

Камчатка и Командорские острова

Д.В. Чебров, С.Я. Дроздина, С.Л. Сениуков, Ю.В. Шевченко, С.В. Митюшкина

КФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский

Сеть постоянно действующих сейсмических станций Камчатского филиала (КФ) ФИЦ ЕГС РАН состояла из 79 пунктов регистрации сейсмических сигналов. Размещение станций показано на рис. I.30, сведения о них, в т.ч. аппаратное оснащение, приведены в табл. I.21. Кроме этого, сотрудниками КФ ФИЦ ЕГС РАН поддерживалась работа двух станций, входящих в состав сети SAGSR (SKR и SK2) [1, табл. I.17]. Данные с этих станций обеспечивали непрерывные наблюдения за сейсмичностью Камчатского региона и Северных Курил. Аппаратурное оснащение станций определяет их целевое назначение [2]: наблюдения за локальной и региональной сейсмичностью (велосиметры CM-3KB, CM-3вч [3]), наблюдения за региональной сейсмичностью (велосиметры CMG-6T, CMG-3TB, CM-3oc, STS-1, STS-2, KS-2000, TC120-SV1, T120-QA-SV1) и регистрация сильных движений (акселерометры CMG-5T, AC-73iHNV, FBA-23). Станции PET, BKI, TILK, PALN, KBG и KLY входят в сеть телесеизмических цифровых станций ФИЦ ЕГС РАН (рис. I.30).

В течение года проводились ремонтные и профилактические работы на станциях существующей сети. Продолжена модернизация систем автономного электропитания станций.

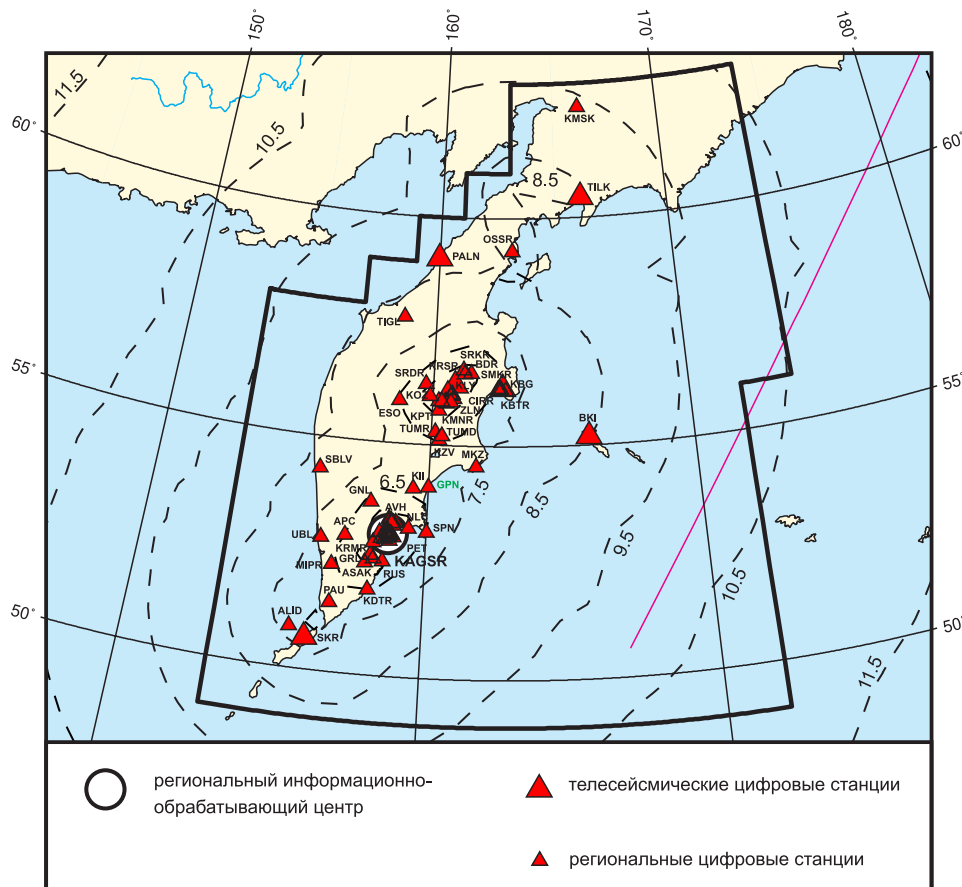


Рис. I.30. Сейсмические станции на Камчатке и Командорских островах в 2020 г.

Пунктиром показаны изолинии энергетической представительности K_{min} .

Черный шрифт – международные коды центров и станций,
зеленый шрифт – региональные коды станций

Таблица I.21. Сведения о сейсмических станциях КФ ФИЦ ЕГС РАН (сеть KAGSR)

№	Сейсмическая станция			Дата открытия (модернизации ¹)	Координаты и высота над уровнем моря			Подпочва	Тип оборудования
	название	код			φ, °N	λ, °E	h, м		
		международный	региональный						
1	Авача	AVH	AVH	16.01.1963 (01.06.2013)	53.264	158.740	942	Консолидированный грунт (пепел, шлак, обломки лавы, мерзлота)	СМ-3КВ; СМ-3вч, СМГ-6TD
2	Автодор ²	–	UK4	26.04.2011	56.234	162.520	5	Неконсолидированный грунт (песок, мелкий гравий, глина)	СМГ-5TD
3	Администрация-ПК'	–	ADM	01.07.2005 (04.03.2010)	53.023	158.647	5	Консолидированный грунт (глина, песок, гравий, каменные обломки)	СМГ-5Т+ GSR-24
4	Администрация-УК'	–	UK1	25.12.2009	56.263	162.586	5	Неконсолидированный грунт (песок, мелкий гравий, глина)	СМГ-5TD
5	Алайд	ALID	ALD	08.08.2001 (01.06.2013)	50.876	155.552	1400	Консолидированный грунт (каменные обломки лавы, шлак, пепел)	СМ-3КВ, СМ-3вч
6	Апача	APC	APC	24.02.1990 (14.07.2004)	52.926	157.133	120	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	СМ-3КВ, СМ-3ос+ СЦСС
7	Арик	KRX	KRX	19.08.2009 (01.06.2013)	53.359	158.649	1410	Консолидированный грунт (пепел, шлак, каменные обломки)	СМ-3КВ, СМ-3вч
8	Асача	ASAK	ASA	01.12.2008 (01.06.2013)	52.385	157.901	920	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	СМ-3КВ, СМ-3вч
9	Аэрологическая'	–	AER	01.01.1986 (27.03.2013)	53.086	158.554	80	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	СМГ-5Т+ GSR-24
10	Байдарная	BDR	BDR	08.10.2005 (01.06.2013)	56.568	161.208	720	Консолидированный грунт (пепел, шлак, каменные обломки)	СМ-3КВ
11	Безымянный	BZMR	BZM	05.08.2006 (01.06.2013)	55.935	160.490	1450	Консолидированный грунт (пепел, шлак, каменные обломки)	СМ-3КВ
12	Безымянный-Грива	BZGR	BZG	22.08.2007 (10.09.2013)	55.940	160.696	1150	Консолидированный грунт (пепел, шлак, обломки лавы)	СМГ-6TD
13	Безымянный-Запад	BZWR	BZW	22.08.2007 (01.06.2013)	55.965	160.497	1620	Консолидированный грунт (пепел, шлак, каменные обломки)	СМ-3КВ
14	Безымянный-Перевал	BZP	BZP	01.09.2016	55.912	160.538	1556	Консолидированный грунт (пепел, шлак, каменные обломки)	СМ-3КВ
15	Беринг ^{3*}	BKI	BKI	20.11.1962 (18.11.2018)	55.194	165.984	12	Консолидированный грунт (песок, мелкий гравий, глина)	СМГ-5TDE; TC120-SV1+ Centaur

¹ показана дата последней модернизации, предыдущие см. в [2].

² – на станции установлен прибор сильных движений.

³ * – опорные и вспомогательные станции СП СПЦ, ИОЦ «Петропавловск».

№	Сейсмическая станция			Дата открытия (модернизации ¹)	Координаты и высота над уровнем моря			Подпочва	Тип оборудования
	название	код			φ, °N	λ, °E	h, м		
		международный	региональный						
16	Больница'	–	GK004	09.10.2014 (21.01.2016)	53.038	158.661	25	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CMG-5TDE
17	Вилочинск'	–	VIL	01.10.2007	52.931	158.405	40	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CMG-5T+ GSR-24
18	Водозабор'	–	UK2	12.12.2009	56.232	162.646	2	Неконсолидированный грунт (пепел, песок, мелкий гравий, глина)	CMG-5TD
19	Высотная'	–	VST	28.02.2014	53.025	158.672	115	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CMG-5T+ GSR-24
20	Ганалы	GNL	GNL	15.01.1988 (01.06.2013)	53.695	157.942	1200	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CM-3KB, CM-3вч
21	Горелый	GRL	GRL	14.08.1980 (01.06.2013)	52.554	158.073	1400	Консолидированный грунт (пепел, шлак, каменные обломки)	CM-3KB, CM-3вч
22	Горького' (Улица Горького, 15)	–	PTG	20.11.1966 (14.02.2014)	53.056	158.631	170	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CMG-5T+ GSR-24
23	Дальний'	DALK	DAL	06.10.2009	53.031	158.754	57	Консолидированный грунт (дресва, глина)	CMG-5TD, CMG-6TD
24	Дачная'	–	DCH	1971 (18.02.2010)	53.058	158.639	160	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CMG-5T+ GSR-24
25	Жупаново'	–	GPN	1982 (25.10.2011)	54.082	159.988	20	Консолидированный грунт (глина, мелкий гравий, каменные обломки)	CMG-5TD
26	Звёздный'	–	SPZ	13.07.2010	53.056	158.666	168	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CMG-5T+ GSR-24
27	Зелёная	ZLN	ZLN	30.10.1988 (01.06.2013)	56.017	160.803	1050	Консолидированный грунт (пепел, шлак)	CM-3KB
28	Институт*'	–	IVS	14.12.2007 (07.07.2015)	53.067	158.609	140	Консолидированный грунт (каменные обломки, глина)	(CMG-3TB, CMG-5T)+ DAS-S6
29	Интернат'	–	GK002	09.10.2014	52.988	158.669	40	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки на скальном основании)	AC-73iNHV +GMS ^{plus}
30	Каменистая	KMNR	KMN	27.09.1990 (01.06.2013)	55.756	160.247	1145	Консолидированный грунт (пепел, шлак, каменные обломки)	CM-3KB, CM-3вч
31	Каменская	KMSK	KM1	05.07.2010	62.467	166.206	40	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CMG-6TD
32	Карымский	KП	KRY	10.02.1973 (01.06.2013)	54.036	159.449	900	Консолидированный грунт (пепел, шлак, каменные обломки)	CM-3KB

№	Сейсмическая станция			Дата открытия (модернизации ¹)	Координаты и высота над уровнем моря			Подпочва	Тип оборудования
	название	код			φ, °N	λ, °E	h, м		
		международный	региональный						
33	Карымшина'	KRMR	KRM	17.01.2000 (12.07.2013)	52.828	158.131	90	Консолидированный грунт (песок, гравий, глина)	CMG-5TD, CMG-3TB+GSR-24
34	Кизимен	KZV	KZV	28.09.2009 (01.06.2013)	55.113	160.294	1500	Консолидированный грунт (пепел, шлак, каменные обломки)	CM-3KB, CM-3вч
35	Киришева	KIRR	KIR	05.08.2006 (01.06.2013)	55.953	160.342	1470	Консолидированный грунт (пепел, шлак, обломки лавы)	CM-3KB, CMG-6TD
36	Ключи'	KLY	KLY	1946 (01.06.2013)	56.317	160.857	35	Консолидированный грунт (пепел)	KS-2000, CMG-5TD
37	Козыревск'	KOZ	KOZ	1958–1989; 21.06.2001 (28.10.2020)	56.058	159.872	60	Консолидированный грунт (каменные обломки, глина)	CMG-5TDE; TC120-SV1+Centaur
38	Копыто	KPT	KPT	23.10.1997 (01.06.2013)	55.966	160.222	1000	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CM-3KB
39	Коряка	KOK	KRK	30.08.1977 (01.06.2013)	53.296	158.643	1050	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CM-3KB, CM-3вч
40	Корякский ретранслятор	KRER	KRE	15.01.2009 (01.06.2013)	53.304	158.749	1845	Консолидированный грунт (пепел, шлак, каменные обломки)	CM-3KB, CM-3вч
41	Крестовский	KRSR	KRS	08.04.1988 (01.06.2013)	56.217	160.565	1180	Консолидированный грунт (пепел, шлак, каменные обломки)	CM-3KB
42	Крутоберегово	KBTR	KBT	05.04.1997 (01.06.2013)	56.208	162.819	360	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CM-3KB, CM-3вч
43	Крутоберегово*'	KBG	KBG	10.04.1968 (12.11.2020)	56.258	162.713	30	Консолидированный грунт (пепел)	CMG-3TB+, DAS-S6; (TC120-SV1, CMG-5T)+Centaur
44	Логинов	LGNR	LGN	01.09.1999 (01.06.2013)	56.083	160.69	2530	Консолидированный грунт (пепел, шлак, каменные обломки, мерзлота)	CM-3KB, CM-3вч
45	Малая Ипелька	MIPR	MIP	11.11.1997 (01.06.2013)	52.276	156.758	370	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CM-3KB, CM-3вч
46	Маяк'	–	MPP	18.11.2010	52.887	158.704	130	Консолидированный грунт (каменные обломки, глина)	CMG-5TD
47	Мишенная' (Сопка Мишенная)	–	MSN	1982 (16.08.2012)	53.044	158.639	381	Консолидированный грунт (каменные обломки, глина)	CMG-5TD
48	Мутновский	MTVR	MTV	01.12.2008 (20.07.2015)	52.484	158.193	1390	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CM-3KB, CM-3вч

№	Сейсмическая станция			Дата открытия (модернизации ¹)	Координаты и высота над уровнем моря			Подпочва	Тип оборудования
	название	код			φ, °N	λ, °E	h, м		
		международный	региональный						
49	МЧС'	–	GK005	22.10.2014	53.009	158.733	60	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	AC-73iHHV +GMS ^{plus}
50	Мыс Козлова	MKZ	MKZ	25.09.1997 (01.06.2013)	54.556	161.730	520	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CM-3KB, CM-3вч
51	НИГТЦ'	–	НИ	15.12.2007	53.080	158.641	190	Консолидированный грунт (песок, каменные обломки, глина)	CMG-5T+ GSR-24
52	Налычево'	NLC	NLC	31.03.1984 (24.12.2010)	53.172	159.348	6	Консолидированный грунт (песок, гравий, глина)	CMG-5TD
53	Николаевка'	–	NIC	15.12.2007	53.046	158.341	25	Консолидированный грунт (песок, гравий, глина)	CMG-5T+ GSR-24
54	Оссора'	OSSR	OSS	25.01.1973 (03.08.2013)	59.262	163.072	35	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	(CMG-6T, CMG-5T)+ (DM24+ EAM)
55	Палана	PALN	PAL	13.11.2008	59.094	159.968	70	Консолидированный грунт (каменные обломки, глина)	STS-2+ GSR-24
56	Паужетка'	PAU	PAU	30.04.1961 (25.10.2018)	51.468	156.815	130	Консолидированный грунт (каменные обломки, глина)	CMG-5TDE, CMG-6TD
57	Петропавловск*'	PET	PET	18.03.1951 (03.04.2018)	53.023	158.65	100	Консолидированный грунт (кремнистые сланцы)	CMG-5T+ GSR-24, (STS-1, FBA-23)+ Q330-HR, STS-2+ Q330-HR
58	Русская'	RUS	RUS	21.12.1987 (29.11.2020)	52.432	158.513	125	Консолидированный грунт (каменные обломки, глина)	CM-3KB, CM-3вч; CMG-5TD, CMG-6TD
59	Рыбачий'	–	RIB	15.12.2007	52.918	158.533	100	Консолидированный грунт (каменные обломки, глина)	CMG-5T+ GSR-24
60	Седловина	SDLR	SDL	17.12.1991 (01.06.2013)	53.278	158.887	1230	Консолидированный грунт (шлак, каменные обломки)	CM-3KB, CM-3вч
61	Семкарок	SMKR	SMK	18.09.2005 (01.06.2013)	56.582	161.468	895	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CM-3KB
62	Соболево	SBLV	SBLV	30.11.2018	54.304	155.961	44	Консолидированный грунт (гравий, глина)	T120-QA-SV1+ Centaur
63	Сомма	SMAR	SMA	06.03.1991 (01.06.2013)	53.266	158.812	2050	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CM-3KB, CM-3вч
64	Сорокина	SRKR	SRK	18.09.2005 (01.06.2013)	56.654	161.168	845	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CM-3KB

№	Сейсмическая станция			Дата открытия (модернизации ¹)	Координаты и высота над уровнем моря			Подпочва	Тип оборудования
	название	код			φ, °N	λ, °E	h, м		
		международный	региональный						
65	Срединный	SRDR	SRD	04.01.1992 (01.06.2013)	56.319	159.693	830	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	СМ-3КВ
66	Тигиль	TIGL	TIGL	12.08.2012	57.765	158.671	115	Консолидированный грунт (песок, мелкий гравий, глина)	СМГ-6ТD
67	Тилички*'	TILK	TL1	04.12.2008 (15.01.2018)	60.446	166.145	25	Консолидированный грунт (песок, глина)	(СМГ-3ТВ, СМГ-5Т)+ DAS-S6
68	Тумрок	TUMR	TUM	25.07.2003 (01.06.2013)	55.283	160.146	1210	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	СМ-3КВ, СМ-3вч
69	Тумрок-источники'	TUMD	TUMD	18.03.2011	55.203	160.399	478	Консолидированный грунт (каменные обломки, глина)	СМГ-5ТD, СМГ-6ТD
70	Угловая	UGLR	UGL	19.08.1992 (01.06.2013)	53.210	158.829	1200	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	СМ-3КВ, СМ-3вч
71	УК-Дельта'	UK5	UK5	05.10.2016	56.231	162.556	4	Неконсолидированный грунт (песок, мелкий гравий, глина)	СМГ-5ТD
72	Усть-Большерецк	UBL	UBL	20.12.2018	52.824	156.282	57	Консолидированный грунт (песок, глина)	Т120-QA-SV1+ Centaur
73	Ходутка'	KDTR	KDT	25.08.2011	51.809	158.077	22	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	СМГ-5ТD, СМГ-6ТD
74	Цирк	CIRR	CIR	16.10.1998 (01.06.2013)	56.115	160.748	1450	Консолидированный грунт (пепел, шлак)	СМ-3КВ
75	Шипунский'	SPN	SPN	25.08.1962 (08.07.2011)	53.106	160.011	95	Консолидированный грунт (каменные обломки, глина)	СМГ-5ТD, СМГ-6ТD
76	Школа'	–	SCH	15.12.2007	52.958	158.674	70	Консолидированный грунт (каменные обломки, глина)	СМГ-5Т+ GSR-24
77	Школа № 3'	–	GK001	09.10.2014	52.972	158.689	68	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки на скальном основании)	AC-73iHHV +GMS ^{plus}
78	Школа № 40'	–	GK003	09.10.2014	53.071	158.646	171	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	AC-73iHHV +GMS ^{plus}
79	Эссо'	ESO	ESO	24.11.1965 (19.02.2018)	55.932	158.695	490	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	СМГ-5ТD, TC120-SV1+ Centaur

В рамках оптимизации и улучшения характеристик сети 29 ноября на станции «Русская» демонтирована аппаратура аналоговых короткопериодных каналов РТСС и установлен цифровой широкополосный сейсмометр Guralp СМГ-6ТD. На станциях «Козыревск» (КОЗ) 28 октября и «Крутоберегово» (КВГ) 12 ноября произведена замена приборов на цифровые трехкомпонентные широкополосные сейсмометры Trillium Horizon-120 с периодом 120 секунд.

В табл. I.21 приведены общее название подпочвы станций и ее описание. Эффективная жесткость грунта в местах размещения станций сети Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН приведена в [4].

Информация со всех сейсмических станций сети, как и ранее [5], поступала по каналам связи в режиме, близком к реальному времени, на серверы регионального информационно-обрабатывающего центра КФ ФИЦ ЕГС РАН (г. Петропавловск-Камчатский). Система сбора и передачи данных организована на базе корпоративной сети Камчатского филиала с использованием каналов сети Интернет двух провайдеров («Ростелеком» и «ИнтерКамСервис»), RadioEthernet сетей технологической связи, VSAT сети ОАО «Сетьтелеком», VSAT сети ОАО «Сатис», построенной по технологии «Idirect» с хабом в Петропавловске-Камчатском. С целью повышения надежности передачи данных для опорных сейсмических станций организовано по два канала связи через сети разных операторов. В случае аварии каналы автоматически переключаются с использованием протоколов динамической маршрутизации. Состояние и развитие системы сейсмического мониторинга Камчатского филиала в 2016–2020 гг. рассмотрено в [6].

Обработка сигналов сейсмических станций, расчет параметров гипоцентров и энергетических характеристик землетрясений производились при помощи программы DIMAS [7], как и в предыдущие годы, начиная с 2010 г. [8]. Каталог землетрясений пополнялся ежедневно с задержкой не более суток с момента регистрации сейсмического события, исключение составили многочисленные афтершоки сильного землетрясения 25 марта. Из-за высокой интенсивности процесса на его начальной стадии наиболее слабые афтершоки были обработаны в отложенном режиме. Для хранения и доступа к информации о землетрясениях в Камчатском филиале созданы информационные ресурсы «Каталог землетрясений» [9, 10] и «Единая информационная система сейсмологических данных КФ ФИЦ ЕГС РАН» [11, 12]. Без ограничений доступны параметры землетрясений Камчатки и Командорских островов с энергетическим классом $K_s \geq 8.5$. Для получения информации о более слабых событиях необходимо зарегистрироваться и оформить запрос на расширенный доступ (<http://sdis.emsd.ru/pers/registration.php>).

В каталог землетрясений региона за 2020 г. включено 5202 события в энергетическом диапазоне $1.3 \leq M \leq 7.5$ ($6.5 \leq K_s \leq 16.8$) (в т.ч. пять – по данным центра NEGSР), локализованных на территории Камчатки, Командорских островов и частично Курильских и Алеутских островов, Корякского автономного округа и Охотского моря в зоне ответственности КФ ФИЦ ЕГС РАН [13]. В их числе – шесть вулканических и вулканотектонических землетрясений из районов вулканов Ключевской и Плоский Толбачик. Кроме того, для 107 землетрясений в каталоге помещены альтернативные решения центров NEGSР, SAGSR и YAGSR.

Печатный вариант каталога землетрясений [14] содержит параметры 218 событий Камчатского региона (все 92 ощутимых землетрясения с $M \geq 2.7$, остальные – с $M \geq 3.8$). Карта эпицентров землетрясений представлена на рис. I.31.

На соседних территориях центром KAGSR были определены параметры 140 землетрясений: 139 – на территории Курило-Охотского региона (в т.ч. 101 добавлено в каталог [15] в качестве основных решений, 38 – в качестве альтернативных решений) и одного – на Северо-Востоке России и Чукотке (добавлено в каталог [16] в качестве основного решения).

В целом положение эпицентров является обычным для региона ответственности КФ ФИЦ ЕГС РАН, большая часть землетрясений относится к зоне субдукции Тихоокеанской плиты. Наиболее активной, как и в предыдущие годы [5], оказалась сейсмофокальная зона Камчатки, где сосредоточено 62.8% землетрясений, произошедших в регионе. 21.8% событий зарегистрировано в Тихом океане, в Командорском сегменте Алеутской дуги – 11.3% землетрясений. На долю остальных зон приходится 4.1% от общего числа событий. Схема деления Камчатского региона на сейсмоактивные зоны и их подробное описание даны в [17, 18].

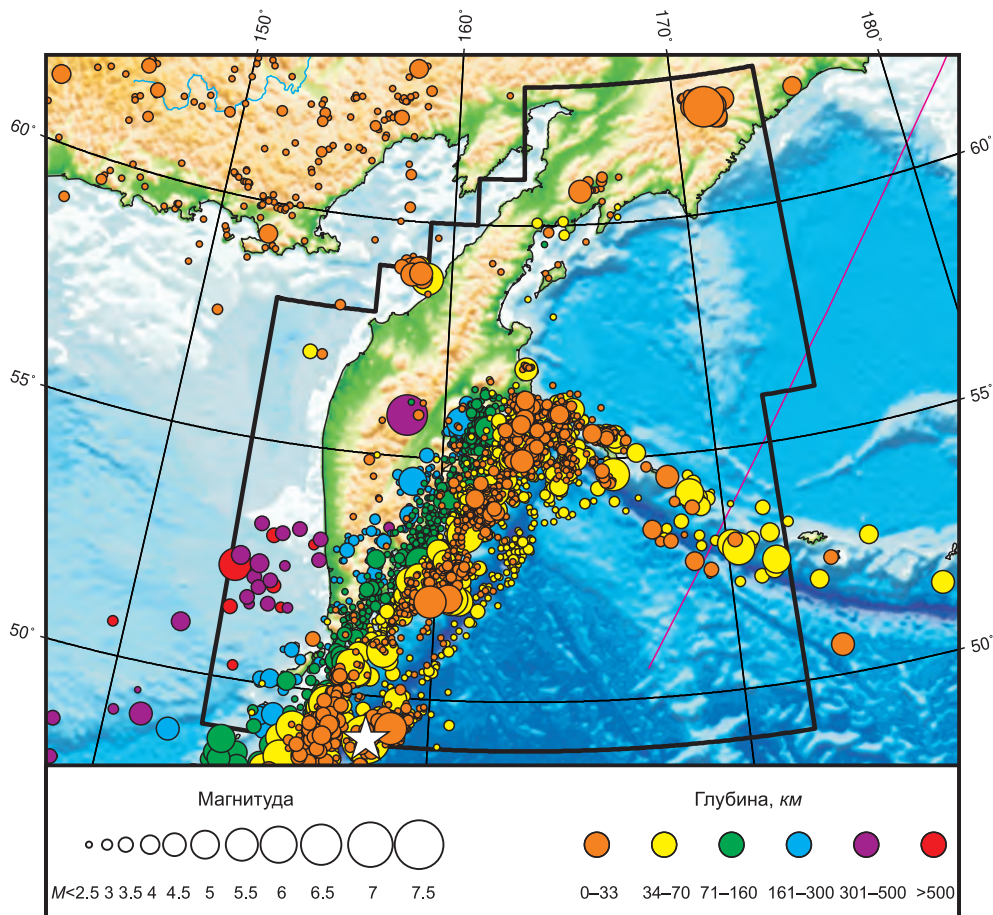


Рис. 1.31. Карта эпицентров землетрясений на Камчатке и Командорских островах в 2020 г.
Звездочкой показано самое сильное землетрясение в регионе

В регионе ответственности КФ ФИЦ ЕГС РАН произошло 17 сильных землетрясений с $M \geq 5.3$ ($K_s \geq 12.6$), из них 15 были ощутимыми. В сейсмофокальной зоне Камчатки зарегистрировано десять землетрясений, в том числе семь – мелкофокусных ($h \leq 69$ км), два – в промежуточном слое ($h \sim 83$ и 360 км) и одно глубокое событие ($h = 560$ км). Три сильных землетрясения произошли в поверхностном слое зоны Тихий океан, в том числе сильнейшее событие на границе Камчатского и Курило-Охотского регионов 25 марта в 02^h49^m с $M = 7.5$ [1]. Два сильных землетрясения зафиксированы в поверхностном слое Командорского сегмента Алеутской дуги, одно – в поверхностном слое Корякского сейсмического пояса и еще одно – в заливе Шелихова.

Рассмотрим наиболее значительные ($ML > 6.0$) землетрясения региона в 2020 году. Для этих событий была дополнительно рассчитана моментная магнитуда по тензору сейсмического момента, который определен путем инверсии волновых форм региональных широкополосных станций [19]. Для расчета M_w использовалась формула:

$$M_w = (2/3) \cdot (\lg M_0 [H \cdot m] - 9.1),$$

где $M_0 = (M_3 - M_1)/2$ – скалярный сейсмический момент, $M_1 \leq M_2 \leq M_3$ – главные значения тензора.

9 января в 08^h38^m в центральной части Корякского нагорья произошло сильное землетрясение с $M = 6.3$ ($M_w = 6.3$, $K_s = 14.2$). Его гипоцентр определен к северо-востоку от горы Ледяной на глубине ~ 8 км. Землетрясение ощущалось с интенсивностью от 2–3 до 3–4 баллов⁴ в шести населенных пунктах Камчатского края (152–268 км) и в одном

⁴ Здесь и далее интенсивность I приводится по шкалам ШСИ-17 [20] и МШИЗ-18 [21].

пункте Чукотского автономного округа (208 км). Максимальная интенсивность сотрясений $I_{\max}=3-4$ балла наблюдалась в с. Слаутное (199 км). За 10 мин до события зафиксирован форшок с $M=4.7$ ($K_S=11.7$). В первые сутки после сильного землетрясения произошло десять афтершоков и еще три – в течение трех недель. Самый сильный из них с $M=5.1$ ($K_S=12.2$) зарегистрирован 9 января в 10^h47^m. Надо отметить, что главный толчок стал сильнейшим событием, зарегистрированным в этом районе за все время инструментальных наблюдений с ноября 1961 года. Кроме землетрясений его афтершоковой последовательности, здесь были зафиксированы только единичные события в 2007 и 2011 гг.

Два сильных землетрясения произошли у восточного побережья Камчатки. Первое – в районе полуострова Кроноцкий 22 января в 11^h04^m на глубине ~83 км с $M=5.5$ ($M_W=5.5$, $K_S=14.3$, $M_C=6.0$). Событие ощущалось с интенсивностью от 1–2 до 5–6 баллов в 18 населенных пунктах (47–311 км). Максимальная интенсивность сотрясений $I_{\max}=5-6$ баллов зафиксирована в ближайшем пункте – кордоне Кроноки (47 км). В Петропавловске-Камчатском (284 км) интенсивность сотрясений не превышала 3 баллов. Второе – в районе п-ова Шипунский 20 февраля в 18^h57^m на глубине ~52 км с $M=5.8$ ($M_W=5.8$, $K_S=14.3$, $M_C=6.0$). Землетрясение ощущалось с интенсивностью от 1–2 до 5 баллов в 33 населенных пунктах (71–328 км). Максимальная интенсивность сотрясений 5 баллов наблюдалась в ближайшем пункте – мыс Шипунский (71 км). В Петропавловске-Камчатском (158 км) в отдельных районах ощущалось до 4–5 баллов, но в основном интенсивность сотрясений не превышала 4 баллов. Афтершоковых последовательностей не наблюдалось.

Сильнейшее землетрясение России с $M=7.5$ ($M_W=7.5$, $K_S=16.8$, $M_C=7.5$) произошло на границе Камчатского и Курило-Охотского регионов 25 марта в 02^h49^m. В каталог [13] для этого события добавлены альтернативное решение и результаты макросейсмического обследования центра SAGSR. По данным Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН, гипоцентр землетрясения определен в Тихом океане, напротив Четвертого Курильского пролива в 223 км к юго-востоку от Северо-Курильска на глубине ~48 км. По данным ближайшей станции сильных движений SKR, входящей в сеть SAGSR, инструментальная интенсивность сотрясений, автоматически определенная в режиме, близком к реальному времени, составила 7 баллов [22]. Это событие вызвало максимальную интенсивность сотрясений в 2020 г. и имело максимальную площадь проявления. Землетрясение ощущалось с интенсивностью I от 2 до 6–7 баллов в 47 населенных пунктах, расположенных на п-ове Камчатка на расстоянии 220–847 км от эпицентра, на Северных и Южных Курильских островах (215–1096 км), о. Беринга (865 км), о. Хоккайдо (1233 км, Япония) и о. Адак (1801 км, США). Самые сильные сотрясения $I_{\max}=6-7$ баллов зафиксированы в Северо-Курильске (223 км, о. Парамушир) и 6 баллов – на маяках Чибуйный (229 км, о. Парамушир) и Круглый (329 км, п-ов Камчатка). В Петропавловске-Камчатском (437 км) наблюдались сотрясения интенсивностью 4–5 баллов. Около одной минуты все жители Северо-Курильска ощущали начинающуюся как нарастающее колебание очень сильную жесткую тряску, незадолго до и во время которой некоторые люди слышали подземный гул. Большинство людей, находившихся на нижних этажах зданий, в сильном испуге выбежали на улицу, продолжали там ощущать тряску, наблюдали сотрясение деревьев и кустов, раскачивание опор ЛЭП, отдельно стоящих труб, падение частей кирпичных труб на крыше зданий. В помещениях центральной районной больницы (ЦРБ, шлакоблочное здание) и полиции (деревянное здание) произошел механический разрыв труб отопления от места ввода в радиатор отопления. В деревянных многоквартирных зданиях (класса сейсмостойкости 9 баллов) появились свежие трещины в оштукатуренных стенах, откололись небольшие куски штукатурки, зафиксирован случай отхождения кафеля с цементом от деревянной стены. На крышах 15 зданий с печным отоплением зафиксировано повреждение 60 кирпичных дымовых труб: трещины в кладке, выпадение частей кладки и полное падение.

Землетрясение сопровождалось большим количеством афтершоков. До конца мая 2020 г. в очаговой области сильного землетрясения (в радиусе 70 км от его эпицентра) лоцировано 516 событий, из них более 80% произошло в первые две недели. Из-за высокой интенсивности процесса на его начальной стадии наиболее слабые афтершоки были обработаны в отложенном режиме. Самое сильное землетрясение с $M=5.5$ ($K_S=12.9$) афтершоковой последовательности зарегистрировано 25 марта в 17^h21^m. Событие ощущалось с интенсивностью 3–4 балла в единственном населенном пункте – Северо-Курильске (221 км).

15 сентября в 03^h41^m под центральной частью Срединного хребта произошло сильное с $M=6.4$ ($M_W=6.4$, $K_S=14.4$, $M_C=6.0$) единичное землетрясение. Его гипоцентр определен в 9 км на юго-запад от села Эссо на глубине 360 км. Землетрясение ощущалось с интенсивностью от 2 до 4–5 баллов в 11 населенных пунктах (188–454 км), расположенных на восточном побережье п-ова Камчатка, и в пос. Южно-Курильск (1596 км, о. Кунашир). Событие имеет макросейсмический эффект, характерный для глубоких камчатских землетрясений зоны субдукции: смещение максимальной интенсивности сотрясений на восточное побережье Камчатки в район выхода тихоокеанской плиты на поверхность [23]. В ближайших населенных пунктах, расположенных в зоне Центральной Камчатской депрессии и на западном побережье полуострова, землетрясение не ощущалось. Максимальная интенсивность сотрясений 4–5 баллов наблюдалась на кордонах Долина Гейзеров (188 км), Аэродром (194 км) и мысе Шипунском (321 км). В Петропавловске-Камчатском (318 км) интенсивность сотрясений не превышала двух баллов.

Следует также отметить сейсмичность, которая наблюдалась в зоне залива Шелихова. На протяжении более 57 лет активность этой зоны была относительно низкой [17]. 26 декабря 2019 г. в этом районе начал регистрироваться рой землетрясений, который продолжался до конца января 2020 г. [24, 13]. Самое сильное событие последовательности с $M=5.7$ ($K_S=13.1$) зафиксировано 26 декабря 2019 г. в 17^h13^m [24]. Следующий этап активности в этой зоне начался в сентябре 2020 г. [13]. 1 сентября в 00^h51^m в заливе Шелихова было зарегистрировано землетрясение с $M=5.7$ ($K_S=13.2$). Гипоцентр его определен на глубине ~34 км на северо-западной границе зоны ответственности КФ. Событие стало сильнейшим в этом районе за время детальных сейсмологических наблюдений на Камчатке с ноября 1961 года. Землетрясение сопровождалось афтершоками. До конца сентября 2020 г. в радиусе 40 км от его эпицентра лоцировано 60 событий.

Всего Камчатским филиалом ФИЦ ЕГС РАН в 2020 г. на территории Камчатского края и Северных Курил зафиксировано 95 ощутимых землетрясений с $M \geq 2.7$ ($K_S \geq 8.6$) и интенсивностью сотрясений от 1–2 до 6–7 баллов, включая Курильское событие 13 февраля в 10^h33^m и еще два землетрясения из каталога Сахалинского филиала ФИЦ ЕГС РАН [15]. Макросейсмические сведения представлены в [13, 14]. Максимальная интенсивность сотрясений $I_{\max}=6–7$ баллов наблюдалась во время землетрясения 25 марта в 02^h49^m с $M=7.5$ ($M_W=7.5$, $K_S=16.8$, $M_C=7.5$) в Северо-Курильске (223 км). Это событие вызвало и максимальную в 2020 г. интенсивность сотрясений 4–5 баллов в Петропавловске-Камчатском (437 км). Всего в Петропавловске-Камчатском ощущалось 27 землетрясений ($K_S=10.0–16.8$) с интенсивностью от 1–2 до 4–5 баллов.

Для 1667 землетрясений с $M \geq 2.6$ ($K_S \geq 8.5$) в [25] помещен бюллетень региональной сети станций за 2020 г. в формате ISF, для 27 из них в [26] опубликовано решение механизма очага.

На рис. I.32 показана гистограмма суммарной сейсмической энергии, выделившейся на Камчатке и Командорских островах в 2016–2020 гг. Уровень сейсмичности региона в 2020 г. согласно шкале «СОУС’09» [27] оценен как «высокий» за 59-летний период наблюдений (с 1962 по 2020 г.) [28].

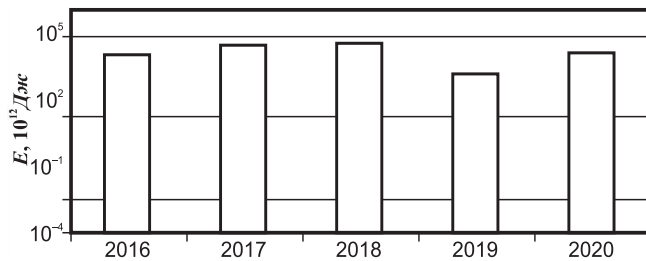


Рис. 1.32. Распределение сейсмической энергии, выделившейся на Камчатке и Командорских островах в 2016–2020 гг.

Литература

1. Фокина Т.А., Костылев Д.В., Левин Ю.Н., Михайлов В.И., Сафонов Д.А. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. Приамурье и Приморье, Сахалин и Курило-Охотский регион // Землетрясения России в 2020 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2022. – С. 53–61.
2. Чебров В.Н., Дрознин Д.В., Кугаенко Ю.А., Левина В.И., Сеньюков С.Л., Сергеев В.А., Шевченко Ю.В., Яцук В.В. Система детальных сейсмологических наблюдений на Камчатке в 2011 году // Вулканология и сейсмология. – 2013. – № 1. – С. 18–40.
3. Шевченко Ю.В. Сейсмический канал для регистрации слабых событий // Вулканология и сейсмология. – 1996. – № 4. – С. 119–121.
4. Шевченко Ю.В., Яковенко В.В. Расчет станционной поправки класса и сейсмической жесткости для станций Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 2018. – № 3. – С. 70–80.
5. Чебров Д.В., Дрознина С.Я., Сеньюков С.Л., Шевченко Ю.В., Митюшкина С.В. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. Камчатка и Командорские острова // Землетрясения России в 2019 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2021. – С. 73–82.
6. Чебров Д.В., Тихонов С.А., Дрознин Д.В., Дрознина С.Я., Матвеев Е.А., Митюшкина С.В., Салтыков В.А., Сеньюков С.Л., Серафимова Ю.К., Сергеев В.А., Яцук В.В. Система сейсмического мониторинга и прогнозирования на Камчатке и ее развитие. Основные результаты наблюдений в 2016–2020 гг. // Российский сейсмологический журнал. – 2021. – Т. 3, № 3. – С. 28–49. <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2021.3.02>
7. Дрознин Д.В., Дрознина С.Я. Интерактивная программа обработки сейсмических сигналов DIMAS // Сейсмические приборы. – 2010. – Т. 46, № 3. – С. 22–34.
8. Чебров В.Н., Левина В.И., Ландер А.В., Чеброва А.Ю., Сеньюков С.Л., Дрознин Д.В., Дрознина С.Я. Региональный каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов 1962–2010 гг.: технология и методика создания // Землетрясения Северной Евразии, 2010 год. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – С. 396–406.
9. Чебров В.Н., Бахтиярова Г.М., Дрознин Д.В., Дубровский Н.И., Кугаенко Ю.А., Левина В.И., Пантюхин Е.А., Сеньюков С.Л., Сергеев В.А. Информационные ресурсы Камчатского филиала Геофизической службы РАН в Internet // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России: Труды II научно-технической конференции. – Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2010. – С. 302–305.
10. Каталог землетрясений [сайт]. – [Петропавловск-Камчатский: КФ ФИЦ ЕГС РАН, 2022]. – URL: <http://www.emsd.ru/ts/all.php>, свободный.
11. Чеброва А.Ю., Чемарев А.С., Матвеев Е.А., Чебров Д.В. Единая информационная система сейсмологических данных в Камчатском филиале ФИЦ ЕГС РАН: принципы организации, основные элементы, ключевые функции // Геофизические исследования. – 2020. – Т. 21, № 3. – С. 66–91.
12. Единая информационная система сейсмологических данных КФ ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – [Петропавловск-Камчатский: КФ ФИЦ ЕГС РАН, 2022]. – URL: <http://www.emsd.ru/sdis>
13. 2020-ER_App17_Kamchatka-and-Komandor-Islands.xls [Электронный ресурс]: Список приложений для ежегодника «Землетрясения России в 2020 году» // Землетрясения России [сайт]. – [Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2022]. Систем. требования: MS Excel, Open Office. – URL: http://www.gsras.ru/zr/app_20.html, свободный.
14. Сеньюков С.Л., Дрознина С.Я. (отв. сост.); Карпенко Е.А., Леднева Н.А., Нанылова Н.А., Назарова З.А., Должикова А.Н., Митюшкина С.В., Раевская А.А., Абубакиров И.Р., Павлов В.М. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Камчатка и Командорские острова // Землетрясения России в 2020 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2022. – С. 158–163.

15. *2020-ER_App12_Kuril-Okhotsk-region.xls* [Электронный ресурс]: Список приложений для ежегодника «Землетрясения России в 2020 году» // Землетрясения России [сайт]. – [Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2022]. Систем. требования: MS Excel, Open Office. – URL: http://www.gsras.ru/zr/app_20.html, свободный.
16. *2020-ER_App15_North-East-region-of-Russia.xls* [Электронный ресурс]: Список приложений для ежегодника «Землетрясения России в 2020 году» // Землетрясения России [сайт]. – [Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2022]. Систем. требования: MS Excel, Open Office. – URL: http://www.gsras.ru/zr/app_20.html, свободный.
17. Левина В.И., Ландер А.В., Митюшкина С.В., Чеброва А.Ю. Сейсмичность Камчатского региона 1962–2011 гг. // Вулканология и сейсмология. – 2013. – № 1. – С. 41–64.
18. Чебров В.Н., Дрознина С.Я., Сенюков С.Л., Ландер А.В. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. Камчатка и Командорские острова // Землетрясения России в 2013 году. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – С. 58–65.
19. Абубакиров И.Р., Павлов В.М. Определение тензора момента двойного диполя для землетрясений Камчатки по волновым формам региональных сейсмических станций // Физика Земли. – 2021. – № 3. – С. 45–62.
20. ГОСТ Р 57546-2017. Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности (ШСИ-17). – М.: Стандартинформ, 2017. – 32 с. (Дата введения 01.09.2017 г.).
21. ГОСТ 34511-2018. Землетрясения. Макросейсмическая шкала интенсивности (МШИЗ-18). – М.: Стандартинформ, 2019. – 26 с. (Дата введения 01.09.2019 г.).
22. Дрознин Д.В., Чебров Д.В., Дрознина С.Я., Ототюк Д.А. Автоматизированная оценка интенсивности сейсмических сотрясений по инструментальным данным в режиме квазиреального времени и ее использование в рамках Службы срочных сейсмических донесений на Камчатке // Сейсмические приборы. – 2017. – Т. 53, № 3. – С. 5–19.
23. Левина В.И., Митюшкина С.В., Чеброва А.Ю., Иванова Е.И. Тумрокское-I землетрясение 16 июня 2003 г. с $M_w=6.9$, $I_0=6$ и Тумрокское-II землетрясение 10 июня 2004 г. с $M_w=6.8$, $I_0=5-6$ (Камчатка) // Землетрясения Северной Евразии, 2004. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 314–323.
24. *2019-ER_App11_Kamchatka-and-Komandor-Islands.xls* [Электронный ресурс]: Список приложений для ежегодника «Землетрясения России в 2019 году» // Землетрясения России [сайт]. – [Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2022]. Систем. требования: MS Excel, Open Office. – URL: http://www.gsras.ru/zr/app_19.html, свободный.
25. *2020-ER_App18_KAM_bull_isf.txt* [Электронный ресурс]: Список приложений для ежегодника «Землетрясения России в 2020 году» // Землетрясения России [сайт]. – [Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2022]. – URL: http://www.gsras.ru/zr/app_20.html, свободный.
26. Габсатарова И.П., Гилёва Н.А., Малянова Л.С., Раевская А.А., Сафонов Д.А., Филиппова А.И. Механизмы очагов отдельных землетрясений России // Землетрясения России в 2020 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2022. – С. 184–192.
27. Салтыков В.А. Статистическая оценка уровня сейсмичности: методика и результаты применения на примере Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 2011. – № 2. – С. 53–59.
28. Салтыков В.А., Кравченко Н.М., Пойгина С.Г. Качественный анализ сейсмичности. Оценка уровня сейсмичности регионов России // Землетрясения России в 2020 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2022. – С. 85–91.