

УДК 550.348. (100)

Сильные землетрясения земного шара во II полугодии 2021 г. по данным ССД ФИЦ ЕГС РАН

© 2022 г. Ю.А. Виноградов, М.И. Рыжикова, С.Г. Пойгина,
Н.В. Петрова, М.В. Коломиец

ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия

Поступила в редакцию 03.02.2022 г.

Аннотация. По данным Службы срочных донесений ФИЦ ЕГС РАН представлена информация о сейсмичности Земли на уровне $m_b \geq 6.0$ во II полугодии 2021 г., а также о 59 ощущавшихся на территории Российской Федерации землетрясениях. Для 27 наиболее сильных землетрясений в течение одного-двух дней после их реализации были опубликованы Информационные сообщения, рассчитаны и приведены сведения о механизмах очагов. За рассматриваемый период два сильнейших землетрясения на земном шаре с $MS=8.0$ ($Mw=8.2$) и с $MS=7.8$ ($Mw=8.3$) произошли соответственно 29 июля у побережья Аляски и 12 августа в районе Южных Сандвичевых островов. Анализ распределения афтершоков, механизмов очагов и тектонической обстановки показал, что оба землетрясения являются межплитовыми. Самые большие человеческие жертвы и материальный ущерб за исследуемый период принесло катастрофическое землетрясение с $MS=7.3$ ($Mw=7.2$), произошедшее 14 августа на юго-западе Гаити. В результате землетрясения 2248 человек погибли, более 12 тыс. человек были ранены, 329 человек пропали без вести. На территории России самым сильным стало землетрясение 20 сентября с $MS=5.9$ ($Mw=6.2$) восточнее Курильских островов. С наибольшей интенсивностью сотрясений (5 баллов) ощущались землетрясения с $m_b=4.9$, произошедшие 20 октября в Чеченской Республике и 15 декабря в акватории озера Байкал. Выделенная во II полугодии 2021 г. сейсмическая энергия впервые с начала сейсмического затишья, длившегося 2.5 года, превысила средний уровень за 11-летний период (2010–2020 гг.), отметив, по-видимому, начало нового периода активизации сейсмичности на земном шаре.

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

Для цитирования: 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. – 2022. – Т. 4, № 1. – С. 7–27. DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2022.1.01>

Введение

Служба срочных донесений о сильных и ощутимых землетрясениях России, СНГ и мира функционирует в г. Обнинске с 1972 г. [*Старовойт*, 2017]. Задача Службы срочных донесений (далее – ССД) Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН» (далее – ФИЦ ЕГС РАН) состоит прежде всего в том, чтобы обеспечить органы государственной власти РФ и другие заинтересованные учреждения информацией об основных параметрах произошедших землетрясений (время возникновения, координаты эпицентра, глубина очага, ощутимость в баллах, разрушительные последствия) для принятия, в случае необходимости, сроч-

ных мер по оказанию помощи пострадавшим районам, спасению жизни людей, ликвидации последствий стихийного бедствия, а также организации работ по изучению сильных землетрясений.

В настоящее время данные о сильных землетрясениях Земли обрабатываются ССД в два этапа. На первом этапе осуществляется автоматическая обработка поступающих данных программой AssocW для срочного определения параметров гипоцентров с автоматической рассылкой информации в МЧС и 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 публикуются на официальном сайте организации [Информация Службы ..., 2022]. Источниками информации являются доступные в оперативном режиме цифровые данные сейсмических станций России и мира. Для землетрясений земного шара магнитудный порог обрабатываемых событий составляет $m_b \geq 5.5$. Представительный магнитудный уровень обрабатываемых ССД землетрясений для регионов России варьирует в пределах $m_b \geq 3.5-4.5$. О самых сильных и разрушительных сейсмических событиях на официальном сайте ФИЦ ЕГС РАН в течение одного-двух дней со времени их возникновения публикуются Информационные сообщения [Информация Службы ..., 2022]. Параметры землетрясений по данным ССД оперативно передаются в международные сейсмологические центры и публикуются в их бюллетенях, где они идентифицируются следующими кодами: GSRAS в CSEM [CSEM ..., 2022], GSRC в SED (SSS) [Swiss ..., 2022], MOS в ISC [International ..., 2022].

После получения всех доступных станционных данных производится их окончательная сводная обработка с составлением ежедекадных сейсмологических бюллетеней и каталогов, которые размещаются на сайте ФИЦ ЕГС РАН с задержкой в несколько месяцев [Сейсмологический ..., 2022].

В настоящей работе анализируются данные ССД о сильных землетрясениях Земли с магнитудами $m_b \geq 6.0$ за II полугодие 2021 г. а также сведения об ощутимых сейсмических событиях на территории России с более низкого магнитудного уровня. Оценка выделившейся за полгода сейсмической энергии даётся в сравнении с аналогичными параметрами за период 01.01.2010 г. – 31.06.2021 года.

Методика обработки и параметры землетрясений

Исходная информация о сейсмичности получена из базы данных «Землетрясения» [Красилов, Коломиец, Пойгина, 2020; Информационные ресурсы ..., 2022], доступной в локальной сети Центрального отделения (ЦО) ФИЦ ЕГС РАН. Частичный доступ к этой базе данных и полный – к Информационным сообщениям ССД организован на внешнем сайте ФИЦ ЕГС РАН [Информация Службы ..., 2022; Информационные сообщения ..., 2022].

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 подробно описана в работах [Виноградов и др., 2020; Виноградов и др., 2021а; Виноградов и др., 2021б]. Для неглубоких землетрясений с $h \leq 70$ км принималось, что $MS^P = MS$, а в случае отсутствия инструментально определённого значения MS применялся пересчёт по формуле:

$$MS^P = 1.47 \cdot m_b - 2.91. \quad (1)$$

Для более глубоких землетрясений в инструментальную магнитуду MS вносилась поправка за глубину (2), установленная в работе [Petrova, Gabsatarova, 2020]. В исследуемый период магнитуда MS была определена лишь для двух землетрясений с $h > 70$ км и $m_b > 6.0$.

$$MS^P = MS + f(h) = MS + 0.556 \cdot \lg(h) - 0.508. \quad (2)$$

Для остальных землетрясений использовался пересчёт из m_b : для глубин гипоцентров $70 < h < 390$ км – формула (1), а при $h \geq 390$ км – формула из работы [Кондорская и др., 1993]:

$$MS^P = 1.85 \cdot m_b - 4.9. \quad (3)$$

Значения MS и MS^P сверялись с моментными магнитудами M_w по данным ССД [Информационные сообщения ..., 2022], а при их отсутствии – с M_w агентства GCMT [Global ..., 2022]. Для двух сильнейших землетрясений (29 июля в $06^h 15^m$ и 12 августа в $18^h 35^m$) с $M_w > 8.0$ было принято, что $MS^P = M_w$.

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

$$\lg E (\text{эрг}) = 1.5 \cdot MS + 11.8. \quad (4)$$

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 2021 г. использовались в основном те же входные потоки информации, что и описанные ранее в [Виноградов и др., 2021б]:

– волновые формы со 109 цифровых телесеismicических станций (на рис. 1 изображены красными и жёлтыми треугольниками), поступающие в режиме, близком к реальному времени, 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 32 станций России, получаемые по запросу для конкретного землетрясения в базу данных WSG [Красилов, Акимов и др., 2020];

– времена вступления основных сейсмических волн (arrival), поступающие в режиме NRTS через Интернет с 44 станций международных и региональных центров (на рис. 1 изображены зелёными треугольниками): IDC СТВТО [Comprehensive ..., 2022], KNDC [Казахстанский ..., 2022], сеть цифровых станций IDA II [Project IDA, 2022];

– сводки в коде МСК-85 и IMS с 23 телесеismicических станций и 73 региональных станций России и СНГ.

Все сводки редактировались в соответствии с требованиями кода МСК-85 и вносились в базу

данных WSG. Сводки в коде IMS записывались в формате *.arrival для дальнейшей сводной обработки в программном комплексе WSG.

Результаты сводной обработки вводились в базу данных «Землетрясения» Службы срочных донесений [Красилов, Коломиец, Пойгина, 2020] для дальнейшей публикации на страницах сайта ФИЦ ЕГС РАН [Информация Службы ..., 2022].

Всего Службой срочных донесений во II полугодии 2021 г. определены основные параметры 2502 землетрясений с $m_b=3.1-7.3$, в том числе на территории России и вблизи её границ – 322 землетрясений с $m_b=3.1-6.1$ [Информация Службы ..., 2022]. Как видно из рис. 1, подавляющее число 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 2021 г. для локации землетрясений были использованы 69906 станционных вступлений, в том числе 4067 – по сильным землетрясениям с $m_b \geq 6.0$.

Число наиболее сильных землетрясений Земли с m_b или $M_S \geq 6.0$ во II полугодии 2021 г. составило $N_\Sigma=83$. Их список и параметры по данным [Информация Службы ..., 2022] приведены в табл. 1.

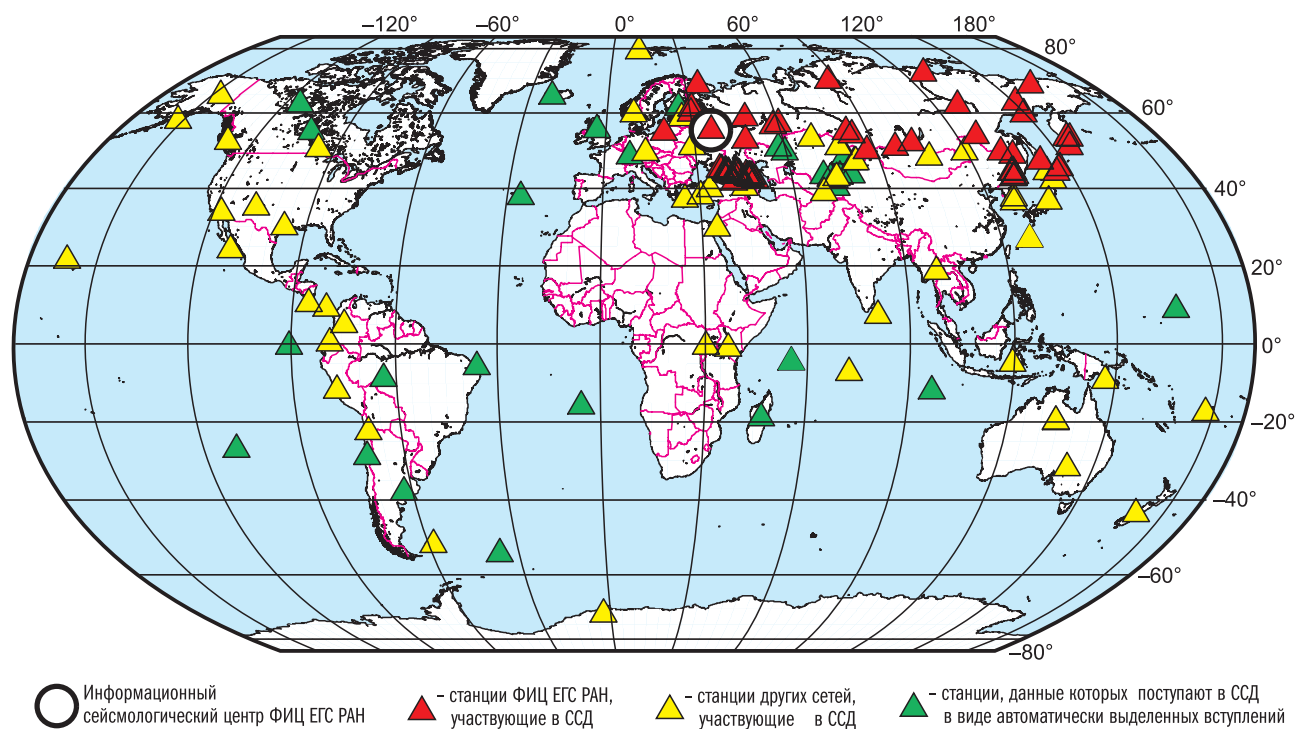


Рис. 1. Сейсмические станции мира, данные которых поступали в ССД в II полугодии 2021 г. в режиме, близком к реальному времени

Таблица 1. Список сильных землетрясений Земли с $m_b(MS) \geq 6.0$ во II полугодии 2021 г.

№	Дата, дд.мм	t_0 , чч.мм.сс	Гипоцентр			Магнитуды			Географический регион по [Young et al., 1996]
			φ , °	λ , °	h , км	m_b/n	MS/n	MS^p	
1	02.07	20:14:38	-21.84	-179.31	610	6.0/24		6.2	Район Фиджи
2	08.07	22:49:47	38.42	-119.57	10	6.0/36	5.7/18		Калифорния-Невада погр. область
3	09.07	13:31:09	0.12	123.62	130	6.3/30			6.4 Полуостров Минахасса (Целебес)
4	10.07	00:43:57	2.87	126.52	70	6.1/29			6.1 Молуккский пролив
5*	10.07	02:14:45	38.95	70.68	33	6.2/38	5.9/28		Афганистан-Таджикистан погр. область
6	17.07	20:56:11	6.97	-82.52	10	6.1/13	5.8/18		Южнее Панамы
7	21.07	21:15:15	7.63	-82.78	10	6.2/21	6.6/24		Южнее Панамы
8	23.07	20:48:58	13.66	120.85	130	6.6/53			6.8 Миндоро
9	24.07	12:51:28	-30.08	-176.86	10	5.9/17	6.1/23		Район островов Кермадек
10	26.07	12:09:05	-0.72	121.98	10	6.3/44	5.8/34		Полуостров Минахасса (Целебес)
11*	29.07	06:15:45	55.54	-158.11	15	7.3/55	8.0/46		8.2 Полуостров Аляска
12	29.07	06:23:28	55.70	-157.81	15	6.6/23			6.8 Полуостров Аляска
13	29.07	06:32:34	55.43	-156.98	15	6.2/38			6.2 Южнее Аляски
14	30.07	17:10:19	-4.95	-80.74	33	6.4/9	5.8/24		Перу-Эквадор погр. область
15	02.08	22:48:49	-3.20	100.30	10	6.2/47	6.0/39		Южная Суматра
16	03.08	03:43:53	9.28	94.03	10	6.0/32			5.9 Район Никобарских островов
17	04.08	21:50:46	24.78	122.36	10	6.0/51	5.9/29		Район Тайваня
18	06.08	11:08:17	-6.07	104.68	50	6.1/36			6.1 Зондский пролив
19	06.08	19:22:03	-59.60	-26.20	33	6.0/6	5.6/15		Район Южных Сандвичевых островов
20	11.08	17:46:12	6.58	126.73	50	6.6/43	6.8/42		Минданао
21*	12.08	18:32:52	-57.59	-25.28	50	6.1/7	7.5/12		Район Южных Сандвичевых островов
22*	12.08	18:35:18	-58.48	-25.26	30	6.3/93	7.8/13		8.3 Район Южных Сандвичевых островов
23	12.08	19:43:48	-59.87	-26.32	60	6.0/7			5.9 Район Южных Сандвичевых островов
24	12.08	19:44:54	-59.83	-26.12	60	6.1/7			6.1 Район Южных Сандвичевых островов
25	13.08	15:08:33	13.69	120.78	150	6.0/46			5.9 Миндоро
26*	14.08	11:57:43	55.32	-157.89	20	6.7/48	7.2/25		Полуостров Аляска
27*	14.08	12:29:10	18.44	-73.41	10	7.1/20	7.3/21		Район Гаити
28	16.08	05:46:23	-56.98	-25.49	60	6.0/7			5.9 Район Южных Сандвичевых островов
29	16.08	11:10:35	-58.40	-23.35	10	6.5/8	6.7/27		Район Южных Сандвичевых островов
30	18.08	10:10:05	-14.96	167.24	100	6.6/31	6.3/36		6.9 Вануату (Новые Гебриды)
31	22.08	00:45:06	-60.21	-24.50	10	6.5/10	6.7/17		Район Южных Сандвичевых островов
32	22.08	21:33:19	-60.36	-24.56	10	6.8/5	6.7/27		Район Южных Сандвичевых островов
33	31.08	02:52:49	-29.90	-177.50	10	6.6/23	6.4/37		Острова Кермадек
34*	08.09	01:47:46	17.06	-99.68	10	6.6/25	7.2/29		Герреро, Мексика
35*	15.09	20:33:34	29.27	105.35	20	6.2/50	5.2/36		Провинция Сычуань
36*	20.09	20:25:28	46.33	152.56	55	6.1/28	5.9/37		Курильские острова
37	22.09	09:57:11	12.41	-87.30	65	6.0/12	6.3/26		Побережье Никарагуа
38	24.09	11:52:31	51.31	-179.01	40	6.3/35	6.0/31		Андреяновские острова
39*	27.09	06:17:21	35.27	25.11	10	6.1/35	5.7/31		Крит
40	29.09	08:37:05	38.88	135.50	370	6.1/30			6.1 Японское море
41	02.10	06:29:18	-21.11	174.93	540	6.4/29			6.9 Район Вануату (Новые Гебриды)
42	04.10	02:39:27	32.29	49.74	10	6.0/40	5.5/30		Западный Иран
43	04.10	03:54:06	-60.64	-27.62	10	6.2/8	6.0/24		Район Южных Сандвичевых островов

№	Дата, дд.мм	t_0 , чч.мм.сс	Гипоцентр			Магнитуды			Географический регион по [Young et al., 1996]
			φ , °	λ , °	h , км	m_b/n	MS/n	MS^p	
44	05.10	17:46:03	40.10	142.24	60	6.3/42	5.4/28	Восточное побережье Хонсю	
45*	06.10	22:01:10	30.31	68.05	10	6.0/46	5.9/32	Пакистан	
46	07.10	13:41:23	35.58	140.14	60	6.3/34		6.4 Восточное побережье Хонсю	
47	09.10	10:58:30	-21.14	174.54	520	6.8/19		7.7 Район Вануату (Новые Гебриды)	
48	10.10	00:20:40	-11.75	-71.53	10	6.0/9		5.9 Перу	
49	10.10	21:48:34	18.90	-155.59	10	6.0/32	5.4/36	Гавайские острова	
50*	11.10	09:10:22	56.31	-156.67	50	7.2/49	6.7/41	Полуостров Аляска	
51*	12.10	09:24:04	35.06	26.38	10	6.4/47	6.2/56	Крит	
52	14.10	15:16:31	1.19	126.09	60	6.1/50		6.1 Молуккский пролив	
53	15.10	02:44:56	-8.79	158.39	10	6.4/33	6.0/42	Соломоновы острова	
54	19.10	05:32:36	34.80	28.25	60	6.1/27		6.1 Восток Средиземного моря	
55	21.10	08:10:44	-25.28	179.67	500	6.0/21		6.2 Южнее Фиджи	
56	21.10	08:36:47	32.12	138.29	340	6.0/44		5.9 Южнее Хонсю	
57	24.10	05:11:33	24.42	121.99	70	6.4/36	5.6/28	Тайвань	
58	01.11	00:02:50	-58.11	-25.06	33	6.1/4	5.8/24	Район Южных Сандвичевых островов	
59	02.11	16:43:53	-6.94	130.52	100	6.3/39		6.4 Море Банда	
60	06.11	14:37:38	-0.10	124.18	70	6.1/37		6.1 Молуккское море	
61	09.11	06:25:15	11.19	-86.68	33	5.9/16	6.2/15	Побережье Никарагуа	
62	10.11	15:45:13	23.54	126.55	10	6.5/40	6.5/38	Район островов Рюкю	
63*	14.11	12:07:03	27.65	56.27	10	6.3/43		6.4 Южный Иран	
64*	14.11	12:08:38	27.70	56.20	10	6.6/40	6.4/35	Южный Иран	
65	18.11	14:08:04	-5.21	153.62	33	6.4/33	6.0/35	Район Новой Ирландии	
66	25.11	12:04:09	-10.74	166.34	33	6.2/28	6.1/37	Острова Санта-Крус	
67	25.11	23:45:40	22.78	93.56	33	6.2/51	5.6/44	Мьянма-Индия погр. область	
68*	28.11	10:52:14	-4.45	-76.85	110	6.9/9	6.6/30	7.2 Северное Перу	
69	29.11	12:40:45	31.22	142.47	10	6.6/47	6.2/50	Южнее Хонсю	
70	30.11	10:36:19	-3.56	151.01	10	6.2/29	6.1/29	Район Новой Ирландии	
71	03.12	08:33:36	-60.45	-27.61	10	6.0/5	5.9/18	Район Южных Сандвичевых островов	
72	04.12	23:47:57	4.01	128.18	180	6.6/42		6.8 Севернее Джайлоло (Хальмахера)	
73	12.12	08:58:08	-60.49	154.50	10	5.9/4	6.0/26	Западнее острова Маккуори	
74*	14.12	03:20:22	-7.66	122.30	10	6.7/39	7.4/28	Море Флорес	
75	16.12	21:14:45	-60.23	-23.92	10	6.0/7	5.8/26	Район Южных Сандвичевых островов	
76	19.12	16:28:23	-16.38	178.61	10	6.0/24	6.0/28	Фиджи	
77	20.12	03:39:33	-56.74	-24.01	10	6.1/8		6.1 Район Южных Сандвичевых островов	
78	20.12	20:10:19	40.59	-124.55	10	6.0/31	5.7/27	Побережье Северной Калифорнии	
79	21.12	22:42:14	60.25	-153.44	150	6.0/46		5.9 Южная Аляска	
80	22.12	05:51:50	-57.67	-25.10	33	6.1/5	5.6/20	Район Южных Сандвичевых островов	
81	25.12	12:39:08	-17.05	-173.59	10	6.0/21		5.9 Тонга	
82	29.12	05:08:10	34.93	25.06	70	6.1/29		6.1 Крит	
83	29.12	18:25:51	-7.64	127.77	170	7.0/45		7.4 Море Банда	

Примечание: в графе «№» знак «*» указывает на наличие для данного землетрясения Информационного сообщения [Информационные сообщения ..., 2022]; в графах « m_b/n » и « MS/n » приведены соответствующие магнитуды/количество станций по инструментальным данным, в графе « MS^p » указаны расчётные значения MS , полученные по формулам (1), (2) и (3) при отсутствии прямых определений этих магнитуд по инструментальным данным.

Во II полугодии 2021 г. ССД зарегистрировала 59 землетрясений с $m_b=3.6-6.1$, ощущавшихся на территории Российской Федерации.

Сведения об этих событиях из [Информация Службы ..., 2022] приведены в табл. 2.

Таблица 2. Список ощутимых землетрясений на территории России во II полугодии 2021 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_b	MS (MS^F)		
1	01.07 00:10:54	44.48	148.31	33	3.8	(2.7)	Курильские о-ва	Рейдово – 2–3 балла
2	05.07 07:36:38	56.79	118.30	10	4.1	(3.1)	Восточное оз. Байкал	Новая Чара – 3 балла
3	13.07 00:30:18	46.20	151.61	60	5.7	5.5	Курильские о-ва	Горный – 3 балла; Курильск, Рейдово, Южно-Курильск – 2–3 балла
4	13.07 02:28:59	52.54	160.22	50	5.7	(5.5)	У восточного поб-я Камчатки	Петропавловск-Камчатский – 2–3 балла
5	13.07 03:22:11	44.54	148.40	70	4.0	(3.0)	Курильские о-ва	Горный – 2–3 балла
6	14.07 02:42:57	52.59	160.36	10	5.2	(4.7)	У восточного поб-я Камчатки	Петропавловск-Камчатский – 2–3 балла
7	19.07 22:06:47	55.94	113.50	10	4.7	3.8	Восточное оз. Байкал	Северомуйск – 3–4 балла
8	22.07 01:12:51	49.43	107.21	10	4.2	(3.3)	Россия–Монголия погр. обл.	Кяхта – 3 балла
9	26.07 14:51:11	44.48	148.46	90	4.8	(4.1)	Курильские о-ва	Малокурильское – 3 балла
10	26.07 16:11:23	53.05	158.59	150	4.8	(4.1)	Восточное поб-е Камчатки	Петропавловск-Камчатский – 2–3 балла
11*	28.07 00:41:27	42.68	46.61	30	4.7	(4.0)	Восточный Кавказ	Сиух, Хунзах – 4 балла; Хасавюрт, Гуниб, Ботлих, Арагани, Дылым, Ругуджа – 3–4 балла; Тарки, Кяхулай, Буйнакск, Кака-Шура, Куяда – 3 балла; Грозный, Каспийск, Махачкала, Шатой, Ножай-Юрт, Шали, Гудермес, Ахты, Хырдалан – 2–3 балла
12	02.08 03:28:59	44.14	148.42	33	5.5	(5.2)	Курильские о-ва	Малокурильское – 3 балла; Южно-Курильск – 2 балла
13	08.08 09:37:33	43.15	146.38	80	4.7	(4.0)	Курильские о-ва	Малокурильское – 2–3 балла; Южно-Курильск – 2 балла
14	10.08 12:04:50	52.75	107.90	10	3.9	(2.8)	Район оз. Байкал	Гремячинск – 4 балла; Куйтун – 3 балла; Улан-Удэ, Каменск – 2–3 балла
15*	12.08 20:41:58	54.33	86.99	15	5.0	(4.4)	Центральная Россия	Большая Талда, Прокопьевск – 4 балла; Новокузнецк – 3 балла; Кемерово – 2 балла
16	18.08 08:29:41	56.11	118.48	10	4.1	(3.1)	Восточное оз. Байкал	Новая Чара – 3 балла
17	22.08 20:36:57	51.66	100.42	10	4.5	(3.7)	Россия–Монголия погр. обл.	Монды – 4 балла; Ангарск, Шумак – 3–4 балла; Орлик, Белореченский, Усолье-Сибирское, Сосновка, Шелехов, Иркутск – 3 балла; Черемхово – 2–3 балла; Чистые Ключи – 2 балла
18	24.08 03:50:41	44.50	147.72	115	4.9	(4.3)	Курильские о-ва	Южно-Курильск – 2–3 балла; Рейдово – 2 балла
19*	31.08 05:24:33	55.95	113.52	10	5.3	(4.9)	Восточное оз. Байкал	Северомуйск – 4–5 баллов; Таксимо – 4 балла; Кумора, Бодайбо, Мамакан, Артёмовский – 3–4 балла; Улонхан – 3 балла; Усть-Кут – 2–3 балла
20*	03.09 03:34:49	42.22	46.04	10	4.8	(4.1)	Восточный Кавказ	Бежта, Кидеро – 4–5 баллов; Глярата – 4 балла; Хунзах – 3 балла; Махачкала, Ботлих – 2–3 балла

№	Дата, время дд.мм чч:мм:сс	Гипоцентр			Магнитуды		Географический регион [Young et al., 1996]	Макросейсмические данные
		φ, °N	λ, °E	h, км	m _b	MS (MS ^P)		
21*	06.09 07:47:20	53.24	99.07	10	5.2	4.8	Центральная Россия	Орлик – 4–5 баллов; Зима, Саянск – 4 балла; Иркутск, Нижнеиндустриальный, Ангарск, Свирск, Залари – 3–4 балла; Братск, Байкальск, Железногорск-Илимский – 3 балла
22	06.09 18:13:28	53.16	99.09	10	3.9	(2.8)	Центральная Россия	Саянск, Тулун – 3 балла; Залари, Зима, Иркутск – 2–3 балла; Ангарск – 2 балла
23	14.09 19:57:31	53.86	161.13	40	4.9	(4.3)	У восточного побережья Камчатки	Петропавловск-Камчатский – 2 балла
24	17.09 13:23:59	55.36	111.57	10	4.2	(3.3)	Район оз. Байкал	Кумора – 3–4 балла
25	17.09 16:50:31	44.63	37.57	10	3.7	(2.5)	Западный Кавказ	Абрау-Дюрсо, Новороссийск – 2–3 балла; Анапа – 2 балла
26	18.09 11:17:27	50.64	159.15	75	4.4	(3.6)	Район Курильских островов	Северо-Курильск – 3 балла
27*	20.09 20:25:28	46.33	152.56	55	6.1	5.9	Курильские о-ва	Рейдово, Курильск – 2–3 балла; Горячие Ключи, Южно-Курильск, Малокурильское – 2 балла
28	21.09 19:33:53	43.55	146.29	70	4.5	(3.7)	Курильские о-ва	Южно-Курильск, Горячий Пляж – 3–4 балла; Головино, Малокурильское – 3 балла
29	22.09 17:01:26	56.32	117.70	10	5.5	4.9	Восточнее оз. Байкал	Новая Чара, Таксимо – 4 балла; Мамакан – 3–4 балла; Бодайбо, Верхняя Хила – 3 балла; Чита – 2 балла
30	23.09 17:05:27	56.43	117.72	10	4.6	(3.9)	Восточнее оз. Байкал	Новая Чара – 3–4 балла
31	28.09 00:50:23	51.64	106.33	10	3.7	(2.5)	Район оз. Байкал	Бабушкин – 3–4 балла
32	05.10 17:46:03	40.10	142.24	60	6.3	5.4	Восточное побережье Хонсю	Южно-Курильск – 2–3 балла
33	06.10 02:55:31	43.25	146.83	70	4.7	(4.0)	Курильские о-ва	Малокурильское, Южно-Курильск – 3 балла
34	06.10 13:06:13	49.58	155.85	95	5.1	(4.6)	Курильские о-ва	Северо-Курильск – 3–4 балла
35	06.10 14:30:38	52.71	159.58	60	4.7	(4.0)	У восточного побережья Камчатки	Петропавловск-Камчатский – 2–3 балла
36	13.10 11:22:46	44.03	146.61	100	4.5	(3.7)	Курильские о-ва	Малокурильское – 3 балла
37	16.10 02:02:13	45.80	149.35	145	5.3	(4.9)	Курильские о-ва	Малокурильское – 2–3 балла; Рейдово, Южно-Курильск – 2 балла
38	17.10 12:05:18	49.15	156.11	60	5.2	(4.7)	Курильские о-ва	Северо-Курильск – 3 балла
39	18.10 08:24:31	53.93	158.76	180	5.6	(5.3)	Восточное побережье Камчатки	Петропавловск-Камчатский – 2–3 балла
40*	20.10 04:45:42	43.09	45.53	10	4.9	(4.3)	Восточный Кавказ	Алхан-Юрт, Гойты – 5 баллов; Урус-Мартан, Алхан-Кала, Октябрьское, Алхазурово, Гой-Чу – 4–5 баллов; в Мартан-Чу, Гехи, Хамби-Ирза, Красностепновское, Андреевская Долина, Грозный, Пригородное, Гикало, Дуба-Юрт, Лаха-Варанды, Чири-Юрт, Старые Атаги, Чишки, Дачу-Борзой – 4 балла; Шалажи, Гехи-Чу, Рошни-Чу, Танги-Чу, Валерик, Первомайская – 3–4 балла; Нальчик, Ачхой-Мартан, Шатой, Катар-Юрт, Радужное, Долинский, Аргун, Мескер-Юрт, Белгатой, Шали, Автуры, Гудаури (Грузия) – 3 балла

№	Дата, время дд.мм чч.мм:сс	Гипоцентр			Магнитуды		Географический регион [Young et al., 1996]	Макросейсмические данные
		φ, °N	λ, °E	h, км	m _b	MS (MS ^P)		
41*	22.10 23:03:04	51.60	91.51	10	5.2	(4.7)	Центральная Россия	Чадан – 4 балла; Абакан, Калинин, Минусинск, Саяногорск – 3 балла; Кызыл-Мажалык – 2–3 балла
42	25.10 23:39:22	49.87	155.84	70	4.8	(4.1)	Курильские о-ва	Северо-Курильск – 3 балла
43	26.10 07:05:52	55.97	113.40	10	4.6	(3.9)	Восточнее оз. Байкал	Северомуйск – 2–3 балла
44	27.10 02:42:32	57.97	153.11	10	5.4	(5.0)	Охотское море	Магадан – 3 балла
45	31.10 12:18:06	54.89	165.79	40	4.7	(4.0)	Район Командорских о-вов	Никольское – 3–4 балла
46	05.11 15:27:12	49.93	157.09	80	4.9	(4.3)	Район Курильских о-вов	Северо-Курильск – 3 балла
47	07.11 15:15:37	43.06	47.49	5	3.6	(2.4)	Восточный Кавказ	Махачкала – 2–3 балла
48	28.11 20:33:21	43.30	146.54	55	4.6	(3.9)	Курильские о-ва	Горячий Пляж, Южно-Курильск – 2–3 балла
49	02.12 23:22:56	42.99	47.06	5	4.2	(3.3)	Восточный Кавказ	Махачкала – 2–3 балла
50	08.12 13:53:40	56.75	118.39	10	4.0	(3.0)	Восточнее оз. Байкал	Новая Чара – 3 балла
51	11.12 21:34:14	43.28	146.45	50	4.8	(4.1)	Курильские о-ва	Малокурильское – 3 балла; Горячий Пляж, Южно-Курильск – 2–3 балла
52	12.12 03:56:10	44.61	148.46	70	4.7	(4.0)	Курильские о-ва	Горный – 3 балла; Южно-Курильск, Рейдово – 2–3 балла
53	12.12 18:20:26	50.26	157.10	80	4.5	(3.7)	Курильские о-ва	Северо-Курильск – 4 балла
54	13.12 02:48:25	63.36	153.93	10	4.2	(3.3)	Восточная Сибирь	Сеймчан – 2 балла
55	14.12 21:22:13	44.46	148.32	33	4.2	(3.3)	Курильские о-ва	Горный – 2 балла
56	15.12 03:08:20	51.74	105.26	10	4.0	(3.0)	Район оз. Байкал	Иркутск – 3 балла; Ангарск – 2–3 балла
57*	15.12 13:44:52	51.76	105.34	10	4.9	(4.3)	Район оз. Байкал	Танхой – 5 баллов; Бабушкин – 4–5 баллов; Иркутск, Баклаши, Ангарск, Кяхта, Слюдянка, Сотниково – 4 балла; Закаменск, Петровск-Забайкальский, Шелехов, Маркова, Оса, Зырянск, Грановщина, Залари, Улан-Удэ – 3–4 балла; Тьрган, Каменск, Братск, Шигаево, Михайловка – 3 балла; Шумак – 2–3 балла
58	21.12 02:53:15	43.82	145.90	100	5.4	(5.0)	Район Хоккайдо	Южно-Курильск, Горячий Пляж, Менделеево, Головнино – 4 балла; Курильск, Малокурильское – 3 балла
59	30.12 19:39:31	50.55	156.75	70	4.3	(3.4)	Курильские о-ва	Северо-Курильск – 2–3 балла














Примечание: в графе «№» знак «*» указывает на наличие для данных землетрясений Информационного сообщения [Информационные сообщения ..., 2022], в графе «MS» в скобках указана расчётная магнитуда MS^P.

Значительная часть ощутимых землетрясений локализована в районе Курильских островов – 25 событий с $m_b=3.8–6.1$ (табл. 2). В пограничной области Монголии с Россией продолжилась афтершоковая активность Хубсугульского землетрясения [Еманов и др., 2021], один из толчков ощущался на территории России (№ 17 в табл. 2). Ещё одно ощущавшееся в населённых пунктах России землетрясение (№ 58 в табл. 2) зарегистрировано в районе острова Хоккайдо.

Как следует из табл. 2, 47 ощутимых землетрясений реализовались в Дальневосточном округе и вблизи его границ, ещё шесть произошли в Сибирском округе, пять – в Северо-Кавказском и одно – в Южном округах.

Во II полугодии 2021 г. Службой срочных донесений были составлены и опубликованы на сайте ФИЦ ЕГС РАН 25 Информационных сообщения о 27 землетрясениях, отмеченных звёздочкой в табл. 1 и 2 [Информационные сообщения ..., 2022]. Для 22 событий с использованием знаков первых вступлений продольных волн и программы А.В. Ландера [Ландер, 2018] определены механизмы очагов, которые приведены в табл. 3. Механизм очага сильнейшего землетрясения 12 августа (№ 22 в табл. 1) рассчитать не удалось из-за наложения записей форшока (№ 21) и основного толчка.

Таблица 3. Параметры механизмов очагов сильных землетрясений за II полугодие 2021 г. по данным ССД

№ 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	$SLIP$	
5		10.07	02:14:45	33	58	62	29	217	11	313	200	62	56	75	42	137	
	11	28.07	00:41:27	30	32	144	42	360	19	252	297	46	20	193	76	134	
11		29.07	06:15:45	15	64	343	5	243	26	151	230	20	76	65	71	95	
21		12.08	18:32:52	50	64	253	5	153	26	61	335	71	85	140	20	76	
26		14.08	11:57:43	20	63	290	9	39	25	133	244	21	117	35	71	80	
27		14.08	12:29:10	10	47	156	297	36	42	20	285	75	52	176	40	156	
	20	03.09	03:34:49	10	38	247	47	34	17	143	278	50	163	19	77	41	
	21	06.09	07:47:20	10	6	285	64	27	25	192	332	68	-165	236	76	-23	
34		08.09	01:47:46	10	64	17	5	117	26	209	310	20	104	115	71	85	
35		15.09	20:33:34	20	74	160	10	288	12	21	282	58	78	124	34	108	
36	27	20.09	20:25:28	55	36	146	53	342	8	241	290	59	22	188	71	147	
39		27.09	06:17:21	10	0	135	1	45	89	225	44	45	-92	226	45	-88	
45		06.10	22:01:10	10	55	298	24	68	23	169	298	30	144	60	73	65	

№ 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	
50		11.10	09:10:22	50	25	319	64	153	6	52	3	76	157	98	68	15	
51		12.10	09:24:04	10	38	80	11	342	50	239	220	12	-31	340	84	-101	
	40	20.10	04:45:42	10	84	254	6	71	0	161	66	46	82	257	45	98	
	41	22.10	23:03:04	10	6	308	64	207	25	41	82	68	-15	177	76	-157	
63		14.11	12:07:03	10	77	347	1	82	13	172	81	58	89	264	32	92	
64		14.11	12:08:38	10	50	243	9	141	38	44	86	11	34	322	84	99	
68		28.11	10:52:14	110	12	250	10	342	74	110	326	34	-108	168	58	-78	
74		14.12	03:20:22	10	3	258	78	2	11	167	303	80	-174	212	84	-10	

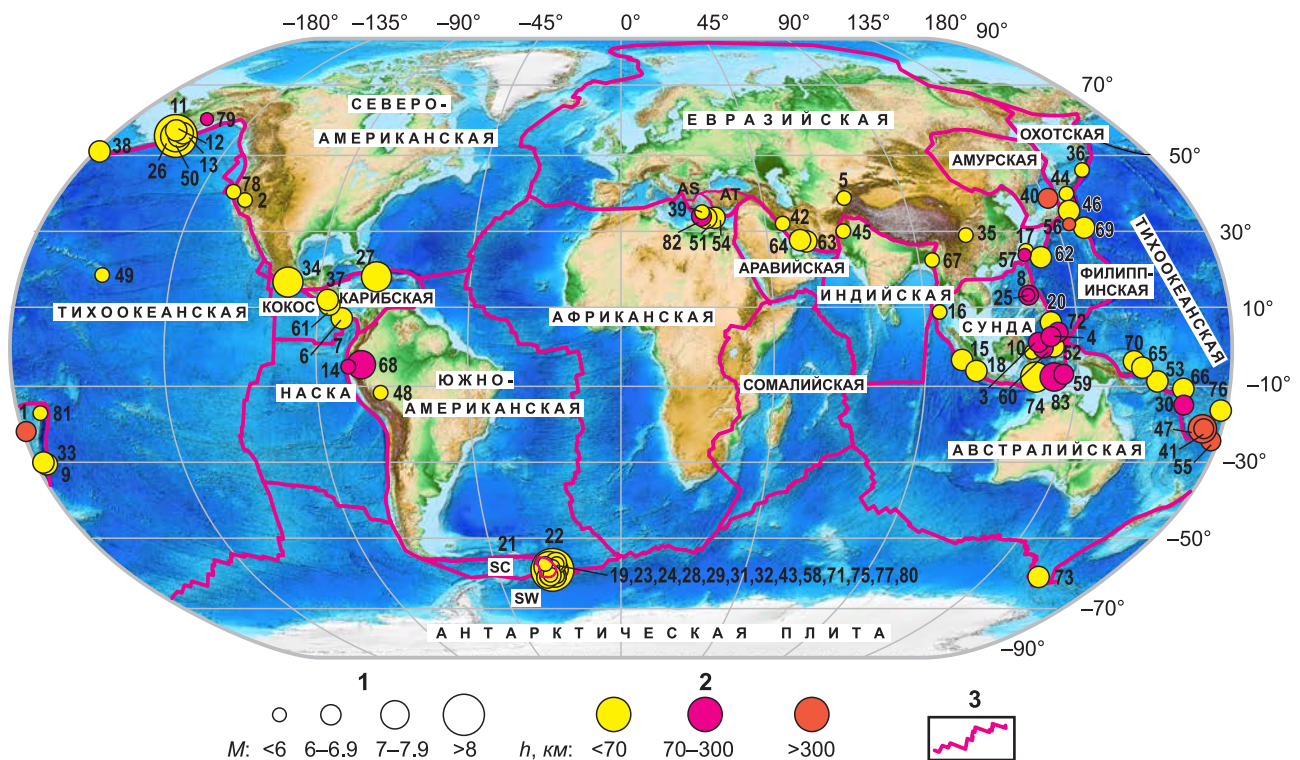


Рис. 2. Карта эпицентров сильных землетрясений Земли (табл. 1) во II полугодии 2021 г. по данным ССД.

1 – магнитуа MS^P , номер рядом с эпицентром соответствует номеру в табл. 1, знак «*» рядом с номером в табл. 1 указывает на наличие Информационного сообщения [Информационные сообщения ..., 2022]; 2 – глубина гипоцентров; 3 – границы тектонических плит Земли (AS – плита Эгейского моря, AT – Анатолийская, SC – Скотия, SW – Сандвичева) согласно [Bird, 2003]

Пространственное и временное распределение сейсмичности

На рис. 2 показано географическое распределение эпицентров землетрясений с $m_b \geq 6.0$ на земном шаре, зарегистрированных ССД во II полугодии 2021 года. Гипоцентры большинства сильных землетрясений Земли приурочены к границам крупнейших тектонических плит Земли, очаги 68 из них находились в пределах земной коры ($h \leq 70$ км). Очаги землетрясений с промежуточной глубиной ($100 \leq h \leq 370$ км, $N=11$) зарегистрированы в зонах субдукции: полуостров Минахасса (Целебес) (№ 3 в табл. 1), Миндоро (№ 8, 25), Вануату (Новые Гебриды) (№ 30), Японское море (№ 40), Южнее Хонсю (№ 56), море Банда (№ 59, 83), Северное Перу (№ 68), севернее Джайлоло (Хальмахера) (№ 72), Южная Аляска (№ 79). Глубокие сильные землетрясения ($500 < h \leq 610$ км, $N=4$) произошли в районе Фиджи (№ 1 в табл. 1), Вануату (Новые Гебриды) (№ 41, 47) и южнее Фиджи (№ 55).

За рассматриваемый период два сильнейших землетрясения Земли (№ 11 и № 22 в табл. 1) с $MS=8.0$ ($Mw=8.2$ [Global ..., 2022]) и $MS=7.8$ ($Mw=8.3$ [Global ..., 2022]) произошли соответственно на границе Тихоокеанской и Североамериканской плит в Тихом океане южнее полуострова Аляска и на границе Южноамериканской, Антарктической плит и плиты Скотия в Атлантическом океане в районе Южных Сандвичевых островов. Сильнейшее землетрясение на территории России (№ 36 в табл. 1, № 27 в табл. 2) с $MS=5.9$ ($Mw=6.2$) реализовалось на границе Тихоокеанской и Охотской плит в Тихом океане восточнее Курильских островов. Наибольшую интенсивность сотрясений в населённых пунктах РФ во II полугодии 2021 г. вызвали землетрясения с $m_b=4.9$ ($MS^P=4.3$) в Чеченской Республике (№ 40 в табл. 2) и в акватории озера Байкал (№ 57 в табл. 2).

На рис. 3 совместно представлены графики распределения в 2010–2021 гг. логарифмов полугодовых значений выделившейся на земном шаре сейсмической энергии (а) и кумулятивной энергии дискретных событий (б). Показанные на рисунке интервалы времени (I, II, III, IV), выделенные ранее [Виноградов и др., 2020; Виноградов и др., 2021а; Виноградов и др., 2021б], различаются темпами генерации сейсмической энергии и, соответственно, скоростью деформационного процесса. Среднее полугодовое значение сейсмической энергии, выделившейся на земном шаре за период 2010–2020 гг., составляло $\sum E_{0.5} = 2.5 \cdot 10^{17}$ Дж (на графике – горизон-

тальная пунктирная линия $\sum E_{0.5} = 17.4$ Дж). В выделенные на рисунке периоды активизации полугодовые значения $\sum E_{0.5}$ в среднем превышали таковые за весь 11-летний период, а в периоды затишья были ниже $2.5 \cdot 10^{17}$ Дж. Как видно из рисунка, периоды активизации длительностью 3.5 года последовательно сменялись 2–2.5-годовыми периодами затишья, последний из которых закончился в прошлом полугодии. Реализовавшиеся землетрясения 29 июля с $Mw=8.2$ на Аляске (№ 11 в табл. 1) и 12 августа с $Mw=8.3$ в районе Южных Сандвичевых островов (№ 22 в табл. 1) формируют, по-видимому, новый период активизации, отмеченный повышенным значением сейсмической энергии $\sum E_{0.5} = 3.84 \cdot 10^{17}$ Дж ($\sum E_{0.5} = 17.6$ Дж на графике), выделившейся во II полугодии 2021 года.

Механизмы очагов и макросейсмические проявления сильных землетрясений земного шара, включая Россию

Параметры сильных землетрясений Земли с $m_b(MS) \geq 6.0$ во II полугодии 2021 г. приведены в табл. 1 и 3.

Первое из двух сильнейших на земном шаре землетрясений с $MS=8.0$ ($Mw=8.2$ [Global ..., 2022]) (№ 11 в табл. 1, 3) произошло 29 июля в $06^h 15^m$ у побережья Аляски (рис. 4). Очаг землетрясения находился на глубине 15 км в 76 км к юго-востоку от г. Перривилла, США. ССД зарегистрировала 23 афтершока с $m_b \geq 4.6$ в течение суток. Землетрясение вызвало небольшую волну цунами. По данным Национального центра предупреждения о цунами США (NOAA), максимальная волна цунами высотой 0.21 м была отмечена в Олд-Харборе и 0.15 м – в Санд-Пойнте [Tsunami message ..., 2021].

Эпицентр землетрясения находится в Аляско-Алеутской зоне субдукции, где сильные землетрясения – не редкость. С 1900 г. в радиусе 250 км от эпицентра события 29 июля 2021 г. произошло восемь землетрясений с магнитудой $MS \geq 7$, в том числе два – в 2020 г.: 22 июля с $MS=7.9$ [Информационное сообщение о сильном ..., 2021с; Виноградов и др., 2021а] в 47 км к юго-западу от события 29 июля 2021 г. и 19 октября с $MS=7.7$ [Информационное сообщение о сильном ..., 2021д] в 148 км к западу–юго-западу от события 29 июля 2021 года. Учитывая пространственную (менее длины очага основного толчка с $Mw=8.2$) и временную (около года) близость этих двух событий к землетрясению 29 июля 2021 г., их можно считать форшоками землетрясения 29 июля 2021 года.

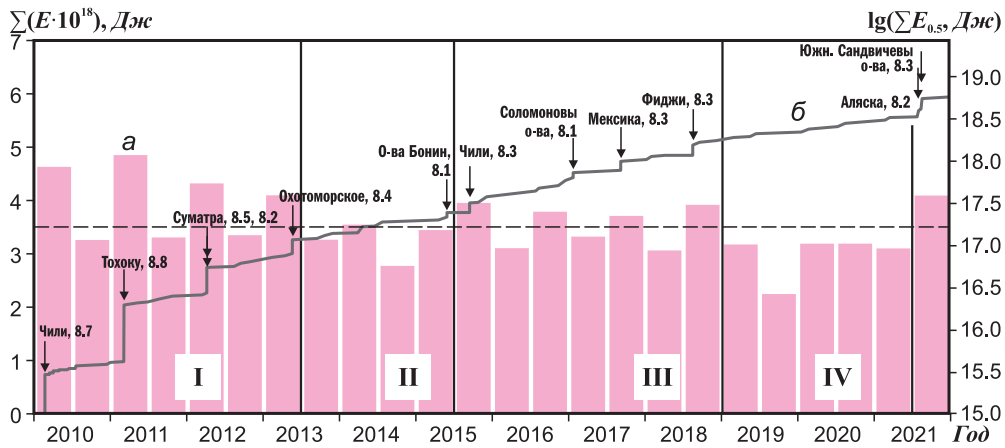


Рис. 3. Распределение за период 2010–2021 гг. логарифмов полугодовых значений суммарной сейсмической энергии $\Sigma E_{0,5}$, выделившейся при землетрясениях земного шара (а), и кумулятивный график энергии дискретных событий ΣE (б).

Стрелками показаны землетрясения с магнитудами $MS (M_w) > 8$, пунктиром – среднее полугодовое значение сейсмической энергии за период 2010–2020 гг., вертикальные линии разделяют периоды с различными темпами выделения сейсмической энергии

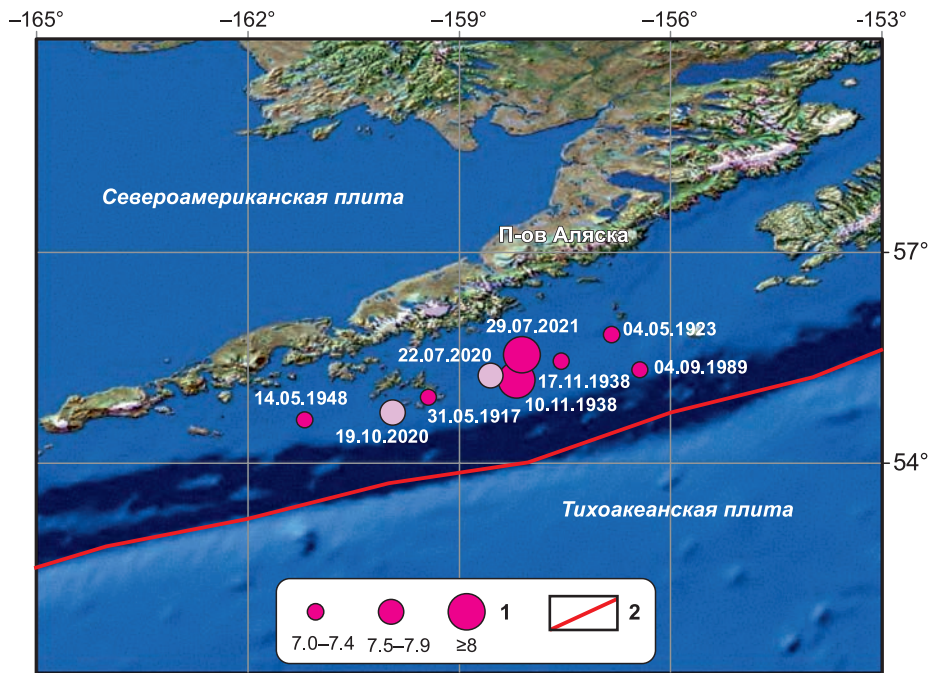


Рис. 4. Сейсмичность на уровне $MS > 7.0$ в радиусе 250 км от эпицентра землетрясения 21 июля 2021 г. с 1900 по 2021 год.

1 – магнитуда MS ; 2 – граница Североамериканской и Тихоокеанской плит. Розовыми кружками показаны возможные форшоки Аляскинского землетрясения 21 июля 2021 г.

Самым крупным в этом районе было землетрясение $MS=8.2$ 10 ноября 1938 г., которое вызвало небольшое цунами вблизи очаговой зоны и на Гавайях [Historic Earthquakes ..., 2022]. Отметим, что очаговые зоны землетрясений 10 ноября 1938 г. и 29 июля 2021 г. относятся к одному участку Аляско-Алеутской зоны субдукции и пространственно перекрываются (рис. 4).

Механизм очага землетрясения 29 июля (№ 11 в табл. 3) рассчитан по знакам первых вступлений продольных волн на 99 станциях, из них на 84 станциях зарегистрированы волны сжатия (знаки плюс), на 15 станциях – растяжения (знаки минус). Станции расположены в интервале эпицентральных расстояний $3.6-99.6^\circ$ и в азимутальном створе $2-358^\circ$. Землетрясение

возникло под действием незначительного прева-
лирования напряжений сжатия, ориентированных
на юг–юго-восток ($AZ=151^\circ$). Одна из плоскостей
 $NP1$ простирается на юго-запад ($STK=230^\circ$), другая
 $NP2$ – на восток–северо-восток ($STK=65^\circ$). Пло-
скость $NP1$ залегает более полого ($DP=20^\circ$) отно-
сительно $NP2$ ($DP=71^\circ$). Тип движения по $NP1$ – над-
виг, по $NP2$ – взброс. Сейсмический момент зем-
летрясения, полученный по спектрам продольных
волн на станции «Обнинск» ($\Delta=68.89^\circ$), состав-
ляет $M_0=7.131 \cdot 10^{20}$ Н·м, $M_w=7.9$, на станции «Талая»
($\Delta=53.59^\circ$) составляет $M_0=8.739 \cdot 10^{20}$ Н·м, $M_w=7.9$.

Принимая во внимание близость очага зем-
летрясения 29 июля к проходящей по Алеутско-
му жёлобу границе Североамериканской и Тихо-
океанской плит, небольшую глубину гипоцентра
и пологое падение на северо-запад плоскости
разрыва $NP1$ механизма очага, совпадающее
с направлением погружения Тихоокеанской
плиты под Североамериканскую, мы принимаем
в качестве подвижки в очаге надвиг (поддвиг) по
плоскости разрыва $NP1$. Таким образом, зем-
летрясение 29 июля 2021 г. является межплитовым
и субдукционным.

Второе сильнейшее на земном шаре земле-
трясение с $MS=7.8$ ($M_w=8.3$ [Global ..., 2022])
(№ 22 в табл. 1) произошло 12 августа в 18^h35^m
в районе Южных Сандвичевых островов в Атлан-

тическом океане. Событие предвещал сильней-
ший форшок с $MS=7.5$ ($M_w=7.5$ [M 7.5 ..., 2022])
(№ 21 в табл. 1, 3), отмеченный за 2^m26^s до глав-
ного толчка. В течение первого месяца после
главного толчка ССД зарегистрировала в рас-
сматриваемой зоне 115 сейсмических событий
с $m_b \geq 5.1$ (рис. 5), которые далее будем называть
афтершоками, хотя часть из них в силу удалён-
ности может не принадлежать афтершоковой
зоне главного события 12 августа. Большинство
эпицентров афтершоков образуют дугу между
Южными Сандвичевыми островами и восточ-
ной границей Сандвичевой микроплиты, явля-
ющейся частью более крупной «малой плиты»
Скотия [Bird, 2003] (рис. 5). Граница контакта
микроплиты на западе с плитой Скотия прак-
тически асейсмична (рис. 5). Вертикальный раз-
рез облака афтершоков по долготе за период
с 12.08.2021 г. по 30.12.2021 г. (рис. 6а) показы-
вает, что оно погружается под Сандвичеву микро-
плиту от её восточной границы с Южноамери-
канской плитой на запад. Менее чётко на рис. 6б
прослеживается погружение гипоцентров от
северной границы плиты на юг в диапазоне глу-
бин 40–100 км. С тектонической точки зрения
это согласуется с движением Южноамерикан-
ской плиты на запад и её поддвигом под плиту
Скотия и Сандвичеву микроплиту.

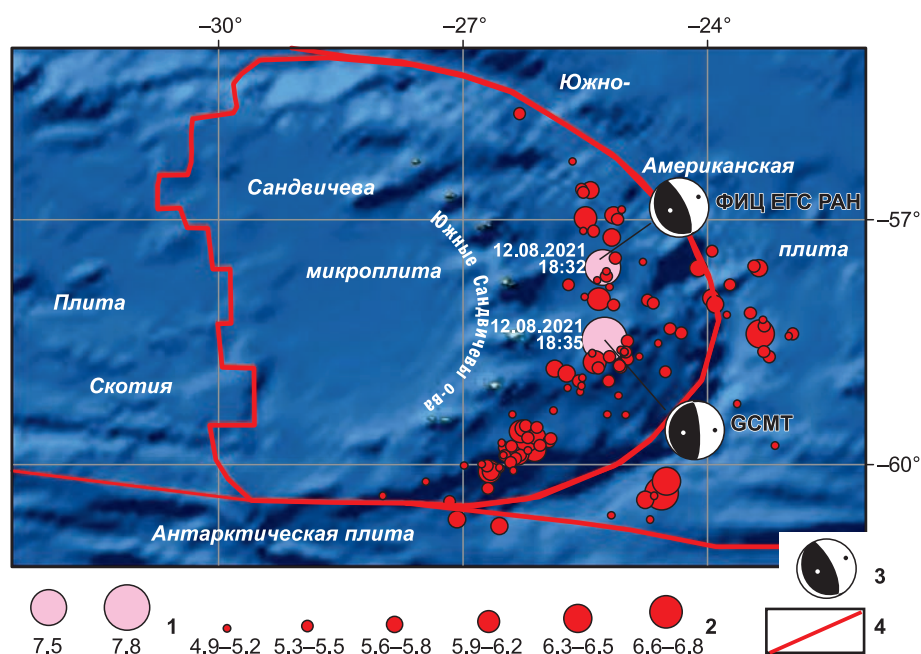


Рис. 5. Карта эпицентров землетрясения 12.08.2021 г. с $MS=7.8$ ($M_w=8.3$), его форшока и афтершоков в течение месяца после главного толчка. Границы плит приведены согласно [Bird, 2003].

1 – магнитуа MS форшока (7.5) и главного толчка (7.8); 2 – магнитуа афтершоков m_b ; 3 – механизм очага в проекции на нижней полусфере (зачернены области сжатия) по данным ФИЦ ЕГС РАН (табл. 3) для форшока и по данным GCMT [Global ..., 2022] для главного толчка; 4 – границы плит

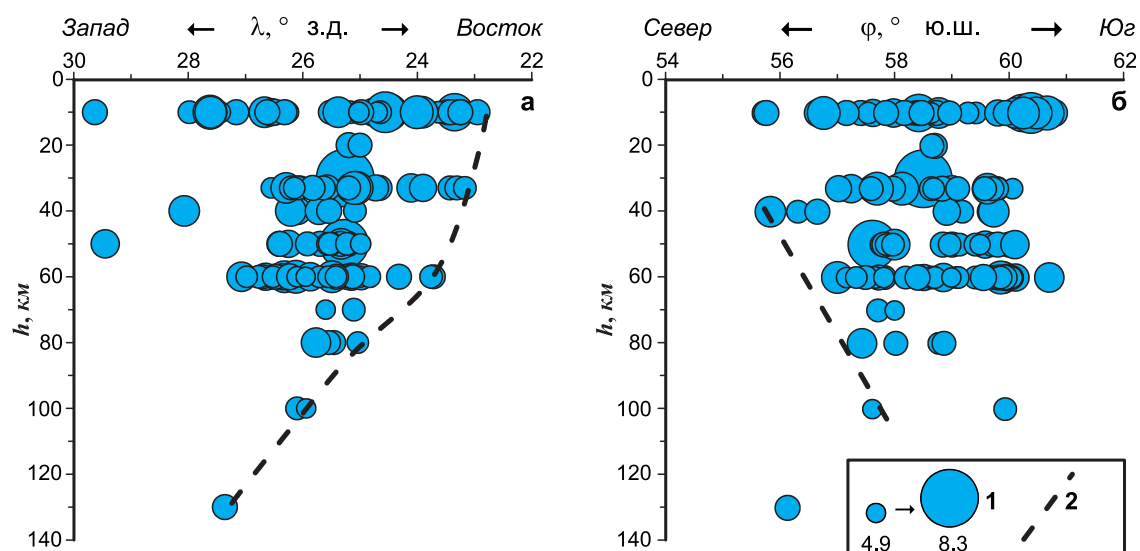


Рис. 6. Вертикальные разрезы сейсмичности в районе Южных Сандвичевых островов с 12.08.2021 г. по 30.12.2021 г. в проекции на долготу (а) и широту (б).

1 – гипоцентр землетрясения, пропорциональный магнитуде в диапазоне $M=4.9-8.3$; 2 – возможные границы контакта Сандвичевой микроплиты на востоке (а) и севере (б) с погружающейся Южноамериканской плитой

Из-за близости во времени и наложения записей сейсмических волн двух крупных землетрясений (№ 21 и 22 в табл. 1), являющихся соответственно форшоком и основным толчком, механизм очага главного толчка (№ 22) в ССД определить не удалось, поэтому в [Информационное сообщение о сильных ..., 2022] по данным ССД публикуется только механизм очага форшока (№ 21 в табл. 1, 3). Он рассчитан по знакам первых вступлений продольных волн на 35 станциях, из них на 20 станциях зарегистрированы волны сжатия (знаки плюс), на 15 станциях – растяжения (знаки минус). Станции расположены в интервале эпицентральных расстояний $7.1-98.7^\circ$ и в азимутальном створе $AZ=8-327.3^\circ$. Механизм очага в стереографической проекции на нижней полусфере и элементы механизма представлены в табл. 3. Землетрясение возникло под действием незначительного превалирования напряжений сжатия, ориентированных на восток–северо-восток ($AZ=61-73^\circ$). Одна из плоскостей ($NP1$) простирается на север–северо-запад ($STK=323-344^\circ$), другая ($NP2$) – на юго-восток ($STK=140^\circ$). Плоскость $NP2$ залегает более полого ($DP=11-26^\circ$) относительно плоскости $NP1$ ($DP=68-78^\circ$) и падает на юго-запад. Тип движения по плоскости $NP1$ – взброс, по $NP2$ – надвиг. Учитывая тектоническую обстановку и запад–юго-западное падение облака афтершоков (рис. 6 а, б), принимаем за действующую в очаге форшока плоскость $NP2$ механизма очага,

что согласуется с процессом поддвига Южноамериканской плиты под Сандвичеву микроплиту.

Для главного толчка мы привлекли к анализу механизм очага по данным GCMT [Global ..., 2022], приведённый на рис. 5. Механизмы очагов форшока и главного толчка схожи, но наблюдается разворот обеих возможных плоскостей разрыва по часовой стрелке. Для главного толчка пологая плоскость ($DP=14^\circ$) простирается субмеридионально ($STK=204^\circ$) и падает на запад–северо-запад, что согласуется с направлением движения Южноамериканской плиты на запад и её погружением под плиты Сандвичеву и Скотия. Разворот плоскости разрыва при главном толчке относительно форшока согласуется с простираем плоскостей механизмов очагов надвигового типа, приведённых в [Bird, 2003] для рассматриваемого района, ориентированных параллельно границе контакта Южноамериканской и Сандвичевой плит, так же, как и в очагах форшока и главного толчка 12 августа 2021 года. Учитывая возможность более глубокого положения очага главного толчка, чем положение его гипоцентра с $h=30$ км по данным ФИЦ ЕГС РАН (табл. 1), например, $h=48$ км по данным NEIC USGS [M 8.1 ..., 2022], мы считаем, что как форшок, так и главный толчок произошли на границе контакта Южноамериканской и Сандвичевой плит и являются межплитовыми.

Отметим, что землетрясение 12 августа 2021 г. стало сильнейшим в районе Южных Сандвичевых

островов за всё время инструментальных сейсмологических наблюдений. За последние 100 лет в радиусе 250 км произошло семь землетрясений с $M > 7$, крупнейшее из которых с $M_w = 7.8$ реализовалось в мае 1964 года. Из-за удалённости от населённых пунктов ни одно из сильнейших землетрясений в этом районе не привело к разрушениям и гибели людей.

Самым катастрофическим в мире в 2021 г. стало землетрясение с $m_b = 7.1$ ($MS = 7.3$, $M_w = 7.2$) (№ 27 в табл. 1 и 3), произошедшее 14 августа в 12^h29^m на глубине 10 км на юго-западе Гаити. ССД зарегистрировала шесть его афтершоков с $m_b = 5.1$ –5.9 в течение 15 часов. По данным ТАСС, в результате землетрясения погибли 2248 человек, ранены более 12 тыс. человек [Число погибших ..., 2021]. Около 53 тысяч зданий в регионе были разрушены полностью, более 83 тысяч зданий – частично. Больше всего пострадал город Ле Ке с населением примерно в 50 тысяч человек. Там были повреждены или полностью разрушены гостиницы, больницы, школы, церкви. Почти тысяча домов превратилась в руины. Подземные толчки ощутили и жители столицы Гаити Порт-о-Пренс более чем в 100 км от эпицентра, а также на Кубе. Эпицентр располагался в 89 км западнее эпицентра катастрофического землетрясения 12 января 2010 г. с $M = 7.2$, когда, по официальным данным, число погибших составило 222570 человек, получивших ранения – 311 тыс. человек, пропавших без вести – 869 человек. Материальный ущерб оценивался в 5.6 млрд. евро [Информационное сообщение о разрушительном ..., 2021].

Механизм очага землетрясения № 27 (табл. 3) рассчитан по знакам первых вступлений продольных волн на 68 станциях, из них на 36 станциях зарегистрированы волны сжатия, на 32 станциях – растяжения. Станции расположены в интервале эпицентральных расстояний 2.2–98° и в азимутальном створе 2–351°. Землетрясение возникло под действием незначительного превалирования напряжений сжатия, ориентированных на север–северо-восток ($AZ = 20^\circ$). Нодальная плоскость $NP1$ простирается на запад ($STK = 285^\circ$), $NP2$ – на юг ($STK = 176^\circ$). Плоскость $NP2$ залегает более полого ($DP = 40^\circ$) относительно $NP1$ ($DP = 75^\circ$), тип движения по $NP1$ – левосторонний сдвиг с компонентой взброса, по $NP2$ – правосторонний сдвиг с компонентой надвига.

Сильнейшее на территории Российской Федерации землетрясение с $m_b = 6.1$ произошло 20 сентября в 20^h25^m с $MS = 5.9$ (№ 36 в табл. 1, 3 и № 27 в табл. 2) в Тихом океане восточнее Курильских островов и по магнитуде является

рядовым событием в данном районе. Очаг находился на глубине 55 км в 84 км к юго-востоку от пос. Китобойный, в 385 км к востоку–северо-востоку от Курильска. Землетрясение ощущалось в Курильске и Рейдово с интенсивностью 2–3 балла, в Южно-Курильске, Малокурильском, Горячих Ключах – 2 балла по ШСИ-17 [ГОСТ ..., 2017]. По ретроспективным данным, землетрясение 20 сентября 2021 г. произошло в очаговой зоне двух сильнейших Симуширских землетрясений с магнитудой $MS = 8.2$ – в 63 км к западу–юго-западу от землетрясения 15 ноября 2006 г. и в 150 км к западу от землетрясения 13 января 2007 г. [Информационное сообщение о сильном ..., 2021a; 2021b].

Механизм очага землетрясения (№ 36 в табл. 3) рассчитан по знакам первых вступлений продольных волн на 73 станциях в интервале эпицентральных расстояний 6.7–84.5° и в азимутальном створе 5–356°, из них на 21 станции зарегистрированы волны сжатия, на 52 станциях – растяжения. Землетрясение возникло под действием незначительного превалирования напряжений сжатия, ориентированных на запад–юго-запад ($AZ = 241^\circ$). Нодальная плоскость $NP1$ имеет запад–северо-западное простираение ($STK = 290^\circ$), плоскость $NP2$ – южное ($STK = 188^\circ$), обе плоскости наклонены к горизонту под близкими углами ($DIP = 59$ –71°). Тип движения по плоскости $NP1$ – левосторонний сдвиг с компонентой взброса, по $NP2$ – правосторонний сдвиг с компонентой взброса. Сейсмический момент землетрясения, полученный по спектрам продольных волн на станции «Обнинск» ($\Delta = 65.44^\circ$), составляет $M_0 = 7.068 \cdot 10^{17}$ Н·м.

Наибольшую интенсивность сотрясений (до 5 баллов) жители России ощутили при двух землетрясениях.

Первое землетрясение с $m_b = 4.9$ ($MS^p = 4.3$) (№ 40 в табл. 2 и 3) произошло 20 октября в 04^h45^m в Чеченской Республике на глубине 10 км, в 4 км к югу–юго-западу от Урус-Мартана, в 17 км к западу от Чири-Юрта и в 27 км к югу–юго-западу от Грозного [Виноградов, Габсатарова, 2021]. Наибольшая интенсивность сотрясений наблюдалась в сёлах Алхан-Юрт и Гойты – 5 баллов по ШСИ-17. Более подробные сведения об осязательности в населённых пунктах представлены в табл. 2. Событие произошло на расстояниях 1–5 км от осязательных землетрясений 12 и 13 декабря 2020 г. с $m_b = 4.7$ и $m_b = 4.8$ соответственно, расположено в районе сочленения южного борта Терско-Каспийского передового прогиба со структурами северного склона Большого Кавказа, в Терско-Сунженской

сейсмогенной зоне, и связано, по нашему мнению, с Датгых-Ахловской погребённой шовно-сдвиговой зоной [Несмеянов, 1996].

Механизм очага землетрясения (№ 40 в табл. 3) рассчитан по знакам первых вступлений продольных волн на 55 станциях, из них на 32 станциях зарегистрированы волны сжатия (знаки плюс), на 23 станциях – растяжения (знаки минус). Станции расположены в интервале эпицентральных расстояний $0.3\text{--}23.5^\circ$ и в азимутальном створе $AZ=7.3\text{--}315.3^\circ$. Землетрясение возникло под действием превалирования напряжений сжатия, ориентированных на юг–юго-восток ($AZ=161^\circ$). Одна из нодальных плоскостей ($NP1$) имеет восток–северо-восточное простирание ($STK=66^\circ$), другая плоскость ($NP2$) имеет запад–юго-западное простирание ($STK=257^\circ$), обе плоскости наклонены к горизонту под близкими углами $DP=45\text{--}46^\circ$. Тип движения по обеим плоскостям – взброс.

Второе землетрясение 15 декабря в $13^{\text{h}}44^{\text{m}}$ с $m_b=4.9$ ($MS^p=4.3$) (№ 57 в табл. 2) произошло в акватории озера Байкал на глубине 10 км, в 27 км к северо-востоку от посёлка Танхой, в 33 км к востоку–юго-востоку от Листвянки и в 91 км к юго-востоку от Иркутска. По данным Байкальского филиала ФИЦ ЕГС РАН [Каталог ..., 2021], наибольшая интенсивность сотрясений на территории РФ, оцениваемая в 5 баллов по шкале ШСИ-17, наблюдалась в посёлке Танхой. Более подробные сведения об ощутимости в населённых пунктах представлены в табл. 2. Эпицентр землетрясения расположен в 61 км к востоку от эпицентра ощутимого землетрясения 6 июля 2020 г. с $m_b=4.3$ и в 112 км к западу–юго-западу от эпицентра ощутимого землетрясения 9 декабря 2020 г. с $m_b=5.3$ в районе озера Байкал.

Выводы

Во II полугодии 2021 г. очаги крупнейших землетрясений земного шара, как и ранее, обнаруживают чёткую приуроченность к зонам контакта крупных тектонических плит Земли, а положение в пространстве и характер сейсмогенных подвижек отвечают основным параметрам сейсмогенерирующих разломов и тенденциям геологических смещений по ним на новейшем и современном этапах тектонического развития.

Анализ темпов выделения сейсмической энергии на земном шаре за период 2010 г. – 2021 г. показал, что выделенная во II полугодии 2021 г. сейсмическая энергия впервые после сейсмического затишья длительностью 2.5 года

превысила средний уровень за 11-летний период (2010–2020 гг.), знаменуя, вероятно, начало нового периода активизации сейсмодеформационных процессов на земном шаре.

Во II полугодии 2021 г. наибольшее количество сейсмической энергии выделилось при двух землетрясениях – 29 июля с $MS=8.0$ ($M_w=8.2$) и 12 августа с $MS=7.8$ ($M_w=8.3$), – произошедших соответственно южнее полуострова Аляска вблизи границы Североамериканской плиты с Тихоокеанской и в районе Южных Сандвичевых островов в зоне контакта Южноамериканской плиты с Сандвичевой микроплитой. Анализ распределения афтершоков, механизмов очагов и тектонической обстановки показал, что оба землетрясения являются межплитовыми. На территории России землетрясений с катастрофическими последствиями не было. Наиболее сильно (5 баллов) ощущались землетрясения с $m_b=4.9$ 20 октября в Чеченской Республике и 15 декабря в акватории озера Байкал.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (в рамках государственного задания № 075-01471-22) и с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира».

Авторы выражают благодарность сотрудникам ФИЦ ЕГС РАН Л.С. Маляновой, 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.
- 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.
- 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
- Виноградов Ю.А., Габсатарова И.П. О необходимости создания региональной сети сейсмических

- станций в Чеченской Республике // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том XI / Под ред. И.А. Керимова, В.А. Широковой, В.Б. Заалишвили, В.И. Черкашина. — М.: ИИЕТ РАН, 2021. — С. 193–199.
- 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
- 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. — 2021б. — Т. 3, № 3. — С. 7–27. doi: 10.35540/2686-7907.2021.3.01
- 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
- ГОСТ Р 57546–2017. Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности. — Введ. 2017-07-19. — М.: Стандартинформ, 2017. — 28 с.
- Еманов А.Ф., Еманов А.А., Чечельницкий В.В., Шевкунова Е.В., Радзиминович Я.Б., Фатеев А.В., Кобелева Е.А., Гладышев Е.А., Арапов В.В., Артёмова А.И., Подкорытова В.Г. Хубсугульское землетрясение 11.01.2021 г. с $M_w=6.7$, $M_L=6.9$ // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Тезисы XV Международной сейсмологической школы / Отв. ред. А.А. Маловичко. — Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2021. — С. 39.
- Информационное сообщение о разрушительном землетрясении на Гаити 12 января 2010 г. // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. — URL: http://www.gsras.ru/cgi-bin/new/info_quake.pl?mode=1&id=141 (дата обращения 14.09.2021).
- Информационное сообщение о сильном землетрясении в центральной части Курильской гряды 13 января 2007 г. // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. — URL: http://www.gsras.ru/cgi-bin/info_quake.pl?mode=1&id=92 (дата обращения 20.09.2021а).
- Информационное сообщение о сильном землетрясении в центральной части Курильской гряды 15 ноября 2006 г. // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. — URL: http://www.gsras.ru/cgi-bin/info_quake.pl?mode=1&id=89 (дата обращения 20.09.2021б).
- Информационное сообщение о сильном землетрясении у побережья Аляски 22 июля 2020 г. // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. — URL: <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/RequestsHandler?cmd=toinfmsg&imid=134> (дата обращения 29.07.2021с).
- Информационное сообщение о сильном землетрясении у побережья Аляски 19 октября 2020 г. // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. — URL: <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/RequestsHandler?cmd=toinfmsg&imid=141> (дата обращения 29.07.2021д).
- Информационное сообщение о сильных землетрясениях в районе Южных Сандвичевых островов 12 августа 2021 г. // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. — URL: <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/RequestsHandler?cmd=toinfmsg&imid=165> (дата обращения 19.01.2022).
- Информационные ресурсы Единой геофизической службы РАН // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. — URL: <http://www.gsras.ru/new/infres/> (дата обращения 10.01.2022).
- Информационные сообщения // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. — URL: <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/> (дата обращения 10.01.2022).
- Информация Службы срочных донесений // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. — URL: <http://www.gsras.ru/new/ssd.htm> (дата обращения 10.01.2022).
- Казахстанский национальный центр данных [сайт]. — URL: <https://www.kndc.kz> (дата обращения 30.12.2021).
- Каталог землетрясений текущего года // Байкальский филиал ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. — URL: <http://www.seis-bykl.ru/modules.php?name=Main&nowear=powear#cat> (дата обращения 30.12.2021).
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

Несмеянов С.А., Лутиков А.И., Шукин Ю.К., Донцова Г.Ю. Сейсмогенерирующие структуры // Комплексная оценка сейсмической опасности территории г. Грозного (Уточнение исходной сейсмичности. Сейсмическое микрорайонирование. Сейсмический риск) / Науч. ред. С.И. Полтавцев. – М.: Минстрой России, 1996. – С. 38–47.

Сейсмологический бюллетень (сеть телесеизмических станций), 2010–2021 // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/ (дата обращения 10.01.2022).

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

Число погибших в результате землетрясения в Гаити возросло до 2248 // ТАСС [сайт]. – URL: https://tass.ru/proisshestiya/12316315 (дата обращения 07.09.2021).

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 11.01.2022).

CSEM EMSC. Earthquake. Latest data contributions [Site]. – URL: https://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php (дата обращения 10.01.2022).

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, 2022.

Gutenberg B., Richter C.F. Magnitude and energy of earthquakes // *Annals of Geophysics*. – 1956. – V. 9, N 1. – P. 1–15.

Historic Earthquakes - 1964 Great Alaska Earthquake // USGS. Earthquake Hazards [Site]. – URL: https://web.archive.org/web/20141011013757/http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/states/events/1964_03_28.php (дата обращения 10.01.2022).

International Seismological Centre (ISC). On-line Bulletin [Site]. – URL: http://www.isc.ac.uk/iscbulletin. – United Kingdom, Thatcham: Internat. Seismol. Centre, 2022. doi: 10.31905/D808B830

M 7.5 - South Sandwich Islands region // USGS. Earthquake Hazards [Site]. – URL: https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000f4ly/executive (дата обращения 17.01.2022).

M 8.1 - South Sandwich Islands region // USGS. Earthquake Hazards [Site]. – URL: https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000f53e/executive (дата обращения 17.01.2022).

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 11.01.2022).

Swiss Seismological Service. SED. Earthquakes [Site]. – 2022. – URL: http://www.seismo.ethz.ch/en/earthquakes/europe/last90daysMag4.5plus/ (дата обращения 11.01.2022).

Tsunami message number 7. NWS National Tsunami Warning Center Palmer AK 129 AM AKDT Thu Jul 29 2021 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.tsunami.gov/events/PAAQ/2021/07/29/qwzdeb/7/WEAK51/WEAK51.txt (дата обращения 30.07.2021).

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, канд. 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

Рыжикова Мария Игоревна, зам. зав. отделом ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия. E-mail: masha@gsras.ru

Пойгина Светлана Германовна, науч. сотр. ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия. ORCID: 0000-0002-0796-6049. E-mail: sveta@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

Коломиец Марина Викторовна, зав. отделом ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия. E-mail: kolmar@gsras.ru

Global earthquakes in the 2021 second half according to the GS RAS

© 2022 Yu.A. Vinogradov, M.I. Ryzhikova, S.G. Poygina,
N.V. Petrova, M.V. Kolomiets

GS RAS, Obninsk, Russia

Received February 3, 2022

Abstract An analysis of the seismicity of the Earth in the 2021 second half at the level of strong earthquakes with magnitudes $m_b \geq 6.0$ according to the Alert Service of the Geophysical Survey RAS are given. Also added information about 59 earthquakes in Russia and adjacent territories, felt in the settlements of the Russian Federation. For 26 strong earthquakes within one or two days after their occurrence, Information messages were publishing; information about the focal mechanisms was calculated and presented. During the period under review, there were two strongest earthquakes on the globe with $MS=8.0$ ($M_w=8.2$) and with $MS=7.8$ ($M_w=8.3$) occurred, respectively, on July 29 off the coast of Alaska and on August 12 in the area of the South Sandwich Islands. The largest loss of life and material damage during the study period was caused by a catastrophic earthquake with $MS=7.3$ ($M_w=7.2$) that occurred on August 14 in the southwest of Haiti. As a result of the earthquake, 2248 people were killed, more than 12 thousand people were injured, 329 people were missing. The strongest earthquake in Russia was on September 20 with $MS=5.9$ ($M_w=6.2$) east of the Kuril Islands. The highest intensity of shaking in Russia (5 points) was caused by earthquakes with $m_b=4.9$ that occurred on October 20 in the Chechen Republic and on December 15 in the water area of Lake Baikal. The global seismic energy released in the 2021 second half remains, as in the previous two years, at a reduced level, relative to the average for the last 11.5 years, which indicates a continuing seismic calm.

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

For citation Vinogradov, Yu.A., Ryzhikova, M.I., Poygina, S.G., Petrova, N.V. & Kolomiets, M.V. (2022). [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: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2022.1.01>

References

- 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.).
- 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.).
- Bird, P. (2003). An updated digital model of plate boundaries. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027. <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.). <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2021.4.05>
- Chislo pogibshikh v rezul'tate zemletriaseniia v Gaiti vozroslo do 2248* [Death toll from Haiti earthquake rises to 2,248]. (2021). TASS, September 7, 2021. Retrieved from: <https://tass.ru/proisshestiya/12316315> (In Russ.).
- Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization. (2022). Retrieved from: <https://www.ctbto.org>
- CSEM EMSC. (2022). Earthquake. Latest data contributions. Retrieved from: <https://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php>
- Emanov, A.F., Emanov, A.A., Chechelnitisky, V.V., Shevkunova, E.V., Radziminovich, Ya.B., Fateev, A.V., Kobeleva, E.A., Gladyshev, E.A., Arapov, V.V., Artemova, A.I., & Podkorytova, V.G. (2021). [Khub-sugul earthquake 11.01.2021, $M_w=6.7$, $ML=6.9$]. In *Sovremennyye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh. Tezisy XV Mezhdunarodnoi seismologicheskoi shkoly. Otv. red. A.A. Malovichko* [Modern methods of processing and interpretation of

- seismological data. Abstracts of the XV International Seismological Workshop. Ed. A.A. Malovichko] (p. 39). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
- Global CMT Web Page. (2022). 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.).
- GS RAS. (2022). Bulletin of Teleseismic Stations, 2010-2020. Retrieved from: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/
- Gutenberg, B., & Richter, C.F. (1956). Magnitude and energy of earthquakes, *Annals of Geophysics*, 9(1), 1-15.
- Information message about a strong earthquakes in the South Sandwich Islands on August 12, 2021. (2022). GS RAS. Retrieved from: <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/RequestsHandler?cmd=toinfmsg&imid=165&lang=en>
- Information message about destructive earthquake in Haiti on January 12, 2010. (2021). GS RAS. Retrieved from: http://www.gsras.ru/cgi-bin/new/info_quakee.pl?mode=1&id=138
- Information message about the strong earthquake in central part of Kuril ridge on November 15, 2006. (2021). GS RAS. Retrieved from: http://www.gsras.ru/cgi-bin/new/info_quakee.pl?mode=1&id=87
- Information message about the strong earthquake near the coast of Alaska on October 19, 2020. (2021). GS RAS. Retrieved from: <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/RequestsHandler?cmd=toinfmsg&imid=141&lang>
- Information message about the strong earthquake off the coast of Alaska on July 22, 2020. (2021). GS RAS. Retrieved from: <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/RequestsHandler?cmd=toinfmsg&imid=134&lang>
- Information messages. (2022). GS RAS. Retrieved from: <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/>
- Information report about the strong earthquake in the central part of Kuril ridge on January, 13, 2007. (2021). GS RAS. Retrieved from: http://www.gsras.ru/cgi-bin/new/info_quakee.pl?mode=1&id=90
- Informatsionnye resursy Edinoi geofizicheskoi sluzhby RAN [Information resources of the GS RAS]. (2022). Retrieved from: <http://www.gsras.ru/new/infres/> (In Russ.).
- International Seismological Centre. (2022). On-line Bulletin. Retrieved from: <https://doi.org/10.31905/D808B830>
- Katalog zemletrjasenij tekushhego goda [Earthquake catalog of the current year]. (2021). BB GS RAS. Retrieved from: <http://www.seis-bykl.ru/modules.php?name=Main&nowear=nowear#cat> (In Russ.).
- Kazakhstan National Data Center. (2021). 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.).
- 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.).
- 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 dannykh. 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.).
- 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.).
- Last Earthquake (by Alert Service). (2022). GS RAS. Retrieved from: http://www.ceme.gsras.ru/new/eng/ssd_news.htm
- Nesmeyanov, S.A., Lutikov, A.I., Shchukin, Yu.K., & Dontsova, G.Yu. (1996). [Seismogenic structures]. In *Kompleksnaia otsenka seismicheskoi opasnosti territorii g. Groznogo (Utochnenie iskhodnoi seismichnosti. Seismicheskoe mikroraionirovanie. Seismicheskii risk). Nauch. red. S.I. Poltavtsev* [Comprehensive assessment of the seismic hazard of the territory of Grozny (Updating the initial seismicity. Seismic microzoning. Seismic risk). Sc. ed. S.I. Poltavtsev] (pp. 38-47). Moscow, Russia: Ministry of Construction of Russia Publ. (In Russ.)
- 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. <https://doi.org/10.1007/s10950-019-09900-8>
- Project IDA. (2022). IDA II Stations. Retrieved from: <https://ida.ucsd.edu/?q=stations>
- Swiss Seismological Service. (2022). SED. Earthquakes. Retrieved from: <http://www.seismo.ethz.ch/en/earthquakes/europe/last90daysMag4.5plus/>
- 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.).

- Tsunami message number 7. (2021). NWS National Tsunami Warning Center Palmer AK 129 AM AKDT Thu Jul 29 2021. Available at: <https://www.tsunami.gov/events/PAAQ/2021/07/29/qwzzeb/7/WEAK51/WEAK51.txt>
- USGS. Earthquake Hazards (2022). Historic Earthquakes - 1964 Great Alaska Earthquake. Retrieved from: https://web.archive.org/web/20141011013757/http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/states/events/1964_03_28.php
- USGS. Earthquake Hazards. (2022). M 7.5 - South Sandwich Islands region. Retrieved from: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000f4ly/executive>
- USGS. Earthquake Hazards. (2022). M 8.1 - South Sandwich Islands region. Retrieved from: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000f53e/executive>
- Vinogradov, Yu.A., & Gabsatarova, I.P. (2021). [On the need to create a regional network of seismic stations in the Chechen Republic]. In *Sovremennye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo Kavkaza. Tom XI. Pod red. I.A. Kerimova, V.A. Shirokovo, V.B. Zaalishvili, V.I. Cherkashina* [Modern problems of geology, geophysics and geoecology of the North Caucasus. Vol. XI. Eds. I.A. Kerimov, V.A. Shirokova, V.B. Zaalishvili, V.I. Cherkashin] (pp. 193-199). Moscow, Russia: IIET RAS Publ. (In Russ.).
- 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.). <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2021.1.01>
- 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.). <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2021.3.01>
- 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.). <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2020.3.01>
- 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, PhD, 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

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

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

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