI: <https://doi.org/10.21455/si2022/1-1>
76. Габсатарова И.П., Баранов С.В., Ваганова Н.В., Зуева И.А., Ковалева И.С., Конечная Я.В., Карпинская О.В., Морозов А.Н., Мунирова Л.М., Надежка Л.И., Носкова Н.Н., Петров С.И., Пивоваров С.П. Сводный каталог землетрясений территории Восточно-Европейской платформы и ее ближайшего окружения в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
77. Носкова Н.Н. Землетрясение 5 сентября 2019 года в Сосногорском районе Республики Коми // Известия Коми научного центра УРО РАН. – 2019. – № 4 (40). – С. 45–49. DOI: <https://doi.org/10.19110/1994-5655-2019-4-45-49>
78. Носкова Н.Н., Михайлова Р.С. Республика Коми и Кировская область // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 229–249.
79. Морозов А.Н., Ваганова Н.В., Асминг В.Э., Михайлова Я.А. Сейсмичность севера Русской плиты: уточнение параметров гипоцентров современных землетрясений // Физика Земли. – 2018. – № 2. – С. 104–123.

SEISMICITY of NORTHERN EURASIA in 2018–2019

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

R.S. Mikhailova, A.D. Kurova

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

Abstract. An overview of seismicity in 16 regions of Russia and neighboring countries in 2018–2019 is presented. Seismic monitoring of this territory was carried out by networks of seismic stations of Russia, Azerbaijan, Armenia, Belarus, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Moldova, Turkmenistan, Tajikistan, Uzbekistan, Ukraine. In most regions, the seismic process occurred in the background. In Northern Eurasia as a whole, the total seismic energy in 2018 ($\Sigma E_{an}=17 \cdot 10^{16}$ J) remained unchanged compared to that for the previous year, and in 2019 fell to $\Sigma E_{an}=0.65 \cdot 10^{16}$ J, with annual values of released energy for 2018 and 2019 were significantly lower than its average annual level for the period 2006–2017. ($\Sigma E_{an}=5.3 \cdot 10^{16}$ J). The “Angular Uplift earthquake” on December 20, 2018 at 17^h01^m with $MS=7.4$ ($M_{WGCMT}=7.2$), localized in the surface layer of the seismofocal zone of the Commander segment of the Aleutian arc with the epicenter in the Pacific Ocean was the strongest for the period 2018–2019. Maximum shaking intensity on the territory of Northern Eurasia ($I=6-7$) was caused by earthquake on July 6, 2018 at 01^h40^m with $M_{WGCMT}=6.2$, $h=75$ km in the seismofocal zone of the Kuril Islands–Southern Kamchatka and Katav-Ivanovsk earthquake on September 4, 2018 at 22^h58^m in the Chelyabinsk oblast (Ural and Western Siberia region). The Katav-Ivanovsk earthquake is also unique in that it was accompanied by a significant number of aftershocks, which is the first known case for tectonic events within the Urals. In addition, it demonstrated that the natural seismic potential of the Urals exceeds the man-made component by orders of energy.

Keywords: Key words: Northern Eurasia, seismic belt, tectonic, volcanic earthquake, mountain tectonic impact, tangible earthquake, focal mechanism, released seismic energy.

For citation: Malovichko, A.A., Petrova, N.V., Gabsatarova, I.P., Levina, V.I., Mikhailova, R.S., & Kurova, A.D. (2023). [Seismicity of Northern Eurasia in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 10–38. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.01> EDN: ZSVQJD

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 2016–2017. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 10–34. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2022.25.01> EDN: PFTCUQ
2. Sherman, S.I. (2014). Seismic 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, 2018–2019. (2023). Retrieved from http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2018
5. International Seismological Centre. (2023). On-line Bulletin. Retrieved from <https://doi.org/10.31905/D808B830>
6. Nishimenko, I.M., 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. (2023). [Catalog of earthquakes in the Carpathians 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.).
7. Stepanenko, N.Ya., Tonu, N.A., & Lukash, N.A. (2023). [Addition to the regional catalog of earthquakes in the Carpathians according to data from Moldova 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.).
8. Morozov, A.N., Antonovskaya, G.N., Asming, V.E., Baranov, S.V., Vaganova, N.V., Vinogradov, Yu.A., Konechnaia, Ya.V., Fedorov, A.V., & Shibaev, S.V. (2023). [Seismicity of the Arctic in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 239–245. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.20> EDN: JEZPMX
9. 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.).
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). *Energeticheskaja klassifikatsiia K_S Kurilo-Kamchatskikh zemletriasenii i problema magnitud* [K_S energy classification of Kuril-Kamchatka earthquakes and the problem of magnitudes]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 117 p. (In Russ.).
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 interpretacii sejsmologicheskikh dannyh. Tezisy XVI Mezhdunarodnoj sejsmologicheskoi shkoly* [Modern methods of processing and interpretation of seismological data. Abstracts of the XVI International Seismological Workshop]. Obninsk, Russia: GS RAS Publ., 70 p. (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. GOST R 57546-2017. (2017). [Earthquakes. Seismic Intensity Scale]. Moscow, Russia: Standardin form Publ., 28 p.
24. 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.).
25. Ulubieva, T.R., Riesling, L.I., Mikhailova, R.S., Nilobekova, Z.G., Mamatkulova, Z.S., Kholova, G.N., & Khakimova, S.Sh. (2023). [Catalog of earthquakes in Tajikistan 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.).
26. Doroshkevich, E.N., Pinevich, M.V., & Shvidskaya, S.V. (2023). [Catalog of earthquakes in the Kuril-Okhotsk region 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.).
27. Stepanenco, N.Ya., & Cardanets, V.Yu. (2023). [Earthquakes of 2018–2019 felt in Moldova (Romania–Moldova)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 264–272. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.23> EDN: JXBMAM
28. Juraev, R.U. (2023). [Sarikhosor earthquakes on March 29, 2018 with $K_R=13.1$, $M_S=5.1$, $I_0=6$ and March 7, 2019 with $K_R=12.1$, $M_S=4.1$, $I_0=5-6$ (Tajikistan)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 273–282. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.24> EDN: GRJLGX
29. Dmitrieva, I.Yu., Sayapina, A.A., Bagaeva, S.S., & Gorozhantsev, S.V. (2023). [Earthquakes felt in the North Caucasus in 2018: Zamankul earthquake on April 12, 2018 with $K_R=8.9$, $I_0=4$ and Yandare earthquake on October 17, 2018 with $K_R=11.7$, $I_0=5-6$]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 283–292. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.25> EDN: HIZYMI
30. Ismailova, S.S. (2023). [Earthquake catalog of Azerbaijan and adjacent territories for 2018–2019 with $ML_{Azi} \geq 3.0$]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html> (In Russ.).
31. Koroletski, L.N., Gabsatarova, I.P., Adilov, Z.A., Bagaeva, S.S., Ivanova, L.E., Aleksandrova, L.I., Asekova, Z.A., Gamidova, A.M., Grichukha, K.V., Dmitrieva, I.Yu., Zvereva, A.S., Kosaya, V.V., Kulova, A.A., Leshchuk, N.M., Musalaeva, Z.A., Pavlichenko, I.N., Sagatelova, E.Yu., Selivanova, E.A., Shakhmardanova, S.G., & Tsirikhova, G.V. (2023). [Catalog of earthquakes in the North Caucasus 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.).
32. Sargsyan, G.V., Abgaryan, G.R., Khachkalyan, K.L., & Babajanyan, G.A. (2023). [Catalog of earthquakes in Armenia and adjacent territories 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.).
33. Sargsyan, G.V., Abgaryan, G.R., Grigoryan, A.A., & Petrova, N.V. (2023). [A series of tangible earthquakes in 2018–2019 in the focal zone of the 10-point Spitak earthquake of 1988]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26 (2018–2019), 312–322. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.28> EDN: EUEYPC
34. Frolova, A.G., Berezina, A.V., Shukurova, R., Sokolova, N.P., Kuchkarov, K.I., Moldobekova, S., Pershina, E.V., Afonina, L.R., & Zoirov, F.F. (2023). [The catalog of earthquakes of Kyrgyzstan and Uzbekistan 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.).
35. Gileva, N.A., Gracheva, O.A., Archipenko, N.S., Emelyanova, L.V., Kurilko, G.V., Menshikova, Yu.A., Senotrusova, T.E., Sitnikova, A.A., Nyrkova, S.V., Podprugina, M.A., Tereshina, E.N., Mazanik, E.V., Ineshina, M.F., Fedyushkina, Y.I., Papkova, A.A., Borisova, O.A., Galaktionova, N.N., Kovaleva, S.A., Filippova, A.I., & Radziminovich, Ya.B. (2023). [Catalog of earthquakes in the Baikal region and Transbaikalia 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.).
36. Verkholantsev, F.G., Diagilev, 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

37. Verkholantsev, F.G., Golubeva, I.V., Dyagilev, R.A., & Zlobina, T.V. (2023). [Seismicity of the Urals and Western Siberia in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 225–238. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.19> EDN: UCPMTP
38. Semenova, E.P., & Safonov, D.A. (2023). [Siretocko earthquakes in October–November 2018 with $M_w=5.7$ and 6.0 (Kunashir Strait, Hokkaido Island)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 340–353. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.30> EDN: FNAKYM
39. Podkorytova, V.G., Denisenko, G.A., Emanov, A.A., Manushina, O.A., Podlipskaya, L.A., Shatalova, A.O., Sheveleva, S.S., & Shevkunova, E.V. (2023). [Catalog of earthquakes in Altai and Sayan 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.).
40. USGS. (2023). Search Earthquake Catalog. Retrieved from <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>
41. Alyeshina, E.I., Chernetsova, A.G., Gabdrahmanova, J.V., & Bugaeva, A.P. (2023). [The catalog of earthquakes of the North-East of Russia in 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.).
42. Krugova, I.P., Decik, I.V., Lysenko, T.N., Runova, A.I., Parshina, I.A., & Fercheva, V.N. (2023). [Catalog of Sakhalin earthquakes 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.).
43. 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.).
44. The Modified Mercalli Intensity Scale. USGS National Earthquake Information Centre. (2023). Retrieved from <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/modified-mercalli-intensity-scale>
45. Verbitsky, S.T., Pronishin, R.S., Prokopishin, V.I., Stets'kiv, A.T., Chuba, M.V., Nishchimenko, I.M., Keleman, I.N., Gerasymenyuk, G.A., & Stepanenko, N.Ya. (2023). [Seismicity of the Carpathians in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 39–47. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.02> EDN: ZUVSZZ
46. 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.
47. Saryeva, G.Ch., Petrova, N.V., & Bezmenova, L.V. (2023). [Seismicity of the Kopetdag region in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 92–101. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.07> EDN: XYPCFV
48. Etirmishli, G.D., Abdullaeva, R.R., Ismailova, S.S., & Kazimova, S.E. (2023). [Seismicity of Azerbaijan and adjacent territories in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 56–66. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.04> EDN: ZBPILM:
49. Abgaryan, G.R., & Sargsyan, H.V. (2023). [Seismicity of Armenia and adjacent territories in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 67–72. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.05> EDN: ZKJOJW
50. Pustovitenko, B.G., Svidlova, V.A., & Bondar, M.N. (2023). [Seismicity of the Crimean-Black Sea region in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 48–55. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.03> EDN: MPZWQA
51. 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
52. Klyanchin, A.I. (2019). [Macroseismic manifestations of two sensible earthquakes on April 24 and September 13, 2018]. *Uchenyye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Series "Geography"* [Scientific notes of the Taurida National University named after V.I. Vernadsky. Series "Geography"], 5(4), 95–105. (In Russ.).
53. Klyanchin, A.I., Zvereva, A.S., & Gabsatarova, I.P. (2023). [Earthquake of April 24, 2018 with $M_w=3.9$ and $I_0=5$ in the Anapa-Novorossiysk zone]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 293–302. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.26> EDN: HYDJSS
54. Adilov, Z.A., Asmanov, O.A., & Magomedov, Kh.D., (2023). [Tangible earthquakes in Dagestan in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 303–311. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.27> EDN: CSNUVE

55. Sargsyan, G.V., Abgaryan, G.R., Artemova, E.V., & Lukash, N.A. (2023). [Macro seismic effect of noticeable earthquakes in Armenia in populated areas in 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.).
56. 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.
57. Ulubieva, T.R., Mikhailova, R.S., Risling, L.I., & Juraev, R.U. (2021). [Seismicity of Tajikistan and adjacent territories in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 103–112. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2021.24.09>
58. Mikhailova, R.S., Ulubieva, T.R., & Petrova, N.V. (2021). [The Hindu Kush earthquake on October 26, 2015 with $M_w=7.5$, $I_0=7$: Preliminary 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>
59. Ulubieva, T.R., Mikhailova, R.S., & Risling, L.I. (2022). [Seismicity of Tajikistan and adjacent territories in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 108–117. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2022.25.09>. EDN: SOANCB
60. Ulubieva, T.R., Mikhailova, R.S., & Riesling, L.I. (2023). [Seismicity of Tajikistan and adjacent territories in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 111–119. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.09> EDN: YBJCIU
61. Juraev, R.U. (2023). [Sarikhosor earthquakes on March 29, 2018 with $K_R=13.1$, $M_S=5.1$, $I_0=6$ and March 7, 2019 with $K_R=12.1$, $M_S=4.1$, $I_0=5-6$ (Tajikistan)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 273–282. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.24> EDN: GRJLGX
62. 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
63. Melnikova, V.I., Gileva, N.A., Radziminovich, Ya.B., Filippova, A.I., & Kobeleva, E.A. (2023). [Seismicity of the Baikal Region and Transbaikalia in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 143–153. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.12> EDN: YNRDLX
64. Seredkina, A.I., Radziminovich, Ya.B., Melnikova, V.I., & Gileva, N.A. (2020). Geological, Geophysical and Macro seismic Data on the September 28, 2019, $M_w=5.1$ Earthquake That Occurred at the Northeast of the Baikal Rift. *Seismic Instruments*, 56(6), 633–647. DOI: <https://doi.org/10.3103/S0747923920060080>
65. Radziminovich, Ya.B., Seredkina, A.I., Melnikova, V.I., & Gileva, N.A. (2020). The March 29, 2019 earthquake in the western part of the Tunka rift basin system: Source parameters and macro seismic effects. *Seismic Instruments*, 56(6), 648–661. DOI: <https://doi.org/10.3103/S0747923920060067>
66. Melnikova, V.I., Gileva, N.A., Radziminovich, Ya.B., Filippova, A.I., & Kobeleva, E.A. (2022). [Seismicity of the Baikal Region and Transbaikalia in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 137–145. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2022.25.12>. EDN: SZUKRR
67. Volkova, L.F., Poplavskaya, L.N., & Solov'yova, O.N. (1989). [MPVA, MSHA scales for determining magnitudes of nearby deep focus earthquakes in the Far East]. In *Seismologicheskie nablyudeniya na Dal'nem Vostoke SSSR. Metodicheskie raboty ESSN* [Seismological observations in the Far East of the USSR. Methodological work of ECHS] (pp. 81–85). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
68. Saltykov, V.A. (2011). A statistical estimate of seismicity level: the method and results of application to Kamchatka. *Journal of Volcanology and Seismology*, 5(2), 123–128. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.1134/S0742046311020060>
69. Chebrov, D.V., Lander, A.V., Kugaenko, Yu.A., Abubakirov, I.R., Droznina, S.Ya., Mityushkina, S.V., Pavlov, V.M., Saltykov, V.A., Titkov, N.N., & Chebrova, A.Yu. (2019). [Angular Uplift earthquake and tectonic stretching conditions in the Northwest Pacific Plate]. In *Trudy Sed'moy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Problemy kompleksnogo geofizicheskogo monitoringa Dal'nego Vostoka Rossii" 29 sentyabrya–7 oktyabrya 2019* [Proceedings of the 7th Scientific and Technical Conference “Problems of complex geophysical monitoring of Far East of Russia”] (pp. 228–232). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
70. Chebrov, D.V., Kugaenko, Yu.A., & Lander, A.V. (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, 100–117. (In Russ.).

71. Aleshina, E.I. (2023). [Macroseismic effect of significant earthquakes in populated areas of Northeast Russia in 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.).
72. Shibaev, S.V., Geissler, W., Koz'min, B.M., Tuktarov, R.M., Makarov, A.A., & Kulyandina, A.S. (2023). [Seismicity of Yakutia in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 200–209. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.16> EDN: NVOKJN
73. Gabsatarova, I.P., Assinovskaya, B.A., Baranov, S.V., Karpinsky, V.V., Konechnaya, Ya.V., Munirova, L.M., Nadezhka, L.I., Noskova, N.N., Petrov, S.I., Pivovarov, S.P., & Sanina, I.A. (2023). [Seismicity of the Russian part of East European platform and adjacent territories in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 210–216. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.17> EDN: OQLBBZ
74. Aronova, T.I., Aronov, G.A., Zaharevich, O.V., & Aronov, A.G. (2023). [Seismicity of the territory of Belarus in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 217–224. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.18> EDN: SNZIXK
75. Morozov, A.N., Vaganova, N.V., Asming, V.E., Baluev, A.S., Asming, V.S. (2022). Seismicity of the White Sea Region. *Seismic Instruments*, 58(3), 311–329. DOI: <https://doi.org/10.3103/S0747923922030112>
76. Gabsatarova, I.P., Baranov, S.V., Vaganova, N.V., Zueva, I.A., Kovaleva, I.S., Konechnaya, Ya.V., Karpinskaya, O.V., Morozov, A.N., Munirova, L.M., Nadezhka, L.I., Noskova, N.N., Petrov, S.I., & Pivovarov, S.P. (2023). [Consolidated catalog of earthquakes in the territory of the East European Platform and its immediate surroundings in 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.).
77. Noskova, N.N. (2019). [Earthquake on September 5, 2019 in the Sosnogorsk region of the Republic of Komi]. *Izvestiya Komi nauchnogo centra URO RAN* [N.P. Yushkin Institute of Geology, Federal Research Centre Komi Science Centre, Ural Branch, RAS], 4(40), 45–49. DOI: <https://doi.org/10.19110/1994-5655-2019-4-45-49>
78. Noskova, N.N., & Mikhailova, R.S. (2017). [Komi Republic and Kirov region]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2011 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2011] (pp. 229–249). Moscow, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
79. Morozov, A.N., Vaganova, N.V., Asming, V.E., & Mikhailova, Y.A. (2018). Seismicity of the north of the Russian plate: Relocation of recent earthquakes. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*, 54, 292–309