

УДК 550.348. (100)

## Сильные землетрясения земного шара во II полугодии 2020 г. по данным ФИЦ ЕГС РАН

© 2021 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 01.02.2021 г.

**Аннотация.** Приведены сведения о сейсмичности Земли во II полугодии 2020 г. на уровне сильных землетрясений с магнитудами  $m_b \geq 6.0$  по данным Службы срочных донесений ФИЦ ЕГС РАН. В обзор также включена информация о 54 ощутимых землетрясениях России и пяти землетрясениях сопредельных территорий, ощущавшихся в населённых пунктах Российской Федерации. Два из 67 землетрясений земного шара с  $m_b \geq 6.0$  рассматриваемого периода зарегистрировано на территории России. Для 15 сильных землетрясений в течение одного-двух дней после их реализации были опубликованы Информационные сообщения, для 14 приведены сведения о механизмах очагов. Сильнейшее землетрясение земного шара с  $MS=7.9$  ( $Mw=7.8$ ) произошло 22 июля в районе полуострова Аляска. Самые большие человеческие жертвы и материальный ущерб за исследуемый период принесло катастрофическое внутриплитное землетрясение с  $MS=6.8$  ( $Mw=7.0$ ), произошедшее 30 октября в Эгейском море, в районе острова Самос. В результате землетрясения 117 человек погибли, 1054 получили ранения. Самым сильным на территории России стало глубокофокусное землетрясение с  $m_b=6.4$  ( $Mw=6.4$ ), реализовавшееся 30 ноября в Татарском проливе между островом Сахалин и континентальной Евразией. С максимальной интенсивностью 6–7 баллов на территории России ощущалось коровое Быстринское землетрясение 21 сентября с  $MS=5.2$  ( $Mw=5.5$ ), произошедшее в районе озера Байкал. Сравнительный анализ темпов выделения сейсмической энергии на земном шаре в 2010–2020 гг. показал, что её значение во II полугодии 2020 г., как и в среднем за 2019–2020 гг., является одним из самых низких за одиннадцатилетний период и свидетельствует о сейсмическом затишье, которое вскоре должно смениться периодом активизации сейсмических и деформационных процессов 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., 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. – 2021. – Т. 3, № 1. – С. 7–26. DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2021.1.01>

### Введение

Оперативные сведения о землетрясениях, особенно сильных и ощутимых, чрезвычайно важны для раннего предупреждения об их последствиях (разрушения, человеческие жертвы, экономический ущерб, цунами, оползни и др.) и организации спасательных мероприятий, а также для оценки опасности их сильных афтершоков.

В России оперативные данные о сейсмичности Земли обрабатываются и публикуются на официальном сайте ФИЦ ЕГС РАН (Федеральный исследовательский центр «Единая геофи-

зическая служба Российской академии наук») Службой срочных донесений (ССД) в течение часа со времени возникновения события. Для этого используются доступные в оперативном режиме данные телесеизмических станций Российской Федерации и мира. Параметры землетрясений определяются для всего земного шара с  $m_b \geq 5.5$ , тогда как для регионов на территории России представительный магнитудный уровень обрабатываемых ССД землетрясений варьирует в пределах  $m_b=3.5$ –4.5. 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 ..., 2021], GSRC в SED (SSS) [Swiss ..., 2020], MOS в ISC [International ..., 2020]. Информационные сообщения о самых сильных и разрушительных событиях публикуются на официальном сайте ФИЦ ЕГС РАН в течение нескольких дней со времени возникновения события [Информация Службы ..., 2021].

В настоящей работе анализируются данные ССД о сильных землетрясениях земного шара с магнитудами  $m_b \geq 6.0$  за II полугодие 2020 г., а также сведения об ощутимых сейсмических событиях на территории России с более низкого магнитудного уровня. Оценка выделившейся за этот период сейсмической энергии даётся в сравнении с аналогичными оценками за 2010–2020 гг.

### Методика обработки и параметры землетрясений

Исходная информация о сейсмичности получена из базы данных «Землетрясения» [База данных ..., 2021], доступной в локальной сети Центрального отделения (ЦО) ФИЦ ЕГС РАН. Частичный доступ к базе данных и полный к Информационным сообщениям ССД организован на внешнем сайте ФИЦ ЕГС РАН [Информация Службы ..., 2021; Информационные сообщения ..., 2021].

Магнитуды, определяемые в массовом порядке в ССД, различаются в зависимости от типа сейсмических волн и частотного диапазона регистрирующей аппаратуры:  $m_b$  — магнитуда по короткопериодным продольным волнам;  $MS$  — магнитуда по поверхностным волнам Релея [Bortmann, 2002]. Магнитуда  $m_b$  определяется для всех зарегистрированных землетрясений,  $MS$  — для умеренных и сильных событий, для которых достаточно уверенно выделяется максимум поверхностных волн Релея.

Между этими магнитудами, по данным о землетрясениях с  $h \leq 70$  км из БД «Землетрясения» [База данных ..., 2021] за 2010–2019 гг., установлено соотношение [Виноградов и др., 2020]:

$$MS = 1.47 \cdot m_b - 2.91, \quad (1)$$

которое близко к рекомендованной в [Кондорская и др., 1993] зависимости между магнитудами  $MLH$  (аналог  $MS$ ) и  $MPVA$  (аналог  $m_b$ ) для землетрясений с  $M \geq 6$ :

$$MLH = 1.59 \cdot MPVA - 3.67. \quad (2)$$

Для оценки сейсмической энергии в данной статье использовалось соотношение Гутенберга–Рихтера [Gutenberg, Richter, 1956]:

$$\lg E (\text{эрг}) = 1.5 \cdot MS + 11.8. \quad (3)$$

Его применение, как и построение карты эпицентров землетрясений, требует пересчёта магнитуд всех событий в однородную магнитуду  $MS^P$ . При этом 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 (1).

Для более глубоких землетрясений магнитуда  $MS$  публикуется лишь немногими международными сейсмологическими центрами (IDC, MOS), хотя в станционных бюллетенях разных агентств их можно найти гораздо больше. Такая магнитуда требует корректировки за глубину [Ambraseys, Free, 1997; Herak et al., 2001]. В данной работе использовались поправки за глубину  $f(h)$ , установленные для землетрясений Северной Евразии и показавшие хорошее согласие с моментными магнитудами промежуточных и глубокофокусных сейсмических событий ( $h > 70$  км), включая Охотоморское землетрясение 24.05.2013 г. с  $M_w = 8.3$  и  $h = 630$  км, для которого магнитуда  $MS^P = 8.4$  получена с применением поправок за глубину к исходным значениям  $MS$  на 11 станциях [Petrova, Gabsatarova, 2020]:

$$MS^P = MS + f(h) = MS + 0.556 \cdot \lg(h) - 0.508. \quad (4)$$

Инструментальные определения  $MS$  землетрясений с  $h > 70$  км и  $m_b > 6$  составляют лишь 10% от всех событий с такими параметрами в БД «Землетрясения». Для остальной части землетрясений с глубинами  $390 > h > 70$  км использовалась пересчётная формула (1), а при  $h \geq 390$  км — рекомендованная в [Кондорская и др., 1993] для этих глубин формула:

$$MS = 1.85 \cdot m_b - 4.9. \quad (5)$$

Для землетрясений с  $m_b \geq 6.0$  полученные таким образом значения  $MS^P$  сверялись с моментными магнитудами  $M_w$  по данным GCMT [Global ..., 2020] (в тексте статьи информация о магнитуде  $M_w$  справочно приводится в круглых скобках). В 92% случаев отклонения  $\Delta M = MS^P - M_w$  не превышали  $\pm 0.5M$ . В исключительных случаях, когда  $\Delta M$  превышали 0.4, в качестве  $MS^P$  принималось то из рассчитанных по формулам (1), (4) и (5) значений, при котором  $\Delta M$  минимально.

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 2020 г. использовались следующие входные потоки информации:

– волновые формы со 108 цифровых станций (на рис. 1 изображены красными и жёлтыми треугольниками) в режиме, близком к реальному времени (NRTS), собираемые с NRTS-серверов в дисковые петли на основном сервере ССД SSD-SERV с помощью программы WSG\_WrtDI;

– фрагменты волновых форм с 31 станции России, скачиваемые по запросу программой WaveTap\_Qt v1.5.0.26 (протокол ISI, XFER, SEEDLINK) для конкретного землетрясения и обрабатываемые с помощью программы WSG [Красилов и др., 2012; Акимов, Красилов, 2020];

– времена вступлений основных сейсмических волн (arrival), поступавшие в базу данных ORACLE в режиме NRTS через Интернет с 44 станций международных и региональных центров (на рис. 1 изображены зелёными треугольниками): 1 – IDC СТВТО [Comprehensive ..., 2021], 2 – KNDC, Казахский национальный центр данных [Казахстанский ..., 2021], 3 – сеть

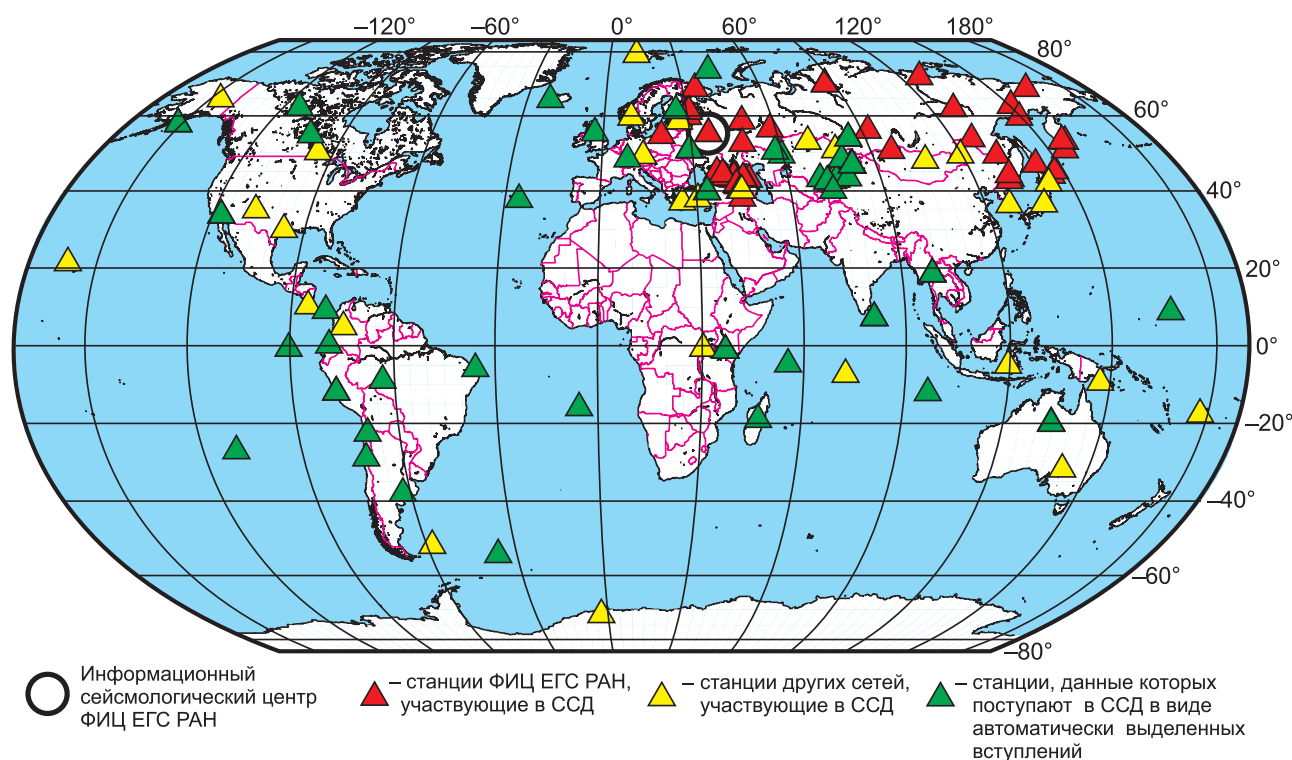
цифровых сейсмических станций IDA II [Project IDA, 2021];

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

Все сводки редактировались в соответствии с требованиями кода МСК-85 и записывались в базу данных ORACLE. Сводки в формате IMS записывались в формате \*.arrival для сводной обработки в программном комплексе WSG [Красилов и др., 2012; Акимов, Красилов, 2020].

Всего Службой срочных донесений во II полугодии 2020 г. определены основные параметры 2331 землетрясения с  $m_b=3.1-7.4$ , в т.ч. на территории России – 315 землетрясений с  $m_b=3.1-6.4$  [База данных ..., 2021]. Как видно из рис. 1, подавляющее число использованных в указанный период станций размещено в северном полушарии – на территории России, сопредельных стран и Европы. За период с 1 июля по 31 декабря 2020 г. для локации землетрясений было использовано 65849 станционных вступлений, в т.ч. 3691 – по сильным землетрясениям с  $m_b \geq 6.0$ .

Количество наиболее сильных землетрясений земного шара с  $m_b \geq 6.0$  во II полугодии 2020 г. составило  $N=67$ . Их список и параметры по данным [База данных ..., 2021] приведены в табл. 1.



**Рис. 1.** Сейсмические станции мира, данные которых поступали в ССД во II полугодии 2020 г. в режиме, близком к реальному времени

Таблица 1. Список сильных землетрясений земного шара с  $m_b \geq 6.0$  во II полугодии 2020 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	06.07	18:16:18	12.08	140.42	10	6.1/33	6.1/27		Западные Каролинские о-ва
2	06.07	22:54:46	-5.62	110.59	530	6.4/33		6.9	Яванское море
3	17.07	02:50:23	-7.85	147.75	80	6.9/31		7.2	Район Восточной Новой Гвинеи
4	18.07	15:32:38	-15.54	-172.88	10	6.0/19	6.0/25		Район Самоа
5*	22.07	06:12:41	55.24	-158.55	10	7.4/39	7.9/35		Полуостров Аляска
6	22.07	08:13:28	55.35	-159.52	33	6.5/52		6.6	Полуостров Аляска
7	22.07	20:07:18	33.09	86.84	10	6.5/40	6.2/39		Тибет
8	22.07	21:39:59	55.34	-159.49	40	6.1/39		6.1	Полуостров Аляска
9	26.07	00:53:58	-60.85	-25.18	10	6.2/5	6.2/16		Район Южных Сандвичевых о-вов
10	27.07	17:32:45	9.00	126.20	40	6.4/36		6.5	Минданао
11	28.07	08:03:39	54.88	-161.32	10	6.0/36	5.9/21		Полуостров Аляска
12	30.07	00:35:55	30.68	141.84	10	6.0/36	5.6/27		Южнее Хонсю
13	01.08	17:09:02	7.26	124.08	480	6.4/53		6.5	Минданао
14	04.08	19:17:51	13.41	-91.84	10	6.0/18		5.9	Побережье Гватемалы
15	05.08	12:05:36	-16.08	168.17	185	6.1/22		6.1	Вануату (Новые Гебриды)
16	08.08	14:42:53	54.97	-161.40	33	6.2/36		6.2	Полуостров Аляска
17	12.08	17:13:14	-7.37	39.65	10	6.0/34	5.6/28		Танзания
18*	18.08	00:03:48	12.07	124.1	10	6.4/48	6.7/24		Самар
19*	18.08	22:24:00	-4.24	101.18	25	6.6/38	6.8/39		Южная Суматра
20*	18.08	22:29:24	-4.11	101.29	25	6.7/41	7.2/37		Южная Суматра
21	21.08	04:09:51	-6.68	123.37	630	6.7/42		6.9	Море Банда
22	25.08	19:08:54	-5.38	151.89	25	5.6/27	6.0/13		Район Новой Британии
23	30.08	21:20:28	0.78	-29.69	10	6.1/23	6.1/27		Центр Срединно-Атлантического хребта
24	01.09	04:09:28	-28.10	-71.28	10	6.5/4	6.7/20		Побережье Центрального Чили
25	01.09	04:30:01	-27.99	-71.18	10	6.1/4		6.1	Побережье Северного Чили
26	01.09	21:09:17	-28.16	-71.28	10	6.1/5	6.3/29		Побережье Центрального Чили
27	06.09	00:21:10	1.69	126.59	33	6.2/37	5.5/29		Молуккский пролив
28	06.09	01:16:58	-30.43	-71.39	33	6.3/7	6.1/22		Побережье Центрального Чили
29	06.09	02:59:15	-17.12	167.70	10	6.2/16	5.9/26		Вануату (Новые Гебриды)
30	06.09	06:51:19	7.71	-37.20	10	6.2/31	6.5/21		Центр Срединно-Атлантического хребта
31	07.09	06:12:39	-17.19	168.52	10	6.0/14	6.2/21		Вануату (Новые Гебриды)
32	08.09	00:45:21	-4.95	129.71	180	6.2/42		6.2	Море Банда
33	11.09	07:35:55	-21.39	-69.85	33	6.5/5		6.6	Северное Чили
34	12.09	02:44:11	38.75	142.27	33	6.4/35	6.1/27		Восточное побережье Хонсю
35*	15.09	03:41:27	55.87	158.55	350	6.0/42		6.2	Камчатка
36	18.09	21:43:58	0.94	-26.88	10	6.3/29	6.5/16		Центр Срединно-Атлантического хребта
37	26.09	17:10:23	-48.09	31.78	10	6.0/20	5.9/23		Южнее Африки
38	01.10	01:13:37	-19.45	-174.38	33	6.6/24	6.3/32		Тонга
39	06.10	05:54:51	54.94	-159.96	33	6.3/38		6.4	Южнее Аляски
40	06.10	10:11:43	-18.00	-178.47	600	6.2/24		6.6	Район Фиджи
41	08.10	07:35:32	-6.13	146.10	110	6.1/28		6.1	Район Восточной Новой Гвинеи
42	10.10	13:14:57	-28.59	-112.34	10	6.0/10	5.7/17		Район Восточно-Тихоокеанского поднятия
43*	19.10	20:54:39	54.72	-159.94	33	7.4/47	7.7/35		Южнее Аляски
44	21.10	00:22:33	-19.31	-172.41	10	6.1/15		6.1	Район Тонга
45	25.10	00:56:47	-8.00	107.90	60	6.0/38		5.9	Ява
46	25.10	11:47:36	-15.41	-173.45	33	6.0/19	5.8/26		Тонга
47	28.10	14:12:56	-14.46	167.48	180	6.1/22		6.1	Вануату (Новые Гебриды)
48	28.10	14:53:14	-29.37	-71.14	70	6.0/4		5.9	Побережье Центрального Чили
49*	30.10	11:51:25	37.93	26.76	10	6.6/22	6.8/21		Острова Додеканес
50	07.11	01:10:31	25.60	143.63	20	6.2/54	5.7/25		Район островов Волкано
51	07.11	09:27:02	-15.21	-173.59	10	6.0/20	6.0/25		Тонга
52	17.11	01:44:08	-2.80	99.23	10	6.1/41	5.6/33		Южная Суматра
53	22.11	00:54:56	-34.67	-73.08	20	6.3/8	6.0/26		У побережья Центрального Чили
54	22.11	10:05:52	36.50	141.25	33	6.0/37		5.9	Восточное побережье Хонсю
55*	30.11	22:54:34	48.26	140.85	590	6.4/34		6.9	Восточное побережье Восточной России
56	30.11	22:54:59	-24.38	-67.00	150	6.4/8		6.5	Чили-Аргентина погр. обл.
57	01.12	16:22:40	52.91	-168.26	33	6.0/29	6.3/30		Лисьи острова
58	06.12	16:47:42	-20.37	-69.12	100	6.3/6		6.4	Северное Чили
59	10.12	13:19:58	24.79	122.20	80	6.2/40	5.5/24		Район Тайваня
60	10.12	20:42:07	-33.09	-179.82	100	6.1/17		6.1	Южнее островов Кермадек
61	10.12	20:48:56	-17.65	-174.83	10	6.0/19		5.9	Тонга



№	Дата, дд.мм	$t_0$ , чч.мм.сс	Гипоцентр			Магнитуды			Географический регион по [Young et al., 1996]
			$\varphi$ , °	$\lambda$ , °	$h$ , км	$m_b/n$	$MS/n$	$MS^p$	
62	14.12	15:20:49	-21.88	-68.80	110	6.3/6		6.4	Чили–Боливия погр. обл.
63	15.12	23:21:58	5.19	125.37	33	5.9/49	6.0/23		Минданао
64	20.12	17:23:18	40.82	142.66	10	6.3/36	6.3/38		Восточное побережье Хонсю
65	24.12	23:43:41	13.94	120.66	110	6.3/53		6.4	Миндоро
66	27.12	21:39:14	-39.34	-74.88	10	6.6/8	6.5/25		У побережья Центрального Чили
67*	29.12	11:19:55	45.56	16.17	10	6.2/27	6.7/24		Северо-западный район Балкан

Примечание: в графе «№» знак «\*» указывает на наличие для данного землетрясения Информационного сообщения [Информационные сообщения ..., 2021]; в графах « $m_b/n$ » и « $MS/n$ » приведены магнитуды/количество станций по инструментальным данным, в графе « $MS^p$ » указаны расчётные значения  $MS$ , полученные по формулам (1), (4) и (5) при отсутствии определений этих магнитуд по инструментальным данным.

Таблица 2. Список ощутимых землетрясений на территории России во II полугодии 2020 г.

№	Дата, время дд.мм чч.мм.сс	Гипоцентр			Магнитуды		Географический регион [Young et al., 1996]	Макросейсмические данные
		$\varphi$ , °N	$\lambda$ , °E	$h$ , км	$m_b$	$MS$ ( $MS^p$ )		
1	02.07 07:07:25	43.80	147.79	60	5.5	(5.2)	Курильские о-ва	Малокурильское – 4 балла; Южно-Курильск, Крабовое – 3 балла
2	02.07 13:47:50	48.10	142.50	5	3.9	(2.8)	Сахалин	Тихая, Пугачёво, Арсентьевка – 3 балла
3*	06.07 11:50:17	51.79	104.46	10	4.3	(3.4)	Район оз. Байкал	Байкальск – 4–5 баллов; Иркутск, Ангарск, Шелехов, Куйтун, Баклаши, Большой Луг, Танхой, Чистые Ключи, Выдрино, Грановщина, Пивовариха, Подкаменная, Марково, Олха, Максимова, Мамонов, Новая Раводная – 4 балла; Усолье-Сибирское, Закаменск, Мегете, Утулик, Патроны, Моты, Плишкино, Мельничная Падь, Оёк, Савватеевка, Добролет, Молодёжный, Малая Топка – 3–4 балла; Улан-Удэ, Свирск, Усть-Ордынский, Улекчин – 3 балла
4	09.07 05:14:01	45.65	149.7	145	5.2	(4.7)	Курильские о-ва	Курильск, Рейдово – 3 балла; Южно-Курильск – 2–3 балла
5	14.07 13:21:08	44.07	147.1	90	5.4	(5.0)	Курильские о-ва	Малокурильское – 4–5 баллов
6	17.07 06:10:46	44.75	147.59	140	5.2	(4.7)	Курильские о-ва	Южно-Курильск, Горный – 3–4 балла; Горячий, Головинно, Малокурильское – 3 балла
7	24.07 13:42:38	53.35	108.74	20	4.2	(3.3)	Район оз. Байкал	Максимиха – 5 баллов; Суво, Уро, Баргузин, Усть-Баргузин – 4 балла; Онгурен – 2–3 балла
8	07.08 03:41:12	52.34	158.90	80	4.8	(4.1)	Восточное поб-е Камчатки	Петропавловск-Камчатский – 2–3 балла
9	12.08 12:56:43	43.69	146.83	10	3.8	(2.7)	Курильские о-ва	Малокурильское – 3 балла
10	17.08 19:10:46	43.95	147.06	55	4.1	(3.1)	Курильские о-ва	Малокурильское – 3 балла
11	25.08 21:53:48	52.97	159.65	60	4.6	(3.9)	У восточного поб-я Камчатки	Петропавловск-Камчатский – 2 балла
12	27.08 03:41:52	42.47	145.2	40	3.9	(2.8)	Район Хоккайдо	Южно-Курильск – 2–3 балла
13	27.08 14:14:52	44.44	148.23	60	4.9	(4.3)	Курильские о-ва	Малокурильское – 3 балла
14	29.08 09:40:17	44.15	42.75	5	3.9	(2.8)	Западный Кавказ	Железноводск, Минеральные Воды – 2–3 балла
15	02.09 10:35:44	43.15	145.8	60	5.1	(4.6)	Район Хоккайдо	Южно-Курильск – 3 балла
16	05.09 04:14:03	44.34	148.72	33	3.7	(2.5)	Курильские о-ва	Горный, Горячие Ключи – 2–3 балла
17	05.09 12:06:51	43.63	147.14	50	4.6	(3.9)	Курильские о-ва	Малокурильское – 3–4 балла
18	09.09 22:11:27	50.64	157.2	60	4.6	(3.9)	Курильские о-ва	Северо-Курильск – 2–3 балла
19	12.09 02:44:11	38.75	142.27	33	6.4	6.1	Восточное поб-е Хонсю	Южно-Курильск, Горячий Пляж – 2 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 <sup>P</sup> )		
20	12.09 17:45:47	43.50	147.10	10	4.2	(3.3)	Курильские о-ва	Малокурильское – 3 балла
21*	13.09 13:42:26	48.96	142.00	10	5.1	(4.6)	Сахалин	Углегорск, Краснополье, Поречье – 5 баллов; Ольховка – 4–5 баллов; Шахтерск, Медвежье – 4 балла; Поронайск – 3 балла
22	13.09 14:09:02	48.91	142.15	10	4.7	(4.0)	Сахалин	Углегорск – 4 балла
23	13.09 20:49:32	48.91	142.14	10	3.9	(2.8)	Сахалин	Углегорск – 2–3 балла
24	14.09 10:08:37	50.82	157.27	60	4.7	(4.0)	Курильские о-ва	Северо-Курильск – 4 балла
25*	15.09 03:41:27	55.87	158.55	350	6.0	(6.2)	Камчатка	Петропавловск-Камчатский, Южно-Курильск – 2 балла
26*	21.09 18:04:58	51.82	103.40	10	5.5	5.2	Район оз. Байкал	Култук, Быстрая – 6–7 баллов; Слюдянка, Тибельти – 6 баллов; Иркутск, Урик, Маркова, Белореченский, Мамоны, Шелехов, Введенщина, Чистые Ключи, Голубе Ели, Роял Парк, Ангарск, Усолье-Сибирское, Закаменск, Карлук, Листвянка, Моты, Мегет, Оёк, Оса, Хомутово – 5 баллов; Черемхово, Байкальск, Усть-Куда, Бохан, Дзержинск, Куда, Средний, Тулун – 4–5 баллов; Молодежный, Свирск, Утулик, Кяхта, Харанжино, Бозой, Братск, Грановщина, Еланцы, Зима, Малая Топка, Ользоны, Петровск-Забайкальский, Саянск, Северобайкальск, Улан-Удэ – 4 балла; Качуг, Железногорск-Илимский – 3–4 балла; Усть-Илимск – 3 балла
27	21.09 18:19:55	51.80	103.45	10	4.9	(4.3)	Район оз. Байкал	Иркутск – 4 балла
28	01.10 18:59:35	52.25	106.58	10	3.8	(2.7)	Район оз. Байкал	Иркутск – 3 балла; Шелехов – 2–3 балла
29	02.10 23:37:53	44.05	145.78	10	3.7	(2.5)	Район Хоккайдо	Южно-Курильск, Головнино, Горячий Пляж – 2 балла
30	05.10 09:04:31	52.29	158.76	100	4.5	(3.7)	Восточное поб-е Камчатки	Петропавловск-Камчатский – 2–3 балла
31	08.10 02:02:32	48.95	142.25	10	3.9	(2.8)	Сахалин	Медвежье, Краснополье – 3 балла
32	11.10 11:21:49	50.42	156.95	50	4.5	(3.7)	Курильские о-ва	Петропавловск-Камчатский – 2 балла
33	22.10 13:38:52	52.08	99.85	10	4.3	(3.4)	Россия–Монголия погр. обл.	Орлик – 3 балла
34	30.10 05:12:30	44.00	147.17	70	4.4	(3.6)	Курильские о-ва	Малокурильское – 3 балла
35	03.11 12:16:45	42.21	49.05	45	4.7	(4.0)	Каспийское море	Махачкала – 2–3 балла; Ахты – 2 балла
36	05.11 03:01:32	49.65	108.90	10	5.1	(4.6)	Россия–Монголия погр. обл.	Бичура – 3–4 балла; Улан-Удэ, Закаменск – 3 балла
37	05.11 21:23:58	43.20	46.51	10	3.6	(2.4)	Восточный Кавказ	Хасавюрт – 2–3 балла
38	08.11 13:29:22	52.93	142.9	10	4.8	(4.1)	Сахалин	Оха, Тунгор – 3 балла
39	10.11 06:49:57	56.38	113.86	10	4.5	(3.7)	Восточнее оз. Байкал	Северомуйск – 3 балла; Таксимо – 2 балла
40	13.11 22:18:12	50.50	157.25	50	4.6	(3.9)	Курильские о-ва	Северо-Курильск – 3 балла
41	15.11 06:18:27	53.20	100.55	10	4.1	(3.1)	Центральная Россия	Зима, Саянск – 2 балла
42	27.11 18:45:09	49.88	156.51	60	5.4	(5.0)	Курильские о-ва	Северо-Курильск – 4 балла
43	27.11 22:57:15	52.13	159.77	33	4.9	(4.3)	У восточного поб-я Камчатки	Петропавловск-Камчатский – 2 балла
44*	30.11 22:54:34	48.26	140.85	590	6.4	(6.9)	Восточное поб-е Восточной России	Южно-Сахалинск, Чехов, Горнозаводск, Томари, Троицкое, Синегорск, Новотроицкое – 2–3 балла
45	03.12 12:37:10	55.86	111.04	15	4.9	(4.3)	Район оз. Байкал	Кумора – 5 баллов

№	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 <sup>P</sup> )		
46*	09.12 21:44:33	52.46	106.78	10	5.3	5.4	Район оз. Байкал	Корсаково – 5–6 баллов; Селенгинск, Кабанск, Каменск, Творогово, Шигаево, Ангарск, Иркутск, Улан-Удэ, Середкина, Хомутово, Усолье-Сибирское, Куйтун, Дзержинск, Оймур, Усть-Куда, Ангарские Хутора, Шелехов, Черемхово, Марково, Белореченский, Большое Голоустное, Первомайский, Тырган – 5 баллов; Введенщина, Ревякина, Баклаши, Мухоршибирь, Калининка, Саган-Нура, Пивовариха, Гусиноозёрск, Карлук, Грановщина, Свирск, Зуй, Средний, Оёк, Бохан, Малая Топка, Урик, Смоленщина, Добролёт, Усолье-7 – 4–5 баллов; Саянск, Слюдянка, Куда, Зима, Голубые Ели, Большая Речка, Култук, Залари, Ширяева, Олха, Усть-Ордынский, Сарма, Жигалово, Харанцы, Михайловка, Молодежный, Новомальтинск, Бозой, Мегет, Закаменск – 4 балла; Нижнеудинск – 3–4 балла; Чита, Магистральный, Зеленогорск – 3 балла
47	09.12 21:49:57	52.31	106.57	10	4.0	(3.0)	Район оз. Байкал	Корсаково, Оймур, Куйтун – 3–4 балла
48	10.12 14:20:02	52.40	106.44	10	4.9	(4.3)	Район оз. Байкал	Иркутск, Ангарск, Марково, Шелехов, Тырган, Корсаково, Карлук, Бозой, Бохан, Горячий ключ, Хомутово, Усть-Ордынский, Попова, Петрова, Большая Елань, Пивовариха, Дзержинск, Введенщина, Улан-Удэ, Еланцы – 4 балла; Усолье-Сибирское, Верхний Кет, Миловиды, Малая Топка, Порт Байкал, Новая Разводная, Грановщина, Мамоны, Молодежный, Куда – 3–4 балла; Парфеново, Зима – 3 балла
49	12.12 14:54:23	44.63	37.27	10	4.3	(3.4)	Западный Кавказ	Анапа – 4–5 баллов; Новороссийск – 4 балла
50*	12.12 21:29:50	43.08	45.52	10	4.7	(4.0)	Восточный Кавказ	Урус-Мартан, Чечен-Аул, Грозный, Ачхой-Мартан, Гой-Чу, Мартан-Чу, Танги-Чу, Рошни-Чу, Гехи, Валерик, Гикало, Старые Атаги, Катар-Юрт, Гойты – 5 баллов; Шали, Аргун, Цоци-Юрт, Серноводское, Самашки, Ассиновская, Автуры – 4 балла; Махачкала – 2–3 балла
51	12.12 23:50:22	43.09	45.55	10	4.1	(3.1)	Восточный Кавказ	Урус-Мартан, Грозный, Ачхой-Мартан, Чечен-Аул – 3 балла; Шали – 2 балла
52*	13.12 11:34:19	43.12	45.49	10	4.8	(4.1)	Восточный Кавказ	Урус-Мартан, Чечен-Аул, Грозный, Ачхой-Мартан, Старые Атаги – 4 балла; Шали, Аргун, Цоци-Юрт – 3 балла
53	13.12 13:05:02	43.05	45.49	10	4.5	(3.7)	Восточный Кавказ	Урус-Мартан, Чечен-Аул, Грозный, Шали, Ачхой-Мартан – 3 балла
54	16.12 01:28:07	42.76	144.26	60	5.2	(4.7)	Район Хоккайдо	Южно-Курильск, Малокурильское, Горячий Пляж, Головинно, Дубовое – 2 балла
55	16.12 17:43:41	52.41	106.21	10	3.9	(2.8)	Район оз. Байкал	Еланцы, Тырган, Петрова, Попова – 3–4 балла; Иркутск, Улан-Удэ, Маркова, Шелехов, Хомутово, Ангарск – 3 балла; Усолье-Сибирское, Култук – 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 <sup>P</sup> )		
56	25.12 03:35:40	50.88	158.11	40	4.1	(3.1)	Район Курильских о-вов	Северо-Курильск – 2–3 балла
57	26.12 15:08:50	43.83	146.73	33	3.7	(2.5)	Курильские о-ва	Малокурильское – 2–3 балла
58	28.12 02:41:16	44.49	148.17	33	4.1	(3.1)	Курильские о-ва	Горный, Горячие Ключи, Рейдово – 2 балла
59	29.12 00:31:53	56.23	114.05	10	4.9	(4.3)	Восточнее оз. Байкал	Северомуйск, Таксимо, Бодайбо, Мама- кан – 4 балла; Чита – 3 балла

Примечание: в графе «№» знак «\*» указывает на наличие для данных землетрясений Информационного сообщения [Информационные сообщения ..., 2021], в графе «MS» в скобках указана расчётная магнитуда MS<sup>P</sup>.

**Таблица 3.** Параметры механизмов очагов сильных землетрясений земного шара за II полугодие 2020 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	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	STK	
	3	06.07	11:50:17	10	45	292	45	111	0	201	327	60	145	76	60	35	
5		22.07	06:12:41	10	62	321	11	72	25	167	279	22	119	68	71	79	
18		18.08	00:03:48	10	15	198	74	45	7	290	244	85	164	335	75	6	
20		18.08	22:29:24	25	47	22	20	135	36	240	27	21	163	133	84	70	
	21	13.09	13:42:26	10	59	195	28	349	11	85	205	42	135	332	62	58	
35	25	15.09	03:41:27	350	55	242	24	112	23	11	300	72	115	62	30	36	
	26	21.09	18:04:58	10	5	335	78	90	10	244	20	79	-176	289	86	-11	
43		19.10	20:54:39	33	32	300	57	135	7	34	343	73	151	82	62	19	
49		30.10	11:51:25	10	13	172	1	82	77	347	81	58	-91	264	32	-88	
55	44	30.11	22:54:34	590	22	130	29	233	52	9	63	73	-59	179	35	-150	
	46	09.12	21:44:33	10	26	325	4	56	64	154	238	71	-86	46	20	-101	
	50	12.12	21:29:50	10	84	252	6	72	0	162	66	45	82	257	45	98	
	52	13.12	11:34:19	10	67	177	15	306	17	41	298	64	73	153	31	121	
67		29.12	11:19:55	10	25	102	64	297	6	195	242	68	15	146	76	157	



Во II полугодии 2020 г. ССД зарегистрировала 54 ощутимых землетрясения на территории России с  $m_b=3.6-6.4$ , сведения о них из [База данных ..., 2021] приведены в табл. 2.

Большая часть ощутимых землетрясений локализована в районе Курильских островов – 19 событий с  $MS^p=2.5-5.2$  (табл. 2). Ещё пять землетрясений (№ 12, 15, 19, 29, 54 в табл. 2) произошли за пределами Российской Федерации, но ощущались на её территории.

Как следует из табл. 2, 36 ощутимых землетрясений реализовались в Дальневосточном округе, 15 – в Сибирском округе, восемь – в Северо-Кавказском округе.

Во II полугодии 2020 г. Службой срочных донесений были составлены и опубликованы на сайте ФИЦ ЕГС РАН 13 Информационных сообщений о 15 землетрясениях, отмеченных звёздочкой в табл. 1 и 2 [Информационные сообщения ..., 2021]. Для всех этих событий, кроме двух (№ 19 в табл. 1 и № 3 в табл. 2), в ССД определены механизмы очагов по знакам первых вступлений продольных волн по программе А.В. Ландера [Ландер, 2018]. Для землетрясения 6 июля (№ 3 в табл. 2) взят механизм из [Мельникова, Гилёва, 2020], механизм очага землетрясения 18 декабря (№ 19 в табл. 1) рассчитать не удалось из-за недостаточного количества данных. Сведения о механизмах очагов 14 землетрясений из [Информационные сообщения ..., 2021; Мельникова, Гилёва, 2020] приведены в табл. 3. Во II полугодии 2020 г. ССД зарегистрировала 54 ощутимых землетрясения на территории России с  $m_b=3.6-6.4$ , сведения о них из [База данных ..., 2021] приведены в табл. 2.

Большая часть ощутимых землетрясений локализована в районе Курильских островов – 19 событий с  $MS^p=2.5-5.2$  (табл. 2). Ещё пять землетрясений (№ 12, 15, 19, 29, 54 в табл. 2) произошли за пределами Российской Федерации, но ощущались на её территории.

Как следует из табл. 2, 36 ощутимых землетрясений реализовались в Дальневосточном округе, 15 – в Сибирском округе, восемь – в Северо-Кавказском округе.

Во II полугодии 2020 г. Службой срочных донесений были составлены и опубликованы на сайте ФИЦ ЕГС РАН 13 Информационных сообщений о 15 землетрясениях, отмеченных звёздочкой в табл. 1 и 2 [Информационные сообщения ..., 2021]. Для всех этих событий, кроме двух (№ 19 в табл. 1 и № 3 в табл. 2), в ССД определены механизмы очагов по знакам первых вступлений продольных волн по программе А.В. Ландера [Ландер, 2018]. Для землетрясения

6 июля (№ 3 в табл. 2) взят механизм из [Мельникова, Гилёва, 2020], механизм очага землетрясения 18 декабря (№ 19 в табл. 1) рассчитать не удалось из-за недостаточного количества данных. Сведения о механизмах очагов 14 землетрясений из [Информационные сообщения ..., 2021; Мельникова, Гилёва, 2020] приведены в табл. 3.

### Анализ магнитудных параметров землетрясений

Экспресс-оценка достоверности исходных данных, необходимых для пространственно-временного анализа сейсмичности в данной работе, была произведена на массиве данных о магнитудах  $m_b$ ,  $MS$  из БД «Землетрясения» [База данных ..., 2021] в сопоставлении с моментной магнитудой  $M_w$  по данным GСMT [Global ..., 2020]. Выбор для сопоставления «внешней» магнитуды  $M_w$  обоснован тем, что она имеет ясный физический смысл и не испытывает насыщения в высокомагнитудной области. Учитывая зависимость от глубины магнитуды по поверхностным волнам  $MS$ , используемой в формуле (3), а также её нелинейную связь с  $M_w$  в области малых магнитуд, анализировались землетрясения с глубинами  $h \geq 70$  км и  $m_b \geq 5.5$  (107 землетрясений). Более слабые землетрясения не вносят заметный вклад в суммарную энергию землетрясений. На рис. 2а представлены анализируемые магнитуды, а также расчётная магнитуда  $MS^p$ , определение которой описано в разделе «Методика ...», в зависимости от  $M_w$ .

Обращает на себя внимание хорошее согласие определённых в оперативном режиме магнитуд  $m_b$  с моментной магнитудой  $M_w$ , а также слабо выраженный эффект насыщения магнитуды по продольным волнам вплоть до  $m_b=7$ . Отклонения  $m_b$  от  $M_w$  обнаруживают слабую зависимость от глубины (рис. 2б), причём значения  $m_b-M_w$  не выходят за пределы  $\pm 0.5M$ . Если данные тенденции подтвердятся на статистически значимом объёме уточнённых данных из [Сейсмологический ..., 2020], магнитуду  $m_b$  можно будет использовать в качестве аналога  $M_w$  в широком диапазоне магнитуд.

Магнитуды  $MS$  определены в 2020 г. лишь для семи промежуточных и глубоководных землетрясений с  $h \geq 70$  км и  $m_b \geq 5.5$ . На рис. 2а они представлены без коррекции за глубину. Разница между ними и моментными магнитудами, составляющая 0.6–0.9 ед.  $M$ , наглядно демонстрирует необходимость корректировки  $MS$  за глубину. Применение к инструментально определённым  $MS$  поправок за глубину согласно (4)

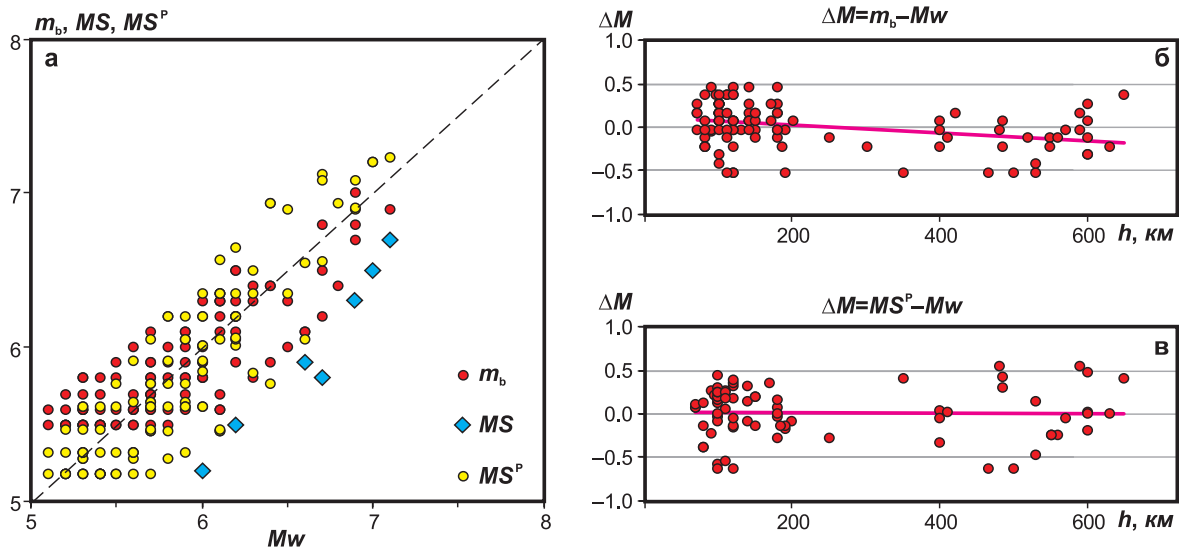


Рис. 2. Связь магнитуд  $m_b$ ,  $MS$  и  $MS^P$  землетрясений 2020 г. с  $h \geq 70$  км и  $m_b \geq 5.5$  из БД «Землетрясения» с моментной магнитудой  $M_w$  [Global ..., 2020] (а) и отклонения магнитуд  $m_b$  (б) и  $MS^P \geq 5.5$  (в) от  $M_w$  в зависимости от глубины.

Пунктирная линия на рис. 2а соответствует случаю, когда  $M = M_w$

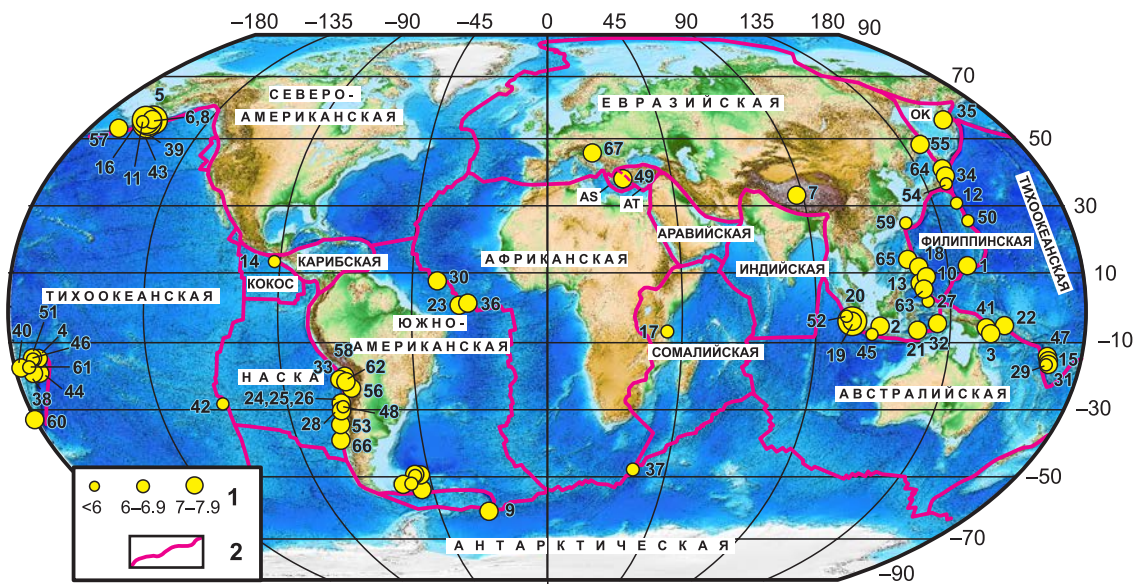


Рис. 3. Карта эпицентров сильных землетрясений земного шара с  $m_b \geq 6.0$  из табл. 1 во II полугодии 2020 г. по данным ССД.

1 – магнитуда  $MS^P$ , номер рядом с эпицентром соответствует номеру в табл. 1; 2 – границы крупных тектонических плит Земли и некоторых микроплит (AS – плита Эгейского моря, АТ – Анатолийская, ОК – Охотоморская) согласно [Bird, 2003]

показало хорошее согласие скорректированных значений  $MS^P$  с  $M_w$ .

Расчётные магнитуды  $MS^P$ , полученные с использованием  $MS$  и  $m_b$ , демонстрируют удовлетворительное согласие с  $M_w$  (рис. 2а) и независимость от глубины (рис. 2в), что обосновывает их использование в качестве однородной магнитуды для анализа сейсмичности.

### Пространственное и временное распределение сейсмичности

На рис. 3 показано географическое распределение эпицентров землетрясений на земном шаре по данным ССД во II полугодии 2020 года. Оно подтверждает известный из мировой статистики факт, что большинство сильных

землетрясений происходит в зонах контактов крупных тектонических плит Земли.

Гипоцентры большинства сильных землетрясений земного шара приурочены к границам крупнейших тектонических плит, 50 из них расположены в пределах земной коры. Землетрясения с промежуточной глубиной ( $80 \leq h \leq 350$  км,  $N=12$ ) зарегистрированы в зонах субдукции, в районах: Восточная Новая Гвинея (№ 3, 41 в табл. 1); Вануату (№ 15, 47); море Банда (№ 32); Камчатка (№ 35); Северное Чили (№ 58); Чили–Аргентина пограничная область (№ 56); Тайвань (№ 59); южнее островов Кермадек (№ 60); пограничная область Чили–Боливия (№ 62); Миндоро (№ 65). Глубокие сильные землетрясения ( $480 \leq h \leq 600$  км,  $N=5$ ) отмечены в Яванском море (№ 2 в табл. 1), на острове Минданао (№ 13), в море Банда (№ 21), на о-вах Фиджи (№ 40) и на восточном побережье России (№ 55).

За рассматриваемый период самое сильное землетрясение земного шара (№ 5 в табл. 1) с  $MS=7.9$  ( $Mw=7.8$ ) произошло в восточной части Тихоокеанского региона, в Аляско-Алеутском жёлобе на границе Североамериканской и Тихоокеанской плит. Сильнейшее землетрясение на территории России (№ 55) с  $MS^p=6.5$  ( $Mw=6.4$ ) реализовалось на границе Охотоморской и Евразийской плит, между о. Сахалин и восточным побережьем России.

Развитие глобального сейсмического процесса в 2010–2020 гг. представлено на рис. 4 в виде гистограммы распределения по полугодиям логарифмов выделившейся сейсмической энергии (а) и кумулятивного графика энергии дискретных событий (б). Значения  $\lg E$  рассчитывались по формуле (3) по данным из БД «Землетрясения» [База данных ..., 2021] за 2020 г. и уточнённым данным из [Сейсмологический ..., 2020] за более ранний период. Весь период разбит на четыре интервала (I, II, III, IV), различающиеся темпами выделения сейсмической энергии (а) и скоростью деформационного процесса, характеризуемой общим наклоном графика (б) на рис. 4 в выделенные периоды.

За весь рассматриваемый период (2010–2020 гг.) среднее полугодовое значение выделившейся на земном шаре сейсмической энергии составило  $\sum E_{0.5} = 2.5 \cdot 10^{17}$  Дж. Максимальными темпами выделения энергии ( $\sum E_{0.5} = 4.7 \cdot 10^{17}$  Дж) отличался период I (с 2010 г. до середины 2013 г.), когда произошли самые высокомагнитудные землетрясения (рис. 4) – Чилийское 27.02.2010 г. с  $MS=8.7$  ( $Mw=8.8$ ), Тохоку

11.03.2011 г. с  $MS=8.8$  ( $Mw=9.1$ ), два землетрясения Суматры 11.04.2012 г. с  $MS=8.5$  ( $Mw=8.6$ ) и 8.2 ( $Mw=8.2$ ) и одно из самых сильных глубоководных землетрясений земного шара – Охотоморское 24.05.2013 г. с  $h=630$  км [Каталог землетрясений Камчатки ..., 2020] и  $MS^p=8.4$  ( $Mw=8.3$ ). За периодом активизации последовал период сейсмического затишья II, когда темпы выделения сейсмической энергии при землетрясениях земного шара составляли  $\sum E_{0.5} = 1.25 \cdot 10^{17}$  Дж. Отметим, что близкие значения  $\sum E_{0.5}$  наблюдались между катастрофическими землетрясениями предыдущего периода. В течение последовавшего периода относительной активизации сейсмического процесса (III) с  $\sum E_{0.5} = 2.0 \cdot 10^{17}$  Дж произошло несколько сейсмических событий с  $MS=8.1–8.3$  (рис. 4). Период IV (2019–2020 гг.), включающий анализируемую в данной статье сейсмичность II полугодия 2020 г., характеризуется отсутствием землетрясений с  $MS > 7.9$  и самыми низкими за весь одиннадцатилетний период средними значениями полугодовой сейсмической энергии,  $\sum E_{0.5} = 0.85 \cdot 10^{17}$  Дж. Длительность этого периода сравнялась с длительностью периода сейсмического затишья II, поэтому мы полагаем, что в ближайшем будущем можно ожидать активизации сейсмодформационного процесса на земном шаре.

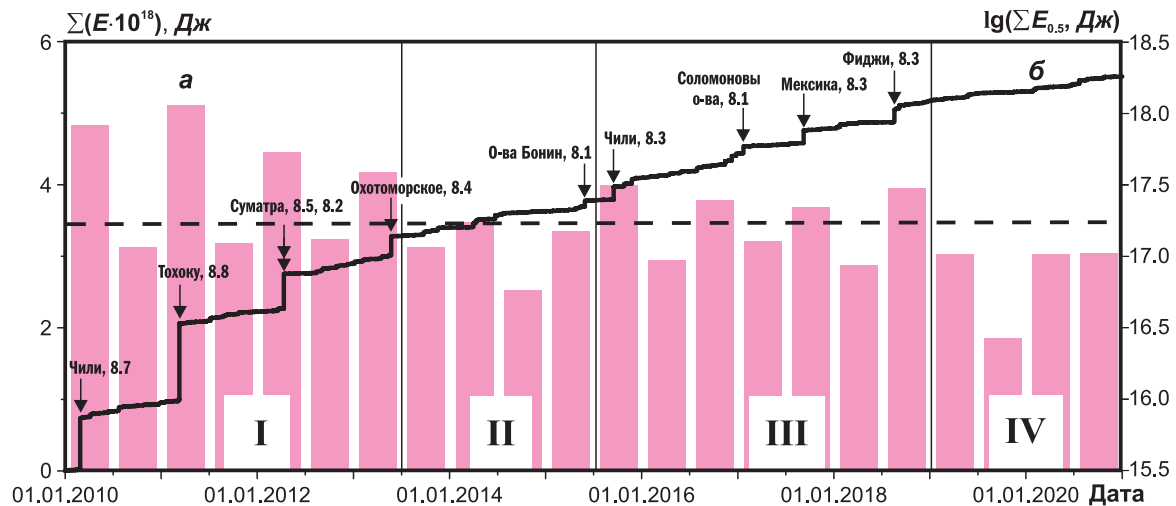
#### Механизмы очагов и макросейсмические проявления сильных землетрясений земного шара

В данном разделе приводится описание сильнейших землетрясений земного шара во II полугодии 2020 г. Их параметры приведены в табл. 1 и 3.

Самое сильное землетрясение на земном шаре произошло 22 июля в  $06^h 12^m$  с  $MS=7.9$  ( $Mw=7.8$ ) (№ 5 в табл. 1, 3) южнее побережья Аляски. Гипоцентр землетрясения находился на глубине 10 км, в 85 км к югу–юго-востоку от населённого пункта Перривилл, США. ССД зарегистрировала 13 афтершоков с  $m_b \geq 4.5$  в течение 12 час. По данным Национального центра по предупреждению цунами [Tsunami message number 5, 2020], угроза цунами была объявлена для прибрежных районов в радиусе 300 км от эпицентра подземных толчков. Максимальная волна цунами высотой 0.24 м была отмечена в г. Санд-Пойнт.

Землетрясение произошло в районе Алеутского желоба, в зоне субдукции на границе Тихоокеанской и Североамериканской плит. В месте





**Рис. 4.** Распределение за период 2010–2020 гг. логарифмов полугодических значений суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E_{0.5}$ , выделившейся при землетрясениях земного шара (а), и кумулятивный график энергии дискретных событий  $\Sigma E$  (б).

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

этого события Тихоокеанская плита сближается с Североамериканской на северо-западе со скоростью около  $64 \text{ мм/год}$  [USGS ..., 2020]. Сильные землетрясения – не редкое явление в Аляско-Алеутской зоне субдукции. С 1900 г. известно ещё шесть землетрясений с  $M \geq 7$  в радиусе  $250 \text{ км}$  от события 22 июля 2020 г., в том числе крупнейшие землетрясения с  $M=9.2$  27 марта 1964 г. (в  $250 \text{ км}$ ) и с  $M=8.2$  10 ноября 1938 г. (в непосредственной близости) [Информационные сообщения ..., 2021].

Механизм очага (№ 5 в табл. 3) рассчитан по знакам первых вступлений продольных волн на 143 станциях, расположенных в интервале эпицентральных расстояний  $1.1\text{--}98.6^\circ$  и в азимутальном створе  $2\text{--}358^\circ$ . Землетрясение возникло под действием преобладающих напряжений сжатия, ориентированных на юго–юго-восток ( $AZ=167^\circ$ ). Одна из нодальных плоскостей ( $NP1$ ) простирается на запад ( $STK=279^\circ$ ), другая ( $NP2$ ) – на восток–северо-восток ( $STK=68^\circ$ ). Плоскость  $NP1$  залегает более полого ( $DP=22^\circ$ ) относительно плоскости  $NP2$  ( $DP=71^\circ$ ). Тип движения по плоскости  $NP1$  – надвиг, по  $NP2$  – взброс. С учётом тектонической обстановки в этой зоне субдукции, наиболее вероятной представляется субширотная плоскость  $NP1$ , падающая на север. Надвиг её северного крыла (или подвиг южного) отражает процесс субдукции Тихоокеанской плиты под Североамериканскую. С этой точки зрения землетрясение № 5 является межплитным.

Самым катастрофическим в мире во II полугодии 2020 г. стало землетрясение с  $M_S=6.8$  ( $M_w=7.0$ ), произошедшее 30 октября в  $11^{\text{h}}51^{\text{m}}$  (№ 49 в табл. 1 и 3) на глубине  $10 \text{ км}$  в Эгейском море, в районе острова Самос. ССД зарегистрировала девять афтершоков с  $m_b \geq 4.2$  в течение двух суток после основного толчка. По данным ИТАР-ТАСС, в результате этого землетрясения в турецкой провинции Измир погибли 115 человек, более 1035 получили ранения [Не менее 115 ..., 2020]. В Измире разрушено 20 жилых домов [В Турции завершили ..., 2020]. На островах Икария, Кос, Хиос и Самос сработала система предупреждения о цунами. В г. Сеферихисар, в  $50 \text{ км}$  от г. Измир, волна цунами подтопила некоторые городские районы. На острове Самос два подростка погибли, 19 человек получили лёгкие ранения. В городе Неон-Карловаси в результате землетрясения обрушился купол церкви Божьей Матери. Землетрясение ощущалось также в городах Афины и Стамбул.

Землетрясение 30 октября произошло в пределах Евразийской тектонической плиты, примерно в  $250 \text{ км}$  к северу от её границы с Африканской плитой, которая движется на север со скоростью примерно  $10 \text{ мм/год}$  по отношению к Евразийской плите. Таким образом, это землетрясение считается внутриплитным событием Евразийской плиты [USGS ..., 2020]. Эпицентр землетрясения 30 октября 2020 г. располагался в  $116 \text{ км}$  к северу–северо-западу от эпицентра последнего разрушительного землетрясения



20 июля 2017 г. с  $MS=6.5$  ( $M_w=6.6$ ) в Эгейском море. Тогда погибли два человека, ранения получили более 120 человек, на острове Кос были повреждены многие здания, отмечено небольшое цунами на побережье г. Мармарис [Информационное сообщение о сильном ..., 2020].

Механизм очага землетрясения № 49 (табл. 3) рассчитан в стереографической проекции на нижней полусфере по знакам первых вступлений продольных волн на 120 станциях, находящихся в интервале эпицентральных расстояний  $0.5-99.4^\circ$  и в азимутальном створе  $0.2-359^\circ$ . Землетрясение возникло под действием напряжений растяжения, ориентированных на юг ( $AZ=172^\circ$ ). Плоскость  $NP2$  залегает более полого ( $DP=32^\circ$ ) относительно плоскости  $NP1$  ( $DP=58^\circ$ ) и падает на север. Обе нодальные плоскости субширотны, тип движения по ним – сброс. По результатам совместного исследования механизма очага и геологических последствий этого землетрясения (поднятие на западе острова Самос и более чем 10-сантиметровое проседание на северной окраине центральной части острова), авторы работы [Papadimitriou et al., 2020] заключают, что главный толчок произошёл по субширотному сбросовому разлому, падающему на север. Таким образом, плоскость  $NP2$  механизма очага землетрясения № 49 (табл. 3) является действующей. Очаг землетрясения № 49 расположен вблизи границы между Эгейской (AS на рис. 3) и Анатолийской (AT) микроплитами, имеющей северо-западное простирание (на рис. 3 показана пунктиром), Субширотное простирание обеих нодальных плоскостей землетрясения № 49, секущее положение этой границы, не позволяет отнести его к межплитовым землетрясениям даже в масштабе микроплит.

В список сильных землетрясений планеты попали два глубокофокусных землетрясения (№ 35 и 55 в табл. 1) на территории Российской Федерации – 15 сентября с  $MS^p=6.2$  ( $M_w=6.5$ ) и  $h=350$  км на Камчатке и 30 ноября с  $MS^p=6.9$  и  $h=590$  км в Татарском проливе между островом Сахалин и материком Евразия.

Землетрясение 30 ноября в  $22^h54^m$  с  $MS^p=6.9$  (№ 55 в табл. 1 и 3) в Татарском проливе является самым сильным на территории Российской Федерации в анализируемом полугодии. По данным Сахалинского филиала ФИЦ ЕГС РАН, землетрясение ощущалось с интенсивностью 2–3 балла по шкале MSK-64 [Медведев и др., 1965] в городах Южно-Сахалинск и Томари, а также в сёлах Горнозаводск, Синегорск, Новотроицкое, Троицкое и Чехов.

Эпицентр землетрясения 30 ноября 2020 г. локализован в 115 км к юго-западу от произо-

шедшего несколько ранее на острове Сахалин ощутимого землетрясения 13 сентября 2020 г. с  $MS^p=4.6$  (№ 21 в табл. 2 и 3), описание которого будет приведено ниже.

Механизм очага землетрясения № 55 (табл. 3) рассчитан по знакам первых вступлений продольных волн на 87 станциях в интервале эпицентральных расстояний  $1.8-99.9^\circ$  и в азимутальном створе  $9-352^\circ$ . Землетрясение возникло под действием преобладающих напряжений растяжения, ориентированных на юго-восток ( $AZ=130^\circ$ ). Плоскость  $NP2$  залегает более полого ( $DP=35^\circ$ ) относительно плоскости  $NP1$  ( $DP=73^\circ$ ). Одна из плоскостей ( $NP1$ ) простирается на восток–северо-восток ( $STK=63^\circ$ ), другая ( $NP2$ ) – на юг ( $STK=179^\circ$ ). Тип движения по плоскости  $NP1$  – сброс с компонентой левостороннего сдвига, по  $NP2$  – правосторонний сбросо-сдвиг. Учитывая процесс поддвига Тихоокеанской плиты под континент и большую глубину очага землетрясения № 55, можно предположить, что оно произошло в теле Тихоокеанской плиты. С этой точки зрения плоскость  $NP2$ , ориентированная меридионально и падающая на запад, представляется наиболее вероятной.

15 сентября в  $03^h41^m$  зарегистрировано землетрясение с  $MS^p=6.2$  ( $M_w=6.5$ ) (№ 35 в табл. 1 и 3, № 25 в табл. 2) на Камчатке. Очаг находился на глубине 350 км, в 151 км к западу–юго-западу от пос. Ключи, в 252 км к западу–юго-западу от г. Усть-Камчатка и в 308 км к северу от г. Петропавловск-Камчатский. По данным Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН [Каталог землетрясений Камчатки ..., 2020], землетрясение ощущалось в городах Петропавловск-Камчатский и Южно-Курильск с интенсивностью 2 балла по шкале ШСИ-17 [ГОСТ ..., 2017]. По ретроспективным данным, землетрясение 15 сентября 2020 г. произошло в 218 км к западу от сильного землетрясения 14 ноября 2018 г. на восточном побережье Камчатки с  $MS=6.0$  [Информационные сообщения ..., 2021].

Механизм очага землетрясения (№ 35 в табл. 3) рассчитан по знакам первых вступлений продольных волн на 86 станциях, из них на 42 станциях зарегистрированы волны сжатия (знаки плюс), на 44 станциях – волны растяжения (знаки минус). Станции расположены в интервале эпицентральных расстояний  $2.9-97^\circ$  и в азимутальном створе  $7-349^\circ$ . Землетрясение возникло под действием незначительного превалирования напряжений сжатия, ориентированных на север ( $AZ=11^\circ$ ). Одна из нодальных плоскостей ( $NP1$ ) имеет запад–северо-западное простирание ( $STK=300^\circ$ ), другая ( $NP2$ ) простирается

на восток–северо-восток ( $STK=62^\circ$ ). Плоскость  $NP2$  залегает более полого ( $DP=30^\circ$ ) относительно плоскости  $NP1$  ( $DP=72^\circ$ ). Тип движения по плоскости  $NP1$  – взброс северного крыла разрыва, по  $NP2$  – левосторонний сдвиг с компонентой надвига южного крыла.

### Механизмы очагов и макросейсмические проявления ощутимых землетрясений России

С максимальной интенсивностью 6–7 баллов на территории РФ ощущалось коровое землетрясение в районе озера Байкал 21 сентября в 18<sup>h</sup>04<sup>m</sup> с  $MS=5.2$  ( $Mw=5.5$ ) (№ 26 в табл. 2), названное Быстринским [Гилёва и др., 2020] по его местоположению в пределах Быстринской впадины на юго-западном фланге Байкальской рифтовой зоны (БРЗ). Оно произошло в 20 км к западу–северо-западу от пгт Култук на глубине 10 км. С середины прошлого столетия в этом районе реализовались два самых крупных сейсмических события – Еловское землетрясение 29.06.1995 г. с  $Mw=5.8$  и Култукское 27.08.2008 г. с  $Mw=6.3$ . В 2020 г. наиболее значительными событиями в окрестностях землетрясения № 26 были ощутимые землетрясения 13 июня 2020 г. в 07<sup>h</sup>36<sup>m</sup> с  $m_b=4.4$  на границе Россия–Монголия и 6 июля 2020 г. в 11<sup>h</sup>50<sup>m</sup> с  $m_b=4.3$  (№ 3 в табл. 2), расположенные от эпицентра землетрясения № 26 в 96 км и 72 км соответственно.

По уточнённым данным Байкальского филиала ФИЦ ЕГС РАН [Ощутимость..., 2021] и результатам обследования, изложенным в [Гилёва и др., 2020], наибольшая интенсивность сотрясений от землетрясения 21 сентября, оцениваемая в 6–7 баллов по шкале MSK-64 [Медведев и др., 1965], наблюдалась в пгт Култук и д. Быстрая, 6 баллов – в г. Слюдянка и с. Тибельти. В городе Иркутске, в Слюдянском и Шелеховском районах области выявлены незначительные повреждения в 20 жилых домах, четырёх школах и двух детских садах, частично повреждены печные трубы, образовались трещины в штукатурке зданий [В Приангарье ..., 2020]. Другие сведения об ощутимости в населённых пунктах из [База данных ..., 2021] представлены в табл. 2.

Механизм очага землетрясения (№ 26 в табл. 3) рассчитан по знакам первых вступлений продольных волн на 27 станциях в интервале эпицентральных расстояний 0.2–81.2° и в азимутальном створе 19–307°. Землетрясение возникло под действием близких по величине напряжений сжатия, ориентированных на запад–юго-запад ( $AZ=244^\circ$ ) и растяжения, направленных

на север–северо-запад ( $AZ=335^\circ$ ). Нодальная плоскость  $NP1$  имеет северо–северо-восточное простирание ( $STK=20^\circ$ ), плоскость  $NP2$  ориентирована на запад–северо-запад ( $STK=289^\circ$ ). Обе плоскости наклонены к горизонту достаточно круто под близкими углами ( $DP=79–86^\circ$ ). Тип подвижки в очаге – сдвиг – хорошо согласуется с современными представлениями о тектонике данного района БРЗ [Гилёва и др., 2020].

Землетрясение с  $MS=5.4$  ( $Mw=5.5$ ) (№ 46 в табл. 2) произошло 9 декабря в 21<sup>h</sup>44<sup>m</sup> на глубине 10 км в 25 км к северо-востоку от села Корсаково, в 90 км к юго-западу от пос. Хужир и в 169 км к востоку от г. Иркутска. В ССД зарегистрированы два ощутимых афтершока (№ 47 и 48 в табл. 2) с  $MS^p=3.0$  и 4.3 соответственно в течение 17 час после главного толчка.

По данным Байкальского филиала ФИЦ ЕГС РАН [Каталог землетрясений текущего года], наибольшая интенсивность сотрясений, оцениваемая в 5–6 баллов по шкале MSK-64 [Медведев и др., 1965], наблюдалась в с. Корсаково. В 18 школах и нескольких дошкольных учреждениях Иркутска зафиксированы небольшие трещины, осыпалась штукатурка. Незначительные повреждения обнаружены в учреждениях спорта и культуры в виде осыпавшейся штукатурки, трещин в проёмах и сводах потолков, а также трещин на льду кортов. Более подробные сведения об ощутимости в населённых пунктах представлены в табл. 2.

Механизм очага землетрясения 9 декабря (№ 46 в табл. 3) рассчитан по знакам первых вступлений продольных волн на 25 станциях, расположенных в интервале эпицентральных расстояний 2.08–90.5° и в азимутальном створе 11–300°. Землетрясение возникло под действием преобладающих напряжений растяжения, ориентированных на северо-запад ( $AZ=325^\circ$ ). Плоскость  $NP2$  залегает более полого ( $DP=20^\circ$ ) относительно плоскости  $NP1$  ( $DP=71^\circ$ ). Одна из плоскостей ( $NP1$ ) простирается на восток–юго-восток ( $STK=238^\circ$ ), другая ( $NP2$ ) – на северо-восток ( $STK=46^\circ$ ). Тип движения по обеим плоскостям – сброс.

Землетрясение 9 декабря 2020 г. произошло в 243 км к востоку–северо-востоку от эпицентра ощутимого землетрясения 21 сентября 2020 г. с  $M=5.2$  (№ 26 в табл. 2), в 175 км к востоку–северо-востоку от эпицентра ощутимого землетрясения 6 июля 2020 г. с  $MS^p=3.4$  (№ 3 в табл. 2) и в 175 км к юго-западу от эпицентра ощутимого землетрясения 4 марта 2019 г. с  $MS^p=3.9$  ( $m_b=4.6$ ) в районе оз. Байкал [Информационное сообщение о сильном ..., 2020].

Ещё одно ощутимое землетрясение в районе озера Байкал произошло 6 июля в 11<sup>h</sup>50<sup>m</sup> с  $MS^P=3.4$  (№ 3 в табл. 2). Его гипоцентр находился в 30 км к западу от пос. Листвянка и в 53 км к юго-юго-востоку от г. Иркутска на глубине 10 км. По данным Байкальского филиала ФИЦ ЕГС РАН [Каталог землетрясений текущего года, 2020], наибольшая интенсивность сотрясений, оцениваемая в 4–5 баллов по шкале MSK-64, наблюдалась в г. Байкальске. Информация о проявлениях землетрясения в других населённых пунктах приведена в табл. 2. Эпицентр землетрясения расположен в 169 км к востоку от ощутимого землетрясения 13 июня 2020 г. с  $MS^P=3.6$  ( $m_b=4.6$ ) на границе Россия–Монголия [Информационные сообщения ..., 2021].

Механизм очага землетрясения 6 июля (№ 3 в табл. 3) рассчитан в Байкальском филиале ФИЦ ЕГС РАН [Мельникова, Гилёва, 2020]. Землетрясение возникло под действием преобладающих напряжений сжатия, ориентированных на юго-юго-запад ( $AZ=201^\circ$ ). Обе плоскости наклонены к горизонту достаточно круто под углом  $DP=60^\circ$ . Одна из плоскостей ( $NP1$ ) простирается на север–северо-запад ( $STK=327^\circ$ ), другая ( $NP2$ ) – на восток–северо-восток ( $STK=76^\circ$ ). Тип движения по плоскости  $NP1$  – правосторонний сдвиг с компонентой взброса, по  $NP2$  – левосторонний сдвиг с компонентой взброса.

Ещё два землетрясения ощущались на территории Российской Федерации с максимальной интенсивностью 5 баллов – 13 сентября с  $m_b=5.1$  на острове Сахалин и 12 декабря с  $m_b=4.7$  на территории Чечни.

13 сентября в 13<sup>h</sup>42<sup>m</sup> в западной части острова Сахалин, в 14 км к юго-юго-западу от г. Углегорска, на глубине 10 км произошло землетрясение с  $MS^P=4.6$  (№ 21 в табл. 2). По данным Сахалинского филиала ФИЦ ЕГС РАН, землетрясение ощущалось в г. Углегорске, сёлах Краснополье и Поречье с интенсивностью 5 баллов, в с. Ольховка – 4–5 баллов, в пгт Шахтерск и с. Медвежье – 4 балла, в г. Поронайске – 3 балла. ССД в течение 8 час зарегистрировала три афтершока с  $m_b \geq 3.9$ , два из них были ощутимыми (№ 22 и 23 в табл. 2). Землетрясение произошло в 161 км к югу от ощутимого землетрясения 14 августа 2016 г. с  $MS=5.6$  [Информационные сообщения ..., 2021].

Механизм очага землетрясения (№ 21 в табл. 3) рассчитан по знакам первых вступлений продольных волн на 17 станциях, находящихся в интервале эпицентральных расстояний 2–82° и в азимутальном створе 23–337°. Землетрясение возникло под действием превалирова-

ния напряжений сжатия, ориентированных на восток ( $AZ=85^\circ$ ). Одна из нодальных плоскостей ( $NP1$ ) имеет юго-юго-западное простираение ( $STK=205^\circ$ ), другая плоскость ( $NP2$ ) ориентирована на северо-северо-запад ( $STK=332^\circ$ ). Плоскость  $NP1$  залегает более полого ( $DP=42^\circ$ ) относительно плоскости  $NP2$  ( $DP=62^\circ$ ). Тип движения по плоскости  $NP1$  – взброс с компонентой правостороннего сдвига, по  $NP2$  – взброс с компонентой левостороннего сдвига.

12 декабря в 21<sup>h</sup>29<sup>m</sup> на территории Чечни произошло землетрясение с  $MS^P=4.0$  и гипоцентром на глубине 10 км (№ 50 в табл. 2). Эпицентр расположен в 5 км к юго-западу от г. Урус-Мартан, в 18 км к западу от пос. Чири-Юрт и в 28 км к юго-западу от г. Грозный. 13 декабря в 11<sup>h</sup>34<sup>m</sup> в этом же очаге произошло ещё одно ощутимое землетрясение с  $MS^P=4.1$  и  $h=10$  км (№ 52 в табл. 2). ССД в течение 12–14 декабря зарегистрированы ещё девять землетрясений с магнитудами до  $MS^P=3.1$ . Два из них были ощутимыми (№ 51 и 53 в табл. 2). Эта серия землетрясений произошла в зоне сочленения Владикавказского глубинного разлома и Даттых-Ахловской погребённой шовно-сдвиговой зоны.

Землетрясение 12 декабря с  $MS^P=4.0$  ощущалось в 22 населённых пунктах с интенсивностью от 5 баллов в ближайших посёлках и г. Грозный до 2–3 баллов в г. Махачкала. Событие 13 декабря с  $MS^P=4.1$  проявилось в городах Грозный и Урус-Мартан, сёлах Чечен-Аул, Ачхой-Мартан и Старые Атаги с интенсивностью 4 балла, в городах Шали и Аргун, с. Цоци-Юрт – 3 балла (табл. 2).

Оба события произошли в 136–138 км к западу от ощутимого землетрясения 24 мая 2019 г. в Дагестане с магнитудой  $m_b=4.6$  и в 75 км к западу-юго-западу от разрушительного землетрясения 11 октября 2008 г. в Чечне с  $MS=5.6$ . Напомним, что землетрясение 11 октября 2008 г. ощущалось в пяти субъектах Российской Федерации (Чечня, Дагестан, Ингушетия, Северная Осетия–Алания и Ставропольский край), а также в Грузии и Армении. Наиболее сильные разрушения были в Курчалойском районе и г. Гудермес, частичные разрушения – в Шалинском и Гудермесском районах, в городах Грозный и Аргун. В результате землетрясения погибли 13 человек, более 100 были ранены [Информационные сообщения ..., 2021].

Механизм очага землетрясения 12 декабря (№ 50 в табл. 2) в стереографической проекции на нижней полусфере и элементы механизма представлены в табл. 3. Механизм рассчитан по знакам первых вступлений продольных



волн на 42 станциях в интервале эпицентральных расстояний  $0.3\text{--}4.6^\circ$  и в азимутальном створе  $34\text{--}319^\circ$ . Землетрясение возникло под действием превалирования напряжений сжатия, ориентированных на юг–юго-восток ( $AZ=162^\circ$ ). Одна из нодальных плоскостей ( $NP1$ ) имеет восток–северо-восточное простирание ( $STK=66^\circ$ ), другая плоскость ( $NP2$ ) – запад–юго-западного простирания ( $STK=257^\circ$ ). Обе плоскости наклонены к горизонту под углом  $DP=45^\circ$ . Тип движения по обеим плоскостям – взброс.

Механизм очага землетрясения 13 декабря (№ 52 в табл. 2) рассчитан по знакам первых вступлений продольных волн на 40 станциях в интервале эпицентральных расстояний  $0.3\text{--}4.0^\circ$  и в азимутальном створе  $43\text{--}306^\circ$ . Механизм очага в стереографической проекции на нижней полусфере и элементы механизма представлены в табл. 3. Землетрясение возникло под действием превалирующих напряжений сжатия, ориентированных на северо-восток ( $AZ=41^\circ$ ). Нодальная плоскость  $NP1$  имеет запад–северо-западное простирание ( $STK=298^\circ$ ), плоскость  $NP2$  имеет юго–юго-восточное простирание ( $STK=153^\circ$ ). Плоскость  $NP2$  залегает более полого ( $DP=31^\circ$ ) относительно плоскости  $NP1$  ( $DP=64^\circ$ ). По обеим плоскостям произошли подвижки взбросового типа с небольшими компонентами сдвига.

### Выводы

Во II полугодии 2020 г. очаги крупнейших землетрясений земного шара, как и ранее, обнаруживают чёткую приуроченность к зонам контакта крупных литосферных 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.

Сравнительный анализ темпов выделения сейсмической энергии на земном шаре за период 2010–2020 гг. показал, что её значение во II полугодии 2020 г., как и в среднем в 2019–2020 гг., является одним из самых низких за одиннадцатилетний период и свидетельствует о сейсмическом затишье, которое в ближайшем будущем должно смениться периодом активизации сейсмодиформационных процессов на земном шаре.

Во II полугодии 2020 г. наибольшее количество сейсмической энергии выделилось при землетрясении с  $MS=7.9$  у побережья Аляски. На территории России землетрясений с катастрофическими последствиями не было.

**Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (в рамках государственного задания № 075-00576-21ПР) 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 И.П. Габсатаровой за ценные советы, Л.С. Маляновой и А.С. Вакуловскому за помощь в подготовке графических материалов печати.

### Литература

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.

База данных «Землетрясения» Службы срочных донесений. Информационные ресурсы ФИЦ ЕГС РАН // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/new/infres/> (дата обращения 11.01.2021).

В Приангарье при землетрясении повреждены 2 детсада, 4 школы и 20 домов // РИА Новости [сайт]. – URL: <https://reality.ria.ru/20200923/zemletryasenie-1577637964.html> (дата обращения 23.09.2020).

В Турции завершили поисково-спасательные работы на месте разрушенных землетрясением домов // ТАСС, 4 ноября 2020 г. [сайт]. – URL: <https://tass.ru/proisshestiya/9912617> (дата обращения 04.11.2020).

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

Гилёва Н.А., Кобелева Е.А., Радзиминович Я.Б., Мельникова В.И., Чечельницкий В.В. Быстринское землетрясение 21.09.2020 г. ( $M_w=5.5$ ) в Южном Прибайкалье: Предварительные результаты инструментальных и макросейсмических наблюдений // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2020. – Т. 47, № 4. – С. 55–71. doi:10.21455/VIS2020.4-4

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



Информационное сообщение о сильном землетрясении в Эгейском море 20 июля 2017 г. // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/RequestsHandler?cmd=tointfmsg&imid=51> (дата обращения 01.11.2020).

Информационные сообщения // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/> (дата обращения 11.01.2021).

Информация Службы срочных донесений // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/new/ssd.htm> (дата обращения 11.01.2021).

Казахстанский национальный центр данных [сайт]. – URL: <https://www.kndc.kz> (дата обращения 11.01.2021).

Каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов (1962 г. – наст. вр.) // Единая информационная система сейсмологических данных КФ ФИЦ ЕГС РАН [Электронный ресурс]. – URL: <http://sdis.emsd.ru/info/earthquakes/catalogue.php> (дата обращения 25.12.2020).

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 25.12.2020).

Кондорская Н.В., Горбунова И.В., Куреев 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., 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.

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

Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.

Мельникова В.И., Гилёва Н.А. Механизмы очагов сильных землетрясений Прибайкалья и Забайкалья в 2020 г. // Байкальский филиал ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: [http://www.seis-bykl.ru/modules.php?name=Seismo\\_2020](http://www.seis-bykl.ru/modules.php?name=Seismo_2020) (дата обращения 25.12.2020).

Не менее 115 человек погибли в результате землетрясения на западе Турции // ТАСС [сайт]. – URL: <https://tass.ru/proisshestviya/9943811> (дата обращения 08.11.2020).

Ощутимость землетрясения 21.09.2020 18:04:57 (по Гринвичу) // Байкальский филиал ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: [http://www.seis-bykl.ru/modules.php?name=Anketa\\_Stat](http://www.seis-bykl.ru/modules.php?name=Anketa_Stat) (дата обращения 04.02.2021).

Сейсмологический бюллетень (сеть телесеismic станций), 2010–2019 // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2010-2019](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2010-2019) (дата обращения 25.12.2020).

Ambraseys N.N., Free M.W. Surface-wave magnitude calibration for European region earthquakes // Journal of Earthquake Engineering. – 1997. – V. 1, Is. 1. – P. 1–22. doi:10.1080/13632469708962359

Bird P. An updated digital model of plate boundaries // Geochemistry Geophysics Geosystems. – 2003. – V. 4, N 3, 1027. doi:10.1029/2001GC000252.

Bormann P. Magnitude of seismic events. CHAPTER 3: Seismic sources and source parameters // IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP) / Bormann P. ed. – GeoForschungsZentrum Potsdam, 2002. – P. 16–46.

Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization [сайт]. – URL: <https://www.ctbto.org> (дата обращения 11.01.2021).

CSEM EMSC. Earthquake. Latest data contributions [Site]. – URL: <https://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php> (дата обращения 11.01.2021).

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, 2020.

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

Herak M., Panza G., Costa G. Theoretical and observed depth corrections for Ms // Pure and Applied Geophysics. – 2001. – V. 158. – P. 1517–1530.

International Seismological Centre (ISC). On-line Bulletin [Site]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin>. – United Kingdom, Thatcham: Internat. Seismol. Centre, 2020. doi:10.31905/D808B830

Papadimitriou P., Kapetanidis V., Karakonstantis A., Spingos I., Kassaras I., Sakkas V., Kouskouna V., Karatzetzou A., Pavlou K., Kaviris G., Voulgaris N. First Results on the Mw=6.9 Samos Earthquake of 30 October 2020 // Bulletin of the Geological Society of Greece. – 2020. – V. 56, N 1. – P. 251–279. doi:10.12681/bgsg.25359

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 11.01.2021).

*Swiss Seismological Service*. SED. Earthquakes [Site]. – 2020. – URL: <http://www.seismo.ethz.ch/en/earthquakes/europe/last90daysMag4.5plus/> (дата обращения 11.01.2021).

*Tsunami message number 5*. NWS National Tsunami Warning Center Palmer AK UTC tue Wed Jul 22 2020

[Электронный ресурс]. – URL: <https://www.tsunami.gov/events/ПAAQ/2020/07/22/qdux98/5/WEAK51/WEAK51.txt> (дата обращения 25.12.2020).

*USGS*. Earthquake Hazards [Site]. – URL: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us7000asvb/executivet> (дата обращения 25.12.2020).

*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@gstras.ru](mailto:yvin@gstras.ru)

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

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

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

## Global earthquakes in the 2020 second half according to the GS RAS

© 2021 Yu.A. Vinogradov, M.I. Ryzhikova, N.V. Petrova, S.G. Poygina, M.V. Kolomiets

GS RAS, Obninsk, Russia

Received February 1, 2021

**Abstract** The data on the seismicity of the Earth in the second half of 2020 at the level of strong earthquakes with magnitudes  $m_b \geq 6.0$  are given according to the data of the Alert Service of the Geophysical Survey RAS. The review also includes information on 54 tangible earthquakes in Russia and five earthquakes in adjacent territories that were felt in the settlements of the Russian Federation. Two of 67 strong earthquakes of the Earth with  $m_b \geq 6.0$  for the period under consideration were registered in the territory of Russia. For 15 strong earthquakes, the Alert Service published Information Messages within one or two days after their occurrence, for 14 earthquakes the information on focal mechanisms is provided. The strongest earthquake of the Earth with  $M_S = 7.9$  occurred on July, 22 in the region of the Alaska Peninsula. The maximum human casualties and material damage during the study period were the result of the catastrophic intraplate earthquake with  $M_S = 6.8$ , which occurred on October, 30 in the Aegean Sea, near the Samos Island. As a result of the earthquake, 117 people died, 1054 were injured. The strongest earthquake on the territory of Russia was the deep-focus one with  $m_b = 6.4$ , which took place on November, 30 in the Tatar Strait, separating Sakhalin Island from continental Eurasia. The crustal Bystrinsk earthquake on September, 21 with  $M_S = 5.2$ , which occurred in the area of Lake Baikal, was felt with a maximum intensity  $I = 6-7$  on the territory of Russia. Comparative analysis of the rate of seismic energy released in the Globe in 2010-2020 showed that its value in the second half of 2020, as well as for 2019-2020 on average, is one of the lowest for the eleven-year period and indicates a seismic calm, which should be replaced by a period of intensification of global seismic and deformation processes.

**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. & Kolomiyets, M.V. (2021). [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: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2021.1.01>

## References

- 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.).
- Ambraseys, N.N., & Free, M.W. (1997). Surface-wave magnitude calibration for European region earthquakes. *Journal of Earthquake Engineering*, 1(1), 1-22. doi:10.1080/13632469708962359
- Baza dannykh «Zemletriaseniia» Sluzhby srochnykh donesenii. Informatsionnye resursy FITs EGS RAN* [Earthquake Database of the Earthquake Early Alert Service. Information resources of the GS RAS]. (2021). Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/new/infres/> (In Russ.).
- Bird, P. (2003). An updated digital model of plate boundaries. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027. doi:10.1029/2001GC000252
- Bormann, P. (2002). Magnitude of seismic events. CHAPTER 3: Seismic Sources and Source Parameters. In *IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP)*. GeoForschungsZentrum Potsdam, 16-46.
- Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization*. (2021). Retrieved from <https://www.ctbto.org>
- CSEM EMSC. (2021). Earthquake. Latest data contributions. Retrieved from <https://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php>
- Gileva N.A., Kobeleva E.A., Radziminovich Ya.B., Melnikova V.I., & Chechelnitzy V.V. (2020). [Bystrinskoe earthquake of September 21, 2020 ( $M_w=5.5$ ) in the Southern Baikal region: Preliminary results of instrumental and macroseismic observations]. *Voprosy Inzhenernoi Seismologii* [Problems of Engineering Seismology], 47(4), 55-71. (In Russ.).
- Global CMT Web Page*. (2020). Global CMT Catalog Search. Retrieved from <http://www.globalcmt.org>
- GOST R 57546-2017 [State Standard 57546-2017. Earthquakes. Seismic intensity scale]. (2017). Moscow, Russia: Standartinform Publ., 28 p. (In Russ.).
- GS RAS, *Bulletin of Teleseismic Stations, 2010-2019*. (2020). Retrieved from [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin](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.
- Herak, M., Panza, G., & Costa, G. (2001). Theoretical and observed depth corrections for Ms. *Pure and Applied Geophysics*, 158, 1517-1530.
- Informatsiia Sluzhby srochnykh donesenii* [Earthquake Early Alert Service Information]. (2020). GS RAS [site]. Available at: <http://www.ceme.gsras.ru/new/ssd.htm> (In Russ.).
- Informatsionnoe soobshchenie o sil'nom zemletriasenii v Egeiskom more 20 iulija 2017 g.* [Informational message about about a strong earthquake in the Aegean Sea on July 20, 2017]. (2020). GS RAS [site]. Available at: <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/RequestsHandler?cmd=toifmsg&imid=51> (In Russ.).
- Informatsionnye soobshcheniia*. [Informational messages]. (2020). GS RAS [site]. Retrieved from <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/> (In Russ.).
- International Seismological Centre*. (2020). On-line Bulletin, doi:10.31905/D808B830
- Katalog zemletrjasenij tekushhego goda* [Earthquake catalog of the current year]. (2020). BB GS RAS [site]. Available at: <http://www.seis-bykl.ru/index.php> (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., Kolomiyets, 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.).



- Medvedev, S.V., Shponhoyer, V., & Karnik, V. (1965). *Shkala seysmicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 seismic intensity scale]. Moscow, Russia: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p. (In Russ.).
- Mel'nikova, V.I., & Gileva, N.A. (2020). *Mekhanizmy ochagov sil'nykh zemletriasenii Pribaikal'ia i Zabaikal'ia v 2020 g.* [Focal mechanisms of strong earthquakes in the Baikal and Transbaikalia in 2020]. BB GS RAS [site]. Available at: [http://www.seis-bykl.ru/modules.php?name=Seismo\\_2020](http://www.seis-bykl.ru/modules.php?name=Seismo_2020)
- Ne menee 115 chelovek pogibli v rezul'tate zemletriaseniia na zapade Turtsii* [At least 115 people died in an earthquake in Western Turkey]. (2020). TASS, November 8, 2020 [site]. Available at: <https://tass.ru/proisshestiya/9943811> (In Russ.).
- Oshchutimost' zemletriaseniia 21.09.2020 18:04:57 (po Grinichu)* [Earthquake Intensity 09/21/2020 18:04:57 GMT]. (2020). BB GS RAS [site]. Available at: [http://www.seis-bykl.ru/modules.php?name=Anketa\\_Stat](http://www.seis-bykl.ru/modules.php?name=Anketa_Stat) (In Russ.).
- Papadimitriou, P., Kapetanidis, V., Karakonstantis, A., Spingos, I., Kassaras, I., Sakkas, V., Kouskouna, V., Karatzetzou, A., Pavlou, K., Kaviris, G., & Voulgaris, N. (2020). First Results on the  $M_w=6.9$  Samos Earthquake of 30 October 2020. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 56(1), 251-279. doi:10.12681/bgsg.25359
- 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* (2021). IDA II Stations. Retrieved from <https://ida.ucsd.edu/?q=stations>
- Seismological Data Information System KB GS RAS*. (2020). Earthquakes Catalogue for Kamchatka and the Commander Islands (1962-present). Retrieved from <http://sdis.emsd.ru/info/earthquakes/catalogue.php> (In Russ.).
- Swiss Seismological Service. (2021). SED. Earthquakes. Retrieved from <http://www.seismo.ethz.ch/en/earthquakes/europe/last90daysMag4.5plus/>
- Tsunami message number 5*. (2020). NWS National Tsunami Warning Center Palmer AK UTC tue Wed Jul 22 2020. Available at: <https://www.tsunami.gov/events/PAAQ/2020/07/22/qdux98/5/WEAK51/WEAK51.txt>
- USGS. (2020). Earthquake Hazards. Retrieved from <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us7000asvb/executivet>
- V Priangar'e pri zemletriasenii povrezhdeny 2 detsada, 4 shkoly i 20 domov* [In Priangarye, an earthquake damaged 2 kindergartens, 4 schools and 20 houses]. (2020). RIA News, September 23, 2020 [site]. Available at: <https://realty.ria.ru/20200923/zemletryasenie-1577637964.html> (In Russ.).
- V Turtsii zavershili poiskovo-spasatel'nye raboty na meste razrushennykh zemletriaseniem domov* [Search and rescue operations completed in Turkey at the site of houses destroyed by an earthquake]. (2020). TASS, November 4, 2020 [site]. Available at: <https://tass.ru/proisshestiya/9912617> (In Russ.).
- Vinogradov, Yu.A., Ryzhikova, M.I., Poygina, S.G., Petrova, N.V., & Kolomiyets, 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
- 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@gstras.ru](mailto:yvin@gstras.ru)

**Ryzhikova Mariya Igorevna**, Deputy Head of Department of the GS RAS, Obninsk, Russia. E-mail: [masha@gstras.ru](mailto:masha@gstras.ru)

**Petrova Natalia Vladimirovna**, PhD, Leading Researcher of the GS RAS, Obninsk, Russia. ORCID: 0000-0002-2052-1327. E-mail: [npetrova@gstras.ru](mailto:npetrova@gstras.ru)

**Poygina Svetlana Germanovna**, Researcher of the GS RAS, Obninsk, Russia. ORCID: 0000-0002-0796-6049. E-mail: [sveta@gstras.ru](mailto:sveta@gstras.ru)

**Kolomiets Marina Viktorovna**, Head of Department of the GS RAS, Obninsk, Russia. E-mail: [kolmar@gstras.ru](mailto:kolmar@gstras.ru)