

УДК 550.348. (100)

## Сильные землетрясения земного шара во II полугодии 2023 г. по данным ССД ФИЦ ЕГС РАН

© 2024 г. Ю.А. Виноградов, М.И. Рыжикова, Н.В. Петрова, С.Г. Пойгина,  
М.В. Коломиец

ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия

Поступила в редакцию 31.01.2024 г.

**Аннотация.** Представлена информация о сейсмичности Земли на уровне  $m_b \geq 6.0$  во II полугодии 2023 г., а также о 65 ощущавшихся на территории Российской Федерации землетрясениях по данным Службы срочных донесений ФИЦ ЕГС РАН. Для 20 наиболее сильных событий в течение одного-двух дней после их реализации были опубликованы Информационные сообщения, рассчитаны и приведены параметры механизмов очагов. За рассматриваемый период сильнейшее землетрясение на земном шаре с  $MS^p=7.6$  ( $Mw=7.6$ ) произошло 2 декабря на восточном побережье острова Минданао, Филиппины. Самые большие человеческие жертвы и материальный ущерб принесло катастрофическое землетрясение с  $MS=6.9$  ( $Mw=6.9$ ), произошедшее 8 сентября в Марокко. В результате этого землетрясения 2946 человек погибли, ещё 5530 человек были ранены. На территории России самым сильным стало землетрясение 28 декабря с  $MS=6.5$  ( $Mw=6.5$ ) в Тихом океане к востоку от Курильских островов. С наибольшей интенсивностью сотрясений (6 баллов) в населённых пунктах России ощущалось землетрясение 27 ноября с  $m_b=4.7$ , произошедшее на территории Новосибирской области. Выделенная на земном шаре во II полугодии 2023 г. сейсмическая энергия ( $\Sigma E_{0.5}=7.47 \cdot 10^{16}$  Дж) понизилась по сравнению с таковой в I полугодии и оставалась ниже среднего полугодичного значения за период 2010–2023 гг. ( $\overline{\Sigma E_{0.5}}=2.24 \cdot 10^{17}$  Дж).

**Ключевые слова:** Служба срочных донесений, сейсмические станции, сильные землетрясения, магнитуда, сейсмическая энергия, механизм очага, макросейсмический эффект.

**Для цитирования:** Виноградов Ю.А., Рыжикова М.И., Петрова Н.В., Пойгина С.Г., Коломиец М.В. Сильные землетрясения земного шара во II полугодии 2023 г. по данным ССД ФИЦ ЕГС РАН // Российский сейсмологический журнал. – 2024. – Т. 6, № 1. – С. 7–28. – DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2024.1.01>. – EDN: DQQNZV.

### Введение

Служба срочных донесений (далее – ССД) Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН» (далее – ФИЦ ЕГС РАН), функционирующая в г. Обнинске с 1972 г. [Старовойт, 2017], обеспечивает органы государственной власти РФ и другие заинтересованные учреждения срочной информацией о параметрах произошедших землетрясений (время возникновения, координаты эпицентра, глубина очага, ощутимость в баллах, разрушительные последствия) для принятия, в случае необходимости, экстренных мер по оказанию помощи пострадавшим районам, спасению жизни людей, ликвидации последствий стихийного бедствия, а также организации работ по изучению сильных землетрясений.

Данные о сильных землетрясениях Земли обрабатываются в ССД в два этапа. На первом этапе проводится автоматическая обработка сейсмологических данных, поступающих в ССД в режиме, близком к реальному времени, с автоматической рассылкой информации в МЧС и другие заинтересованные организации в течение 15 мин с момента возникновения землетрясения [Акимов, 2009; Красилов и др., 2012]. На втором этапе, в течение часа с момента возникновения события, оператором производится уточнённая обработка, результаты которой сохраняются в базе данных (БД) ССД [Красилов, Коломиец, Пойгина, 2020; Информационные ресурсы ..., 2024] и размещаются на официальном сайте организации [Информация Службы ..., 2024]. Источниками информации являлись доступные в оперативном режиме цифровые данные

сейсмических станций России и мира. Для землетрясений земного шара магнитудный порог обрабатываемых событий составлял  $m_b \geq 5.5$ . Представительный магнитудный уровень обрабатываемых ССД землетрясений для регионов России варьировал в пределах  $m_b \geq 3.5-4.5$ . О самых сильных и разрушительных сейсмических событиях России и мира на официальном сайте ФИЦ ЕГС РАН в течение одного-двух дней со времени их возникновения публиковались Информационные сообщения [Информация Службы ..., 2024]. Параметры землетрясений по данным ССД оперативно передавались в международные сейсмологические центры и публиковались в их бюллетенях, где идентифицировались следующими кодами: GSRAS в CSEM [CSEM ..., 2024], GSRC в SED (SSS) [Swiss ..., 2024], MOS в ISC [International ..., 2024].

В настоящей работе анализируются данные ССД о сильных землетрясениях Земли с магнитудами  $m_b \geq 6.0$  за II полугодие 2023 г., а также сведения обо всех землетрясениях, ощущавшихся на территории России, с более низкого магнитудного уровня. Оценка выделившейся за полгода сейсмической энергии даётся в сравнении с аналогичными параметрами за период с 01.01.2010 г. по 31.12.2022 года.

### Методика обработки и расчёта параметров землетрясений

Исходная информация о сейсмичности получена из базы данных «Землетрясения» [Красилов, Коломиец, Пойгина, 2020; Информационные ресурсы ..., 2024], доступной в локальной сети Центрального отделения (ЦО) ФИЦ ЕГС РАН. Методика определения энергетических характеристик в ССД подробно описана в [Виноградов и др., 2020].

Построение карты эпицентров землетрясений и расчёт суммарной сейсмической энергии требуют пересчёта магнитуд всех событий в однородную магнитуду  $MS^P$ . Методика пересчёта не изменилась и подробно описана в работах [Виноградов и др., 2020; 2021a; 2021b; 2022a; 2022b; 2023a; 2023b].

Для 23 коровых землетрясений с  $h \leq 40$  км принималось, что  $MS^P = MS$ . Для 12 более глубоких землетрясений в инструментальную магнитуду  $MS$  вносилась поправка за глубину из статьи [Petrova, Gabsatarova, 2020]:

$$MS^P = MS + f(h) = MS + 1.71 \cdot \lg h - 2.726 \quad (40 < h \leq 90 \text{ км}), (1)$$

$$MS^P = MS + f(h) = MS + 0.556 \cdot \lg h - 0.508 \quad (h > 90 \text{ км}). (2)$$

При отсутствии инструментально определённого значения  $MS$  для расчёта  $MS^P$  использовался пересчёт из  $m_b$ : для глубин гипоцентров  $0 < h < 390$  км — формула (3) [Виноградов и др., 2020] (37 событий), а при глубинах  $h \geq 390$  км — формула (4) из работы [Кондорская и др., 1993] (три события):

$$MS^P = 1.47 \cdot m_b - 2.91, \quad (3)$$

$$MS^P = 1.85 \cdot m_b - 4.9. \quad (4)$$

Значения  $MS^P$  сверялись с моментными магнитудами  $M_w$  по данным ССД [Информационные сообщения ..., 2024], а при их отсутствии — с  $M_w$  агентства GCMT [Global ..., 2024] (в тексте статьи информация о магнитуде  $M_w$  справочно приводится в круглых скобках). В случае больших различий ( $\geq 0.3$  ед.  $M$ ) между  $M_w$  и  $MS^P$ , рассчитанной из  $MS$ , для определения  $MS^P$  применялась та формула из (1)–(4), которая даёт наименьшие отклонения. По этому принципу для восьми землетрясений из табл. 1 с инструментально определённой магнитудой  $MS$  применена формула (3) пересчёта из  $m_b$ .

Для оценки величины сейсмической энергии использовалось соотношение Гутенберга-Рихтера [Gutenberg, Richter, 1956]:

$$\lg E (\text{эрг}) = 1.5 \cdot MS^P + 11.8. \quad (5)$$

Механизмы очагов, анализируемые в данной работе, получены по знакам первых вступлений продольных волн с использованием программы А.В. Ландера [Ландер, 2018].

### Характеристика исходных данных

В Службе срочных донесений во II полугодии 2023 г. использовались в основном те же входные потоки информации, что и в I полугодии 2023 г. [Виноградов и др., 2023b]:

– волновые формы со 113 цифровых телесейсмических станций (на рис. 1 изображены красными и жёлтыми треугольниками), поступавшие в режиме, близком к реальному времени (NRTS), с единого сервера волновых форм ЦО ФИЦ ЕГС РАН GS-SEIS на основе системы SeisComP [Бутырин, Красилов, 2021] для дальнейшей сводной обработки в программном комплексе WSG [Красилов и др., 2012; Красилов, Акимов и др., 2020; Акимов, Красилов, 2020];

– фрагменты волновых форм с 40 станций России, Грузии и Азербайджана, получаемые по запросу для конкретного землетрясения в БД WSG [Красилов, Акимов и др., 2020];

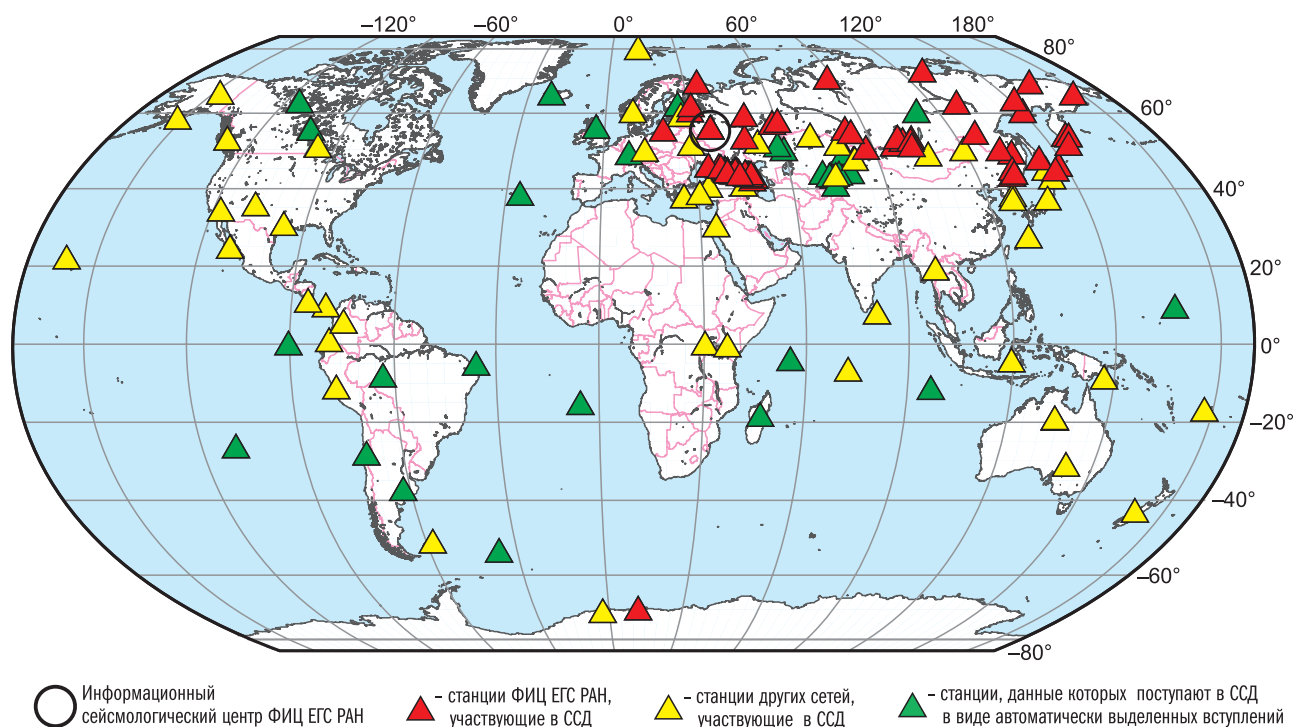


Рис. 1. Сейсмические станции мира, данные которых поступали в ССД во II полугодии 2023 г. в режиме, близком к реальному времени

– времена вступлений основных сейсмических волн, поступавшие в режиме NRTS через Интернет с 45 станций международных и региональных центров (на рис. 1 изображены зелёными треугольниками): IDC СТВТО [Comprehensive ..., 2024], KNDC [Казахстанский ..., 2024], сеть цифровых станций IDA II [Project IDA, 2024];

– сводки с 26 телесеизмических станций и 73 региональных станций России и СНГ.

Результаты сводной обработки вводились в БД «Землетрясения» Службы срочных донесений [Красилов, Коломиец, Пойгина, 2020] для дальнейшей публикации на страницах сайта ФИЦ ЕГС РАН [Информация Службы ..., 2024].

### Результаты сводной обработки данных ССД

Всего Службой срочных донесений во II полугодии 2023 г. определены основные параметры 2583 землетрясений с  $m_b=3.1-6.9$ , в том числе на территории России и вблизи её границ – 291 землетрясения с  $m_b=3.1-6.4$  [Информация Службы ..., 2024]. Как видно из рис. 1, подавляющее число сейсмических станций, данные

которых использовались в указанный период, размещено в северном полушарии – на территории России, сопредельных стран и Европы. За период с 1 июля по 31 декабря 2023 г. для локации землетрясений были использованы данные 72779 станционных вступлений, в том числе 4488 – по сильным землетрясениям с  $m_b \geq 6.0$ .

Число наиболее сильных землетрясений Земли с  $m_b$  или  $MS \geq 6.0$  во II полугодии 2023 г. составило  $N_S=85$ . Их список и параметры по данным [Информация Службы ..., 2024] приведены в табл. 1. Кроме того, в табл. 1 включены параметры двух ощутимых на территории России землетрясений в Каспийском море у побережья Азербайджана – 3 июля с  $m_b=5.9$  ( $M_w=5.6$ ) [Global ..., 2024] и 7 декабря с  $m_b=5.9$  ( $M_w=5.4$ ) [Информационное сообщение о сильном землетрясении в Каспийском море ..., 2024]), для которых были составлены Информационные сообщения.

Во II полугодии 2023 г. ССД зарегистрировала 65 землетрясений с  $m_b=3.5-6.4$ , ощущавшиеся на территории Российской Федерации. Сведения об этих событиях из [Информация Службы ..., 2024] приведены в табл. 2.

**Таблица 1.** Список сильных землетрясений Земли с  $m_b (MS) \geq 6.0$   
и двух ощутимых землетрясений в Каспийском море с  $m_b = 5.9$  во II полугодии 2023 г.

№	Дата, дд.мм	$t_0$ , чч:мм:сс	Гипоцентр			Магнитуды			Географический регион по [Young et al., 1996]
			$\varphi$ , °	$\lambda$ , °	$h$ , км	$m_b/n$	$MS/n$	$MS^p$	
1	02.07	10:27:43	-17.86	-174.98	230	6.4/33		6.5	Тонга
2*	03.07	20:01:51	41.83	49.42	60	5.9/21		5.8	Каспийское море
3	10.07	20:28:26	20.19	-61.20	10	6.3/24	6.4/18	6.4	Север Атлантического Океана
4	14.07	09:29:01	15.06	-93.93	33	6.4/21	6.3/28	6.3	Побережье Чьяпас, Мексика
5*	16.07	06:48:22	54.63	-160.87	25	6.8/57	7.4/44	7.4	Полуостров Аляска
6	17.07	03:05:09	-38.25	-70.57	170	6.6/7		6.8	Аргентина
7	19.07	00:22:07	12.86	-87.90	70	6.3/21	6.3/15	6.7	Побережье Никарагуа
8	26.07	12:44:35	-14.79	168.03	10	6.3/26	6.0/27	6.4	Вануату (Новые Гебриды)
9	28.07	19:23:46	10.54	93.44	80	6.4/45		6.5	Район Андаманских островов
10	03.08	19:33:51	54.83	-161.29	33	6.3/38		6.4	Полуостров Аляска
11	04.08	11:48:40	-0.20	125.02	50	6.0/48		5.9	Молуккское море
12	05.08	16:01:49	36.50	70.81	200	6.0/41		5.9	Гиндукуш
13	08.08	18:38:54	-15.34	-173.39	50	6.3/29	6.0/39	6.2	Тонга
14	09.08	09:20:30	13.39	144.08	460	6.1/39		6.4	Марианские острова
15	09.08	09:33:27	16.35	-93.49	110	6.1/20		6.1	Чьяпас, Мексика
16	11.08	00:14:34	41.28	142.93	45	6.2/33	6.0/32	6.1	Район Хоккайдо
17	16.08	12:47:42	-13.91	167.23	220	6.7/32		6.9	Вануату (Новые Гебриды)
18	28.08	19:55:32	-6.77	116.55	515	6.7/41		7.5	Море Бали
19*	01.09	20:49:55	50.77	156.24	140	6.4/30		6.5	Курильские острова
20	05.09	00:55:24	-23.98	175.47	10	6.1/29		6.1	Южнее Фиджи
21	05.09	15:03:17	-5.25	142.92	50	6.2/25		6.2	Новая Гвинея
22	06.09	23:48:04	-30.37	-71.47	40	6.7/8	6.3/28	6.3	Побережье Центрального Чили
23	08.09	09:09:58	-32.78	-179.37	90	6.5/23	6.0/36	6.6	Южнее островов Кермадек
24*	08.09	22:11:01	31.27	-8.48	10	6.6/51	6.9/51	6.9	Марокко
25	09.09	14:43:24	-0.02	119.8	10	6.2/42	5.7/37	6.2	Полуостров Минахасса (Целебес)
26	11.09	12:51:32	1.08	127.53	150	6.0/51	5.2/28	5.9	Джайлоло (Хальмахера)
27	12.09	11:03:19	19.22	121.31	40	6.4/40	6.2/36	6.2	Район Филиппинских островов
28	13.09	11:49:15	-36.35	-97.91	10	6.0/9	5.7/36	5.9	Западно-Чилийское поднятие
29	18.09	13:21:24	26.63	125.24	180	6.2/47		6.2	Северо-восточнее Тайваня
30	21.09	01:13:59	55.08	-160.46	50	6.0/38		5.9	Полуостров Аляска
31	21.09	21:11:50	-13.99	167.18	200	6.2/28		6.2	Вануату (Новые Гебриды)
32	22.09	14:59:18	-7.02	129.81	160	6.0/32		5.9	Море Банда
33	26.09	01:39:45	4.70	127.54	110	6.1/54		6.1	Острова Талауд
34	28.09	14:40:28	-15.53	167.64	140	6.1/24		6.1	Вануату (Новые Гебриды)
35	03.10	09:21:03	29.53	81.25	10	6.0/43	5.6/30	5.6	Непал
36	03.10	11:38:04	29.92	140.01	10	6.0/34	5.9/31	5.9	Южнее Хонсю
37	04.10	11:21:49	5.46	125.89	130	6.5/57		6.6	Минданао
38	05.10	01:59:58	29.88	139.94	10	5.9/37	6.0/33	6.0	Южнее Хонсю
39	06.10	01:31:17	30.14	140.02	10	6.0/29	5.9/36	5.9	Южнее Хонсю
40*	07.10	06:41:03	34.64	61.89	10	6.3/27	6.2/22	6.2	Северо-Западный Афганистан
41*	07.10	07:12:50	34.60	61.80	10	6.3/34	6.3/27	6.3	Северо-Западный Афганистан
42	07.10	08:34:27	-5.63	146.24	70	6.5/35	6.5/6	6.9	Район Восточной Новой Гвинеи
43	07.10	08:40:13	-5.51	146.18	70	6.7/34	6.6/33	7.0	Район Восточной Новой Гвинеи
44	07.10	13:10:44	-5.63	145.84	70	6.1/30		6.1	Район Восточной Новой Гвинеи

№	Дата, дд.мм	$t_0$ , чч.мм.сс	Гипоцентр			Магнитуды			Географический регион по [Young et al., 1996]
			$\varphi$ , °	$\lambda$ , °	$h$ , км	$m_b/n$	$MS/n$	$MS^p$	
45*	11.10	00:41:56	34.61	62.01	10	6.4/36	6.4/35	6.4	Северо-Западный Афганистан
46	11.10	20:04:59	-51.99	139.22	10	6.1/6	6.3/25	6.3	Западный Индийско-Антарктический хребет
47*	15.10	03:36:01	34.63	62.13	10	6.4/44	6.4/49	6.4	Северо-Западный Афганистан
48	16.10	11:35:30	52.46	-176.78	190	6.2/30		6.2	Андрейновские острова
49	19.10	18:58:52	7.41	126.40	10	6.0/39	5.7/32	5.7	Минданао
50	23.10	10:10:16	-30.03	-177.30	33	6.0/18		5.9	Острова Кермадек
51	29.10	04:32:08	-19.47	168.88	80	6.2/25		6.2	Вануату (Новые Гебриды)
52	31.10	11:10:55	-17.56	-178.87	550	6.6/25		7.3	Район Фиджи
53	31.10	12:33:43	-28.93	-71.78	33	6.7/7	6.6/38	6.6	Побережье Центрального Чили
54	01.11	21:04:47	-10.02	123.84	33	6.1/51	5.6/45	6.1	Тимор
55*	03.11	18:02:53	28.89	82.27	10	6.2/32	5.8/23	5.8	Непал
56*	08.11	04:52:52	-6.29	129.84	10	6.7/34		6.9	Море Банда
57*	08.11	04:53:51	-6.36	129.51	10	6.8/36	7.0/44	7.0	Море Банда
58*	08.11	13:02:06	-6.36	129.85	10	6.5/44	6.5/35	6.5	Море Банда
59*	10.11	10:10:04	45.98	150.94	110	6.0/49		5.9	Курильские острова
60	10.11	20:45:11	-6.27	130.16	10	6.1/25	5.7/25	6.1	Море Банда
61	14.11	07:00:58	-4.03	87.11	10	6.3/61	5.7/49	6.4	Юг Индийского океана
62*	17.11	08:14:12	5.66	125.01	65	6.7/50	6.4/39	6.8	Минданао
63	22.11	04:47:33	-14.88	167.96	20	6.6/22	6.3/43	6.8	Вануату (Новые Гебриды)
64*	24.11	09:05:02	20.16	145.56	10	6.6/45	7.0/38	7.0	Марианские острова
65	27.11	21:46:44	-3.52	144.15	10	6.4/35	6.5/36	6.5	Северное побережье Новой Гвинеи
66	02.12	07:55:41	-19.14	-69.29	110	6.2/3		6.2	Северное Чили
67*	02.12	14:37:06	8.34	126.19	60	6.9/26	7.3/24	7.6	Минданао
68	02.12	16:03:44	8.33	126.67	60	6.2/28		6.2	Минданао
69	02.12	17:40:17	8.25	126.59	60	6.2/31		6.2	Минданао
70	02.12	18:09:28	8.49	126.84	60	6.0/23		5.9	Минданао
71	02.12	20:52:23	8.30	126.67	60	6.1/34		6.1	Минданао
72	03.12	10:35:57	8.41	126.67	60	6.4/35	6.4/35	6.7	Минданао
73	03.12	19:49:39	8.86	126.59	50	6.5/33	6.7/31	6.9	Минданао
74*	07.12	04:15:44	41.48	49.70	70	5.9/19		5.8	Каспийское море
75	07.12	12:56:28	-20.68	169.38	33	6.8/30	6.8/42	6.8	Вануату (Новые Гебриды)
76	07.12	20:03:40	18.47	-98.39	60	6.2/19		6.2	Центральная Мексика
77	08.12	07:19:54	-20.48	169.64	40	6.2/29		6.2	Вануату (Новые Гебриды)
78	11.12	06:33:31	-18.74	-175.6	240	6.4/28		6.5	Тонга
79	12.12	04:00:18	-18.08	-175.29	280	6.1/27		6.1	Тонга
80	12.12	12:54:08	-20.21	-173.49	10	6.1/17	5.3/29	5.3	Тонга
81*	18.12	15:59:30	35.74	102.76	10	6.1/49	6.1/39	6.1	Провинция Цинхай
82	21.12	14:55:58	51.42	-175.25	33	6.0/28	6.0/41	6.0	Андрейновские острова
83	21.12	16:21:51	-21.83	-70.13	55	6.2/7		6.2	Побережье Северного Чили
84	22.12	17:36:34	-52.11	27.98	10	6.0/13		5.9	Южнее Африки
85*	23.12	17:48:05	51.97	159.15	55	6.0/24	5.6/33	5.9	У восточного побережья Камчатки
86*	28.12	09:15:16	44.55	149.08	33	6.3/41	6.5/50	6.5	Курильские острова
87	30.12	17:16:24	-3.11	139.40	40	6.2/33	6.2/30	6.2	Западный Ириан

Примечание: в графе «№» знак «\*» указывает на наличие для данного землетрясения Информационного сообщения [Информационные сообщения ..., 2024]; в графах « $m_b/n$ » и « $MS/n$ » приведены соответствующие магнитуды/количество станций по инструментальным данным, в графе « $MS^p$ » указаны расчётные значения  $MS$  по формулам (1)–(4).

Таблица 2. Список ощутимых землетрясений на территории России во II полугодии 2023 г.

№	Дата, время дд.мм чч:мм:сс	Гипоцентр			Магнитуды		Географический регион [Young et al., 1996]	Макросейсмические данные
		φ, °N	λ, °E	h, км	m <sub>b</sub>	MS (MS <sup>p</sup> )		
1	01.07 09:15:00	49.70	155.26	140	5.4	(5.0)	Курильские о-ва	Северо-Курильск – 3–4 балла
2	02.07 02:28:27	55.94	113.39	5	4.9	(4.3)	Восточнее оз. Байкал	Бодайбо, Луговский, Северомуйск – 3–4 балла
3	03.07 04:52:48	43.81	147.33	50	4.0	(3.0)	Курильские о-ва	Малокурильское – 2 балла
4	03.07 20:01:51	41.83	49.42	60	5.9	(5.8)	Каспийское море	Кабир-Казмаляр, Тагиркент, Магарамкент – 4–5 баллов; Избербаш, Ашага-Стал-Казмаляр, Микрах, Ахты, Яраг-Казмаляр, Рубас, Аглоби, Белиджи – 4 балла; Дербент, Араблинское, Чинар, Касумкент, Старый Куруш, Арсуг, Хучни, Хив – 3–4 балла; Махачкала, Астрахань, Каспийск, Мачада, Кака-Шура, Сергокала, Мекеги, Леваши, Акуша, Кубачи, Дагестанские Огни, Геджух, Маджалис, Уракарах, Карабудахкент, Ругуджа – 3 балла; Хасавюрт, Кизилюрт, Буйнакск, Доргели – 2–3 балла
5	04.07 02:48:20	56.29	162.75	10	4.4	(3.6)	Восточное поб-е Камчатки	Крутоберегово – 4–5 баллов; Усть-Камчатск – 4 балла
6	07.07 02:51:20	52.18	159.95	50	4.4	(3.6)	У восточного поб-я Камчатки	Петропавловск-Камчатский – 2 балла
7	16.07 06:52:48	44.06	147.32	100	4.7	(4.0)	Курильские о-ва	Малокурильское – 3 балла
8	23.07 14:13:54	60.97	165.33	33	4.7	(4.0)	Восточная Сибирь	Хаилино – 3–4 балла; Аметистовое – 2 балла
9	27.07 11:06:53	44.24	147.77	80	5.4	(5.0)	Курильские о-ва	Горное, Горячие Ключи – 3–4 балла; Рейдово, Курильск – 3 балла; Южно-Курильск, Малокурильское, Головнино – 2–3 балла
10	05.08 02:35:44	50.59	157.54	50	4.1	(3.1)	Курильские о-ва	Северо-Курильск – 2–3 балла
11	08.08 18:14:38	47.01	142.73	10	3.9	(2.8)	Сахалин	Синегорск – 4 балла; Южно-Сахалинск, Дальнее, Ключи, Санаторное, Новая Деревня – 3–4 балла; Ново-Александровск, Луговое, Троицкое, Березняки – 3 балла; Петропавловское – 2–3 балла
12	12.08 12:24:50	50.15	157.35	60	4.3	(3.4)	Курильские о-ва	Северо-Курильск – 3 балла
13	16.08 15:02:40	49.27	156.24	33	5.2	(4.7)	Курильские о-ва	Северо-Курильск – 2–3 балла
14	16.08 18:43:47	49.09	156.14	40	5.2	(4.7)	Курильские о-ва	Северо-Курильск – 2 балла
15	18.08 02:09:37	53.53	140.61	15	4.3	(3.4)	Восточное поб-е Восточной России	Николаевск-на-Амуре – 4 балла

№	Дата, время дд.мм чч:мм:сс	Гипоцентр			Магнитуды		Географический регион [Young et al., 1996]	Макросейсмические данные
		$\varphi$ , °N	$\lambda$ , °E	$h$ , км	$m_b$	$MS$ ( $MS^p$ )		
16	19.08 14:21:11	43.64	146.06	80	4.8	(4.1) Курильские о-ва	Южно-Курильск, Головинно – 2–3 балла; Горячий Пляж – 2 балла	
17	20.08 22:53:24	43.01	44.10	10	3.7	(2.5) Западный Кавказ	Кора-Урсдон, Карман-Синдикау – 3–4 балла; Дигора – 3 балла; Дур-Дур – 2 балла	
18*	01.09 20:49:55	50.77	156.24	140	6.4	(6.5) Курильские о-ва	Северо-Курильск – 4–5 баллов; Озерновский – 4 балла; Запорожье, Паужетка – 3–4 балла; Петропавловск-Камчатский, Завойко, Вилучинск – 2–3 балла	
19	07.09 16:27:30	55.14	166.11	33	4.5	(3.7) Район Командорских о-вов	Никольское – 3–4 балла	
20	07.09 23:02:21	56.23	163.90	45	5.2	(4.7) Восточное поб-е Камчатки	Крутоберегово – 2–3 балла	
21	07.09 23:07:51	56.15	163.84	45	4.9	(4.3) Восточное поб-е Камчатки	Крутоберегово – 2–3 балла	
22	11.09 22:51:09	55.44	166.38	33	5.2	(4.7) Район Командорских о-вов	Никольское – 4–5 баллов	
23	13.09 03:24:36	55.44	166.19	50	4.3	(3.4) Район Командорских о-вов	Никольское – 3–4 балла	
24	22.09 19:31:28	51.37	100.41	10	4.3	(3.4) Россия–Монголия погр. область	Орлик – 3–4 балла; Зима – 2 балла	
25	23.09 01:49:14	50.48	156.70	110	4.9	(4.3) Курильские о-ва	Северо-Курильск – 3 балла	
26	25.09 02:44:14	53.36	159.84	60	4.4	(3.6) Восточное поб-е Камчатки	Петропавловск-Камчатский, Вилучинск, Николаевка – 2–3 балла; Елизово – 2 балла	
27	28.09 17:40:08	44.42	148.53	40	5.8	5.6 Курильские о-ва	Курильск, Горное, Рейдово, Горячие Ключи, Горячий Пляж – 3–4 балла; Южно-Курильск, Малокурильское – 2 балла	
28	09.10 19:48:07	56.16	163.26	20	4.1	(3.1) Восточное поб-е Камчатки	Крутоберегово – 3 балла; Усть-Камчатск – 2–3 балла	
29	09.10 22:32:10	52.80	159.36	70	4.4	(3.6) У восточного поб-я Камчатки	Петропавловск-Камчатский, Рыбачий, Пионерский – 2–3 балла; Сосновка – 2 балла	
30	11.10 03:27:42	56.25	111.62	10	3.9	(2.8) Район оз. Байкал	Новый Уоян – 4 балла; Кумора – 3 балла	
31	12.10 21:04:24	51.67	100.25	10	4.2	(3.3) Россия–Монголия погр. область	Иркутск – 2 балла	

№	Дата, время <i>дд.мм чч:мм:сс</i>	Гипоцентр			Магнитуды		Географический регион [ <i>Young et al.</i> , 1996]	Макросейсмические данные
		$\varphi$ , °N	$\lambda$ , °E	$h$ , км	$m_b$	$MS$ ( $MS^p$ )		
32	16.10 06:48:35	53.48	160.23	65	5.7	(5.5)	Восточное поб-е Камчатки	Петропавловск-Камчатский, Вилючинск, Нагорный, Новый, Чапаевка – 3 балла; Елизово – 2–3 балла; Сосновка, Термальный, Паратунка, Рыбачий, Николаевка – 2 балла
33	18.10 00:25:49	47.35	142.31	10	4.2	(3.3)	Сахалин	Костромское – 3–4 балла; Пионеры, Чехов – 2–3 балла
34	19.10 07:12:16	42.73	49.35	10	4.7	(4.0)	Каспийское море	Дагестанские Огни, Дербент – 3 балла
35	23.10 16:01:29	43.77	147.67	70	4.5	(3.7)	Курильские о-ва	Малокурильское – 2 балла
36	26.10 16:05:13	56.20	164.74	10	5.8	(5.6)	Район Командорских о-вов	Никольское – 3–4 балла; Усть-Камчатск – 2 балла
37	27.10 17:35:09	52.59	107.43	10	4.3	(3.4)	Район оз. Байкал	Куйтун, Хужир – 4 балла; Харат, Сарма, Каменск, Гремячинск – 3–4 балла; Иркутск, Улан-Удэ, Еланцы, Качут, Зима, Черемхово, Усолье-Сибирское, Ангарск, Мамоны, Маркова, Тьрган – 3 балла
38	29.10 23:07:42	52.95	107.71	10	4.1	(3.1)	Район оз. Байкал	Серафимовск, Хужир – 3 балла; Улан-Удэ – 2–3 балла
39	30.10 04:48:24	43.81	147.80	15	4.4	(3.6)	Курильские о-ва	Горное – 2–3 балла
40	01.11 08:08:48	44.32	149.05	70	4.9	(4.3)	Курильские о-ва	Курильск, Рейдово, Китовое, Горное, Горячие Ключи – 2–3 балла
41	03.11 18:32:14	50.03	156.44	65	5.0	(4.4)	Курильские о-ва	Северо-Курильск – 4 балла
42	08.11 08:16:29	44.97	149.76	70	5.7	(5.5)	Курильские о-ва	Курильск, Горячие Ключи, Горное, Рейдово – 2–3 балла
43*	10.11 03:55:08	55.69	166.21	20	5.3	(4.9)	Район Командорских о-вов	Никольское – 3 балла
44	10.11 10:10:04	45.98	150.94	110	6.0	(5.9)	Курильские о-ва	Курильск, Рейдово, Горное, Горячие Ключи – 3 балла; Малокурильское, Южно-Курильск – 2–3 балла
45	10.11 11:52:31	56.28	162.80	20	4.8	(4.1)	Восточное поб-е Камчатки	Крутоберегово, Усть-Камчатск – 5 баллов
46	13.11 21:49:11	52.57	159.12	55	4.6	(3.9)	У восточного поб-я Камчатки	Петропавловск-Камчатский, Рыбачий – 4 балла; Новый – 3–4 балла; Завойко, Паратунка, Термальный – 3 балла; Вилючинск – 2–3 балла; Елизово – 2 балла
47	20.11 07:56:50	52.98	159.65	60	3.9	(2.8)	У восточного поб-я Камчатки	Петропавловск-Камчатский – 2 балла



№	Дата, время <i>дд.мм чч:мм:сс</i>	Гипоцентр			Магнитуды		Географический регион [ <i>Young et al.</i> , 1996]	Макросейсмические данные
		$\varphi$ , °N	$\lambda$ , °E	$h$ , км	$m_b$	$MS$ ( $MS^p$ )		
48	23.11 13:33:40	56.15	111.21	10	4.6	(3.9) Район оз. Байкал	Кумора – 4–5 баллов; Ангоя – 4 балла; Мама, Ключи, Северобайкальск, Усть-Кут, Магистральный – 3–4 балла	
49	25.11 13:43:57	52.68	106.82	10	4.1	(3.1) Район оз. Байкал	Петрово, Еланцы, Тырган, Куреть, Попова – 4 балла; Смоленщина, Куркут – 3–4 балла; Иркутск, Маркова – 3 балла	
50	27.11 06:22:11	54.73	83.72	10	4.7	(4.0) Центральная Россия	Харино, Елбаши, Усть-Чём – 6 баллов; Калиновка – 5 баллов; Легостаево, Белово – 4 балла; Искитим – 3–4 балла; Новосибирск – 2–3 балла; Линево, Новососедово, Мосты, Бердск, Лебедевка, Шибково, Медведское, Гусельниково, Евсино – 2 балла	
51	28.11 03:37:52	44.61	149.15	60	5.3	(4.9) Курильские о-ва	Курильск, Китовое, Рейдово, Горячие Ключи – 3–4 балла; Южно-Курильск – 2 балла	
52	28.11 06:56:45	43.80	145.96	100	4.9	(4.3) Район Хоккайдо	Малокурильское – 2 балла	
53	01.12 17:29:04	45.23	41.99	5	3.7	(2.5) Юго-Западная Россия	Михайловск, Подлужное – 3 балла	
54	07.12 04:15:44	41.48	49.70	70	5.9	(5.8) Каспийское море	Дербент – 4 балла; Избербаш, Каспийск, Махачкала, Ленинкент – 3 балла	
55	10.12 08:51:35	51.21	156.65	150	5.0	(4.4) Камчатка	Северо-Курильск – 3–4 балла	
56	16.12 15:06:09	52.76	108.07	10	4.2	(3.3) Район оз. Байкал	Николаевский, Куйтун, Онохой, Гремячинск, Нижний Саянтуй, Улан-Удэ – 4 балла; Селенгинск, Каменск, Татаурово, Саган-Нур, Сотниково – 3–4 балла; Турунтаево, Большая Речка – 3 балла; Иркутск, Карлук – 2–3 балла	
57	18.12 01:02:57	52.96	88.12	10	4.5	(3.7) Центральная Россия	Шерегеш – 5–6 баллов; Чугунаш, Таштагол – 2–3 балла	
58	18.12 06:40:43	50.27	142.50	10	3.5	(2.2) Сахалин	Онор – 3–4 балла	
59	21.12 23:01:09	42.94	44.57	10	3.9	(2.8) Западный Кавказ	Владикавказ, Балта – 2 балла	
60	22.12 11:26:02	51.62	158.60	60	4.8	(4.1) Восточное поб-е Камчатки	Петропавловск-Камчатский, Вилочинск – 2–3 балла; Северо-Курильск – 2 балла	
61*	23.12 17:48:05	51.97	159.15	55	6.0	5.9 У восточного поб-я Камчатки	Петропавловск-Камчатский, Сосновка, Рыбачий, Елизово, Вилочинск, Николаевка, Завойко, Термальный, Паратунка – 3–4 балла; Северо-Курильск, Новый – 3 балла	

№	Дата, время дд.мм чч:мм:сс	Гипоцентр			Магнитуды		Географический регион [Young et al., 1996]	Макросейсмические данные
		$\varphi$ , °N	$\lambda$ , °E	$h$ , км	$m_b$	$MS$ ( $MS^p$ )		
62	27.12 05:09:19	57.01	108.79	10	5.4	(5.0)	Район оз. Байкал	Киренск, Верхнемарково, Северобайкальск, Усть-Кут – 4 балла; Нижнеангарск, Магистральный, Юбилейный, Балахнинский, Мама – 3–4 балла; Холодная – 3 балла; Усть-Баргузин – 2–3 балла; Иркутск – 2 балла
63*	28.12 09:15:16	44.55	149.08	33	6.3	6.5	Курильские о-ва	Курильск, Рейдово, Горное – 4–5 баллов; Китовое – 4 балла; Южно-Курильск, Малокурильское – 3–4 балла; Головинно – 2–3 балла
64	28.12 09:37:25	44.38	149.35	33	5.1	(4.6)	Курильские о-ва	Курильск, Рейдово, Горное – 2 балла
65	31.12 12:03:59	52.90	159.59	70	4.5	(3.7)	У восточного поб-я Камчатки	Петропавловск-Камчатский – 2 балла

Примечание: в графе «№» знак «\*» указывает на наличие для данных землетрясений Информационного сообщения [Информационные сообщения ..., 2024], в графе « $MS$ » в скобках указана расчётная магнитуда  $MS^p$ .

Во II полугодии 2023 г. Службой срочных донесений были составлены и опубликованы на сайте ФИЦ ЕГС РАН Информационные сообщения о 20 землетрясениях, в т.ч. о 18 сильных землетрясениях Земли с  $m_b$  ( $MS$ ) $\geq$ 6.0 (№ 5, 19, 24, 40, 41, 45, 47, 55–59, 62, 64, 67, 81, 85 и 86 в табл. 1) и двух ощутимых землетрясениях на территории России с  $m_b$ =5.9 (№ 2 и 74 в табл. 1) [Информационные сообщения ..., 2024]. Для всех этих 20 событий определены механизмы очагов, представленные в табл. 3.





















### Пространственное и временное распределение сейсмичности

На рис. 2 показано географическое распределение на земном шаре эпицентров представленных в табл. 1 землетрясений с  $m_b$  или  $MS$  $\geq$ 6.0, зарегистрированных ССД во II полугодии 2023 года. Гипоцентры большинства сильных землетрясений Земли приурочены к границам крупнейших тектонических плит, очаги 63 из них находились в пределах земной коры ( $h$  $\leq$ 70 км). Очаги землетрясений с промежуточной глубиной (70 $<$  $h$  $<$ 390 км,  $N$ =21), как обыч-

но, приурочены к зонам субдукции: Тонга (№ 1, 78, 79 в табл. 1), Аргентина (№ 6), район Андамских островов (№ 9), Гиндукуш (№ 12), Чьяпас, Мексика (№ 15), Вануату (Новые Гебриды) (№ 17, 31, 34, 51), Курильские о-ва (№ 19, 59), южнее о-вов Кермадек (№ 23), Джайлоло (Хальмахера) (№ 26), северо-восточнее Тайваня (№ 29), море Банда (№ 32), острова Талауд (№ 33), Минданао (№ 37), Андреяновские о-ва (№ 48) и Северное Чили (№ 66). Глубокие сильные землетрясения ( $h$  $\geq$ 390 км,  $N$ =3) также приурочены к зонам субдукции: Марианские острова (№ 14 в табл. 1), море Бали (№ 18), район Фиджи (№ 52).

Сильнейшее за II полугодие 2023 г. землетрясение Земли (№ 67 в табл. 1) с  $MS^p$ =7.6 ( $M_w$ =7.6 [Global ..., 2024]) произошло 2 декабря на восточном побережье острова Минданао, Филиппины, на границе плит Филиппинской и Сунда. Сильнейшее землетрясение на территории России (№ 86 в табл. 1, № 63 в табл. 2) с  $MS^p$ =6.5 ( $M_w$ =6.5,  $m_b$ =6.3) реализовалось 28 декабря на границе Тихоокеанской и Охотской плит в Тихом океане, к востоку от Курильских островов.

Таблица 3. Параметры механизмов очагов сильных землетрясений за II полугодие 2023 г.

№ в табл. 1	№ в табл. 2	Дата, дд.мм	$t_0$ , чч:мм:сс	$h$ , км	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Диаграмма
					$T$		$N$		$P$		$NP1$			$NP2$			
					$PL$	$AZ$	$PL$	$AZ$	$PL$	$AZ$	$STK$	$DP$	$SLIP$	$STK$	$DP$	$SLIP$	
2	4	03.07	20:01:51	60	39	22	5	116	51	213	297	84	-85	77	8	-130	
5		16.07	06:48:22	25	64	323	5	64	25	156	257	20	104	62	71	85	
19	18	01.09	20:49:55	140	37	315	18	211	48	100	209	84	-108	101	19	-19	
24		08.09	22:11:01	10	61	144	14	261	25	358	256	71	75	116	24	127	
40		07.10	06:41:03	10	75	314	5	63	13	154	251	32	99	60	58	84	
41		07.10	07:12:50	10	70	322	14	99	12	193	301	35	115	91	59	73	
45		11.10	00:41:56	10	77	348	1	82	13	172	264	32	92	82	58	89	
47		15.10	03:36:01	10	71	38	14	261	12	167	239	35	65	89	59	107	
55		03.11	18:02:53	10	64	17	5	117	26	209	310	20	104	115	71	85	
56		08.11	04:52:52	10	5	294	78	180	11	26	161	86	-169	70	77	-4	
57		08.11	04:53:51	10	13	95	74	315	10	188	232	74	2	141	88	164	
58		08.11	13:02:06	10	3	283	78	180	11	13	57	80	-6	148	84	-170	
59	44	10.11	10:10:04	110	33	328	29	217	43	95	114	30	-11	214	84	-119	
62		17.11	08:14:12	65	76	351	14	171	0	81	4	47	110	157	47	70	
64		24.11	09:05:02	10	7	340	74	225	15	72	115	75	-6	206	85	-164	
67		02.12	14:37:06	60	62	309	10	198	25	103	22	71	101	171	22	61	
74	54	07.12	04:15:44	70	13	214	4	123	76	17	121	58	-94	309	32	-83	
81		18.12	15:59:30	10	74	196	9	321	13	53	316	59	79	156	33	107	
85	61	23.12	17:48:05	55	66	11	20	225	12	130	196	37	55	57	60	114	
86	63	28.12	09:15:16	33	59	269	18	31	24	129	252	26	134	25	72	72	

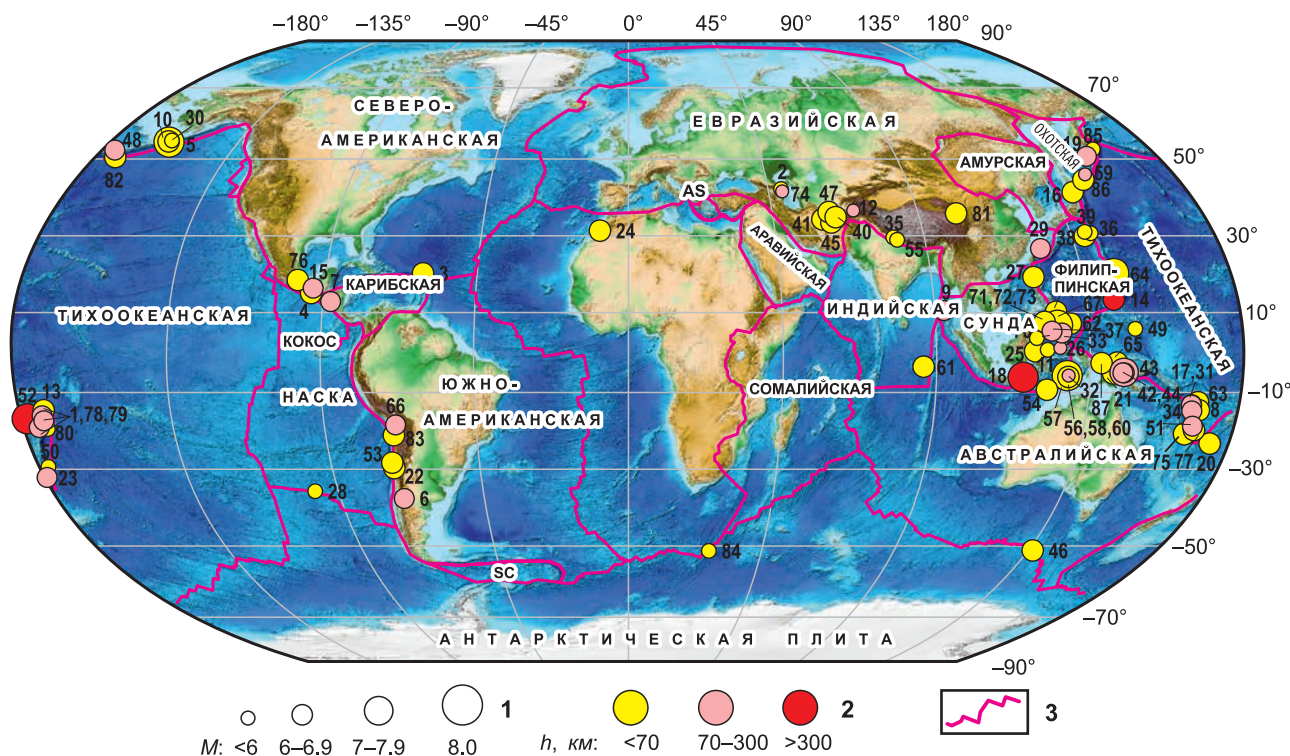


Рис. 2. Карта эпицентров сильных землетрясений Земли (табл. 1) во II полугодии 2023 г. по данным ССД.

1 – магнитуа  $MS^P$ , номер рядом с эпицентром соответствует номеру в табл. 1; 2 – глубина гипоцентров; 3 – границы тектонических плит Земли (SC – Скотия) [Bird, 2003]

Сейсмотектонические процессы наиболее интенсивно протекали в восточном полушарии, как и в два предыдущих года [Виноградов и др., 2021b; 2022a; 2022b; 2023a; 2023b]. Наибольшей сейсмической активностью отличались зоны контакта Тихоокеанской плиты с Австралийской, Филиппинской и Охотской плитами, а также плиты Сунда с Австралийской и Филиппинской. Также отмечена активизация сейсмичности на юге Евразийской плиты, в Северо-Западном Афганистане, где зафиксировано четыре землетрясения с  $MS^P > 6$  (№ 40, 41, 45, 47).

В западном полушарии по-прежнему самая высокая плотность эпицентров сильных землетрясений наблюдалась в районе архипелага Фиджи, о-вов Тонда и Кермадек, картируя зону контакта Австралийской и Тихоокеанской плит. Отмечены отдельные эпицентры землетрясений на границах Североамериканской плиты с плитами Тихоокеанской и Кокос, а также Южноамериканской плиты с плитой Наска (рис. 2). На полуострове Аляска произошло второе по магнитуде ( $MS^P = 7.4$ ) во II полугодии землетря-

сение (№ 5 в табл. 1), сопровождавшееся серией афтершоков, самый крупный из которых реализовался 3 августа с  $MS^P = 6.4$  (№ 10).

В анализируемый период землетрясения, ощущавшиеся на территории Российской Федерации, зарегистрированы в Дальневосточном округе и вблизи его границ (55 событий), в Сибирском округе (четыре события) и в Северо-Кавказском округе и вблизи его границ (шесть событий) (табл. 2, рис. 3).

Значительная часть землетрясений, ощущавшихся на территории России, была локализована в районе полуострова Камчатка – 29 событий с  $m_b = 3.9–6.4$  (табл. 2, рис. 3).

Очаги большинства Камчатских землетрясений находились на больших глубинах, поэтому интенсивность сотрясений в ближайших городах не превышала 4 баллов, и только толчок 10 ноября с  $m_b = 4.8$  на глубине 20 км (№ 45 в табл. 2) вызвал, по данным Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН, 5-балльные сотрясения в Крутоберегово и Усть-Камчатске, а событие 11 сентября с  $m_b = 5.2$  ( $h = 10$  км) в районе Командорских

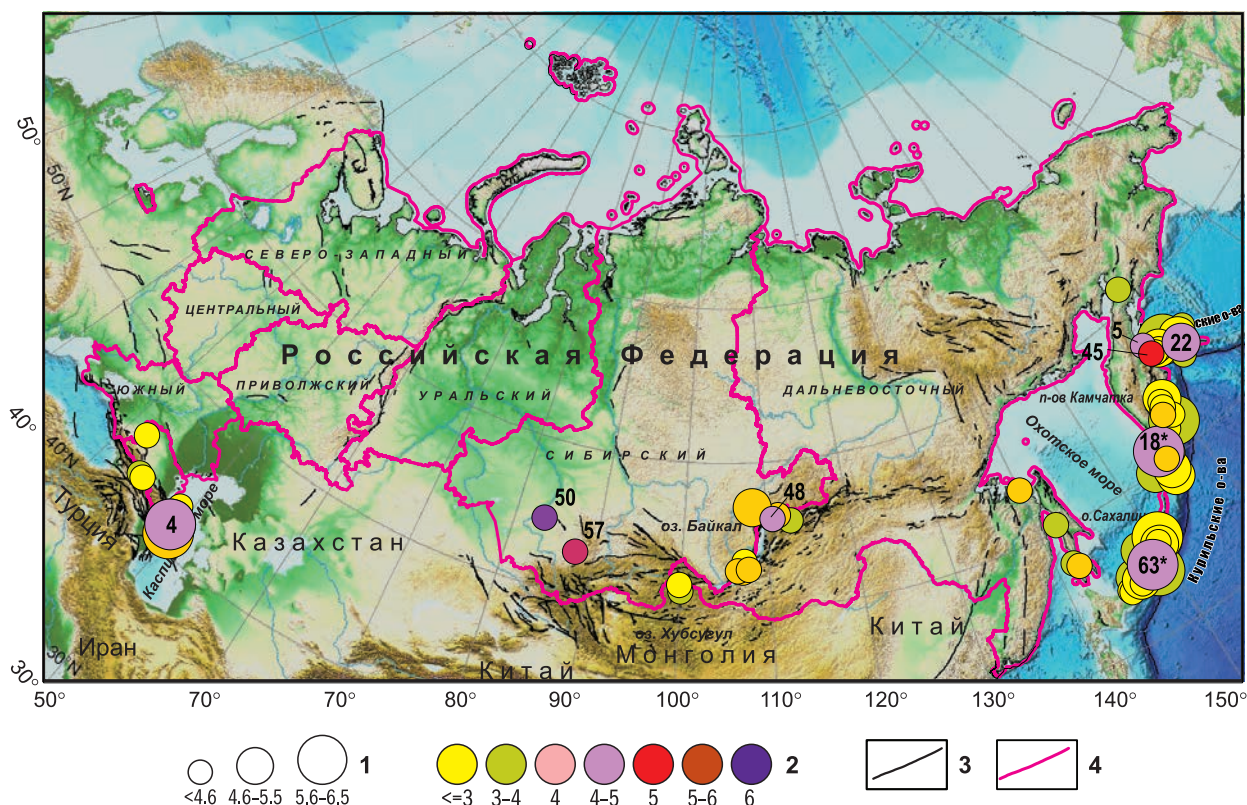


Рис. 3. Карта эпицентров ощутимых землетрясений на территории России за II полугодие 2023 г. согласно табл. 2.

1 – магнитуа  $M_S^P$ ; 2 – максимальная интенсивность сотрясений  $I_{\max}$  в баллах в населённых пунктах России, при землетрясениях с  $I_{\max} > 4$  баллов указан номер из табл. 2; 3 – активные разломы; 4 – границы территориальных округов РФ

островов (№ 22 в табл. 2) проявилось в Никольском 4–5-балльными сотрясениями. Большое скопление эпицентров ощутимых землетрясений наблюдалось в районе Курильских о-вов (рис. 3). Максимальную интенсивность 4–5 баллов проявили здесь два землетрясения: 1 сентября с  $m_b=6.4$  на глубине 140 км (№ 19 в табл. 1 и № 18 в табл. 2 и на рис. 3) и 28 декабря с  $m_b=6.3$  (№ 86 в табл. 1 и № 63 в табл. 2 и на рис. 3).

В Хабаровском крае землетрясение 18 августа с  $m_b=3.4$  вызвало 4-балльные сотрясения в Николаевске-на-Амуре. На территории расположенного через пролив о-ва Сахалин это событие не проявилось, однако три землетрясения на Сахалине в течение полугодия были ощутимыми: землетрясение 8 августа (№ 11 в табл. 2) в южной части Сахалина проявилось 4-балльными сотрясениями в Синегорске, 3–4-балльными – в четырёх пунктах и более слабо – ещё в нескольких населённых пунктах; землетрясения 18 октября и 18 декабря (№ 33 и 58 в табл. 2) ощущались в ближайших пунктах с интенсивностью 3–4 балла.

Восемь ощутимых толчков произошло в районе оз. Байкал, интенсивность не превышала 4 баллов, кроме толчка 23 ноября с  $m_b=4.6$  на глубине 10 км (№ 48 в табл. 2 и на рис. 3), который, по данным Байкальского филиала ФИЦ ЕГС РАН, вызвал 4–5-балльные сотрясения в Куморе. Далее к юго-западу (рис. 3), в пограничной области Монголии с Россией, продолжалась афтершоковая активность Хубсугульского землетрясения 11 января 2021 г. с  $M_S=7.2$  [Emanov et al., 2022], в т.ч. два толчка ощущались на территории России с интенсивностью от 3–4 до 2 баллов (№ 24, 31 в табл. 2).

Наибольшую интенсивность сотрясений на территории РФ вызвали два землетрясения в Сибирском федеральном округе – 27 ноября с  $m_b=4.7$  (№ 50 в табл. 2 и на рис. 3) в Новосибирской области, ощущавшееся с максимальной интенсивностью 6 баллов в населённых пунктах Харино, Елбаш и Усть-Чём, и 18 декабря с  $m_b=4.5$  (№ 57 в табл. 2 и на рис. 3) в Кемеровской области, ощущавшееся с максимальной интенсивностью 5–6 баллов в пгт. Шерегеш

(по данным Алтае-Саянского филиала ФИЦ ЕГС РАН).

В Дагестане интенсивно проявились землетрясения, произошедшие в Каспийском море у побережья Азербайджана: событие 3 июля с  $m_b=5.9$  (№ 2 в табл. 1, № 4 в табл. 2) вызвало 4–5-балльные сотрясения в Кабир-Казмаляре, Тагиркенте и Магарамкенте, а землетрясение 7 декабря (№ 74 в табл. 1, № 54 в табл. 2) – 4-балльные в Дербенте.

На рис. 4 представлены графики распределения в 2010–2023 гг. логарифмов полугодичных значений выделившейся на земном шаре сейсмической энергии (а) и кумулятивной энергии дискретных событий (б). Среднее за этот период полугодичное значение сейсмической энергии, выделившейся на земном шаре, –  $\sum E_{0.5} = 2.24 \cdot 10^{17}$  Дж – показано на графике горизонтальной пунктирной линией. Согласно графику, выделившаяся во II полугодии 2023 г. сейсмическая энергия ( $\sum E_{0.5} = 7.47 \cdot 10^{16}$  Дж) понизилась относительно аналогичного значения за I полугодие 2023 г., оставаясь существенно ниже вышеуказанного среднего полугодичного значения (рис. 4). Таким образом, уровень сейсмичности на земном шаре остаётся пониженным уже в течение пяти лет (2019–2023 гг.), за исключением I полугодия 2021 года.

### Механизмы очагов и макросейсмические проявления наиболее значимых землетрясений

В рассматриваемый период сильнейшим на земном шаре было землетрясение с  $MS^p=7.6$  ( $M_w=7.6$  [Global ..., 2024]) (№ 67 в табл. 1, 3), которое произошло 2 декабря в 14<sup>h</sup>37<sup>m</sup> на Филиппинах. Очаг землетрясения находился на глубине 60 км на восточном побережье острова Минданао, в 14 км к запад–юго-западу от г. Хинатуана. В течение трёх суток ССД зарегистрировала 111 афтершоков с  $m_b > 4.5$ . В результате землетрясения два человека погибли, ещё девять получили травмы. На юго-востоке Филиппин было полностью разрушено 102 дома, 743 – частично повреждены. Была объявлена угроза цунами, но позже отменена [Во время землетрясения ..., 2023]. Землетрясение произошло на границе плит Филиппинской и Сунда, в 323 км к север–северо-востоку от землетрясения 17 ноября 2023 г. с  $MS=6.4$  и в 213 км к северо-востоку от землетрясения 15 декабря 2019 г. с  $MS=6.8$  [Информационное сообщение о сильном землетрясении на Филиппинах ..., 2024].

Механизм очага землетрясения (№ 67 в табл. 3) рассчитан по знакам первых вступлений продольных волн на записях 84 сейсмических станций, из них на 68 станциях зарегистрированы волны сжатия (знаки плюс), на 16 станциях –

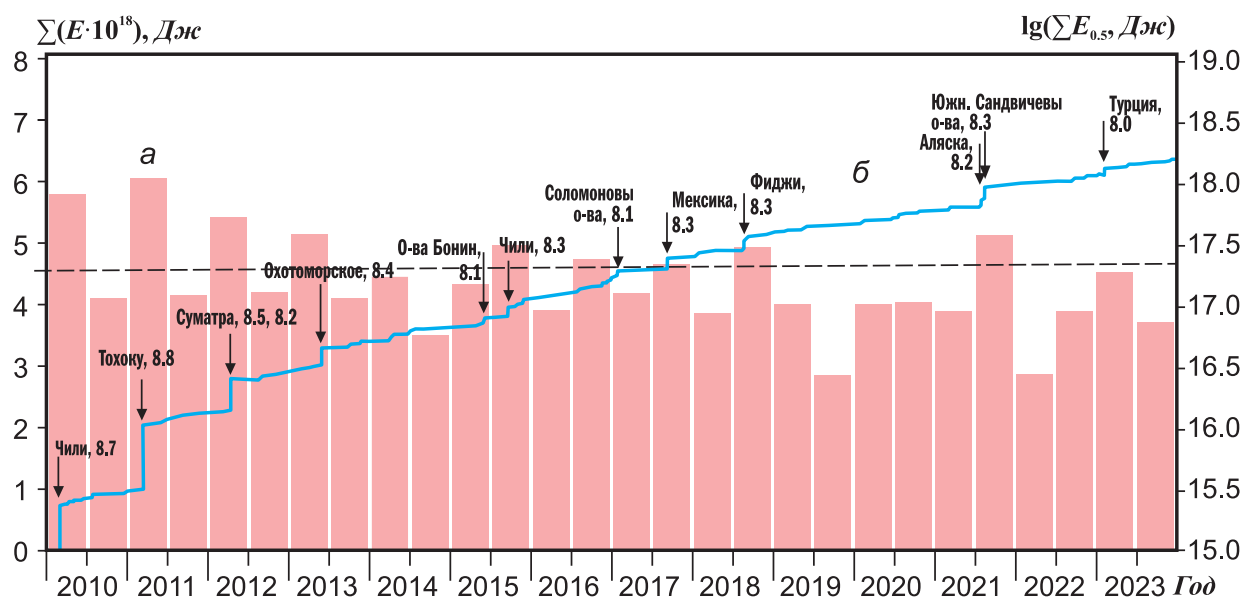


Рис. 4. Распределение за период 2010–2023 гг. логарифмов полугодичных значений суммарной сейсмической энергии  $\lg \sum E_{0.5}$ , выделившейся при землетрясениях земного шара (а), и кумулятивный график энергии дискретных событий  $\sum E$  (б).

Стрелками показаны землетрясения с магнитудами  $MS(M_w) \geq 8$ , пунктиром – среднее полугодичное значение сейсмической энергии за период 2010–2023 гг.

волны растяжения (знаки минус). Станции расположены в интервале эпицентральных расстояний  $\Delta=1.4-95.7^\circ$  и в азимутальном створе  $AZ=1-359^\circ$ . Исходя из рассчитанного механизма, землетрясение возникло под действием превалирования напряжений сжатия, ориентированных на восток–юго-восток ( $AZ=103^\circ$ ). Одна из плоскостей ( $NP1$ ) простирается на север–северо-восток ( $STK=22^\circ$ ), другая ( $NP2$ ) – на юг–юго-восток ( $STK=171^\circ$ ). Плоскость  $NP2$  залегает более полого ( $DP=22^\circ$ ) относительно плоскости  $NP1$  ( $DP=71^\circ$ ). Тип движения по плоскости  $NP1$  – взброс, по плоскости  $NP2$  – надвиг с компонентой левостороннего сдвига. Поскольку простирание и падение нодальной плоскости  $NP2$  совпадают с тектонической ситуацией в районе очага, отражая процесс поддвига Филиппинской плиты под плиту Сунда, будем считать эту плоскость действующей. Сейсмический момент землетрясения, полученный в ФИЦ ЕГС РАН по спектру продольных волн на станции «Талая» ( $\Delta=47^\circ$ ), составляет  $M_0=2.373 \cdot 10^{20} \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $M_w=7.6$ .

Самым катастрофическим в мире во II полугодии 2023 г. стало землетрясение с  $MS=6.9$  ( $M_w=6.9$ ) [Global ..., 2024] (№ 24 в табл. 1, 3), которое произошло на глубине 10 км 8 сентября в 22<sup>h</sup>11<sup>m</sup> в Марокко. Через 19 мин. был зарегистрирован афтершок с  $m_b=5.0$ . В результате землетрясения 2946 человек погибли, ещё 5530 человек были ранены. Больше всего пострадавших было в провинциях Эль-Хауз и Тарудант. Различные строения, в т.ч. жилые здания, обрушились в городах Марракеш и Агадир. В Медине, древней части города Марракеш, здания обрушились полностью. Один из символов Марракеша – мечеть Аль-Кутубия, считающаяся самой большой в городе, – получила значительные повреждения, частично обрушился её 69-метровый минарет. Серьёзно пострадал построенный во второй половине XIX в. дворец Дар-Сисайд, в особенности расположенная там коллекция керамических изделий. Подземные толчки ощущались в радиусе 400 км от эпицентра, в т.ч. в крупных городах королевства – Агадир, Касабланка, Кенитра, Рабат, Эс-Сувейр [Что известно ..., 2024].

Землетрясение произошло в пределах Африканской плиты, примерно в 550 км к югу от границы между Африканской и Евразийской плитами. В месте этого землетрясения Африканская плита перемещается примерно на 24 мм в год на запад относительно Евразийской плиты. Землетрясения такого масштаба в этом регионе крайне редки. Эпицентр землетрясения 8 сентября 2023 г. находился в 622 км к юго-западу

от последнего сильного землетрясения 24 февраля 2004 г. с  $MS=6.4$  на северном побережье провинции Эль-Хосейма. Тогда 628 человек погибли, 926 человек были ранены [Информационное сообщение о сильном землетрясении в Марокко ..., 2024].

Механизм очага землетрясения (№ 24 в табл. 3) рассчитан по знакам первых вступлений продольных волн на записях 117 сейсмических станций, из них на 59 станциях зарегистрированы волны сжатия (знаки плюс), на 58 станциях – волны растяжения (знаки минус). Станции расположены в интервале эпицентральных расстояний  $\Delta=1.0-97.6^\circ$  и в азимутальном створе  $AZ=2-359^\circ$ . Землетрясение возникло под действием незначительного превалирования напряжений сжатия, ориентированных на север ( $AZ=358^\circ$ ). Плоскость  $NP1$  простирается на запад–юго-запад ( $STK=256^\circ$ ),  $NP2$  – на восток–юго-восток ( $STK=116^\circ$ ). Плоскость  $NP2$  залегает более полого ( $DP=24^\circ$ ) относительно плоскости  $NP1$  ( $DP=71^\circ$ ). Тип движения по плоскости  $NP1$  – взброс, по  $NP2$  – надвиг с компонентой правостороннего сдвига. Сейсмический момент землетрясения, полученный по спектру продольных волн на станции «Обнинск» ( $\Delta=39.6^\circ$ ), составляет  $M_0=1.490 \cdot 10^{19} \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $M_w=6.8$ .

В Афганистане в провинции Герат произошла серия сильных землетрясений, которая привела к катастрофическим последствиям: 7 октября в 06<sup>h</sup>41<sup>m</sup> с  $MS=6.2$  ( $M_w=6.2$  [Global ..., 2024]) (№ 40 в табл. 1, 3) и в 07<sup>h</sup>12<sup>m</sup> с  $MS=6.3$  ( $M_w=6.3$  [Global ..., 2024]) (№ 41 в табл. 1, 3), 11 октября в 00<sup>h</sup>41<sup>m</sup> с  $MS=6.4$  ( $M_w=6.2$  [Global ..., 2024]) (№ 45 в табл. 1, 3) и 15 октября в 03<sup>h</sup>36<sup>m</sup> с  $MS=6.4$  ( $M_w=6.3$  [Global ..., 2024]) (№ 47 в табл. 1, 3). Всего за период с 7 октября по 27 декабря в этом районе ССД зафиксировала 36 землетрясений с  $m_b=4.2-6.4$ . В провинции Герат больше всего пострадала сельская территория в шести уездах: Инджил, Кушк, Зинда-Джан, Гулран, Герат и Кохсан. Погибли 1482 человека, были ранены более 2100 человек. Разрушено 3300 домов, повреждены здания 40 медицинских учреждений, сообщалось о значительном ущербе инфраструктуре, включая водопроводную сеть. В результате многие люди остались без крова и были вынуждены жить в палатках [Afghanistan earthquakes ..., 2023]. Все четыре землетрясения произошли в пределах Евразийской плиты во внутриконтинентальном горном поясе. На землетрясения в Западном и Центральном Афганистане в первую очередь влияет движение Аравийской плиты на север относительно Евразийской плиты.

Механизмы очагов этих землетрясений близки и являются взбросами по близширотным плоскостям. Механизм очага первого землетрясения рассчитан по знакам первых вступлений продольных волн на 102 станциях, из них на 78 станциях зарегистрированы волны сжатия (знаки плюс), на 24 станциях – растяжения (знаки минус). Станции расположены в интервале эпицентральных расстояний 6–98.6° и в азимутальном створе  $AZ=2-355^\circ$ . Первое землетрясение (№ 40 в табл. 1, 3) возникло под действием напряжений сжатия, ориентированных на юг–юго-восток ( $AZ=167^\circ$ ). Одна из плоскостей ( $NP1$ ) простирается на запад–юго-запад ( $STK=251^\circ$ ), другая ( $NP2$ ) – на восток–северо-восток ( $STK=60^\circ$ ). Плоскость  $NP1$  залегает более полого ( $DP=32^\circ$ ) относительно плоскости  $NP2$  ( $DP=58^\circ$ ). Тип движения по обеим плоскостям – взброс. Сейсмический момент землетрясения, полученный по спектру продольных волн на станции «Талая» ( $\Delta=34.3^\circ$ ), составляет  $M_0=2.59 \cdot 10^{18} \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $M_w=6.2$ .

Механизм очага второго землетрясения рассчитан по знакам первых вступлений продольных волн на 95 станциях, из них на 61 станции зарегистрированы волны сжатия (знаки плюс), на 34 – растяжения (знаки минус). Станции расположены в интервале эпицентральных расстояний 6–99° и в азимутальном створе  $AZ=3-355^\circ$ . Второе землетрясение (№ 41 в табл. 1, 3) возникло под действием напряжений сжатия, ориентированных на юг–юго-запад ( $AZ=193^\circ$ ). Плоскость  $NP1$  простирается на запад–северо-запад ( $STK=301^\circ$ ),  $NP2$  – на восток ( $STK=91^\circ$ ).  $NP1$  залегает более полого ( $DP=35^\circ$ ) относительно  $NP2$  ( $DP=59^\circ$ ). Тип движения по обеим плоскостям – взброс. Сейсмический момент землетрясения, полученный по спектру продольных волн на станции «Обнинск» ( $\Delta=27^\circ$ ), составляет  $M_0=3.154 \cdot 10^{18} \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $M_w=6.3$ .

Механизм очага третьего землетрясения рассчитан по знакам первых вступлений продольных волн на 115 станциях, из них на 87 станциях зарегистрированы волны сжатия (знаки плюс), на 28 станциях – растяжения (знаки минус). Станции расположены в интервале эпицентральных расстояний 5.9–99° и в азимутальном створе  $AZ=3-355^\circ$ . Третье землетрясение (№ 45 в табл. 1, 3) возникло под действием напряжений сжатия, ориентированных на юг ( $AZ=172^\circ$ ). Плоскость  $NP1$  простирается на запад ( $STK=264^\circ$ ),  $NP2$  – на восток ( $STK=82^\circ$ ).  $NP1$  залегает более полого ( $DP=32^\circ$ ) относительно  $NP2$  ( $DP=58^\circ$ ). Тип движения по обеим плоскостям – взброс. Сейсмический момент земле-

трясения, полученный по спектру продольных волн на станции «Талая» ( $\Delta=34.3^\circ$ ), составляет  $M_0=3.588 \cdot 10^{18} \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $M_w=6.3$ .

Механизм очага четвертого землетрясения рассчитан по знакам первых вступлений продольных волн на 127 станциях, из них на 100 станциях зарегистрированы волны сжатия (знаки плюс), на 27 станциях – растяжения (знаки минус). Станции расположены в интервале эпицентральных расстояний 5.7–99.9° и в азимутальном створе  $AZ=3-359^\circ$ . Четвертое землетрясение (№ 47 в табл. 1, 3) возникло под действием преваляирования напряжений сжатия, ориентированных на юг–юго-восток ( $AZ=167^\circ$ ). Плоскость  $NP1$  простирается на запад–юго-запад ( $STK=239^\circ$ ),  $NP2$  – на восток ( $STK=89^\circ$ ).  $NP1$  залегает более полого ( $DP=35^\circ$ ) относительно  $NP2$  ( $DP=59^\circ$ ), тип движения по обеим плоскостям – взброс. Сейсмический момент землетрясения, полученный по спектру продольных волн на станции «Талая» ( $\Delta=34.2^\circ$ ), составляет  $M_0=3.771 \cdot 10^{18} \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $M_w=6.3$ .

Сильнейшее на территории Российской Федерации землетрясение с  $MS=6.5$  ( $M_w=6.5$ ) произошло на глубине 33 км 28 декабря в 09<sup>h</sup>15<sup>m</sup> (№ 86 в табл. 1 и № 63 в табл. 2) в Тихом океане восточнее Курильских островов, в 120 км юго-востоку от г. Курильска. Землетрясение с максимальной интенсивностью 4–5 баллов ощущалось на острове Итуруп в Курильске, Рейдово и Горном.

Механизм очага этого землетрясения (№ 86 в табл. 3) рассчитан по записям 101 станции, из которых на 79 станциях зарегистрированы волны сжатия (знаки плюс), на 22 – растяжения (знаки минус),  $\Delta=2.4-96.7^\circ$ ,  $AZ=2-358^\circ$ . Землетрясение возникло под действием преваляирования напряжений сжатия, ориентированных на юго-восток ( $AZ=129^\circ$ ). Одна из плоскостей ( $NP1$ ) простирается на запад–юго-запад ( $STK=252^\circ$ ), другая ( $NP2$ ) – на север–северо-восток ( $STK=25^\circ$ ).  $NP1$  залегает более полого ( $DP=26^\circ$ ) относительно  $NP2$  ( $DP=72^\circ$ ). Тип движения по плоскости  $NP1$  – надвиг (подвиг) с компонентой правостороннего сдвига по плоскости, падающей на север–северо-запад, а по  $NP2$  – взброс восточного крыла разрыва, падающего на восток–юго-восток. Учитывая юго-западное/северо-восточное простираание границы между Охотской и Тихоокеанской плитами в месте очага, а также процесс субдукции Тихоокеанской плиты под континент, более вероятной представляется подвижка по плоскости  $NP1$ , однако не исключается и взбросовый разрыв ( $NP2$ ) в теле Тихоокеанской плиты в результате



её изгиба. Сейсмический момент землетрясения, полученный по спектрам продольных волн на станции «Талая» ( $\Delta=30.8^\circ$ ), составляет  $M_0=7.61 \cdot 10^{18}$  Н·м,  $M_w=6.5$ .

Наибольшую интенсивность сотрясений (до 6 баллов) жители России ощутили при двух коровых землетрясениях. Подробные макросейсмические данные представлены в табл. 2.

Землетрясение с  $m_b=4.7$  ( $MS^p=4.0$ ) (№ 50 в табл. 2) произошло 27 ноября в 06<sup>h</sup>22<sup>m</sup> в Новосибирской области. Очаг располагался на глубине 10 км, в 8 км к востоку от села Елбаши и в 62 км к восток–юго-востоку от г. Новосибирска. Наибольшая интенсивность сотрясений наблюдалась в сёлах Усть-Чём и Елбаши, а также в деревне Харино – 6 баллов.

Второе землетрясение с  $m_b=4.5$  ( $MS^p=3.7$ ) (№ 57 в табл. 2) произошло 18 декабря в 01<sup>h</sup>02<sup>m</sup> в Кемеровской области на глубине 10 км, в 9 км к восток–северо-востоку от пгт. Шерегеш и в 300 км к юго-востоку от г. Кемерово. Наибольшая интенсивность сотрясений отмечена в Шерегеше – 5–6 баллов.

### Выводы

Во II полугодии 2023 г., как и ранее, большинство сильнейших землетрясений происходило в зонах контакта крупных тектонических плит Земли, а подвижки в их очагах соответствовали типам движений по существующим тектоническим разломам.

Анализ количества выделенной сейсмической энергии на земном шаре показал, что во II полугодии 2023 г. сейсмическая энергия ( $\Sigma E_{0.5}=7.47 \cdot 10^{16}$  Дж) понизилась относительно аналогичного значения за I полугодие 2023 г., оставаясь существенно ниже среднего полугодического значения ( $\Sigma E_{0.5}=2.24 \cdot 10^{17}$  Дж) за период 2010–2023 гг. Таким образом, уровень сейсмичности на земном шаре остаётся пониженным уже в течение пяти лет (2019–2023 гг.), за исключением I полугодия 2021 года.

Максимальным на земном шаре во II полугодии 2023 г. было землетрясение 2 декабря с  $MS^p=7.6$  ( $M_w=7.6$ ) на Филиппинах.

Самым катастрофическим в мире за рассматриваемый период стало землетрясение 8 сентября с  $MS^p=6.9$  ( $M_w=6.9$ ) в Марокко, в результате которого 2946 человек погибли, ещё 5530 человек были ранены.

Сильнейшим в Российской Федерации стало землетрясение 28 декабря в 09<sup>h</sup>15<sup>m</sup> с  $MS=6.5$  ( $M_w=6.5$ ) в Тихом океане к востоку от Курильских островов, оно ощущалось с максимальной

интенсивностью 4–5 баллов на острове Итуруп.

Землетрясений с катастрофическими последствиями на территории России не было. Наиболее сильно ( $I_{\max}=6$  баллов) ощущалось близповерхностное землетрясение 27 ноября с  $m_b=4.7$  ( $MS^p=4.0$ ) в Новосибирской области.

**Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (в рамках государственного задания № 075-00682-24) и с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфраструктурный комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира» (<https://ckp-rf.ru/usu/507436/>, <http://www.gsras.ru/unu/>).**

Авторы выражают благодарность сотрудникам ФИЦ ЕГС РАН О.П. Каменской и А.С. Вакуловскому за помощь в подготовке графических материалов к печати.

### Литература

- Акимов А.П. Автоматический модуль быстрого определения параметров гипоцентра землетрясения по данным цифровой сейсмической сети // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Четвёртой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 3–7. – EDN: SWDUSD
- Акимов А.П., Красилов С.А. Программный комплекс WSG «Система обработки сейсмических данных» / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020664678 от 16.11.2020 г. – EDN: IJOVUE
- Бутырин П.Г., Красилов С.А. Собираем из конструктора Единую систему хранения и доступа к геофизическим данным // Российский сейсмологический журнал. – 2021. – Т. 3, № 4. – С. 77–87. – DOI: 10.35540/2686-7907.2021.4.05. – EDN: MEFWKZ
- 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: 10.35540/2686-7907.2020.3.01. – EDN: СВІІІ
- Виноградов Ю.А., Рыжикова М.И., Петрова Н.В., Пойгина С.Г., Коломиец М.В. Сильные землетрясения земного шара во II полугодии 2020 г. по данным ФИЦ ЕГС РАН // Российский сейсмологический журнал. – 2021а. – Т. 3, № 1. – С. 7–26. – DOI: 10.35540/2686-7907.2021.1.01. – EDN: QAZMDA
- Виноградов Ю.А., Рыжикова М.И., Петрова Н.В., Пойгина С.Г., Коломиец М.В. Сильные землетрясения земного шара в I полугодии 2021 г. по данным

ФИЦ ЕГС РАН // Российский сейсмологический журнал. – 2021b. – Т. 3, № 3. – С. 7–27. – DOI: 10.35540/2686-7907.2021.3.01. – EDN: PLREQK

Виноградов Ю.А., Рыжикова М.И., Пойгина С.Г., Петрова Н.В., Коломиец М.В. Сильные землетрясения земного шара во II полугодии 2021 г. по данным ССД ФИЦ ЕГС РАН // Российский сейсмологический журнал. – 2022a. – Т. 4, № 1. – С. 7–27. – DOI: 10.35540/2686-7907.2022.1.01. – EDN: RYDRHF

Виноградов Ю.А., Рыжикова М.И., Петрова Н.В., Пойгина С.Г., Коломиец М.В. Сильные землетрясения земного шара в I полугодии 2022 г. по данным ССД ФИЦ ЕГС РАН // Российский сейсмологический журнал. – 2022b. – Т. 4, № 3. – С. 7–24. – DOI: 10.35540/2686-7907.2022.3.01. – EDN: CASRXG

Виноградов Ю.А., Рыжикова М.И., Петрова Н.В., Пойгина С.Г., Коломиец М.В. Сильные землетрясения земного шара во II полугодии 2022 г. по данным ССД ФИЦ ЕГС РАН // Российский сейсмологический журнал. – 2023a. – Т. 5, № 1. – С. 7–25. – DOI: 10.35540/2686-7907.2023.1.01. – EDN: WSZPLJ

Виноградов Ю.А., Рыжикова М.И., Петрова Н.В., Пойгина С.Г., Коломиец М.В. Сильные землетрясения земного шара в I полугодии 2023 г. по данным ССД ФИЦ ЕГС РАН // Российский сейсмологический журнал. – 2023b. – Т. 5, № 3. – С. 7–27. – DOI: 10.35540/2686-7907.2023.3.01. – EDN: MMMUBQ

Во время землетрясения на Филиппинах погибли два человека // РИА НОВОСТИ [сайт]. – URL: <https://ria.ru/20231204/zemletryasenie-1913649436.html> (дата обращения 05.12.2023).

ГОСТ Р 57546-2017. Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности. – Введ. 2017-07-19. – М.: Стандартинформ, 2017. – 28 с.

Информационное сообщение о сильном землетрясении в Каспийском море, у побережья Азербайджана, 7 декабря 2023 г. // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/RequestsHandler?cmd=toinfmsg&imid=252> (дата обращения 10.01.2024).

Информационное сообщение о сильном землетрясении в Марокко 8 сентября 2023 г. // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/RequestsHandler?cmd=toinfmsg&imid=241> (дата обращения 10.01.2024).

Информационное сообщение о сильном землетрясении на Филиппинах 2 декабря 2023 г. // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/RequestsHandler?cmd=toinfmsg&imid=251> (дата обращения 10.01.2024).

Информационные ресурсы Единой геофизической службы РАН // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: <http://www.gsras.ru/new/infres/> (дата обращения 10.01.2024).

Информационные сообщения // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/> (дата обращения 10.01.2024).

Информация Службы срочных донесений // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: <http://www.gsras.ru/new/ssd.htm> (дата обращения 10.01.2024).

Казахстанский национальный центр данных [сайт]. – URL: <https://www.kndc.kz> (дата обращения 12.01.2024).

Кондорская Н.В., Горбунова И.В., Киреев И.А., Вандышева Н.В. О составлении унифицированного каталога сильных землетрясений Северной Евразии по инструментальным данным (1901–1990 гг.) // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. – Вып. 1. – М.: ИФЗ РАН, 1993. – С. 70–79.

Красилов С.А., Акимов А.П., Коломиец М.В., Пойгина С.Г. База данных программного комплекса WSG «Система обработки сейсмических данных» / Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020622357 от 20.11.2020 г. – EDN: YRQPEI

Красилов С.А., Коломиец М.В., Акимов А.П., Борисов П.А. Совершенствование процесса автоматического расчёта параметров гипоцентров землетрясений в Службе срочных донесений ГС РАН // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Седьмой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 153–158. EDN: SSTWMZ

Красилов С.А., Коломиец М.В., Пойгина С.Г. База данных «Землетрясения» Службы срочных донесений / Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020622314 от 18.11.2020 г. – EDN: YFGZWL

Ландер А.В. Программа расчёта и графического представления механизмов очагов землетрясений по знакам первых вступлений Р-волн (FA) / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018662004 от 25 сентября 2018 г. – EDN: GTRUYE

Старовойт О.Е. Сейсмологический центр в Обнинске в 1963–2003 гг. / Отв. ред. А.Я. Сидорин. – М.: ИФЗ РАН, 2017. – 100 с.

Что известно о землетрясении в Марокко // ТАСС [сайт]. – URL: <https://tass.ru/proisshestiya/18691111> (дата обращения 09.09.2023).

Afghanistan earthquakes in Herat Province, Health Situation Report No. 10, 20–26 October 2023 // ReliefWeb [сайт]. – URL: <https://reliefweb.int/report/afghanistan/afghanistan-earthquakes-herat-province-health-situation-report-no-10-20-26-october-2023> (дата обращения 28.10.2023).

- Bird P.* An updated digital model of plate boundaries // *Geochemistry Geophysics Geosystems*. – 2003. – V. 4, N 3. – 1027. – DOI: 10.1029/2001GC000252
- Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization* [сайт]. – URL: <https://www.ctbto.org> (дата обращения 12.01.2024).
- CSEM EMSC.* Earthquake. Latest data contributions [Site]. – URL: <https://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php> (дата обращения 12.01.2024).
- Emanov A.F., Emanov A.A., Shevkunova E.V., Fateev A.V., Gladyshev E.A., Arapov V.V., Artemova A.I., Podkorytova V.G., Chechel'nitskii V.V., Radzimovich Y.B., Kobeleva E.A.* The Khuvsgul earthquake of January 12, 2021 ( $M_w=6.7$ ,  $M_L=6.9$ ) and early aftershocks // *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*. – 2022. – V. 58, N 1. – P. 59–73. – DOI: 10.1134/S1069351322100019. – EDN: EHDBHU
- Global CMT Catalog Search // Global CMT Web Page* [Site]. – URL: <http://www.globalcmt.org>. – Lamont-Doherty Earth Observatory (LDEO) of Columbia University, Columbia, SC, USA, 2024.
- Gutenberg B., Richter C.F.* Magnitude and energy of earthquakes // *Annals of Geophysics*. – 1956. – V. 9, N 1. – P. 1–15.
- International Seismological Centre (ISC).* On-line Bulletin [Site]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin>. – United Kingdom, Thatcham: Internat. Seismol. Centre, 2024. – DOI: 10.31905/D808B830
- 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. – P. 203–219. – DOI: 10.1007/s10950-019-09900-8
- Project IDA.* IDA II Stations [Site]. – URL: <https://ida.ucsd.edu/?q=stations> (дата обращения 12.01.2024).
- Swiss Seismological Service.* SED. Earthquakes [Site]. – 2022. – URL: <http://www.seismo.ethz.ch/en/earthquakes/europe/last90daysMag4.5plus/> (дата обращения 12.01.2024).
- Young J.B., Presgrave B.W., Aichele H., Wiens D.A., Flinn E.A.* The Flinn-Engdahl regionalization scheme: the 1995 revision // *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. – 1996. – N 96. – P. 223–297.

### Сведения об авторах

**Виноградов Юрий Анатольевич**, доктор техн. наук, директор Федерального государственного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (ФИЦ ЕГС РАН), г. Обнинск, Россия. E-mail: [yvin@gsras.ru](mailto:yvin@gsras.ru)

**Рыжикова Мария Игоревна**, зам. зав. отделом ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия. E-mail: [masha@gsras.ru](mailto:masha@gsras.ru)

**Петрова Наталия Владимировна**, канд. физ.-мат. наук, вед. науч. сотр. ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия. ORCID: 0000-0002-2052-1327. E-mail: [npetrova@gsras.ru](mailto:npetrova@gsras.ru)

**Пойгина Светлана Германовна**, науч. сотр. ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия. ORCID: 0000-0002-0796-6049. E-mail: [sveta@gsras.ru](mailto:sveta@gsras.ru)

**Коломиец Марина Викторовна**, зав. отделом ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия. E-mail: [kolmar@gsras.ru](mailto:kolmar@gsras.ru)

## Global earthquakes in the 2023 second half according to the GS RAS

© 2024 Yu.A. Vinogradov, M.I. Ryzhikova, N.V. Petrova, S.G. Poygina,  
M.V. Kolomiets

GS RAS, Obninsk, Russia

Received January 31, 2024

**Abstract** Information is provided on the seismicity of the Earth at the level of mb 6.0 in the 2023 second half, as well as on 65 earthquakes felt on the territory of the Russian Federation according to the Alert Service of the Geophysical Survey RAS. For the 20 most severe earthquakes, information messages were published within one or two days after their implementation, the parameters of the focal mechanisms calculated and given. During the period under review, the strongest earthquake on the globe with MS=7.6 (Mw=7.6) occurred on December 2 on the east coast of Mindanao Island, Philippines. The greatest human casualties and material damage were caused by a catastrophic earthquake with MS=6.9 (Mw=6.9) that occurred on September 8 in Morocco. Because of the earthquake, 2,946 people were killed and 5,530 people were injured. On the territory of Russia, the strongest earthquake was on December 28 with MS=6.5 (Mw=6.5) in the Pacific Ocean, it is more important than the Kuril Islands. The earthquake of November 27 with  $m_b=4.7$ , which occurred on the territory of the Novosibirsk region, was felt with the highest intensity of concussions (6 points) in populated areas of Russia. The seismic energy released on the globe for the 2023 second half ( $\Sigma E_{0.5}=7.47 \cdot 10^{16}$  J) decreased compared to that in the 2023 first half and remained below the average semi-annual value for the period 2010-2023 ( $\overline{\Sigma E_{0.5}}=2.24 \cdot 10^{17}$  J).

**Keywords** Earthquake Early Alert Service, seismic stations, strong earthquakes, magnitude, seismic energy, focal mechanism, macroseismic effect.

**For citation** Vinogradov, Yu.A., Ryzhikova, M.I., Petrova, N.V., Poygina, S.G., & Kolomiets, M.V. (2024). [Global earthquakes in the 2023 second half according to the GS RAS]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 6(1), 7-28. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2024.1.01>. EDN: DQQNZV

### References

- Afghanistan Earthquakes in Herat Province, Health Situation Report No. 10, 20-26 October 2023. (2023). *ReliefWeb*. Retrieved from <https://reliefweb.int/report/afghanistan/afghanistan-earthquakes-herat-province-health-situation-report-no-10-20-26-october-2023>
- Akimov, A.P. (2009). [Automatic module for rapid determination of earthquake hypocenter parameters from digital seismic network data]. In *Sovremennyye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh. Materialy Chetvertoi Mezhdunarodnoy seismologicheskoy shkoly* [Materials of the Fourth International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 3-7). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.). EDN: SWDUSD
- Akimov, A.P., & Krasilov, S.A. (2020). [WSG software package "Seismic data processing system"]. Certificate of state registration of a computer program No. 2020664678. (In Russ.). EDN: IJOVUE
- Bird, P. (2003). An updated digital model of plate boundaries. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027. DOI: [10.1029/2001GC000252](https://doi.org/10.1029/2001GC000252)
- Butyrin, P.G., & Krasilov, S.A. (2021). [The unified system for storing and accessing geophysical data. Traditions and new approaches]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 3(4), 77-87. (In Russ.). DOI: [10.35540/2686-7907.2021.4.05](https://doi.org/10.35540/2686-7907.2021.4.05). EDN: MEFWKZ
- Chto izvestno o zemletriasenii v Marokko* [What is known about the earthquake in Morocco]. (2023). *TASS*, September 9, 2023. Retrieved from <https://tass.ru/proisshestviya/18691111>. (In Russ.).
- Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization. (2024). Retrieved from <https://www.ctbto.org>
- CSEM EMSC. (2024). Earthquake. Latest data contributions. Retrieved from <https://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php>
- Emanov, A.F., Emanov, A.A., Shevkunova, E.V., Fateev, A.V., Gladyshev, E.A., Arapov, V.V., Artemova, A.I.,

- Podkorytova, V.G., Chechel'nitskii, V.V., Radziminovich, Y.B., & Kobeleva, E.A. (2022). The Khuvsgul earthquake of January 12, 2021 (Mw=6.7, ML=6.9) and early aftershocks. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*, 58(1), 59-73. DOI: 10.1134/S1069351322100019. EDN: EHDBHU
- Global CMT Web Page. (2024). Global CMT Catalog Search. Retrieved from <http://www.globalcmt.org>
- GOST R 57546-2017. (2017). [State Standard 57546-2017. Earthquakes. Seismic intensity scale]. Moscow, Russia: Standartinform Publ., 28 p. (In Russ.).
- Gutenberg, B., & Richter, C.F. (1956). Magnitude and energy of earthquakes, *Annals of Geophysics*, 9(1), 1-15.
- Information message about a strong earthquake in the Caspian Sea, off the coast of Azerbaijan, December 7, 2023. (2024). GS RAS. Retrieved from <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/RequestsHandler?cmd=toinfmsg&imid=252&lang=en>
- Information message about a strong earthquake in Morocco on September 8, 2023. (2024). GS RAS. Retrieved from <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/RequestsHandler?cmd=toinfmsg&imid=241&lang=en>
- Information message about the strong earthquake on December 2, 2023 in the Philippines. (2024). GS RAS. Retrieved from <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/RequestsHandler?cmd=toinfmsg&imid=251&lang=en>
- Information messages. (2024). GS RAS. Retrieved from <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/>
- Informatsionnye resursy Edinoi geofizicheskoi sluzhby RAN [Information resources of the GS RAS]. (2024). Retrieved from <http://www.gsras.ru/new/infres/> (In Russ.).
- International Seismological Centre. (2024). On-line Bulletin. DOI: 10.31905/D808B830
- Kazakhstan National Data Center. (2024). Retrieved from <https://www.kndc.kz>
- Kondorskaya, N.V., Gorbunova, I.V., Kireev, I.A., & Vandysheva, N.V. (1993). [On compiling a unified catalog of strong earthquakes in Northern Eurasia using instrumental data (1901-1990)]. In *Seismichnost' i seismicheskoe raionirovanie Severnoi Evrazii, vyp. 1* [Seismicity and seismic zoning of Northern Eurasia, Is. 1] (pp. 70-79). Moscow, Russia: IPE RAS Publ. (In Russ.).
- Krasilov, S.A., Akimov, A.P., Kolomiets, M.V., & Poygina, S.G. (2020). [Database of the WSG software package "Seismic data processing system"]. Certificate of state registration of database No. 2020622357. (In Russ.). EDN: YRQPEI
- Krasilov, S.A., Kolomiets, M.V., & Poygina, S.G. (2020). [Database "Earthquakes" Early Alert Service]. Certificate of state registration of database No. 2020622314. (In Russ.). EDN: YFGZWL
- Krasilov, S.A., Kolomiets, M.V., Akimov, A.P., & Borisov, P.A. (2012). [Improvement of process of automatic calculation of parameters of the hypocenters of earthquakes in Alert Survey of GS RAS]. In *Sovremennyye metody obrabotki i interpretatsii seysmologicheskikh dannyykh. Materialy Sed'moy Mezhdunarodnoy seysmologicheskoy shkoly* [Materials of the Seventh International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 153-158). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.). EDN: SSTWMZ
- Lander, A.V. (2018). [Program for calculating and graphing the mechanisms of earthquake sources by signs of the first arrivals of P-waves (FA)]. Certificate of state registration of a computer program No. 2018662004. (In Russ.). EDN: GTRUYE
- Last Earthquake (by Alert Service). (2024). GS RAS. Retrieved from [http://www.ceme.gsras.ru/new/eng/ssd\\_news.htm](http://www.ceme.gsras.ru/new/eng/ssd_news.htm)
- 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, 203-219. DOI: 10.1007/s10950-019-09900-8
- Project IDA. (2024). IDA II Stations. Retrieved from <https://ida.ucsd.edu/?q=stations>
- Starovoit, O.E. (2017). *Seismologicheskii tsentr v Obninske v 1963–2003 gg. Otv. red. A.Ia. Sidorin* [Seismological Center in Obninsk in 1963–2003. Ed. A.I. Sidorin]. Moscow, Russia: IPE RAS Publ., 100 p. (In Russ.).
- Swiss Seismological Service. (2024). SED. Earthquakes. Retrieved from <http://www.seismo.ethz.ch/en/earthquakes/europe/last90daysMag4.5plus/>
- 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: 10.35540/2686-7907.2020.3.01. EDN: CBIHI
- Vinogradov, Yu.A., Ryzhikova, M.I., Petrova, N.V., Poygina, S.G., & Kolomiets, M.V. (2021a). [Global earthquakes in the 2020 second half according to the GS RAS]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 3(1), 7-26. (In Russ.). DOI: 10.35540/2686-7907.2021.1.01. EDN: QAZMDA
- Vinogradov, Yu.A., Ryzhikova, M.I., Petrova, N.V., Poygina, S.G., & Kolomiets, M.V. (2021b). [Global earthquakes in the 2021 first half according to the GS RAS]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 3(3), 7-27. (In Russ.). DOI: 10.35540/2686-7907.2021.3.01. EDN: PLREQK

Vinogradov, Yu.A., Ryzhikova, M.I., Poygina, S.G., Petrova, N.V., & Kolomiets, M.V. (2022a). [Global earthquakes in the 2021 second half according to the GS RAS]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 4(1), 7-27. (In Russ.). DOI: 10.35540/2686-7907.2022.1.01. EDN: RYDRHF

Vinogradov, Yu.A., Ryzhikova, M.I., Petrova, N.V., Poygina, S.G., & Kolomiets, M.V. (2022b). [Global earthquakes in the 2022 first half according to the GS RAS]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 4(3), 7-24. (In Russ.). DOI: 10.35540/2686-7907.2022.3.01. EDN: CASRXG

Vinogradov, Yu.A., Ryzhikova, M.I., Petrova, N.V., Poygina, S.G., & Kolomiets, M.V. (2023a). [Global earthquakes in the 2022 second half according to the GS RAS]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 5(1), 7-25. (In Russ.). DOI: 10.35540/2686-7907.2023.1.01. EDN: WSZPLJ

Vinogradov, Yu.A., Ryzhikova, M.I., Petrova, N.V., Poygina, S.G., & Kolomiets, M.V. (2023b). [Global earthquakes in the 2023 first half according to the GS RAS]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 5(3), 7-27. (In Russ.). DOI: 10.35540/2686-7907.2023.3.01. EDN: MMMUBQ

*Vo vremia zemletriaseniia na Filippinakh pogibli dva cheloveka* [Two people were killed during the earthquake in the Philippines]. (2023). *RIA Novosti, December 4, 2023*. Retrieved from <https://ria.ru/20231204/zemletryasenie-1913649436.html>. (In Russ.).

Young, J.B., Presgrave, B.W., Aichele, H., Wiens, D.A., & Flinn, E.A. (1996). The Flinn-Engdahl regionalization scheme: the 1995 revision. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 96, 223-297.

### Information about authors

**Vinogradov Yuri Anatolyevich**, Dr., Director of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences (GS RAS), Obninsk, Russia. E-mail: yvin@gsras.ru

**Ryzhikova Mariya Igorevna**, Deputy Head of Department of the GS RAS, Obninsk, Russia. E-mail: masha@gsras.ru

**Petrova Nataliya Vladimirovna**, PhD, Leading Researcher of the GS RAS, Obninsk, Russia. ORCID: 0000-0002-2052-1327. E-mail: npetrova@gsras.ru

**Poygina Svetlana Germanovna**, Researcher of the GS RAS, Obninsk, Russia. ORCID: 0000-0002-0796-6049. E-mail: sveta@gsras.ru

**Kolomiets Marina Viktorovna**, Head of Department of the GS RAS, Obninsk, Russia. E-mail: kolmar@gsras.ru