

1. ОБЗОР СЕЙСМИЧНОСТИ

УДК 550.348. (-924/-925)

СЕЙСМИЧНОСТЬ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ в 2016–2017 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 Северной Евразии в 2016–2017 гг., содержащий описание сейсмических сетей, сейсмического режима и заметных землетрясений в 16 регионах России и сопредельных стран. Сейсмический мониторинг осуществлялся сетями сейсмических станций России, Азербайджана, Армении, Беларуси, Казахстана, Кыргызстана, Латвии, Молдовы, Туркменистана, Таджикистана, Узбекистана, Украины. В большинстве регионов сейсмический процесс протекал в «фоновом» режиме. По Северной Евразии в целом в 2016 г. отмечается уменьшение выделившейся сейсмической энергии относительно ее среднего значения за 12-летний период, наблюдавшегося и в 2015 году. Рост выделившейся энергии в 2017 г. не привел к достижению уровня 2015 года. Самым крупным за период 2016–2017 гг. было Ближне-Алеутское землетрясение 17 июля 2017 г. с $M_w=7.8$, которое стало одним из сильнейших инструментально зарегистрированных событий в западной части Алеутской дуги. Максимальные сотрясения на территории Северной Евразии ($I=7$ баллов) вызвали два землетрясения – Акегаоское 25 ноября 2016 г. с $M_w=6.6$, локализованное на территории Китая вблизи его границ с Таджикистаном и Кыргызстаном, и Карамыкское 3 мая 2017 г. с $M_w=6.0$, Таджикистан. Сейсмическую активность и опасность платформенных территорий подтверждает Мариупольское землетрясение 7 августа 2016 г. с $M_w=4.6$, ощущавшееся в г. Мариуполе с интенсивностью 5 баллов.

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

DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.01 **EDN:** PFTCUQ

Для цитирования: 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: 10.35540/1818-6254.2022.25.01. EDN: PFTCUQ

Введение. В данном выпуске журнала «Землетрясения Северной Евразии», в отличие от форматов ежегодных изданий «Землетрясения в СССР» и «Землетрясения Северной Евразии» с обзорами годовой сейсмичности на территории России и сопредельных стран, впервые представлены сведения о сейсмичности за два года, 2016 и 2017 гг. Связано это с шестилетней задержкой времени выпуска журнала по сравнению с годом описываемой сейсмичности и необходимостью сокращения этого отставания.

Данная статья обобщает информацию о сейсмичности в регионах Северной Евразии в 2016–2017 гг., границы которых показаны на рис. 1. В указанных границах в Приложениях к журналу представлены каталоги, а в самом журнале – обзоры сейсмичности соответствующих регионов и территорий, на которые разбиты некоторые регионы. По сравнению с 24 выпуском журнала, в 25 выпуске название региона «Средняя Азия и Казахстан» (V) заменено на «Центральная Азия» (V), а бывшая территория «Центральная Азия» (V а) переименована в «Кыргызстан и Узбекистан» (V а) с уменьшением ее зоны перекрытия с территорией «Казахстан» (V в) путем изменения границ обеих территорий (рис. 1). Кроме того, в выпуске 25 впервые представлены каталог и обзор сейсмичности новой территории «Восточная Балтика» (XIV в), входящей в состав региона «Восточно-Европейская платформа» (XIV).

Регистрация землетрясений, сводная обработка, интерпретация материалов, а также подготовка опубликованных в журнале обзоров региональной сейсмичности и статей, посвященных сильным и ощутимым землетрясениям 2016 и 2017 гг., выполнялись в сейсмологических учреждениях Азербайджана, Армении, Беларуси, Казахстана, Кыргызстана, Латвии, Молдовы, России, Туркменистана, Таджикистана, Узбекистана и Украины.

Сейсмотектоническая обстановка. Сейсмичность территории Северной Евразии обусловлена геодинамическим взаимодействием крупных литосферных плит Земли – Евразийской, Аравийской, Индостанской, Тихоокеанской, Северо-Американской, а также малых плит Евразии – Амурской, Охотоморской, Иранской и других. На границах плит образуются пояса повышенной сейсмичности – Срединно-Арктический, Средиземноморско-Трансазиатский, Тихоокеанский и другие (рис. 1), в пределах которых происходят наиболее сильные землетрясения Северной Евразии.

Повышенной сейсмичностью отличается Тихоокеанский сейсмический пояс, захватывающий регионы: Сахалин (IX), Курило-Охотский (X), Камчатка и Командорские острова (XI) и юг Приамурья и Приморья (VIII) (рис. 1). Средиземноморско-Трансазиатский (Альпийско-Гималайский) пояс определяет более низкую сейсмичность регионов Карпат (I), Крыма (II), Кавказа (III), Копетдага (IV) и южной части Центральной Азии (V). Менее сильные и ощутимые землетрясения происходят в пределах Алтае-Охотоморского пояса, проходящего от восточного Казахстана (V б) через Алтай и Саяны (VI), Прибайкалье и Забайкалье (VII) и Приамурье и Приморье (VIII) до берегов Охотского моря. Подробное описание сейсмических поясов Евразии дано в [1].

Самая крупная тектоническая плита на рассматриваемой территории, Евразийская, включает как горно-складчатые пояса, где сосредоточена основная сейсмичность, так и обширные платформенные области, где расположены две древние платформы, Восточно-Европейская и Сибирская, и несколько молодых – Туранская, Западно-Сибирская, Скифская (рис. 1). Они характеризуются слабой рассеянной сейсмичностью в пределах земной коры, однако, как отмечалось в [2], и здесь возможны землетрясения умеренной силы, которые вызывают сотрясения с интенсивностью до 6–7 баллов и представляют сейсмическую опасность.

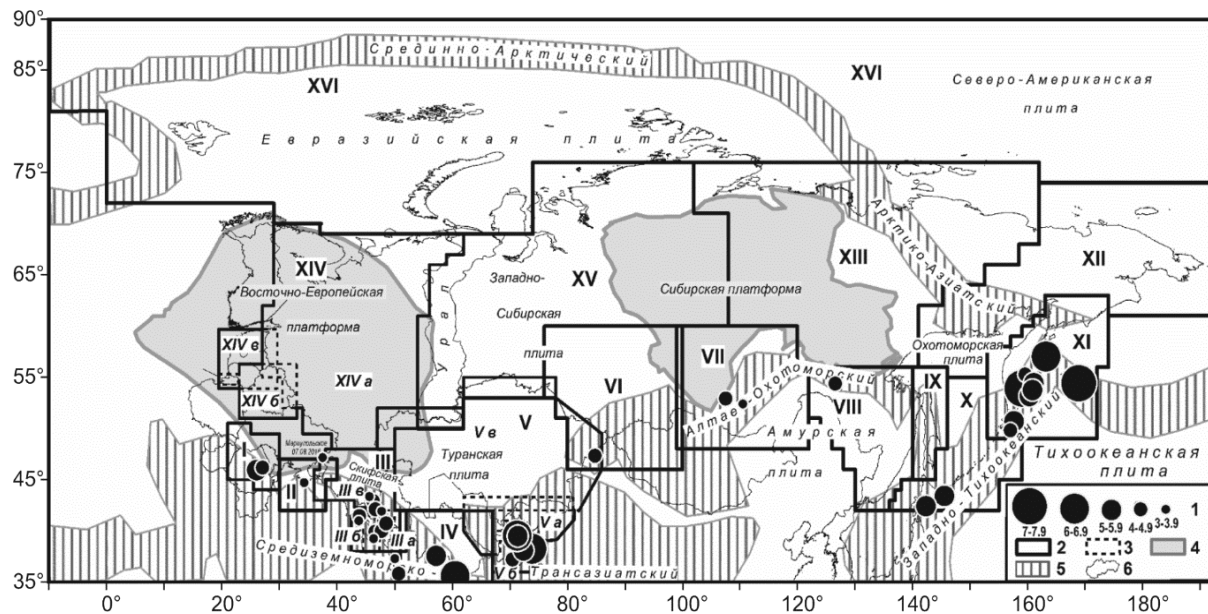


Рис. 1. Карта-схема границ регионов, тектонических элементов и землетрясений Северной Евразии, ощущавшихся в 2016–2017 гг.

в населенных пунктах исследуемой территории с интенсивностью $I_i \geq 5$ баллов

1 – магнитуда M ; 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. На территории Северной Евразии в 2016–2017 гг. функционировали сети стационарных и временных сейсмических станций региональных подразделений ФИЦ ЕГС РАН и национальных сетей соседних государств. К анализу сейсмичности привлекались также данные Сейсмологического бюллетеня ФИЦ ЕГС РАН [3] и бюллетеня Международного сейсмологического центра (ISC) [4] за соответствующие годы. Всего на рассматриваемой территории в 2016 г. функционировали 618 постоянных станций, из них 606 цифровых,

четыре аналоговых и восемь сейсмических групп (табл. 1). В 2017 г. число аналоговых станций сократилось до трех, а число цифровых станций и сейсмических групп возросло до 626 и 16 соответственно (табл. 1, Приложение 1).

Таблица 1. Распределение станций и землетрясений по регионам и территориям Северной Евразии в 2016–2017 гг.

№	Год	Регион, территория	Число станций			Диапазон классов/магнитуд	Число землетрясений					$\Sigma E, Дж$
			А	Ц	Г		N_{Σ}	70–300	>300	$N_{\text{ош}}$	$N_{\text{мех}}$	
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	2016	Карпаты	–	21	–	4.0–14.4 _{Кр}	68+27 _{ISC}	15+20 _{ISC}	–	12+1 _{ISC}	6	2.83·10 ¹⁴
I	2017	Карпаты	–	21	–	5.7–12.6 _{Кр}	72+23 _{ISC}	19+16 _{ISC}	–	12	9	9.30·10 ¹²
	2016	Молдова	–	6	–	2.3–5.8 _{Мд}	69	59	–	10	6	–
	2017	Молдова	–	6	–	2.3–4.8 _{Мд}	58	49	–	8	8	–
II	2016	Крымско-Черноморский	–	7	–	3.5–13.1 _{Кп}	59	–	–	2	4	1.31·10 ¹³
II	2017	Крымско-Черноморский	–	7	–	5.0–11.0 _{Кп}	89	–	–	3	1	1.51·10 ¹¹
III			Кавказ:									
III а	2016	Азербайджан	–	35	–	3.0–5.6 _{МЛ}	136	–	–	23	5	5.66·10 ¹²
III а	2017	Азербайджан	–	35	–	3.0–5.7 _{МЛ}	118	–	–	31	7	1.1·10 ¹³
III б	2016	Армения	3	14+2 _{врем}	–	0.1–4.8 _{МЛ}	1049	–	–	14	16	3.91·10 ¹³
III б	2017	Армения	2	14+2 _{врем}	–	0.1–5.4 _{МЛ}	1118	–	–	17	21	6.96·10 ¹³
III в	2016	Северный Кавказ	–	57	1	2.0–13.4 _{Кр}	2576	26	–	16	24	2.98·10 ¹³
III в	2017	Северный Кавказ	–	59	1	2.0–13.8 _{Кр}	3018	24	–	18	24	6.50·10 ¹³
IV	2016	Копетдаг	1	31	–	8.6–12.9 _{Кр}	190+1 _{ISC}	–	–	14	14	1.3·10 ¹³
IV	2017	Копетдаг	1	33	–	7.5–14.3 _{Кр}	460+6 _{ISC}	1 _{ISC}	–	26+1 _{ISC}	68	2.4·10 ¹⁴
V			Центральная Азия:									
V а	2016	Кыргызстан и Узбекистан	–	64	–	8.6–15.4 _{Кр}	705	–	–	22	109	3.86·10 ¹⁵
V а	2017	Кыргызстан и Узбекистан	–	64	–	8.6–14.5 _{Кр}	265	–	–	22	58	4.3·10 ¹⁴
V б	2016	Таджикистан	–	7	–	8.6–15.9 _{Кр}	8473	5693	–	57	65	6.82·10 ¹⁵
V б	2017	Таджикистан	–	7	–	8.6–14.2 _{Кр}	8871	7085	1	60	41	6.77·10 ¹⁴
V в	2016	Казахстан	–	43	5	6.6–12.0 _{Кр}	601	–	–	4	17	4.24·10 ¹²
V в	2017	Казахстан	–	48	5	6.6–15.0 _{Кр}	629	–	–	16	24	1.03·10 ¹⁵
VI	2016	Алтай и Саяны	–	52	–	–1.3–5.8 _{МЛ}	5220	–	–	3	4	6.14·10 ¹²
VI	2017	Алтай и Саяны	–	52	–	–1.0–6.4 _{МЛ}	6178	–	–	2	1	2.38·10 ¹³
VII	2016	Прибайкалье и Забайкалье	–	35	–	7.6–13.9 _{Кр}	1017	–	–	28	51	1.15·10 ¹⁴
VII	2017	Прибайкалье и Забайкалье	–	35	–	7.6–13.5 _{Кр}	788	–	–	19	34	5.04·10 ¹³
VIII	2016	Приамурье и Приморье	–	11	–	5.8–13.4 _{Кр} 2.1–6.1 _{MPVA}	182	–	11	6	2	5.68·10 ¹³
VIII	2017	Приамурье и Приморье	–	11	–	5.4–13.2 _{Кр} 2.5–4.9 _{MPVA}	194	–	8	4	3	1.66·10 ¹³
IX	2016	Сахалин	–	14+11 _д	–	5.8–12.8 _{Кс} 2.5–6.0 _{MPVA}	450	2	18	16	17	3.04·10 ¹³
IX	2017	Сахалин	–	16+11 _д	–	5.8–11.9 _{Кс}	547	2	14	27	12	1.01·10 ¹³

№	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
						2.5– 5.4 _{MPVA}						
X	2016	Курило-Охотский	–	9	–	5.9–12.8 _{Kc} 3.6–6.0 _{MLH}	1415+124 _{ISC}	384+58 _{ISC}	25+24 _{ISC}	92+6 _{ISC}	157+7 _{ISC}	4.72·10 ¹⁴
X	2017	Курило-Охотский	–	8	–	5.9–13.5 _{Kc} 3.7–5.3 _{MLH}	1667+74 _{ISC}	453+37 _{ISC}	34+20 _{ISC}	82+3 _{ISC}	154+5 _{ISC}	1.68·10 ¹⁴
XI	2016	Камчатка и Командорские о-ва	–	78	–	8.5–15.7 _{Ks}	1041	245	32	96	46	6.1·10 ¹⁵
XI	2017	Камчатка и Командорские о-ва	–	77	–	8.5–16.1 _{Ks}	1571	158	20	93	67	1.46·10 ¹⁶
<i>Вулканы</i>												
	2016	Северная группа	–	–	–	2.0–8.3 _{Ks}	3243 _{ВЛК}	–	–	–	–	5.52·10 ⁸
	2017	Северная группа	–	–	–	1.5–8.5 _{Ks}	4909 _{ВЛК}	–	–	–	–	9.23·10 ⁸
	2016	Авачинская группа	–	–	–	1.6–7.0 _{Ks}	322 _{ВЛК}	–	–	–	–	1.67·10 ⁷
	2017	Авачинская группа	–	–	–	1.6–7.2 _{Ks}	294 _{ВЛК}	–	–	–	–	2.09·10 ⁷
	2016	Мутновско-Гореловская группа	–	–	–	2.2–5.7 _{Ks}	259 _{ВЛК}	–	–	–	–	2.34·10 ⁶
	2017	Мутновско-Гореловская группа	–	–	–	2.0–6.2 _{Ks}	98 _{ВЛК}	–	–	–	–	6.25·10 ⁶
	2016	Кизимен	–	–	–	3.5–8.0 _{Ks}	46 _{ЛК}	–	–	–	–	1.96·10 ⁸
	2017	Кизимен	–	–	–	2.3–9.4 _{Ks}	98 _{ВЛК}	–	–	–	–	2.75·10 ⁷⁹
	2016	Жупановский	–	–	–	2.5–8.1 _{Ks}	52 _{ВЛК}	–	–	–	–	1.54·10 ⁸
	2017	Жупановский	–	–	–	1.8–7.3 _{Ks}	270 _{ВЛК}	–	–	–	–	6.28·10 ⁷
	2016	Камбальный	–	–	–	6.0–6.6 _{Ks}	2 _{ВЛК}	–	–	–	–	4.98·10 ⁶
	2017	Камбальный	–	–	–	5.0–8.6 _{Ks}	88 _{ВЛК}	–	–	–	–	1.92·10 ⁹
XII	2016	Северо-Восток России	–	15	–	4.6–12.7 _{Kp}	266+1 _{ISC}	–	–	3	–	9.18·10 ¹¹
XII	2017	Северо-Восток России	–	15	–	4.6–12.7 _{Kp}	233+11 _{ISC}	–	–	2+3 _{ISC}	2	4.15·10 ¹²
XIII	2016	Якутия	–	23	–	7.2–11.2 _{Kp}	456	–	–	–	–	7.90·10 ¹¹
XIII	2017	Якутия	–	23	–	7.1–11.3 _{Kp}	345	–	–	2	1	1.34·10 ¹²
XIV	Восточно-Европейская платформа (ВЕП):											
XIV a	2016	ВЕП. Российская часть	–	36+8 _л	1	2.0–10.0 _{Kp} –0.6–3.6 _{ML}	64	–	–	–	1	1.14·10 ¹⁰
XIV a	2017	ВЕП. Российская часть	–	35+11 _л	1	1.4–10.8 _{Kp} 0.8–2.3 _{ML}	27	–	–	–	–	1.69·10 ¹⁰
XIV б	2016	Беларусь	–	17	–	4.7–8.3 _{Kd}	64	–	–	–	–	1.75·10 ⁹
XIV б	2017	Беларусь	–	17	–	5.2–8.6 _{Kd}	42	–	–	–	–	1.51·10 ⁹
XIV в	2016	Восточная Балтика	–	–	–	2.4 _{ML}	1	–	–	–	–	2.51·10 ⁸
XIV в	2017	Восточная Балтика	–	10	–	1.3–2.5 _{ML}	2	–	–	–	–	3.60·10 ⁸
XV	2016	Урал и Западная Сибирь	–	18	1	1.8–3.3 _{ML}	7+8 _{в.зем} +45 _{Гту}	–	–	1	–	4.1·10 ⁹

№	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
XV	2017	Урал и Западная Сибирь	–	18	1	1.5–2.6 _{ML}	9+1 _{в.зем} +29 _{ГТУ}	–	–	2	–	3.31·10 ⁸
XVI	2016	Арктика	–	13		2.0–5.1 _{ML}	393	–	–	1	8	2.73·10 ¹¹
XVI	2017	Арктика	–	15		2.0–5.3 _{ML}	482	–	–	–	21	5.52·10 ¹²
	2016	Северная Евразия в целом	4	606	8	–	23788 _{зем} 3924 _{ВЛК} 45 _{ГТУ}	–	–	–	–	2.29·10 ¹⁶
	2017	Северная Евразия в целом	3	626	16	–	26206 _{зем} 5757 _{ВЛК} 29 _{ГТУ}	–	–	–	–	3.25·10 ¹⁶

Примечание. А – аналоговая станция, Ц – цифровая станция, Г – сейсмическая группа (аггау). Значения нижних индексов: *врем* – временная, *л* – локальная сеть; *md*, *mpva*, *mln*, *ml* – магнитуды по длительности записи, по короткопериодным *P*-волнам, по горизонтальной составляющей поверхностных волн, локальная магнитуда соответственно; *кр*, *кп*, *кс*, *кс*, *кд* – энергетические классы по шкалам Раутиан [5], Пустовитенко [6], Соловьёва [7], Федотова [8] и по длительности записи соответственно; *в.зем* – возможно, землетрясение; *влк* – вулканическое землетрясение; *гту* – горно-тектонический удар; *isc* – дополнительные землетрясения из бюллетеня ISC [4]. Для Таджикистана значение ΣE в графе 12 рассчитано авторами настоящей статьи (см. пояснения в разделе «Методика однородной классификации...»).

Методика однородной классификации землетрясений. Для построения карты эпицентров землетрясений 2016–2017 гг. и расчета сейсмической энергии, выделенной на территории Северной Евразии, составлен сводный каталог, в котором энергетические параметры землетрясений приведены к единой магнитуде *M* с опорой на магнитуду по поверхностным волнам – *MLH* или *Ms*. *MLH* – это магнитуда по горизонтальному вектору смещения в поверхностных волнах, которая в СССР определялась массово, а в настоящее время присутствует лишь в каталогах Курило-Охотского региона, Сахалина и Приамурья и Приморья. Гораздо чаще в современных каталогах и бюллетенях, например, Международного сейсмологического центра (ISC) [4] или Сейсмологического бюллетеня ФИЦ ЕГС РАН (СБ) [3], встречается магнитуда *Ms* по вертикальной составляющей поверхностных волн, определенная на телесеизмических расстояниях. В настоящей работе принималось, что для неглубоких землетрясений с *h*<70 км эти магнитуды идентичны, а однородная магнитуда $M=MLH=Ms$. При выборе однородной магнитуды из значений *Ms*, имеющихся для одного и того же землетрясения в бюллетенях как СБ [3], так и ISC [4], предпочтение отдавалось максимальному значению.

Для коррекции за глубину значений *Ms* землетрясений с *h*>40 км из [3] применялись предложенные в [9] поправки:

$$h=41-90 \text{ км: } M=Ms+1.71 \lg h-2.726, \tag{1}$$

$$h>90 \text{ км: } M=Ms+0.556 \lg h-0.5. \tag{2}$$

При отсутствии прямых определений *Ms*, но при наличии моментной магнитуды *Mw*, значения *M* для умеренных и сильных землетрясений с $Mw \geq 5.6$ рассчитывались по формуле, установленной для глобальной сейсмичности [10]:

$$M=(\ln(Mw-2.863)+0.222)/0.233. \tag{3}$$

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 $M=MLH=Ms$

Регион, территория	Формула	Ссылка
Беларусь, Карпаты, Копетдаг, Северный Кавказ, Центральная Азия, Прибайкалье и Забайкалье,	$K_p \leq 14: M=(K_p-4)/1.8$ (4 а)	[5]
	$K_p > 14: M=(K_p-8)/1.1$ (4 б)	

Регион, территория	Формула	Ссылка
Приамурье и Приморье, Северо-Восток России, Якутия, Казахстан, Таджикистан	$M=Md$ (5)	
Крым	$M=0.55 K_{\Gamma}-2.3$ (6)	[6]
Азербайджан	$M=0.77 ML_{\text{Азр}}+0.43$ (7)	[11]
Алтай и Саяны	$M=0.945 ML-0.834$ (8)	[12]
Сахалин, Курило-Охотский регион	$K_{\Gamma} \leq 14: M=(K_{\Gamma}-4)/1.8$ (4 а)	[5, 7]
	$K_{\Gamma} > 14: M=(K_{\Gamma}-8)/1.1$ (4 б)	[5, 7]
	$M=(MSH-1.71)/0.75$ (9)	[7, 13, 14]
	$M=(K_{\text{C}}-1.2)/2$ (10)	[13, 14]
	$M=(MPV-2.5)/0.65$ (11)	[13, 14]
	$M=1.47 MPSP-2.91$ (12)	[15]
Камчатка	$M=0.926K_{\text{C}}-6.44$ (13)	[16]
Армения, Урал и Западная Сибирь, Арктика, Восточно-Европейская платформа	$M=ML$ (14)	[17]

Примечание. Формула (4 а) применялась для энергетических классов по длительности записи землетрясений Беларуси с заменой K_{Γ} на Kd ($Kd=K_{\Gamma}$). Формула (5) применялась, наряду с (4 а) и (4 б), для Карпат. Для Сахалина и Курил формулы (9) и (11) использовались при пересчете M из MSH и MPV , определенных по средне- и длиннопериодным приборам, а при их отсутствии – из короткопериодных магнитуд $MSHA$ и $MPVA$. Для промежуточных и глубоких землетрясений Сахалина и Курил ($h \geq 70$ км) порядок приоритетов следующий: $MSH, MPV, K_{\text{C}}, MSHA, MPVA$. В отдельных случаях, при больших превышениях M над M_w , применялась формула (12), где $MPSP$ – магнитуда по короткопериодным P -волнам из [3].

В единичных случаях отсутствия инструментально определенных M_s и используемых в (4)–(14) параметров, расчет M для землетрясений с $M_w < 5.6$ производился по формуле:

$$M=(M_w-2.1)/0.67 [18]. \quad (15)$$

С учетом данного подхода составлены сводные каталоги землетрясений Северной Евразии за 2016 г. (Приложение 2) и 2017 г. (Приложение 3) с указанием однородной магнитуды $M_{\text{ед}}$, использованные нами при анализе сейсмичности.

Показанные в графе 12 табл. 1 значения суммарной сейсмической энергии ΣE , выделившейся в регионах в 2016 г. и 2017 г., соответствуют оценкам, приведенным в региональных обзорах сейсмичности. В большинстве случаев ΣE равна сумме энергий отдельных землетрясений в границах конкретного региона, $\Sigma E = \Sigma 10^K$, где $K = \lg E$. Поскольку в регионах подходы к расчету энергетических классов K и суммарной сейсмической энергии могут различаться, до выработки единого подхода сопоставление этих значений некорректно. Так, обычно в регионах, где определяется энергетический класс K_{Γ} по шкале Раутиан [5], используются приведенные в [5] формулы связи сейсмической энергии с магнитудой:

$$M \leq 5.6: \lg E = K_{\Gamma} = 1.8M + 4, \quad (16)$$

$$M > 5.6: \lg E = 1.1M + 8. \quad (17)$$

Формула (17) отражает факт, что для сильных землетрясений с $M > 5.6$ класс уже не может рассчитываться по шкале Раутиан, т.к. он определен как поток сейсмической энергии через референц-сферу радиусом 10 км, а для землетрясений с $M > 5.6$ размер очага становится больше этого размера. Однако авторы некоторых обзоров игнорируют этот факт, рассчитывая энергию сильных землетрясений по формуле (16), что приводит к значительному ее завышению. Поэтому *ред.* в табл. 1 для землетрясений Таджикистана в 2016 г. вместо значения $\Sigma E = 1.19 \cdot 10^{16}$ Дж из регионального обзора приведено значение суммарной энергии $\Sigma E = 6.82 \cdot 10^{15}$ Дж, рассчитанное согласно формулам (16) и (17).

Общая характеристика сейсмичности. Эпицентральное поле землетрясений Северной Евразии в 2016–2017 гг. представлено на рис. 2.

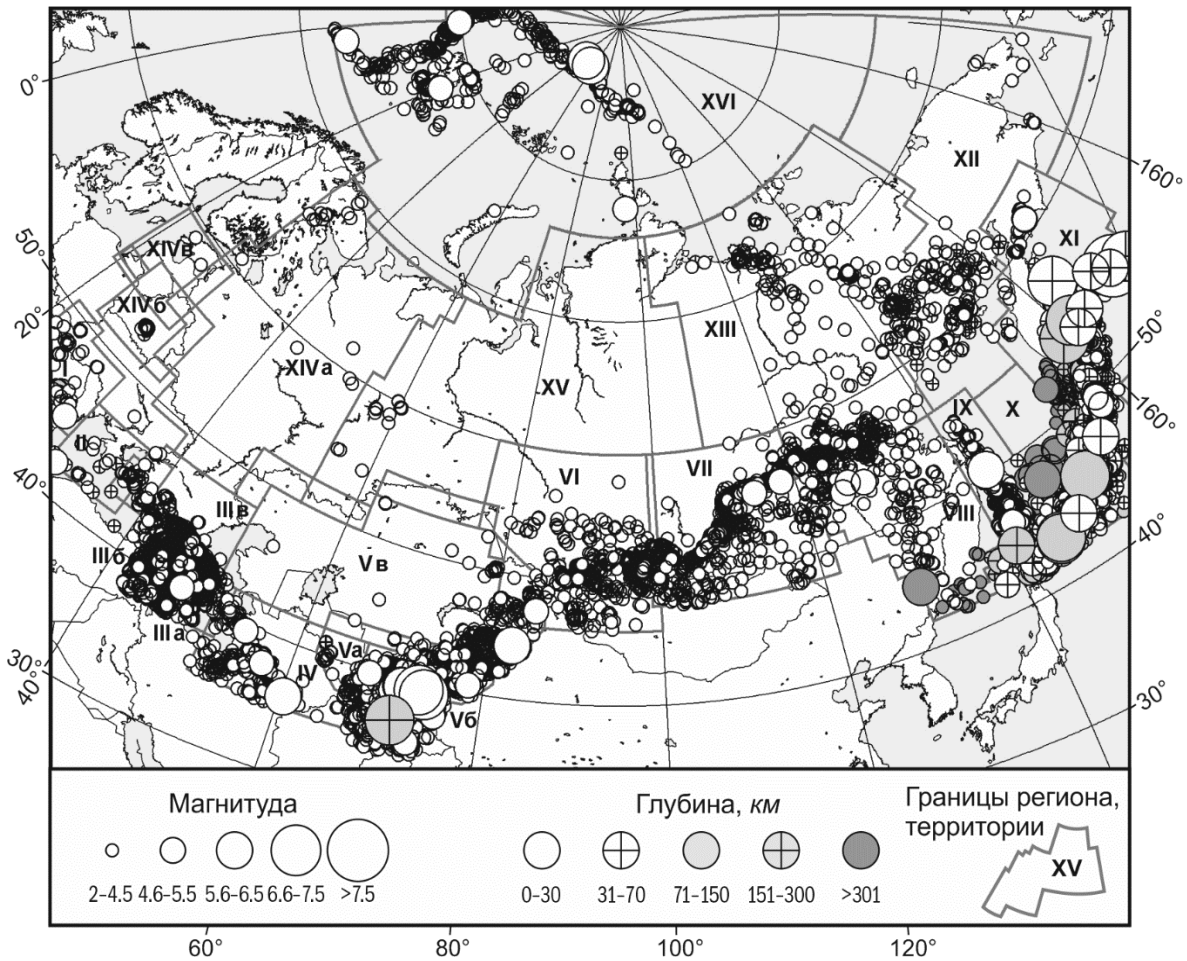


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений на территории регионов I–XVI Северной Евразии за 2016–2017 гг.

За этот период было зарегистрировано, обработано и включено в каталоги регионов I–XVI около 60 тыс. сейсмических событий, в том числе около 50 тыс. тектонических и более 9.5 тыс. вулканических землетрясений. Как видно из рис. 2, большинство тектонических землетрясений в 2016–2017 гг. произошло в пределах сейсмических поясов, показанных на рис. 1. Около 36 тыс. из них локализованы в земной коре ($h < 70$ км), более 14 тыс. – на промежуточных глубинах ($h = 70–300$ км), и лишь 163 – на глубинах более 300 км. Как и ранее, промежуточные землетрясения зарегистрированы в зоне Вранча Карпат, в Терско-Сунженской зоне Северного Кавказа, в Памиро-Гиндукушской зоне Таджикистана, в Курило-Охотском регионе и на Камчатке, глубокие – на Тихоокеанском побережье России (Приамурье и Приморье, Сахалин, Курило-Охотский регион, Камчатка), тогда как коровые толчки происходили во всех регионах Северной Евразии. В целом конфигурация эпицентрального поля и среднегодовые числа тектонических землетрясений близки к таковым за 2015 г. [2].

В Приложении 4 представлена информация о 698 землетрясениях, ощущавшихся в 2016–2017 гг. в регионах Северной Евразии. В табл. 3 приведены сведения о 47 из них, вызвавших сотрясения с интенсивностью 5 и более баллов в населенных пунктах регионов I–XVI. Эпицентры этих событий показаны на рис. 1. Большинство из них сосредоточено в пределах сейсмических поясов, однако Мариупольское землетрясение 7 августа 2016 г. с $M_s = 3.8$, произошедшее на юге Восточно-Европейской платформы и проявившееся в Мариуполе с интенсивностью 5 баллов, подтверждает отмеченную в [2] сейсмогеодинамическую активность и сейсмическую опасность платформенных областей.

В табл. 3 представлены также параметры сильных землетрясений с M или $M_w \geq 5.5$. Описание этих землетрясений дано в обзорных и специальных статьях, ссылки на которые приведены в столбце 10 табл. 3.

Таблица 3. Наиболее заметные (M , $M_w \geq 5.5$ или $I_s \geq 5$ баллов) землетрясения Северной Евразии в 2016–2017 гг.

№	Дата, д.м.г.	t_0 , ч мин с	φ° , N	λ° , E	h , км	M	M_w GCMТ	I_s , балл	№ региона/территории, название землетрясения, ссылка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	02.01.2016	04:22:19	44.8	130.09	588	5.6	5.8	2	VIII, [19]
2	11.01.2016	17:08:03	44.4	141.19	237	6.2	6.3	5	X, [19]
3	12.01.2016	20:05:01	36.55	70.85	230	5.4	5.7	5	V б, [20]
4	30.01.2016	03:25:08	53.86	159.04	178	7.3	7.2	6	XI, Жупановское [21]
5	03.02.2016	18:27:52	52.86	107.60	22	4.3	4.8	5	VII, Гремячинское [22, 23]
6	24.02.2016	03:34:39	56.24	163.66	6	3.1	–	5	XI, [21]
7	18.03.2016	16:10:59	38.00	72.50	10	5.0	5.4	5	V б, [20]
8	19.03.2016	10:54:57	54.32	126.62	13	4.4	–	5	VIII, [19]
9	20.03.2016	22:50:17	54.14	163.14	42	6.4	6.4	4–5	XI, [21]
10	10.04.2016	10:28:58	36.55	71.10	230	6.7	6.6	6	V б, [20]
11	14.04.2016	03:06:07	53.66	161.11	48	5.6	5.8	5	XI, [21]
12	03.05.2016	00:00:51	43.58	147.69	80	5.5	5.7	–	X, [19]
13	13.05.2016	14:05:27	44.63	34.41	13	3.4	–	5	II, Алуштинское [24]
14	13.05.2016	21:17:47	42.83	46.4	65	4.2	–	5	III в, Мехельтинское, [25]
15	31.05.2016	10:04:00	47.29	154.7	53	5.9	5.9	–	X, [19]
16	26.06.2016	11:17:09	39.43	73.32	10	6.6	6.4	4	V а, Кызыл-Артское, [26]
17	28.06.2016	09:32:31	55.21	159.60	44.4	4.7	5.1	5	XI, [21]
18	28.06.2016	21:38:03	39.47	73.36	–	5.2	5.5	3	V а, [26]
19	01.07.2016	14:58:53	38.92	70.49	10	4.6	5	6–7	V б, Газорчашминское, [27]
20	12.07.2016	10:14:01	41.37	44.00	10	4.0	–	5	III б, [28]
21	23.07.2016	01:00:19	47.45	147.15	410	5.6	5.8	3–4	X, [19]
22	24.07.2016	18:03:33	45.83	151.01	116	5.6	5.3	–	X, [19]
23	01.08.2016	04:46:35	39.91	47.85	28	4.5	5.1	5	III а, [29]
24	07.08.2016	08:15:07	47.09	37.63	24	3.8	4.6	5	III в, Мариупольское, [30]
25	14.08.2016	11:15:12	50.32	142.49	10	5.6	5.8	5–6	IX, Онорское [31]
26	05.09.2016	22:54:02	54.42	168.53	34.2	6.3	6.2	3–4	XI, [21]
27	07.09.2016	20:07:34	54.36	168.70	42	5.4	5.5	–	XI, [21]
28	23.09.2016	23:11:20	45.75	26.6	98	4.9	5.7	6	I, [32]
29	23.10.2016	20:25:26	43.94	148.34	56	5.6	5.9	3–4	X, [19]
30	26.10.2016	14:15:37	39.45	54.59	25	5.2	5.5	4–5	IV, [33]
31	24.11.2016	22:30:56	55.11	164.78	50	5.1	5.5	3	XI, [21]
32	25.11.2016	07:26:21	54.30	160.94	92	4.9	5.2	5	XI, [21]
33	25.11.2016	14:19:00	39.3	73.98	–	5.5	–	–	V а, [26]
34	25.11.2016	14:24:28	39.16	73.95	–	6.6	6.6	7	V а, Акетаоское [26]
35	27.12.2016	23:20:56	45.73	26.59	98	5.0	5.6	5	I, [32]
36	14.02.2017	01:51:41	36.55	70.80	160	4.7	–	5	V б, [20]
37	28.02.2017	06:17:25	39.16	46.47	10	3.5	–	5	III б, [28]
38	03.03.2017	08:27:37	43.13	145.46	98	5.2	4.9	5	X, [19]
39	06.03.2017	01:26:22	43.27	45.74	14	3.8	–	6	III в, [34]
40	27.03.2017	10:50:18	52.44	171.99	60	6.1	6.2	–	XI, [21]
41	29.03.2017	04:09:22	56.97	163.22	43	6.8	6.6	6	XI, Южно-Озерновское [21]
42	04.04.2017	15:07:30	47.26	84.90	9	4.8	5.3	5–6	V в, Зайсанское [35]
43	05.04.2017	06:09:10	35.90	60.36	12	6.0	6.0	6	IV, [33, 36]
44	03.05.2017	04:47:13	39.45	71.40	10	5.9	6	7	V б, Карамыкское [37]
45	03.05.2017	08:53:42	42.03	46.78	49	4.0	5.1	5–6	III в, Цурибское [34]
46	05.05.2017	05:09:35	39.40	71.50	10	5.8	5.8	5	V б, [20]
47	10.05.2017	21:58:20	37.60	75.30	10	5.1	5.5	3	V б, [20]
48	11.05.2017	03:24:19	39.72	48.42	48	4.2	–	5	III а, Саатлинское [29]
49	13.05.2017	18:01:01	37.69	57.31	22	5.2	5.7	7	IV, [33, 36]
50	17.05.2017	06:21:10	54.36	161.11	99	5.7	5.0	5	XI, [21]
51	22.05.2017	11:00:57	43.75	147.88	72	5.1	5.6	–	X, [19]
52	02.06.2017	22:24:47	53.987	170.55	32	6.8	6.7	–	XI, [21]
53	03.06.2017	11:47:20	50.63	157.67	61	5.1	5.3	5–6	XI, [21]

№	Дата, д.м.г.	t_0 , ч мин с	φ° , N	λ° , E	h , км	M	$M_{wGCMТ}$	I_i , балл	№ региона/территории, название землетрясения, ссылка
54	28.06.2017	12:07:32	43.69	147.99	77	5.1	5.5	–	X, [19]
55	01.07.2017	14:45:52	42.68	141.73	52	5.1	5.0	6	X, [19]
56	04.07.2017	06:21:11	40.9	43.9	10	3.7	–	5	III б [38]
57	17.07.2017	11:05:05	54.418	168.67	28	6.2	6.3	3–4	XI, [21]
58	17.07.2017	23:34:08	54.352	168.9	7	7.7	7.8	5–6	XI, Ближне-Алеутское [21]
59	18.07.2017	01:51:34	55.298	166.89	39	5.6	–	3–4	XI, [21]
60	28.07.2017	2:39:12	54.02	169.35	48	5.2	5.6	–	XI, [21]
61	30.07.2017	21:00:50	45.96	151.22	113	5.2	5.8	3	X, [19]
62	08.08.2017	23:27:55	44.34	82.54	26	6.5	6.3	4–5	V в, [35]
63	29.09.2017	19:24:59	53.10	160.33	50.8	5.0	5.3	5–6	XI, [21]
64	25.10.2017	7:09:29	52.33	110.59	–	3.4	4.3	5	VII, [23]
65	28.10.2017	16:13:54	86.93	55.64	14	5.5	5.8	–	XVI, [39]
66	28.10.2017	16:16:06	86.98	48.25	10	5.6	5.7	–	XVI, [39]
67	28.10.2017	17:45:34	36.25	70.50	90	4.6	5.2	5	V б, [20]
68	28.10.2017	19:11:01	86.9	56.31	10	5.6	5.9	–	XVI, [39]
69	15.11.2017	19:48:02	40.17	47.11	25	4.8	–	6	III а, [29]
70	28.11.2017	13:15:45	72.72	3.03	10	5.2	5.6	–	XVI, [39]
71	29.11.2017	22:32:23	45.20	146.34	34	5.3	5.5	3	X, [19]
72	05.12.2017	15:27:16	37.35	50.22	14	3.6	–	5	IV, [33]
73	07.12.2017	05:23:38	41.83	47.87	10	3.1	–	5–6	III в, Ляхлинское [25]
74	20.12.2017	19:57:37	35.63	50.96	12	4.1	4.9	6	IV, [33]
75	22.12.2017	14:44:16	53.68	160.88	69.4	5.3	5.5	5	XI, [21]
76	24.12.2017	00:15:42	49.75	157.04	56.3	4.9	4.8	5–6	XI, [21]

Примечание. В столбце 7 указана однородная магнитуда M согласно формулам (1)–(14), приведенная в Приложениях 2 и 3; в столбце 9 дана максимальная интенсивность сотрясений I_i по шкалам MSK-64 или MMI в населенных пунктах из Приложения 4.

Максимальным по магнитуде за рассматриваемый период времени явилось Ближне-Алеутское землетрясение 17 июля 2017 г. в 23^h34^m с $ML=7.3$, $M_w=7.8$ (табл. 3, [21]), локализованное в Командорском сегменте Алеутской дуги на глубине 7 км. Оно стало одним из сильнейших инструментально зарегистрированных событий в западной части Алеутской дуги. Землетрясение сопровождалось многочисленными афтершоками и вызвало в ближайшем к эпицентру с. Никольское ($\Delta=208$ км, о. Беринга) сотрясения с интенсивностью $I_i=5-6$ баллов.

Максимальными по ощутимости в населенных пунктах на территории регионов I–XVI оказались два землетрясения. Первое из них – Акетаоское – произошло 25 ноября 2016 г. в 14^h24^m с $M_w=6.6$, на территории Китая, вблизи его границ с Таджикистаном и Кыргызстаном. Оно вызвало 7-балльные сотрясения в таджикском кишлаке Мургаб (четыре отклика) и колебания меньшей интенсивности (от 4 до 2 баллов) в населенных пунктах Китая, Таджикистана, Кыргызстана, Узбекистана, Казахстана, Пакистана и Индии, зафиксированные путем Интернет-опроса на сайте USGS (<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us10007ca5/dyfi/responses?source=us&code=us10007ca5>). Второе событие – Карамыкское землетрясение 3 мая 2017 г. с $M_w=6.0$, локализованное на границе Таджикистана с Кыргызстаном, вызвало обвалы коренных пород вблизи кишлака Карамык, трещины на берегах горного озера. Интенсивность сотрясений достигала 7 баллов.

Распределение по годам суммарной сейсмической энергии, выделившейся в регионах Северной Евразии за 12 лет (2006–2017 гг.), показано на рис. 3. Самыми значительными за весь период были Симуширские I, II (2006, 2007 гг.) и Охотоморское-III землетрясения, при каждом из которых выделилось более $E=10^{17}$ Дж. Все они произошли в пределах Курило-Камчатской зоны субдукции Западно-Тихоокеанского сейсмического пояса, к которому относятся максимальные землетрясения и за другие годы, за исключением 2015 г., когда максимум энергии выделился при Сарезском ($M_s=7.6$) и Гиндукушском ($M_w=7.5$, $M=7.7$) землетрясениях на территории Таджикистана, относящейся к Альпийско-Гималайскому складчатому поясу. Суммарная энергия 2015 г. ($\sum E_{ан}=5.24 \cdot 10^{16}$ Дж) после резкого падения в 2014 г достигла среднего значения $\sum E_{ан}=5.3(\pm 2.7) \cdot 10^{16}$ Дж за весь период. В 2016 г. наблюдалось существенное понижение выделившейся сейсмической энергии, а в 2017 г. энергия вновь повысилась, не достигнув, однако,

среднего многолетнего уровня (рис. 3). На рис. 3 показан также график кумулятивной энергии ΣE_{cum} за указанный период, отражающий скорость деформационных процессов на территории Северной Евразии. На графике наглядно видна неравномерность снятия напряжений на рассматриваемой территории – перед всплеском выделившейся сейсмической энергии обычно наблюдается выполаживание кривой $\Sigma E_{cum}(t)$, как в 2009–2011 гг. и в 2014 г., означающее торможение деформационных процессов. Как видно из рисунка, в 2015–2017 гг. скорость этих процессов была близка к средней, с небольшим торможением в 2016–2017 гг.

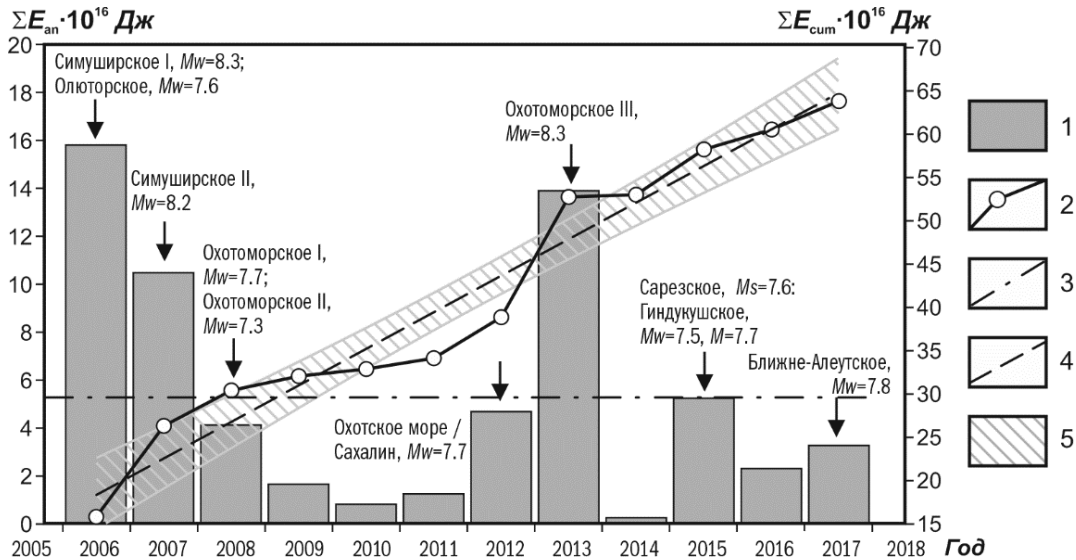


Рис. 3. Годовые значения суммарной сейсмической энергии ΣE_{an} , выделившейся на территории Северной Евразии в период 2006–2017 гг., их кумулятивный график ΣE_{cum} и крупнейшие землетрясения этого периода

1 – ΣE_{an} ; 2 – ΣE_{cum} ; 3 – среднее значение $\Sigma E_{an}=5.3(\pm 2.7) \cdot 10^{16}$ Дж за весь период; 4 – линейная зависимость $\Sigma E_{cum}(t)$; 5 – 95 % доверительный интервал линейной зависимости.

Сейсмичность регионов. Детальное рассмотрение сейсмического режима и наиболее заметных сейсмических событий отдельных регионов Северной Евразии приведено далее.

К *Альтийско-Гималайскому (Средиземноморскому) складчатому поясу* приурочена сейсмичность регионов I–V на рис. 1 и в табл. 1.

В регионе **Карпаты (регион I)**, расположенном в западном сегменте пояса, сейсмические наблюдения проводились в 2016–2017 гг. организациями двух государств: на Украине – отделом сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины, в Молдове – лабораторией сейсмологии Института геологии и сейсмологии АН Молдовы [40]. На Украине работали 20 стационарных цифровых станций и одна временная, в Молдове – шесть станций с центром обработки в Кишинёве. Всего в 2016–2017 гг. зарегистрировано 140 землетрясений в диапазоне энергетических классов $K_p=4.0-14.4$ с суммарной сейсмической энергией $\Sigma E=2.92 \cdot 10^{14}$ Дж. Из них 39 землетрясений с $h=61-160$ км расположены в зоне Вранча. Максимальное землетрясение зарегистрировано в горах Вранча 23 сентября 2016 г. с $K_p=14.4$, $MSH=5.7$, $h_{rp}=95$ км. Населенные пункты в плейстоценовой зоне подверглись сотрясениям с интенсивностью 5–6 баллов. В Закарпатье наиболее сильным событием было мелкофокусное ($h=5$ км) Углянское землетрясение 6 июня с $K_p=9.8$. Оно ощущалось в 20 населенных пунктах, в трех из них – с интенсивностью 4–5 баллов [41].

Складчатые системы **Крыма (II)**, **Кавказа (III)** и **Копетдага (IV)**, согласно [1, 42, 43], представляют собой единую систему в реализации сейсмического режима, приуроченную к южному краю Евразийской литосферной плиты. Приведем наиболее значимые в 2016–2017 гг. события этой зоны по данным региональных обзоров сейсмичности [11, 24, 28, 29, 33, 34].

Самый западный сегмент складчатой системы Крым–Кавказ–Копетдаг представлен хребтами Горного Крыма и прилегающими к ней акваториями Чёрного и Азовского морей. На Крымском п-ове развернута сеть из семи сейсмических станций, позволяющая без пропусков

регистрировать землетрясения энергетического класса $K_{II} \geq 8$ на всей территории Крыма и $K_{II} \geq 7$ на южном берегу полуострова. В 2017 г. восстановлены наблюдения на станции «Тарханкут». По данным [24], в целом сейсмическая активность в регионе II в 2016 г. возросла – суммарная выделенная сейсмическая энергия была в 16 раз больше среднегодового значения за последние 10 лет. Наибольшая активизация сейсмических процессов наблюдалась в районе Черноморской впадины, где отмечено три землетрясения с максимальным энергетическим классом $K_{II}=10.9–13.1$ ($M_w=4.1–5.1$). Вблизи Южного берега Крыма (ЮБК) 13 мая 2016 г. в 14^h05^m произошло ощутимое землетрясение с $M_w=3.6$ и максимальной интенсивностью до 5 баллов в г. Алуште ($\Delta=3$ км). Еще в 13 населенных пунктах ЮБК, удаленных на расстояния 3–22 км от инструментального эпицентра, землетрясение ощущалось с интенсивностью от 2 до 4 баллов. В 2017 г. последовал резкий спад уровня годовой сейсмической энергии – $\Sigma E=151.06 \cdot 10^9$ Дж, что более чем в пять раз меньше среднего значения за десятилетний период. Наиболее активным был Керченско-Анапский район, где отмечено максимальное число землетрясений $N_{\Sigma}=46$, в очагах которых выделилось 88.2 % всей годовой сейсмической энергии, $\Sigma E=136.41 \cdot 10^9$ Дж. Самое сильное землетрясение года, 16 июня 2017 г. в 18^h17^m с $K_{II}=11.0$, $M_w=4.1$ и $h=9$ км, ощущалось с интенсивностью $I=3–4$ балла в четырех населенных пунктах: Анапа, Супсех, Новороссийск, Крымск. Это же землетрясение зарегистрировано сетью Северного Кавказа и описано в [34]. Необычная локальная сейсмичность в виде слабых группирующихся сейсмических событий с $K_{II}=5.6–7.1$ проявилась в 2017 г. на суше в центре Керченского п-ова. Эпицентральная зона Керченских землетрясений локализовалась на стыке крупных геоблоков земной коры: Скифской плиты и Керченско-Таманской складчатой области, представленной системой глубинных разломов диагональной ориентации. Предполагается, что резкая активизация в 2017 г. сейсмотектонических процессов в данном слабоактивном районе является откликом геофизической среды на воздействия техногенного характера, связанные со строительством Крымского (Керченского) моста и интенсивным строительством автодорожной магистрали «Таврида» федерального значения с установкой буронабивных свай (динамическим погружением) на дорожных развязках и мостовых путепроводов вдоль трассы.

Восточнее Керченского и Таманского п-вов Горный Крым переходит в центральный Кавказский сегмент – регион **Кавказ (III)**. Этот регион представлен тремя территориями, условно названными «Азербайджан» (III а), «Армения» (III б) и «Северный Кавказ» (III в).

На территории *Азербайджана* (III а) сеть состояла из 35 телеметрических станций, которые равномерно распределены по территории страны [29]. Данная сеть обеспечивала уверенную регистрацию землетрясений на уровне $K_{\min}=7$ на большей части территории республики, включая Нахичеванскую АР и шельфовую зону Каспийского моря. На остальной части акватории Каспия и прилегающих территориях соседних стран не пропущены толчки с $K_p \geq 8$, а наибольшей чувствительностью обладает сеть в Шамахи-Исмаиллинской зоне ($K_{\min}=6.0$) и в Талыше ($K_{\min}=6.5$). Отметим, что в Азербайджане в настоящее время в массовом порядке определяется только магнитуда M_{LAzp} , а приведенные здесь и далее расчетные энергетические классы K_p получены по формуле: $K_p=1.39 M_{LAzp}+4.77$ [11].

Отмечаются всплески выделенной сейсмической энергии: в августе 2016 г. ($\Sigma E=38.6 \cdot 10^{11}$ Дж), когда произошло землетрясение 1 августа в 04^h46^m с $M_{LAzp}=5.6$ ($K_p=12.3$) в Имишлинском районе Куринской депрессии (о нем упоминается и в обзоре сейсмичности Армении [28]), а также в мае ($\Sigma E=30.4 \cdot 10^{11}$ Дж) и в июле ($\Sigma E=59.1 \cdot 10^{11}$ Дж) 2017 г., когда произошли сильные землетрясения с $M_L > 5$: Саатлинское 11 мая в 03^h24^m с $M_{LAzp}=5.4$ ($K_p=12.2$) в Куринской депрессии и 15 ноября в 19^h48^m с $M_{LAzp}=5.7$ ($K_p=12.7$) на территории Малого Кавказа, смежной с Куринской депрессией.

Уровень сейсмичности на территории *Азербайджана* в 2016 и 2017 гг., по сравнению с таковым в 2015 г., уменьшился как по числу всех зарегистрированных землетрясений, так и по величине выделенной сейсмической энергии. По сравнению с долговременными параметрами сейсмического режима за период 1993–2015 гг. ($N_{\Sigma(k=9-14)}=154$, $\Sigma E=21.7 \cdot 10^{12}$ Дж), годовые числа представительных землетрясений с $K_p=9–14$ в 2016 г. ($N_{\Sigma}=253$) и в 2017 г. ($N_{\Sigma}=229$) превысили фоновый уровень, тогда как значения выделенной сейсмической энергии ($\Sigma E=5.66 \cdot 10^{12}$ Дж в 2016 г. и $\Sigma E=11.0 \cdot 10^{12}$ Дж в 2017 г.), наоборот, уменьшились. Также отмечено повышение сейсмической активности в Куринской депрессии, где произошли три землетрясения с $M_{LAzp} > 5$.

На территории *Армении* (Ш б) сеть сейсмических станций претерпела существенные изменения: в 2016 г. приостановлена работа станций «Гюмри» и «Степанаван», с июня 2017 г. демонтированы три последние телеметрические станции («Спитак», «Чкаловка», «Степанаван»), но установлены три новые цифровые станции, оснащенные аппаратурой GURALP: «Саратовка» на севере Армении, «Егвард» на юге и «Ванк» в Арцахе (Нагорный Карабах). По-прежнему работали восемь цифровых станций GURALP вокруг Еревана («Амберд», «Вайк», «Капутан», «Вананд», «Аруч», «Мецамор», «Нарек», «Гарни»), три аналоговые станции («Варденис», «Горис», «Степанакерт») и две временные французские цифровые станции («Капан», «Степанаван») [28]. Представительная регистрации землетрясений велась примерно на том же уровне, что и в 2015 г.: вблизи Еревана, Гарни и в Спитакской зоне $M_{\min}=1.0-1.5$, а для всей территории $M_{\min}=2.0$.

В пределах Республики Армения наибольший уровень сейсмической активности зафиксирован на севере, в очаговой зоне 9–10-балльного Спитакского землетрясения 1988 г. с $MLV=6.9$. Анализ параметров сейсмического режима показал, что наклоны графиков повторяемости землетрясений из каталогов 2016 и 2017 гг. ($\gamma=-0.44$ и -0.43 соответственно) несколько ниже по абсолютной величине, чем среднее значение за период 1993–2017 гг. ($\gamma=-0.49$).

В 2016 г. максимальным на территории Республики был толчок 16 марта в 21^h02^m с $M_s=3.6$, $K_p=10.5$, $h=10$ км, вызвавший сотрясения с $I_i=3-4$ балла в Спитаке, Гюлакараке, Степанаване и 2–3 балла в Ванадзоре, Ташире, Ноемберяне в пределах очаговой зоны упомянутого выше Спитакского землетрясения. Сильнейшим в 2017 г. стало землетрясение 20 декабря в 21^h40^m с $M=3.8$, $K_p=10.8$, но с максимальной ощутимостью (5 баллов в пяти населенных пунктах) проявилось землетрясение 4 июля с $K_p=10.7$, $M_s=3.7$, $I_0=5-6$ баллов, описанное в отдельной статье [38]. Для него в 33 населенных пунктах собраны сведения с ощутимостью от 3 до 5 баллов. С такой же интенсивностью (5 баллов) в ближайших населенных пунктах ощущались сотрясения от землетрясения 28 февраля 2017 г. в 06^h17^m с $M=3.5$, $K_p=10.3$ на юге Республики Армения.

На *Северном Кавказе* (Ш в), сейсмичность которого описана в [25, 34], наиболее сильные землетрясения в 2016–2017 гг. произошли в тектонических зонах Большого Кавказа (БК), Дагестанского клина и Терско-Каспийского передового прогиба. В западной части БК максимальным было землетрясение 30 октября 2016 г. в 05^h27^m с $K_p=11.3$, проявившееся с интенсивностью 4 балла в Нефтегорске и Апшеронске; в восточной части – Цурибское землетрясение 3 мая 2017 г. в 08^h53^m с $K_p=13.8$, локализованное в районе Поднятия Бокового хребта на границе с Бежитино-Самурским прогибом и ощущавшееся жителями ближайших населенных пунктов с интенсивностью до 5–6 баллов. В районе Дагестанского клина наиболее значительными были Мехельтинское землетрясение 13 мая 2016 г. в 21^h17^m с $K_p=13.4$, $I_0=5$ баллов и Ляхлинское 7 декабря 2017 г. в 05^h23^m с $K_p=11.6$, $I_0=5-6$ баллов. В Терско-Каспийском передовом прогибе выделяется толчок 6 марта 2017 г. в 01^h26^m с $h=14$ км, $K_p=10.9$, максимально ощущавшийся в Беркат-Юрте, Садовом, Толстой-Юрте (6 баллов).

В пределах Притеречной антиклинальной зоны Терско-Каспийского прогиба были зарегистрированы два землетрясения с $h \geq 150$ км: 3 февраля 2016 г. с $K_p=10.8$, $h=151$ км и 22 апреля 2017 г. с $K_p=10.8$, $h=152$ км. Наметилась периодичность в реализации заглубленных землетрясений с магнитудой, близкой к $M=4.0$ и выше. Эта периодичность обозначила цикл в 4–5 лет по данным потока землетрясений с начала двухтысячных годов: 30.01.2002 г. с $M=3.9$, 12.10.2006 г. с $M=4.5$, 08.07.2011 г. с $M=3.8$, затем землетрясения 2016–2017 гг. Координаты их довольно близки и занимают область в пределах $\varphi=43.5-43.6^\circ\text{N}$, $\lambda=45.3-45.6^\circ\text{E}$.

Отмечается заметная платформенная сейсмичность. Так, вблизи Ставропольского свода, крупной структуры Скифской платформы, 24 августа 2017 г. в 09^h14^m произошло относительно сильное платформенное землетрясение с $K_p=11.6$, $h=3$ км. Оно ощущалось в ст. Отрадной, Невинномысске – 4 балла; в Кисловодске, Ставрополе, Черкесске, Пятигорске – 3 балла. Механизм очага, построенный по знакам вступлений P -волн, представлен взбросо-сдвигом. В западной части Ставропольского свода 9 октября 2016 г. в 21^h40^m реализовалось землетрясение с $K_p=9.5$, которое ощущалось в Ставрополе и Михайловске Шпаковского района с интенсивностью 2–3 балла.

Особенностью проявлений сейсмичности Северного Кавказа в 2016–2017 гг. является ее «оживление» на северо-западном побережье Азовского моря возле г. Мариуполя, где зарегистрировано семь землетрясений, с основным толчком 7 августа 2016 г. в 08^h15^m с $K_p=12.4$ и $M_w=4.6$ [30]. Основной толчок ощущался в 47 населенных пунктах на расстояниях до 458 км от

эпицентра с интенсивностью от 2 до 5 баллов. Очаг Мариупольского землетрясения приурочен к зоне Северо-Азовского разлома на южном ограничении Восточно-Европейской платформы. Район землетрясения 7 августа 2016 г. относится к зоне «неуверенного инструментального сейсмического мониторинга», поскольку ближайшие сейсмические станции расположены на удалении не менее 200 км. Однако развитые сети сейсмических станций в Крыму [24], на Северном Кавказе [34] и на территории ВЕП [44] позволяют с удовлетворительной точностью определить положение эпицентра. Определение глубины очага по глубинным фазам произведено по записям четырех китайских станций. В результате достаточно надежно определена глубина очага Мариупольского землетрясения, которая составила $h_{\text{рр}}=13$ км.

В 2016–2017 гг. около 10 % землетрясений сгруппировались в виде непродолжительных роевых или афтершоковых последовательностей, не протяженных во времени. Отдельные рои предвещали возникновение относительно сильного землетрясения, но чаще происходили самостоятельно в местах раздробленных зон.

В регионе *Копетдаг (IV)* сейсмический мониторинг проводился сетью из 34 сейсмических станций Института сейсмологии и физики атмосферы Академии наук Туркменистана, из них 20 стационарных и 14 передвижных [33]. За два года зарегистрировано 651 землетрясение с $K_{\text{р}} \geq 8.6$, из них ощутимых – 41, для 83 событий определены механизмы очагов.

Сейсмический процесс на территории Копетдагского региона в 2016 г. развивался при пониженных параметрах сейсмической активности A_{10} и выделенной сейсмической энергии ΣE относительно долговременных средних значений. В 2017 г. произошла его активизация, проявившаяся возникновением 5 апреля 2017 г. на северо-востоке Ирана, между иранскими городами Торбеде Джам и Мешхед, землетрясения с $K_{\text{р}}=14.3$ ($M_{\text{w}}=6.0$), максимального в Турк-мено-Хорасанском районе за последние 20 лет. Это сейсмическое событие вызвало сотрясения с 6-балльной интенсивностью в г. Торбеде Джам, 5 баллов – в нескольких населенных пунктах Ирана, 3 балла – в туркменских пгт Серахс и г. Серхетабад. В отдельной статье данного выпуска журнала [36] приводятся результаты его изучения: установлено северо-западное простирание плоскости разрыва, совпадающее с ориентацией ближайших разломов и ориентацией изосейст, определены ее размеры; получено уравнение макросейсмического поля с коэффициентами, близкими к среднемировым в уравнении Шебалина [45], согласно которому интенсивность в эпицентре оценена в $I_0=8$ баллов.

Второе по магнитуде землетрясение региона, также описанное в [36], произошло 13 мая 2017 г. с $K_{\text{р}}=13.4$, $M_{\text{w}}=5.7$ в центральном Копетдаге, близ туркмено-иранской границы, в 23 км к северу от иранского г. Боджнурда, где оно ощущалось с интенсивностью 7 баллов. В Ашхабаде ($\Delta=98$ км) зафиксированы 4-балльные сотрясения. Согласно установленной в [36] модели распространения сейсмического эффекта, интенсивность в эпицентре составила $I_0=7-8$ баллов.

Непосредственно на территории Туркменистана самое сильное землетрясение произошло 26 октября 2016 г. с $K_{\text{р}}=12.9$ ($M_{\text{w}}=5.5$) в 19 км от г. Балканабада, жители которого ощущали 4–5-балльные сотрясения.

В регионе *Центральная Азия (V)* (прежнее название – «Средняя Азия и Казахстан»), расположенном в месте поворота на юг *Средиземноморско-Трансазиатского сейсмического пояса*, рассматриваются три территории – *Кыргызстан и Узбекистан* (бывшая «Центральная Азия») (V а), *Таджикистан* (V б) и *Казахстан* (V в). Значительное перекрытие территорий V а и V в теперь уменьшено за счет сдвига их границ (рис. 1).

В 2016 и 2017 гг. сейсмические наблюдения на территории *Кыргызстана и Узбекистана* (V а) проводились сетями сейсмических станций этих государств, состоящих из 25 станций Кыргызстана и 39 – Узбекистана.

Сводный каталог землетрясений за 2016 г. включил 705 событий с энергетическими классами $K_{\text{р}}=8.6-15.4$. Одним из двух наиболее значимых событий в 2016 г. стало Кызыл-Артское землетрясение, произошедшее 26 июня в 11^h17^s с $K_{\text{р}}=15.1$ на юге Кыргызстана в пределах северного склона Заалайского хребта. Землетрясение вызвало многочисленные афтершоки, продолжавшиеся непрерывным потоком вплоть до Акетаоского события 25 ноября 2016 г. в 14^h24^m с $M_{\text{w}}=6.6$, максимального в 2016 г. на рассматриваемой территории V а. Разрушительное для Китая, где оно произошло, землетрясение вызвало панику и среди жителей приграничных населенных пунктов соседних стран. До конца года и далее это землетрясение, как и событие 26 июня, сопровождалось многочисленными повторными толчками. В результате количество сейсмических событий, включенных в сводный каталог за 2016 г., увеличилось в 2.3 раза по сравнению с таковым в 2015 году.

Каталог землетрясений 2017 г. содержит 265 событий с $K_p=8.6-14.5$, т.е. число землетрясений в регионе по сравнению с таковым за предыдущий год уменьшилось в 2.7 раза. Самое сильное ($K_p=14.5$) землетрясение в каталоге 2017 г., названное Карамыкским, произошло 3 мая в 04^h47^m на приграничной с Кыргызстаном территории Таджикистана в отрогах Алайского хребта. За 18 с до главного толчка зарегистрирован форшок с $K_p=12.9$, после основного толчка последовали многочисленные афтершоки. Еще одно достаточно сильное ($K_p=13.2$) землетрясение 2017 г. зарегистрировано 29 сентября в 13^h49^m на территории Узбекистана.

Характеризуя сейсмический процесс в *Таджикистане* (V б) с прилегающими к нему территориями в 2016–2017 гг., констатируем, что по числу землетрясений ($N_\Sigma=8705$ в 2016 г. и $N_\Sigma=9150$ в 2017 г.) здесь практически удержался максимум этого параметра за 2015 г. ($N_\Sigma=9071$) [46], возникший после сильнейшего Гиндукушского землетрясения 26.10.2015 г. с $M_w=7.5$, $h=230$ км [47], тогда как суммарная сейсмическая энергия уменьшилась до $\Sigma E=6.82 \cdot 10^{15}$ Дж в 2016 г. и $\Sigma E=6.77 \cdot 10^{14}$ Дж в 2017 г. (табл. 1) по сравнению с $\Sigma E=5.24 \cdot 10^{16}$ Дж в 2015 г. [2]. Всего за 2016–2017 гг. было зарегистрировано $N_\Sigma=17855$ землетрясений с $K_p \geq 8.6$, из которых 4882, или 27 %, коровые с $h=3-60$ км, а 73 %, или 12973 событий, возникли в промежуточном слое Памиро-Гиндукуша с $h=70-400$ км.

Максимальным среди землетрясений с промежуточной глубиной очага в 2016 г. было событие 10 апреля с $M_w=6.6$, $h=230$ км, а в 2017 г. – 17 апреля с $K_p=13.4$, $M_w=5.1$, $h=200$ км. В земной коре региона максимальным оказалось землетрясение 25 ноября 2016 г. с $M_w=6.6$, $h_{pp}=12$ км, произошедшее вне границ Республики (на территории Китая), в северной части Сарыкольского хребта. Оно предварялось сильным землетрясением 26 июня 2016 г. с $M_w=6.4$, $h_{pp}=9$ км, возникшим в пределах Таджикистана, но всего в 40 км от вышеупомянутого. Оба события сопровождались афтершоками – 1017 после толчка 26 июня и 649 – после события 25 ноября. Обследованы и описаны в отдельных статьях Газорчашминское землетрясение 1 июля 2016 г. с $K_p=12.5$, $M_w=5.0$, $I_0=6-7$ в Гармском районе Республики [27] и Карамыкское – 3 мая 2017 г. с $K_p=14.2$, $M_w=6.0$, $I_0=7$ вблизи восточных границ с Кыргызстаном [37].

Отметим повышенную интенсивность афтершоковых процессов землетрясений всей зоны передового фронта надвига Индии на Евразию в Южном Тянь-Шане, начиная с Гиндукушского землетрясения 26.10.2015 г. с его 1400 афтершоками на промежуточных глубинах до конца 2015 г., 850 – в 2016 г. и 723 – в 2017 году. Далее, спровоцированное им в земной коре Памира Сарезское землетрясение 07.12.2015 г. с $M_w=7.2$ [46] только до 31 декабря 2015 г. вызвало 1300 коровых афтершоков на энергетическом срезе $K_a \geq 8.6$ с продолжением серии в 2016 г. (296) и в 2017 г. (58). Причислим к ним названные выше две серии из 1017 афтершоков после 26 июня 2016 г. и 649 – после 25 ноября в северной части Сарыкольского хребта. В Душанбино-Гармском районе главные толчки с меньшей энергией – 24 марта 2016 г. с $K_p=12.0$, 1 июля 2016 г. с $K_p=12.5$ и 21 февраля 2017 г. с $K_p=12.0$ – также сопровождались многочисленными афтершоками, число которых составило 399, 348 и 1233 соответственно. Обсуждение причин столь высокой афтершоковой активности землетрясений в данном районе, особенно на промежуточных глубинах, не входит в рамки данной работы, однако мы обращаем внимание на необходимость такого исследования.

В *Казахстане* (V в) каталог землетрясений является результатом сейсмического мониторинга, проводимого двумя организациями – Сейсмологической опытно-методической экспедицией Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (РК) и Институтом геофизических исследований Министерства энергетики РК. В каталог землетрясений Казахстана включено 1240 землетрясений с энергетическими классами $K_p=6.6-15$ за 2016 и 2017 гг. Самое сильное землетрясение за два года – событие 8 августа 2017 г., $M_w=6.3$, с эпицентром в провинции Синьцзян (КНР) вблизи казахстанско-китайской границы. Землетрясение ощущалось во многих населенных пунктах Казахстана с максимальной интенсивностью 4–5 баллов – в пос. Достык и 4 балла – в г. Алматы и Талдыкоргане. Другим заметным событием стало землетрясение 4 апреля 2017 г. с $K_p=13.3$, $M_w=5.3$ вблизи оз. Зайсан в Восточном Казахстане. Его максимальная интенсивность 5–6 баллов отмечена в г. Зайсане. В целом, период 2016–2017 гг. характеризовался умеренной сейсмической активностью для большей части территории.

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

Сеть сейсмических станций и контролируемая ею сейсмичность *Алтая и Саян (VI)* описаны в обзорной статье [48]. Стационарная сейсмическая сеть в 2016–2017 гг. состояла из 52 станций. Дополнительно в регионе функционировали четыре локальные временные сети – одна исследовала сейсмический процесс и накапливала данные для построения границы Мохо по методу приемных функций, три другие были выставлены для наблюдения за техногенными сейсмическими активизациями, приуроченными к разработкам твердых полезных ископаемых в Кемеровской и Новосибирской областях.

В течение 2016–2017 гг. в регионе зарегистрировано 11424 землетрясения ($1.3 \leq ML \leq 6.4$), 58 % из которых произошли в Чуйско-Курайской зоне Республики Алтай. Самое сильное землетрясение региона реализовалось 4 апреля 2017 г. в 15^h07^m в Казахстане, в районе Зайсанской впадины с $ML=6.4$ ($K_p=13.3$ по данным Казахстана [35]). Землетрясение 3 июля 2016 г. с $ML=4.7$, произошедшее в северной части Кузнецкого Алатау в 150 км к востоку от г. Кемерово, стало одним из сильнейших землетрясений Кузбасса за всю историю наблюдений. После трехлетнего спада сейсмической активности в Алтае-Саянском регионе (2014–2016 гг.), когда сумма выделяемой за год сейсмической энергии ΣE составляла от $4.6 \cdot 10^{12}$ Дж до $6.1 \cdot 10^{12}$ Дж, в 2017 г. отмечено повышение значения суммарной выделившейся за год сейсмической энергии до $\Sigma E=2.38 \cdot 10^{13}$ Дж).

В регионе *Прибайкалье и Забайкалье (VII)* в 2016–2017 гг. зарегистрировано 17869 землетрясений с $K_p \geq 5.6$. В Байкальской рифтовой зоне локализовано 95 % этих событий, при этом большая их часть реализовалась в Байкало-Муйском районе, где продолжалась сейсмическая активизация, начавшаяся в 2014 г. в Муяканском хребте [49]. Наиболее сильное за рассматриваемый период землетрясение, Горбылокское, произошло в Южно-Муйском хребте 22 ноября 2016 г. в 11^h37^m с $K_p=13.9$, $M_w=5.0$ [22]. С наибольшей интенсивностью (4–5 баллов) это событие ощущалось в пос. Уакит, пгт Северомуйск и пгт Янчукан ($\Delta=46$ –91 км). В Кодаро-Удоканском районе, вблизи правого притока р. Калар, 3 апреля 2017 г. в 12^h53^m зарегистрировано второе по магнитуде землетрясение региона – Каларское ($K_p=13.5$, $M_w=4.8$). В пгт Новая Чара ($\Delta=74$ км) оно ощущалось с интенсивностью 4 балла. Всего в течение 2016–2017 гг. ощутимые эффекты, не превышающие 5 баллов, наблюдались при 47 землетрясениях региона. По сравнению с аномально высокой сейсмической активностью в 2015 г., период 2016–2017 гг. характеризовался постепенным ее спадом. Годовое количество землетрясений уменьшилось почти в четыре раза, при этом выделившаяся суммарная сейсмическая энергия уменьшилась незначительно [23].

В *Приамурье и Приморье (VIII)* сейсмичность в 2016–2017 гг. традиционно делится на коровую и глубокофокусную при отсутствии землетрясений в промежуточном слое. Коровая сейсмичность за рассматриваемый период, согласно [19], представлена 360 слабыми и умеренными сейсмическими событиями с $K_p=5.4$ –13.4, $M=0.8$ –5.2, произошедшими на глубинах до 25 км. Наибольшее число эпицентров землетрясений располагается в северо-западной части региона. Самое сильное коровое землетрясение произошло западнее глубоководной части Зейского водохранилища 12 декабря 2016 г. в 02^h31^m на глубине $h=16$ км с $K_p=13.4$, $MLH=4.8$. Эпицентр находился в 114 км к западу от г. Зея, где интенсивность макросейсмических проявлений составила 3 балла. Землетрясение ощущалось в 14 населенных пунктах Амурской области, в ближайших к эпицентру селах Кислый Ключ и Гонжа ($\Delta=13$ км и 22 км соответственно) интенсивность достигала 4–5 баллов. Всего в регионе в течение 2016–2017 гг. было отмечено девять ощутимых землетрясений. Глубокофокусная сейсмичность Приамурья и Приморья представлена 16 землетрясениями с очагами в зоне субдукции Тихоокеанской плиты на глубине $h=342$ –588 км и эпицентрами в юго-восточной части региона: девять – на территории Приморья, семь – в акватории Японского моря. В целом, в Приамурье и Приморье в 2016–2017 гг. наблюдался средний уровень коровой сейсмической активности. Глубокофокусная сейсмичность также была невысокой. Уровень сейсмичности региона в 2016–2017 гг. по методике «СОУС'09» [50] отнесен к категории «фоновый средний».

В регионе *Сахалин (IX)* сейсмичность была представлена, в основном, коровыми землетрясениями с эпицентрами на о. Сахалин и его шельфе и несколькими глубокофокусными землетрясениями, происходящими в зоне субдукции Тихоокеанской плиты. В 2016–2017 гг. на территории региона зарегистрировано 958 коровых землетрясений с глубиной гипоцентра 2–18 км, в том числе два сильных, описанных в отдельных статьях. Самое сильное Онорское землетрясение [31] произошло 14 августа 2016 г. в 11^h15^m на глубине $h=10$ км в Смирныховском районе

Сахалинской области ($M_w=5.8$). Максимальная интенсивность в 5–6 баллов наблюдалась в с. Онор ($\Delta=20$ км). Второе по величине Крильонское землетрясение [51] произошло 23 апреля 2017 г. в $06^{\text{h}}37^{\text{m}}$ ($M_w=5.1$, $h=5$ км) в восточной части Южно-Камышового хребта на полуострове Крильонский (о. Сахалин). Максимальная интенсивность сотрясений в населенных пунктах Южного Сахалина составила 4 балла по шкале MSK-64, на острове Хоккайдо – II балла по шкале JMA. Глубокофокусная сейсмичность Сахалина в 2016–2017 гг. представлена 39 землетрясениями. Самое сильное и самое глубокое из них ($MSH=5.7$, $h=517$ км) произошло 6 ноября 2016 г. в $10^{\text{h}}35^{\text{m}}$, его эпицентр находился на Охотоморском шельфе в юго-восточной части региона. Уровень сейсмичности региона в 2016 и 2017 гг. по методике «СОУС'09» [50] отнесен к категории «фоновый средний».

В **Курило-Охотском регионе (X)** в 2016–2017 гг. зарегистрированы 3082 землетрясения с магнитудой $M=2.4$ – 6.2 (M рассчитана по формулам 4 а, б, 9–11): 1415 – за 2016 г., 1667 – за 2017 год. Гипоцентры 2444 землетрясений (79.4 %) локализованы в верхнем глубинном интервале с $h \leq 80$ км, 579 (18.8 %) – в промежуточном слое с $h=81$ – 300 км, 59 (1.9 %) – в нижнем интервале глубин с $h > 300$ км. Самое сильное землетрясение региона произошло 11 января 2016 г. в $17^{\text{h}}08^{\text{m}}$ с $M_{w_{\text{per}}}=6.3$, $M=6.2$ на глубине $h=237$ км. Его эпицентр находился в Японском море возле западного побережья о. Хоккайдо. Второе по магнитуде землетрясение региона зарегистрировано 23 июля 2016 г. в $01^{\text{h}}00^{\text{m}}$ на глубине $h=410$ км с $M_{w_{\text{per}}}=5.8$, $M=5.6$ и эпицентром в юго-западной части акватории Охотского моря. В верхнем глубинном слое с $h \leq 80$ км самые сильные землетрясения 2016 г. произошли 21 марта в $00^{\text{h}}11^{\text{m}}$ ($h=62$ км, $M=5.3$), 31 мая в $10^{\text{h}}04^{\text{m}}$ ($h=53$ км, $M=5.9$) и 2 июля в $01^{\text{h}}47^{\text{m}}$ ($h=66$ км, $M_{w_{\text{per}}}=4.7$). Самое сильное землетрясение 2017 г. зарегистрировано 30 июля в $21^{\text{h}}00^{\text{m}}$ на глубине $h=113$ км с $M_{w_{\text{per}}}=5.5$, $M=5.2$. Эпицентр находился восточнее о. Уруп, макросейсмический эффект в с. Малокурильское (о. Шикотан) составил 3 балла. Уровень сейсмичности региона в 2016 г. по методике «СОУС'09» [50] отнесен к категории «фоновый средний», в 2017 г. – «фоновый пониженный».

В регионе **Камчатка и Командорские острова (XI)** в 2016–2017 гг. определены параметры 14276 землетрясений в энергетическом диапазоне $ML=0.2$ – 7.3 ($K_s=1.8$ – 16.1) [21]. Сильнейшее событие 2016 г., Жупановское, произошло 30 января 2016 г. в промежуточном слое северной части Камчатской сейсмофокальной зоны ($ML=7.1$, $M_w=7.2$) [52]. Сильнейшее землетрясение 2017 г., Ближне-Алеутское, возникло 17 июля 2017 г. с $ML=7.3$, $M_w=7.8$ в поверхностном слое сейсмофокальной зоны Командорского сегмента Алеутской дуги с эпицентром в Тихом океане, в 208 км на юго-восток от села Никольское [53]. Уровень сейсмичности по шкале «СОУС'09» [50] и в 2016 г., и в 2017 г. соответствовал фоновому повышенному. В 2016–2017 гг. в пределах Камчатской зоны ответственности наблюдалась нетипичная картина расположения эпицентров землетрясений, обусловленная реализацией двух сильных сейсмических событий – Ближне-Алеутского 17 июля 2017 г. и Южно-Озерновского 29 марта 2017 г. ($M_w=6.6$) – и их афтершоковыми процессами. Суммарная энергия всех зарегистрированных в 2016 г. землетрясений составила $\Sigma E=6.1 \cdot 10^{15}$ Дж, в 2017 г. – $\Sigma E=1.46 \cdot 10^{16}$ Дж.

В регионе **Северо-Восток России (XII)** в 2016–2017 гг. сеть наблюдений состояла из 15 цифровых сейсмических станций, включая новую станцию «Талон», открытую на побережье Охотского моря. За рассматриваемый период в регионе зарегистрировано 578 землетрясений с $K_r=4.6$ – 12.7 . Как обычно, большая их часть (88 %) локализована в районе Колымы. Самое сильное землетрясение с $M_{SMOS}=4.3$, $K_r=12.7$ произошло 5 ноября 2017 г. в $17^{\text{h}}32^{\text{m}}$ на Чукотском полуострове. Ощутимых землетрясений в 2016–2017 гг. было пять [54]. Суммарная сейсмическая энергия в 2016 г. была в 7.3 раза ниже долговременного среднегодового значения за 18 лет ($\Sigma E=1.1 \cdot 10^{13}$ Дж), тогда как в 2017 г. она превысила долговременное среднее всего в 1.5 раза. Уровень сейсмичности Северо-Востока России в 2016–2017 гг., согласно шкале «СОУС'09» [50], оценен как «фоновый средний».

В **Якутии (XIII)** мониторинг сейсмичности в 2016 г. базировался на данных 23 цифровых сейсмических станций, как и в 2015 году. Однако в 2017 г. в связи с ремонтом приборов в течение года не работала станция «Депутатский», а «Иенгра» и «Куберганя» были закрыты в июне и августе из-за сокращения финансирования. Всего за 2016–2017 гг. зарегистрировано 801 землетрясение с $K_r=7.1$ – 11.3 с суммарной энергией $\Sigma E=1.50 \cdot 10^{12}$ Дж. [55]. Они тяготели, главным образом, к областям взаимодействия крупных литосферных тектонических плит: Евразийской и Североамериканской на северо-востоке, Евразийской и Амурской – на юге региона. Самым подвижным на западном фланге оказался Олёкминский район, где сейсмическая деятельность продолжала развиваться под влиянием Байкальского рифта в условиях растяжения земной коры.

На севере и северо-востоке Якутии, в зоне контакта Североамериканской и Евразийской плит, сейсмически активным оставался район Хребта Черского. Это – наиболее тектонически подвижная структура, разбитая сетью северо-западных сейсмогенных разломов Индигино-Колымской складчатой области, где за эти два года зафиксировано свыше 120 подземных ударов [55].

Новым фактором в сейсмическом мониторинге Якутии явились полевые исследования Арктических землетрясений в низовьях р. Лены в рамках совместного международного проекта «Сейсмичность и неотектоника региона моря Лаптевых», участниками которого, согласно заключенному на 2016–2018 гг. договору, стали Якутский филиал ФИЦ ЕГС РАН (г. Якутск), Институт океанологии РАН им. П.П. Ширшова (г. Москва) и Институт полярных и морских исследований им. Альфреда Вегенера (Германия). Для этого были установлены 25 временных автономных цифровых станций в районе Оленёкской и Быковской протоков дельты р. Лена, а также на западном побережье губы Буор-Хая, к югу от пос. Тикси [55].

Сейсмичность **Восточно-Европейской платформы (ВЕП) (XIV)** описана в отдельных обзорах по ее российской части [44], Беларуси [56] и Восточной Балтике [57].

Особенностью сейсмичности *российской части территории ВЕП* (включая ее ближайшее окружение) (XIV а) является возникновение роев слабых землетрясений на северо-западе Ленинградской области и прилегающей территории Финляндии, а также землетрясения с $M=3.8$ на Украинском щите в Кривом Роге, где проводятся массовые взрывы в шахтах, но случаются и землетрясения умеренных магнитуд $ML=2.6-3.9$ (2007, 2011, 2013 гг.). Большинство этих районов испытывают значительную техногенную нагрузку, что влияет на напряженно-деформированное состояние территорий, а зарегистрированные землетрясения относятся к индуцированной или триггерной сейсмичности. К таким районам относится Криворожье, где 29 июля 2017 г. зарегистрировано землетрясение с $ML=3.8$, ощутимое в г. Кривой Рог до 4–5 баллов по шкале MSK-64.

Продолжалась регистрация слабых землетрясений в периферийных частях (на юго-западе, западе и северо-западе) платформы и в зонах на северо-востоке, связанных с палеорифтовыми структурами – Кировско-Кажимским и Среднерусским авлакогенами. Слабая природная сейсмичность с $ML \leq 2.5$ зафиксирована в Карелии и приграничных с Финляндией районах, вблизи Кандалакшского залива, вблизи Хибинского и Ловозерского массивов на Кольском полуострове и на территории Воронежского кристаллического массива.

На территории *Беларуси* (XIV б) сейсмическая сеть в составе двух аналоговых и 17 цифровых станций зарегистрировала 64 землетрясения с $Kd=4.7-8.3$ в 2016 г. и 42 землетрясения с $Kd=5.2-8.6$ в 2017 году. В 2016 и 2017 гг. уровень ежегодно выделяемой сейсмической энергии продолжал повышение, начавшееся в 2013 г., но все еще оставался ниже среднего за период 1983–2015 гг. По-прежнему природная сейсмическая активность наблюдалась в южной части территории, включая Солигорский горнопромышленный район. Происходящие здесь сейсмические события относятся к индуцированной сейсмичности и являются следствием как горнодобывающей деятельности, так и естественных деформационных процессов в регионе.

Географически *территория Восточная Балтика* (XIV в), площадью около 396 тыс. км², охватывает Эстонию, Латвию, Литву, Калининградскую область России и часть акватории Балтийского моря ($\varphi=53.9^{\circ}\text{N}-59.7^{\circ}\text{N}$; $\lambda=19.4^{\circ}\text{E}-29.5^{\circ}\text{E}$). Здесь расположено восемь сейсмических станций, которые участвуют в международной сети сейсмического мониторинга *GEOFON* с центром в GFZ Potsdam. Для локации сейсмических событий используются также ближайшие станции национальных сейсмических сетей Финляндии и Дании. Итого 11 сейсмических станций могут быть использованы в рамках так называемой Балтийской виртуальной сейсмической сети *BAVSEN (Baltic Virtual Seismic Network)*. В 2016 и 2017 гг. на территории *Восточной Балтики* виртуальная сейсмическая сеть *BAVSEN* зарегистрировала три тектонических землетрясения, эпицентры которых расположены в Эстонии на севере, северо-западе и в районе оз. Выртсъярв. Авторы [57] отмечают, что территория Эстонии и прилегающая акватория Балтийского моря по-прежнему являются наиболее сейсмоактивными частями Восточно-Балтийского региона, а сейсмичность носит унаследованный характер, т.е. в районах современных землетрясений уже происходили землетрясения доинструментального периода. Другой особенностью нескольких землетрясений данной территории является приуроченность их к метеоритным кратерам, которые чаще всего в Восточно-Балтийском регионе находятся именно в Эстонии и вблизи нее, в Балтийском море. Но основной объем сейсмической информации связан с техногенными взрывами в промышленных карьерах и в акватории Балтийского моря, которые не включены в каталог и в обзоре сейсмичности не рассматриваются.

Сейсмичность *Урало-Монгольского складчатого пояса*, представленная регионом «*Урал и Западная Сибирь*» (XV), в эпицентральной поле выражена слабо (рис. 2), поэтому на рис. 1

данный пояс не показан. В целом регион характеризуется слабой рассеянной сейсмичностью, с ее сосредоточением в районе складчатых сооружений Урала и его важнейшей тектонической структуры – Главного Уральского Разлома (ГУР) субмеридионального простирания.

В 2016–2017 гг. конфигурация региональной сети не претерпела значительных изменений по сравнению с таковой в 2015 г., за исключением того, что сейсмическая группа «Екимята» была закрыта, а центральная точка преобразована в региональную сейсмическую станцию «Екимята» [58]. Действующая сеть обеспечивала в рассматриваемый период времени уверенную регистрацию сейсмических событий на большей части Пермского края с $ML \geq 2.0$, в Свердловской области – с $ML \geq 2.4$, в республике Башкортостан – с $ML \geq 2.6$, в Челябинской и Оренбургской областях – с $ML \geq 2.8$, в Тюменской и Курганской областях – с $ML \geq 3.2$, а на остальной территории – с $ML \geq 3.6$. В общей сложности сейсмическими станциями региона за 2016–2017 гг. было зарегистрировано 633 сейсмических события, для которых определены все необходимые параметры. Большинство из них (534) приходится на долю массовых и технологических взрывов, проводимых на горнодобывающих предприятиях Пермского края, Свердловской, Челябинской областей и Республики Башкортостан. Остальные 99 сейсмических событий разделены на три основных типа: тектоническое землетрясение, возможно землетрясение и горно-тектонический удар. На долю природных землетрясений приходится только 4 % от всех зарегистрированных событий, однако, несмотря на то, что в количественном отношении взрывы преобладают, их доля в суммарной выделенной сейсмической энергии в 2016–2017 гг. составила порядка 50 %.

Мониторинг землетрясений региона *Арктика (XV)* проводился Кольским филиалом ФИЦ ЕГС РАН и ФИЦ Комплексного исследования Арктики им. Н.П. Лавёрова УрО РАН. В сводный каталог землетрясений за 2016–2017 гг., составленный по результатам мониторинга с привлечением данных Сейсмологического бюллетеня ФИЦ ЕГС РАН [3] и бюллетеня ISC [4], включено 875 землетрясений, большая часть из которых приурочена к срединно-океаническим хребтам Мона, Книповича и Гаккеля [39]. В пределах хребтов произошли все сильные землетрясения за рассматриваемый период, включая два сильнейших, 28 октября 2017 г. в $16^{\text{h}}13^{\text{m}}$ и $19^{\text{h}}11^{\text{m}}$ с $MPSP=5.7$. На шельфовых территориях большая часть землетрясений была приурочена к архипелагу Шпицберген, в частности, к сейсмоактивной зоне в проливе Стур-фьорд. В пределах шельфовых территорий отмечается сейсмичность в зоне перехода «континент-океан» Баренцево-Карского региона, причем большинство землетрясений приурочено к устьевым частям желобов. Особенностью сейсмичности рассматриваемого периода является регистрация малого числа сильных землетрясений в 2016 г. и, наоборот, большого числа таковых в 2017 г., что отразилось на значениях суммарной выделенной сейсмической энергии за эти годы (табл. 1).

Заключение. По количеству землетрясений и выделенной сейсмической энергии сейсмический процесс в большинстве регионов Северной Евразии в 2016–2017 гг. протекал в «фоновом» режиме. В целом на рассматриваемой территории в 2016 г. отмечается падение выделенной сейсмической энергии ΣE относительно ее долговременного среднего значения, наблюдавшегося в 2015 г., и небольшой рост ΣE в 2017 г., не приведший, однако, к достижению средних значений. Также отмечается некоторое падение скорости сейсмодинамических процессов на рассматриваемой территории в 2016–2017 гг.

Самым высокомагнитудным за рассматриваемый период явилось Ближне-Алеутское землетрясение 17 июля 2017 г. в $23^{\text{h}}34^{\text{m}}$ с $ML=7.3$, $M_w=7.8$, которое стало одним из сильнейших инструментально зарегистрированных событий в западной части Алеутской дуги.

Максимальными по ошутимости оказались два землетрясения: Акетаоское 25 ноября 2016 г. в $14^{\text{h}}24^{\text{m}}$ с $M_w=6.6$ на территории Китая, вблизи его границ с Таджикистаном и Кыргызстаном, и Карамыкское 3 мая 2017 г. с $M_w=6.0$, также на таджикско-кыргызской границе. Оба ощущались в ближайших населенных пунктах с интенсивностью до 7 баллов.

Сейсмическую активность платформенных территорий подтверждает Мариупольское землетрясение 7 августа 2016 г. с $M_w=4.6$, ощущавшееся в г. Мариуполе с интенсивностью 5 баллов.

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

Электронное приложение App00_Eurasia_2016–2017 (<http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>): 1 – Список всех сейсмических станций Северной Евразии за 2016–2017 гг.; 2 – Сводный каталог землетрясений Северной Евразии за 2016 г.; 3 – Сводный каталог землетрясений Северной Евразии за 2017 г.; 4 – Список всех ошутимых землетрясений Северной Евразии за 2016–2017 гг.; 5 – Список населенных пунктов, из которых получены сообщения об ошутимых землетрясениях Северной Евразии за 2016–2017 гг.

Л и т е р а т у р а

1. Шерман С.И. Сейсмический процесс и прогноз землетрясений: тектонофизическая концепция. – Общество с ограниченной ответственностью Академическое издательство Гео, 2014.
2. 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: 10.35540/1818-6254.2021.24.01
3. Сейсмологический бюллетень (сеть телесеизмических станций), 2016–2017. (2022) // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: http://www.gstras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2016
4. International Seismological Centre. (2022). On-line Bulletin. <https://doi.org/10.31905/D808B830>
5. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений. // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
6. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Горячун А.В. Землетрясения Крымско-Черноморского региона. – Киев: Наукова думка, 1989. – 192 с.
7. Соловьев С.Л., Соловьева О.Н. Соотношение между энергетическим классом и магнитудой Курильских землетрясений // Физика Земли. – 1967. – № 2. – С. 13–23.
8. Федотов С.А. Энергетическая классификация K_S Курило-Камчатских землетрясений и проблема магнитуд. – М.: Наука, 1972. – 117 с.
9. Petrova N.V., Gabsatarova I.P. Depth corrections to surface-wave magnitudes for intermediate and deep earthquakes in the regions of North Eurasia // Journal of Seismology. – 2020. – V. 24, N 1. – P. 203–219. <https://doi.org/10.1007/s10950-019-09900-8>
10. Storchak D.A., Di Giacomo D., Bondár I., Engdahl E.R., Harris J., Lee W.H.K., Villaseñor A., Bormann P. Public Release of the ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue (1900–2009) // Seismological Research Letters. – 2013. – V. 84, N 5. – P. 810–815.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. Соловьёва О.Н., Соловьёв С.Л. Новые данные о динамике сейсмических волн неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений // Проблемы цунами. – М.: Наука, 1968. – С. 75–97.
15. 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>
16. Гусев А.А., Мельникова В.Н. Связи между магнитудами – среднемировые и для Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 1990. – № 6. – С. 55–63.
17. Петрова Н.В., Курова А.Д. О сходимости оценок локальных магнитуд землетрясений в регионах Северной Евразии // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Тезисы XVI Международной сейсмологической школы / Отв. ред. А.А. Маловичко. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2022. – С. 70. – EDN: BGXMEY
18. Ekström G., Dziewonski A.M. Evidence of bias in estimations of earthquake size // Nature. – 1988. – V. 332, N 6162. – P. 319–323.
19. Фокина Т.А., Сафонов Д.А., Костылев Д.В. Сейсмичность Приамурья и Приморья, Сахалина и Курило-Охотского региона в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 146–163. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.13. EDN: UCRNZJ
20. 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: 10.35540/1818-6254.2022.25.09. EDN: SOANCB
21. Чебров Д.В., Салтыков В.А., Дрознина С.Я., Ромашева Е.И., Митюшкина С.В., Абубакиров И.Р., Павлов В.М., Раевская А.А., Матвеев Е.А. Сейсмичность Камчатки и Командорских островов в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 164–175. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.14. EDN: VBTEYB

22. Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Филиппова А.И., Радзиминович Я.Б. Сильные землетрясения Северного Прибайкалья в 2016–2017 гг. ($M_w=5.0$ и $M_w=4.8$) // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2022. – Т. 49, № 2. – С. 56–73. doi: 10.21455/VIS2022.2-3
23. Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Филиппова А.И., Радзиминович Я.Б., Кобелева Е.А. Сейсмичность Прибайкалья и Забайкалья в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 129–138. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.12
24. Пустовитенко Б.Г., Свидлова В.А., Бондарь М.Н. Сейсмичность Крымско-черноморского региона в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 46–55. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.03. EDN: PNZYRD
25. Асманов О.А., Магомедов Х.Д., Адилов З.А., Асекова З.О. Ощутимые землетрясения Дагестана в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 261–276. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.24. EDN: GILHQD
26. Абдрахматов К.Е., Фролова А.Г., Берёзина А.В., Шукурова Р., Першина Е.В., Кучкаров К.И. Сейсмичность Кыргызстана и Узбекистана в 2016 и 2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 97–107. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.08. EDN: SLKVWM
27. Джураев Р.У. Газорчашминское землетрясение 1 июля 2016 г. с $K_p=12.5$, $M_w=5.0$, $I_0=6-7$ (Таджикистан) // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 277–284. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.25. EDN: GOMUII
28. Саргсян Г.В., Абгарян Г.Р., Геворгян А.А., Хачкалян К.Л. Сейсмичность Армении и прилегающих территорий в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 66–73. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.05. EDN: PRTXLW
29. Етирмишли Г.Д., Абдуллаева Р.Р., Исмаилова С.С., Казымова С.Э. Сейсмичность Азербайджана и прилегающих территорий в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 66–73. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.04. EDN: PRKEPU
30. Габсатарова И.П. Мариупольское землетрясение 7 августа 2016 г. с $M_w=4.6$, $I_0=5$ баллов на северо-западном побережье Азовского моря // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 285–293. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.26. EDN: HYMBLK
31. Семёнова Е.П., Сафонов Д.А. Онорское землетрясение 14 августа 2016 г. с $M_w=5.8$ (о. Сахалин) // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 294–303. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.27. EDN: ITXNSF
32. Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. Ощутимые в Молдове землетрясения в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 304–314. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.28. EDN: JMTAUS
33. Сарыева Г.Ч., Петрова Н.В., Безменова Л.В. Сейсмичность Копетдагского региона в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 87–96. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.07. EDN: QYHBBK
34. 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 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 74–86. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.06. EDN: QPXOME
35. Михайлова Н.Н., Соколова И.Н., Бектурганова Б.Б., Полешко Н.Н. Сейсмичность Казахстана и прилегающих территорий в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 118–128. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.10. EDN: SPLMWU
36. Петрова Н.В., Сарыева Г.Ч., Безменова Л.В., Курова А.Д. Сильные землетрясения Туркмено-Хорасанских гор в 2017 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 315–326. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.29. EDN: JPXWLN
37. Джураев Р.У. Карамыкское землетрясение 3 мая 2017 г. с $M_w=6.0$, $I_0=7$ (Таджикистан) // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 338–347. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.31. EDN: MJVFEN
38. Абгарян Г.Р., Саргсян Г.В., Петрова Н.В. Ощутимое землетрясение 4 июля 2017 г. с $ML=3.7$, $I_0=5-6$ баллов на северо-западе очаговой зоны Спитакского землетрясения 1988 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 354–360. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.33. EDN: MQTRVZ
39. 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 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 235–241. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.21. EDN: DLWBKZ

40. Вербицкий С.Т., Пронишин Р.С., Прокопишин В.И., Стецкив А.Т., Чуба М.В., Нищименко И.М., Келеман И.Н., Герасименюк Г.А., Степаненко Н.Я. Сейсмичность Карпат в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 35–45. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.02. EDN: PJAWUM
41. Пронишин Р.С. Углянское-IV землетрясение 6 июня 2017 г. с $K_R=9.8$, $ML=2.7$, $I_0=5$ (Украина, Закарпатье) // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 348–353. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.32. EDN: MJWMPG
42. Маловичко А.А., Петрова Н.В., Габсатарова И.П., Старовойт О.Е., Рогожин Е.А., Михайлова Р.С., Левина В.И., Морозов А.Н. Сейсмичность Северной Евразии в 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 10–26. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.01
43. 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
44. 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 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 196–205. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.17. EDN: APIGYQ
45. Шебалин Н.В. Опорные землетрясения и уравнения макросейсмического поля // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 20–30.
46. 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: 10.35540/1818-6254.2021.24.09
47. 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: 10.35540/1818-6254.2021.24.31
48. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Шевкунова Е.В., Подкорытова В.Г. Сейсмичность Алтае-Саянского региона в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 129–136. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.11. EDN: SYTVMB
49. Гилёва Н.А., Мельникова В.И., Филиппова А.И., Радзиминович Я.Б., Кобелева Е.А. Муяканская последовательность землетрясений в 2015 г. (Северное Прибайкалье) // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 245–257. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.24
50. Салтыков В.А. Статистическая оценка уровня сейсмичности: методика и результаты применения на примере Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 2011. – № 2. – С. 53–59.
51. Семёнова Е.П., Сафонов Д.А. Крильонское землетрясение 23 апреля 2017 г. с $M_w=5.1$, $I_0^P=5$ баллов (о. Сахалин) // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 327–337. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.30. EDN: KWLVT
52. Чебров В.Н., Кугаенко Ю.А., Абубакиров И.Р., Дрозина С.Я., Иванова Е.И., Матвеев Е.А., Митюшкина С.В., Ототюк Д.А., Павлов В.М., Раевская А.А., Салтыков В.А., Сенюков С.Л., Серафимова Ю.К., Скоркина А.А., Титков Н.Н., Чебров Д.В. Жупановское землетрясение 30.01.2016 г. с $K_S=15.7$, $M_w=7.2$, $I=6$ (Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2016. – Т. 29, № 1. – С. 5–16.
53. Чебров Д.В., Кугаенко Ю.А., Ландер А.В., Абубакиров И.Р., Гусев А.А., Дрозина С.Я., Митюшкина С.В., Ототюк Д.А., Павлов В.М., Титков Н.Н. Ближне-Алеутское землетрясение 17.07.2017 г. с $M_w=7.8$. I. Протяженный разрыв вдоль Командорского блока Алеутской островной дуги по данным наблюдений на Камчатке // Физика Земли. – 2019. – № 4. – С. 48–71.
54. Алёшина Е.И. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Северо-Востока России в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
55. Шибаев С.В., Geissler W., Козьмин Б.М., Туктаров Р.М., Макаров А.А. Сейсмичность Якутии в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 187–195. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.16. EDN: XTGLLR
56. Аронова Т.И., Аронов Г.А., Протасовицкая Т.А., Аронов А.Г. Сейсмичность на территории Беларуси в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 206–212. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.18. EDN: VTXEAR

57. Никулин В.Г. Сейсмичность Восточно-Балтийского региона в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 213–221. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.19. EDN: ВУЖТКС
58. Верховланцев Ф.Г., Голубева И.В., Дягилев Р.А., Злобина Т.В. Сейсмичность Урала и Западной Сибири в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 222–234. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.20. EDN: CFBNRE

SEISMICITY of NORTHERN EURASIA in 2016–2017

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@gstras.ru

Abstract. The review of the seismicity of Northern Eurasia in 2016–2017 contains a description of seismic networks, features of the seismic regime and individual significant earthquakes in 16 regions of Russia and neighboring countries. Seismic monitoring of this territory was carried out by networks of seismic stations in Russia, Azerbaijan, Armenia, Belarus, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Moldova, Turkmenistan, Tajikistan, Uzbekistan and Ukraine. In most regions, the seismic process proceeded in the "background" mode. In Northern Eurasia as a whole, a decrease in the seismic energy released in 2016 was noted relative to its long-term average value, which was also observed in 2015. The increase in the released energy in 2017 did not lead to reaching the level of 2015. The Near Aleutian earthquake on July 17, 2017 with $M_w=7.8$ was the maximum for the period under consideration. It was one of the strongest instrumentally recorded events in the western part of the Aleutian arc. The maximum shaking intensity in the territory of Northern Eurasia ($I=7$) was caused by two earthquakes – the Aketao earthquake on November 25, 2016 with $M_w=6.6$, localized in China, near its borders with Tajikistan and Kyrgyzstan, and the Karamyk earthquake on May 3, 2017 with $M_w=6.0$, Tajikistan. Seismic activity of platform territories is confirmed by the Mariupol earthquake on August 7, 2016 with $M_w=4.6$ and intensity $I=5$ in Mariupol.

Keywords: Northern Eurasia, seismic belt, tectonic earthquake, volcanic earthquake, felt earthquake, focal mechanism, released seismic energy.

DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.01 **EDN:** PFTCUQ

For citation: 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: 10.35540/1818-6254.2022.25.01. EDN: PFTCUQ

R e f e r e n c e s

1. Sherman, S.I. (2014). Seismic Process and the Forecast of Earthquakes: Tectonophysical Conception. Novosibirsk, Russia: Academic Publishing House «Geo» Publ., 359 p. (In Russ.).
2. Malovichko, A.A., Petrova, N.V., Gabsatarova, I.P., Mikhailova, R.S., Levina, V.I., Starovoi, 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: 10.35540/1818-6254.2021.24.01
3. GS RAS, Bulletin of Teleseismic Stations, 2016–2017. (2022). Retrieved from http://www.gstras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2016
4. International Seismological Centre. (2022). On-line Bulletin. Retrieved from <https://doi.org/10.31905/D808B830>
5. Rautian, T.G. (1960). [Energy of earthquakes]. In *Metody detal'nogo izucheniya seismichnosti (Trudy IFZ AN SSSR, № 9(176))* [Methods of Detail Study of Seismicity] (pp. 75–114). Moscow, Russia: Inst. Fiz. Zemli Akad. Nauk SSSR Publ. (In Russ.).
6. 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.).
7. Solov'yov, S.L., & Solov'yova, O.N. (1967). [Relationship between the energy class and the magnitude of the Kuril earthquakes]. *Fizika Zemli* [Izvestiya. Physics of the Solid Earth], 2, 13–23. (In Russ.).
8. Fedotov, S.A. (1972). *Energeticheskaya klassifikatsiya K_s Kurilo-Kamchatskikh zemletriasenii i problema magnitud* [K_s energy classification of Kuril-Kamchatka earthquakes and the problem of magnitudes]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 117 p. (In Russ.).
9. Petrova, N.V., & Gabsatarova, I.P. (2020). Depth corrections to surface-wave magnitudes for intermediate and deep earthquakes in the regions of North Eurasia. *Journal of Seismology*, 24(1), 203–219. <https://doi.org/10.1007/s10950-019-09900-8>

10. Storchak, D.A., Di Giacomo, D., Bondár, I., Engdahl, E.R., Harris, J., Lee, W.H.K., Villaseñor, A., & Bormann, P. (2013). Public Release of the ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue (1900–2009). *Seismological Research Letters*, 84(5), 810–815.
11. 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.).
12. 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.).
13. 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.).
14. 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.).
15. 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>
16. Gusev, A.A., & Mel'nikova, V.N. (1990). Relationships between magnitudes: average–world and for Kamchatka. *Volcanology and seismology*, 6, 55–63.
17. Petrova, N.V., & Kurova, A.D. (2022). [On the conformity of local magnitude estimates for earthquakes in the regions of Northern Eurasia]. In *Sovremennye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannyh. Tezisy XVI Mezhdunarodnoj seismologicheskoy 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
18. Ekström, G., & Dziewonski, A.M. (1988). Evidence of bias in estimations of earthquake size. *Nature*, 332(6162), 319–323.
19. Fokina, T.A., Safonov, D.A., & Kostylev, D.V. (2022). [Seismicity of the Amur and Primorye, Sakhalin and the Kuril-Okhotsk region in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 146–163. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.13. EDN: UCRNZJ
20. 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: 10.35540/1818-6254.2022.25.09. EDN: SOANCB
21. Chebrov, D.V., Saltikov, V.A., Droznina, S.Ya., Romasheva, E.I., Mityushkina, S.V., Abubakirov, I.R., Pavlov, V.M., Raevskaya, A.A., & Matveenko, E.A. (2022). [Seismicity of Kamchatka and Commander Islands in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 164–175. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.14. EDN: VBTEYB
22. Melnikova, V.I., Gileva, N.A., Filippova, A.I., Radziminovich, Ya.B. (2022). [Strong earthquakes in the Northern Baikal region in 2016–2017 ($M_w=5.0$ and $M_w=4.8$)]. *Voprosy Inzhenernoi Seismologii* [Problems of Engineering Seismology], 49(2), 56–73. (In Russ.). doi: 10.21455/VIS2022.2-3
23. Melnikova, V.I., Gileva, N.A., Filippova, A.I., Radziminovich, Ya.B., & Kobeleva, E.A. (2021). [Seismicity of Baikal and Transbaikalia in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 129–138. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.12
24. Pustovitenko, B.G., Svidlova, V.A., & Bondar, M.N. (2022). [Seismicity of Crimean-Black Sea region in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 46–55. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.03. EDN: PNZYRD
25. Asmanov, O.A., Magomedov, Kh.Dzh., Adilov, Z.A., & Asekova, Z.O. (2022). [Dagestan earthquakes felt in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 261–276. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.24. EDN: GILHQD
26. Abdrakhmatov, K.E., Frolova, A.G., Berezina, A.V., Shukurova, R., Pershina, E.V., & Kuchkarov, K.I. (2022). [Seismicity of Kyrgyzstan and Uzbekistan in 2016 and 2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 97–107. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.08. EDN: SLKVWM
27. Juraev, R.U. (2022). [Gazorchashma earthquake on July 1, 2016 with $K_R=12.5$, $M_w=5.0$, $I_0=6-7$ (Tajikistan)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25 (2016–2017), 277–284. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.25. EDN: GOMUII

28. Sargsyan, G.V., Abgaryan, G.R., Gevorgyan, A.A., Khachkalyan, K.L., & Mikhailova, R.S. (2022). [Seismicity of Armenia and adjacent territories in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 66–73. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.05. EDN: PRTXLW
29. Etirmishli, G.D., Abdullaeva, R.R., Ismailova, S.S., & Kazimova, S.E. (2022). [Seismicity of Azerbaijan and adjacent territories in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 66–73. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.04. EDN: PRKEPU
30. Gabsatarova, I.P. (2022). [Mariupol earthquake on August 7, 2016 with $M_w=4.6$, $I_0=5$ on the northwestern coast of the Sea of Azov]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes of Northern Eurasia], 25(2016–2017), 285–293. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.26. EDN: HYMBLK
31. Safonov, D.A., & Semenova, E.P. (2022). [Onor earthquake on August 14, 2016, $M_w=5.8$ (Sakhalin island)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 294–303. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.27. EDN: ITXNSF
32. Stepanenco, N.Ya., & Cardanets, V.Yu. (2022). [Earthquakes of 2016–2017 felt in Moldova (Romania–Moldova)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 304–314. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.28. EDN: JMTAUS
33. Saryeva, G.Ch., Petrova, N.V., & Bezmenova, L.V. (2022). [Seismicity of the Kopetdag region in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 87–96. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.07. EDN: QYHBBK
34. Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., Ivanova L.E., Sayapina A.A., Bagaeva, S.S., Adilov, Z.M., & Asmanov, O.A. (2022). [Seismicity of the Northern Caucasus in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 74–86. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.06. EDN: QPXOME
35. Mikhailova, N.N., Sokolova, I.N., Bekturganova, B.B., & Poleshko, N.N. (2022). [Seismicity of Kazakhstan and adjacent territories in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 118–128. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.10. EDN: SPLMWU
36. Petrova, N.V., Saryeva, G.Ch., Bezmenova, L.V., & Kurova, A.D. (2022). [Strong and felt earthquakes of the Turkmen-Khorasan mountains in 2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 315–326. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.29. EDN: JPXWLN
37. Juraev, R.U. (2022). [Karamyk earthquake of May 3, 2017 with $K_R=14.2$, $M_S=6.0$, $I_0=7$ (Tajikistan)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 338–347. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.31. EDN: MJVFEH
38. Abgaryan, G.R., Sargsyan, H.V., & Petrova, N.V. (2022). [Felt earthquake of July 4, 2017 with $ML=3.7$, $I_0=5–6$ to Northwest of the 1988 Spitak earthquake source zone // *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 354–360. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.33. EDN: MQTRVZ
39. Morozov, A.N., Antonovskaya, G.N., Asming, V.E., Baranov, S.V., Vaganova, N.V., Vinogradov, Yu.A., Konechnaia, Ya.V., Fedorov, A.V., & Fedorov, I.S. (2022). [Seismicity of the Arctic in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 235–241. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.21. EDN: DLWBKZ
40. Verbitsky, S.T., Pronishin, R.S., Prokopishin, V.I., Stetskiv, A.T., Chuba, M.V., Nishchimenko, I.M., Keleman, I.N., Gerasimenyuk, G.A., & Stepanenko, N.Ya. (2022). [Seismicity of the Carpathians in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 35–45. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.02. EDN: PJAWUM
41. Pronishin, R.S. (2022). Uglya-IV earthquake on June 6, 2017 with $K_R=9.8$, $ML=2.7$, $I_0=5$ (Ukraine, Transcarpathia). *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25 (2016–2017), 348–353. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.32. EDN: MJWMPG
42. Malovichko, A.A., Petrova, N.V., Gabsatarova, I.P., Starovoit, O.E., Rogozhin, E.A., Mikhailova, R.S., Levina, V.I., & Morozov, A.N. (2020). [Seismicity of Northern Eurasia in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 10–26. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.01
43. 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.
44. 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. (2022). [Seismicity of the Russian part of East European platform and adjacent territories in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 196–205. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.17. EDN: APIGYQ

45. Shebalin, N.V. (1977). [Reference earthquakes and macroseismic field equations]. In *Novyi katalog sil'nykh zemletriasenii na territorii SSSR s drevneishikh vremen do 1975 g.* [A new catalog of strong earthquakes in the USSR from ancient times to 1975] (pp. 20–30). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
46. 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: 10.35540/1818-6254.2021.24.09
47. Mikhailova, R.S., Ulubieva, T.R., & Petrova, N.V. (2021). [The Hindu Kush earthquake on October 26, 2015 with $M_w=7.5$, $I_0\sim 7$: Preliminary seismicity and aftershock sequence]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 324–339. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.31
48. Emanov, A.F., Emanov, A.A., Fateev, A.V., Shevkunova, E.V., & Podkorytova, V.G. (2022). [Seismicity of the Altai and Sayan region in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 129–136. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.11. EDN: SYTVMB
49. Gileva, N.A., Melnikova, V.I., Filippova, A.I., Radziminovich, Ya.B., & Kobeleva, E.A. (2021). [Muyakan earthquake sequence in 2015 (Northern Baikal Region)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 245–257. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.24
50. 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. doi: 10.1134/S0742046311020060
51. Semenova, E.P., & Safonov, D.A. (2022). [Krillon earthquake on April 23, 2017 with $M_w=5.1$, $I_0=5$ (Sakhalin Island)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 327–337. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.30. EDN: KWLVT
52. Chebrov, V.N., Kugaenko, Yu.A., Abubakirov, I.R., Droznina, S.Ya., Ivanova, E.I., Matveenko, E.A., Mityushkina, S.V., Ototyuk, D.A., Pavlov, V.M., Raevskaya, A.A., Saltykov, V.A., Senyukov, S.L., Serafimova, Yu.K., Skorkina, A.A., Titkov, N.N., & Chebrov, D.V. (2016). [Zhupanov earthquake of 30.01.2016 with $K_S=15.7$, $M_w=7.2$, $I=6$ (Kamchatka)]. *Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle* [Bulletin of KRAESC. Earth sciences], 1(29), 5–16. (In Russ.).
53. Chebrov, D.V., Kugaenko, Yu.A., Lander, A.V., Abubakirov, I.R., Gusev, A.A., Droznina, S.Ya., Mityushkina, S.V., Ototyuk, D.A., Pavlov, V.M., & Titkov, N.N. (2019). Near Aleutian earthquake of July 17, 2017 with $M_w=7.8$. I. An extended rupture along the Commander block of the Aleutian island arc according to observations in Kamchatka. *Physics of the Earth*, 4, 48–71. (In Russ.).
54. Alyeshina, E.I. (2022). [Macroseismic effect of significant earthquakes in settlements of the North-East of Russia in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsr.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
55. Shibaev, S.V., Geissler, W., Koz'min, B.M., Tuktarov, R.M., & Makarov, A.A. (2022). [Seismicity of Yakutia in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 187–195. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.16. EDN: XTGLLR
56. Aronova, T.I., Aronov, G.A., Protasovitskaya, T.A., & Aronov, A.G. (2022). [Seismicity of the territory of Belarus in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 206–212. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.18. EDN: BTXEAR
57. Nikulin V.G. (2022). [Seismicity of the Eastern Baltic in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 213–221. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.19. EDN: BYJTKS
58. Verkholantsev, F.G., Golubeva, I.V., Dyagilev, R.A., & Zlobina, T.V. (2022). [Seismicity of the Urals and Western Siberia in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 222–234. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.20. EDN: CFBNRE