

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 к концу октября 2021 г. состояла из 81 пункта 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 Камчатского филиала поддерживалась работа станций, входящих в состав сети SAGSR, – SKR и SK2 [1]. Данные с этих станций обеспечивали непрерывные наблюдения за сейсмичностью Камчатского региона и Северных Курил. Аппаратурное оснащение станций определяет их целевое назначение [2]: наблюдение за локальной и региональной сейсмичностью (велосиметры CM-3KB, CM-3вч [3]), 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, VKI, TILK, PALN, KBG и KLY входят в сеть телесеизмических цифровых станций ФИЦ ЕГС РАН (рис. I.30).

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

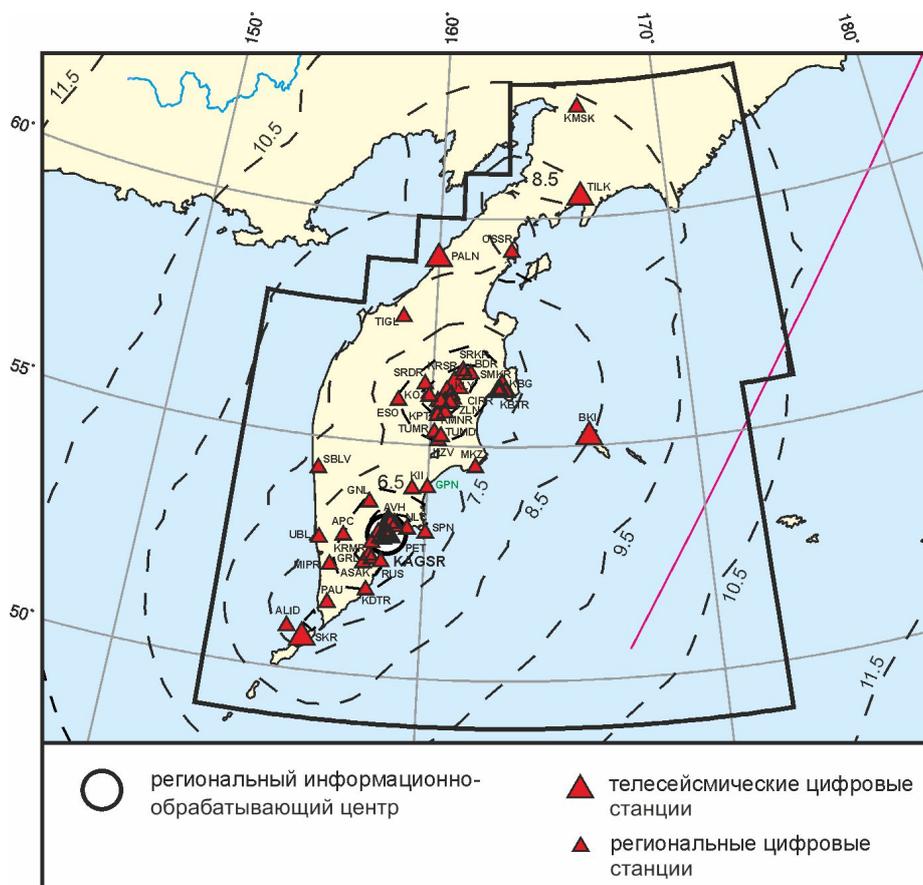


Рис. I.30. Сейсмические станции на Камчатке и Командорских островах в 2021 г.

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-6ТD
2	Автодор ²	–	UK4	30.01.2011	56.234	162.520	5	Неконсолидированный грунт (песок, мелкий гравий, глина)	СМГ-5ТD
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-5ТD
5	Алаид	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-6ТD
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-5ТDЕ; ТС120-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 (12.11.2021)	56.232	162.646	2	Неконсолидированный грунт (пепел, песок, мелкий гравий, глина)	CMG-5TD; CMG-5T+GSR-24
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-73iHHV+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	Каменная	KMSK	KMSK	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 (24.01.2011)	56.317	160.857	35	Консолидированный грунт (пепел)	KS-2000, CMG-5TD
37	Козельский	KZL	KZL	1979–1991; 25.10.2021	53.202	158.899	992	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CMG-6TD
38	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
39	Копыто	KPT	KPT	23.10.1997 (01.06.2013)	55.966	160.222	1000	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CM-3KB
40	Коряка	KOK	KRK	30.08.1977 (01.06.2013)	53.296	158.643	1050	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CM-3KB, CM-3вч
41	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
42	Крестовский	KRSR	KRS	08.04.1988 (01.06.2013)	56.217	160.565	1180	Консолидированный грунт (пепел, шлак, каменные обломки)	CM-3KB
43	Крутоберегово	KBTR	KBT	05.04.1997 (01.06.2013)	56.208	162.819	360	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CM-3KB, CM-3вч
44	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
45	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
46	Малая Ипелька	MIPR	MIP	11.11.1997 (01.06.2013)	52.276	156.758	370	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	CM-3KB, CM-3вч
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)	АС-73IHHV +GMS ^{plus}
50	Мыс Козлова	MKZ	MKZ	25.09.1997 (01.06.2013)	54.556	161.730	520	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	СМ-3КВ, СМ-3вч
51	НИГТЦ'	–	НИ	15.12.2007	53.080	158.641	190	Консолидированный грунт (песок, каменные обломки, глина)	СМГ-5Т+ GSR-24
52	Налычево'	NLC	NLC	31.03.1984 (24.12.2010)	53.172	159.348	6	Консолидированный грунт (песок, гравий, глина)	СМГ-5ТD
53	Николаевка'	–	NIC	15.12.2007	53.046	158.341	25	Консолидированный грунт (песок, гравий, глина)	СМГ-5Т+ GSR-24
54	Оссора'	OSSR	OSS	25.01.1973 (03.08.2013)	59.262	163.072	35	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	(СМГ-6Т, СМГ-5Т)+ (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)	СМГ-5ТDЕ, СМГ-6ТD
57	Петропавловск**	PET	PET	18.03.1951 (03.04.2018)	53.023	158.65	100	Консолидированный грунт (кремнистые сланцы)	СМГ-5Т+ 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)	СМ-3КВ, СМ-3вч; СМГ-5ТD, СМГ-6ТD
59	Рыбачий'	–	RIB	15.12.2007	52.918	158.533	100	Консолидированный грунт (каменные обломки, глина)	СМГ-5Т+ GSR-24
60	Седловина	SDLR	SDL	17.12.1991 (01.06.2013)	53.278	158.887	1230	Консолидированный грунт (шлак, каменные обломки)	СМ-3КВ, СМ-3вч
61	Семкарок	SMKR	SMK	18.09.2005 (01.06.2013)	56.582	161.468	895	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	СМ-3КВ
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)	СМ-3КВ, СМ-3вч
64	Сорокина	SRKR	SRK	18.09.2005 (01.06.2013)	56.654	161.168	845	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	СМ-3КВ

№	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-6ТД
67	Тиличики*'	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-5ТД, СМГ-6ТД
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	Удина	UDINA	UDINA	30.09.2021	55.720	160.512	1038	Консолидированная смесь глины и каменных обломков, мерзлота	СМГ-6ТД
72	УК-Дельта'	UK5	UK5	05.10.2016	56.231	162.556	4	Неконсолидированный грунт (песок, мелкий гравий, глина)	СМГ-5ТД
73	Усть-Большерецк	UBL	UBL	20.12.2018	52.824	156.282	57	Консолидированный грунт (песок, глина)	T120-QA-SV1+ Centaur
74	Ходутка'	KDTR	KDT	25.08.2011	51.809	158.077	22	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	СМГ-5ТД, СМГ-6ТД
75	Цирк	CIRR	CIR	16.10.1998 (01.06.2013)	56.115	160.748	1450	Консолидированный грунт (пепел, шлак)	СМ-3КВ
76	Шипунский'	SPN	SPN	25.08.1962 (08.07.2011)	53.106	160.011	95	Консолидированный грунт (каменные обломки, глина)	СМГ-5ТД, СМГ-6ТД
77	Школа'	–	SCH	15.12.2007	52.958	158.674	70	Консолидированный грунт (каменные обломки, глина)	СМГ-5Т+ GSR-24
78	Школа № 3'	–	GK001	09.10.2014	52.972	158.689	68	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки на скальном основании)	AC-73iHHV +GMS ^{plus}
79	Школа № 40'	–	GK003	09.10.2014	53.071	158.646	171	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	AC-73iHHV +GMS ^{plus}
80	Эссо'	ESO	ESO	24.11.1965 (19.02.2018)	55.932	158.695	490	Консолидированный грунт (глина, каменные обломки)	СМГ-5ТД, TC120-SV1+ Centaur
81	Юлия Кугаенко	YKUG	YKUG	30.09.2021	55.660	160.232	982	Неконсолидированный грунт (пепел, шлак, обломки лавы)	СМГ-6ТД

В 2021 г. постоянная сеть КФ ФИЦ ЕГС РАН была дополнена тремя новыми цифровыми широкополосными сейсмическими станциями. 30 сентября введены в действие станции «Юлия Кугаенко» (YKUG) в районе вулкана Плоский Толбачик и «Удина» (UDINA) на северо-западном склоне вулкана Большая Удина. В октябре проведена расконсервация радиотелеметрической сейсмической станции KZL «Козельский» на южном склоне вулкана Козельский (предыдущий период работы с 1979 по 1991 г.). Все новые станции оснащены широкополосными сейсмометрами CMG-6TD (табл. I.21).

В течение года проводились ремонтные и профилактические работы на станциях существующей сети. В пункте UK2 «Водозабор» произведена замена аппаратуры: снят прибор CMG-5TD и установлен сейсмометр CMG-5T в комплекте с GSR-24 (GeoSig). В целях оптимизации обслуживания и контроля работы оборудования удаленных станций в пункте UK4 «Автодор» установлено GSM-реле (переключатель), обеспечивающее возможность дистанционного перезапуска аппаратуры с помощью сотовой связи. Аналогичные переключатели, по возможности, будут устанавливаться и на других станциях.

В конце 2020 г. было принято решение закрыть станцию MPP «Маяк». Установленная там аппаратура вышла из строя, и долгое время регистрация не производилась. Анализируя записи станции в период работы, был сделан вывод, что восстанавливать ее нет смысла по причине плохих грунтов в месте расположения пункта.

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 (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]. В 2021 г. были продолжены работы по модернизации сети сбора данных: произведено обновление оборудования, организованы новые каналы связи, выполнены работы по расширению и модернизации сети станций Wi-Fi.

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 афтершоковые последовательности двух сильных землетрясений 16 и 19 марта. Из-за высокой интенсивности процессов на начальной стадии, наиболее слабые афтершоки были обработаны в отложенном режиме. Задержку в обработке удалось устранить к началу апреля 2021 года. 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>).

Всего в 2021 г. в энергетическом диапазоне $1.3 \leq M \leq 6.5$ ($6.5 \leq K_s \leq 14.6$) определены параметры 4976 землетрясений. В региональный каталог [13] включены параметры 4835 событий, лоцированных на территории Камчатки, Командорских островов и частично Курильских и Алеутских островов, Корякского автономного округа, Тихого океана, Охотского и Берингова морей в зоне ответственности КФ ФИЦ ЕГС РАН, а также девять землетрясений, произошедших за пределами восточной границы региона, итого 4844 события. В их числе 13 вулканических и вулканотектонических землетрясений из районов Северной и Авачинской групп вулканов, а также вулкана Кизимен. В каталог Камчатского региона [13] добавлены альтернативные решения для восьми землетрясений, в т.ч. шести – по данным центра NEGSР и двух – по данным SAGSR.

Печатный вариант каталога землетрясений [14] содержит параметры 185 событий Камчатского региона (73 ощутимых землетрясения с $M \geq 1.5$, остальные – с $M \geq 3.8$).

На соседних территориях центром KAGSR были определены параметры 132 землетрясений: 128 – на территории Курило-Охотского региона (в т.ч. 87 добавлены в каталог [15] в качестве основных решений, 41 – в качестве альтернативных решений) и четырех – на Северо-Востоке России и Чукотке (добавлены в каталог [16] в качестве альтернативных решений).

Карта эпицентров землетрясений представлена на рис. I.31.

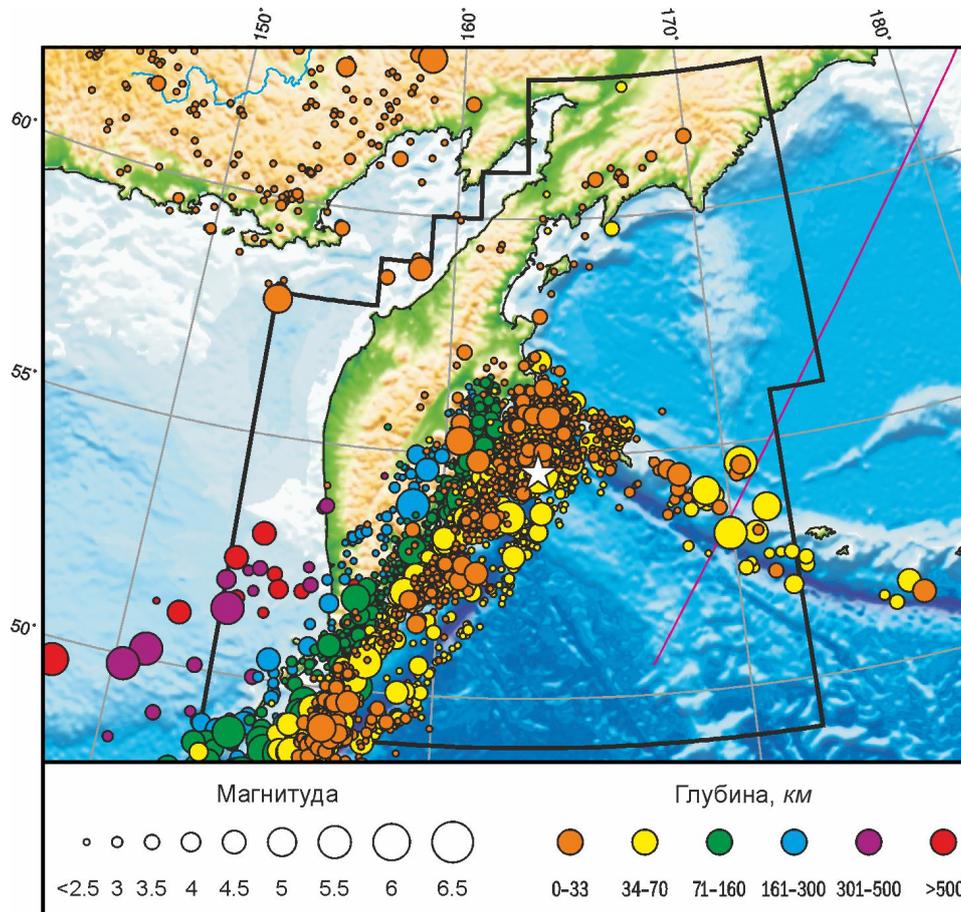


Рис. I.31. Карта эпицентров землетрясений на Камчатке и Командорских островах в 2021 г.
Звездочкой показано самое сильное землетрясение в регионе

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 76.5% землетрясений, произошедших

в регионе. 11.2% событий зарегистрировано в Командорском сегменте Алеутской дуги, в Тихом океане – 8.6% землетрясений. На долю остальных зон приходится 3.7% от общего числа событий. Схема деления Камчатского региона на сейсмоактивные зоны и их подробное описание даны в [17, 18].

В регионе ответственности КФ ФИЦ ЕГС РАН произошло 11 сильных землетрясений с $M \geq 5.3$ ($K_s \geq 12.5$), из них восемь были ощутимыми. В сейсмофокальной зоне Камчатки зарегистрировано девять землетрясений, в том числе четыре – мелкофокусные ($h \leq 69$ км), одно из которых (16 марта с $M=6.5$) является сильнейшим событием региона за 2021 г.; четыре – в промежуточном слое и одно глубокое событие ($h \sim 440$ км). Одно сильное землетрясение произошло в поверхностном слое зоны Берингово море.

Рассмотрим два наиболее заметных события региона. Это сильнейшее с $M=6.5$ землетрясение 16 марта и событие 19 марта с $M=5.1$, спровоцировавшее самую многочисленную афтершоковую последовательность. Для этих землетрясений, а также для сильного с $M=5.7$ события 9 октября в 07^h19^m под Охотским морем (см. альтернативное решение KAGSR в каталоге Курило-Охотского региона [15]) 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:

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

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

Сильнейшее в каталоге Камчатки и Командорских островов землетрясение года с $M=6.5$ ($K_s=14.6$, $M_c=7.1$, $M_w=6.5$) произошло 16 марта в 18^h38^m. Гипоцентр его определен на глубине ~ 64 км в Тихом океане напротив мыса Козлова (Кроноцкий п-ов), ближайшая ($\Delta \sim 100$ км) станция «Мыс Козлова» (МКЗ). Землетрясение ощущалось с интенсивностью от 1–2 до 5 баллов⁴ в 18 населенных пунктах, расположенных на восточном побережье полуострова, в районе Центральной Камчатской депрессии и на о. Беринга ($\Delta=141$ –386 км). Самые сильные сотрясения 5 баллов были зафиксированы в ближайшем населенном пункте – на кордоне Кроноки ($\Delta=141$ км). Люди проснулись от очень сильных колебаний, продолжавшихся 20–30 с, испугались, встали в безопасное место. Заметно раскачивались висящие предметы. Дребезжала, подпрыгивала посуда. Шевелилась тяжелая мебель, дверцы мебели, двери. Наблюдалось сотрясение здания в целом (одноэтажное мелкоблочное строение). В Петропавловске-Камчатском (357 км) землетрясение ощущалось с интенсивностью 3 балла.

После основного толчка последовал рой афтершоков. С 16 марта до конца апреля 2021 г. в радиусе 40 км от эпицентра главного землетрясения зарегистрировано 796 афтершоков с энергетическими классами в диапазоне $5.4 \leq K_s \leq 12.4$. Более 60% событий последовательности произошло в первые пять суток после главного толчка. Самый сильный афтершок с $M=5.2$ ($K_s=12.4$, $M_c=6.2$) зарегистрирован 16 марта в 19^h51^m, с интенсивностью сотрясений 3–4 балла событие ощущалось в двух населенных пунктах – на кордоне Кроноки (144 км) и в селе Никольское (175 км, о. Беринга). Гипоцентры большинства землетрясений афтершокового облака лоцированы в интервале глубин 10–60 км. Если говорить о форшоковой активности, можно отметить, что с начала 2021 г. до главного события в выбранном районе происходили только единичные землетрясения с $M \leq 2.4$ ($K_s \leq 8.2$), последнее из которых было зарегистрировано в конце февраля.

На фоне не затихающей сейсмической активности в Тихом океане, 19 марта в 03^h16^m произошло землетрясение с $M=5.1$ ($K_s=12.0$, $M_c=5.9$, $M_w=5.1$) в районе хребта

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

Тумрок, спровоцировавшее более многочисленную афтершоковую последовательность. Гипоцентр его определен на глубине ~ 9 км, в ~ 11 км к северо-востоку от Тумроковских (Верхне-Щапинских) источников, расположенных у подножья вулкана Кизимен. Землетрясение ощущалось на двух ближайших к эпицентру кордонах – источники Тумроковские (11 км, 5 баллов) и Кипелые (31 км, 4–5 баллов). Инструментальная интенсивность [22] по данным станции TUMD «Тумрок_источники» составила 7 баллов. За час до события начали регистрироваться форшоки – шесть землетрясений с $K_S=3.3\text{--}8.9$; последний форшок ($K_S=8.8$) ощущался на кордоне источники Тумроковские (12 км) с интенсивностью сотрясений 3–4 балла. С 19 марта до конца апреля 2021 г. в радиусе 10 км от главного эпицентра зафиксировано 2362 афтершока с классами в диапазоне $2.2 \leq K_S \leq 10.1$. Если вулканические (вулканотектонические) землетрясения, зарегистрированные в этот период в радиусе 7 км от вершины вулкана Кизимен, тоже считать афтершоками, то количество событий последовательности увеличивается до 2539. Более 80% событий афтершоковой последовательности произошло до конца марта 2021 г., в этот период ежедневно регистрировалось не менее 50 событий из эпицентральной зоны. Гипоцентры большинства землетрясений афтершокового облака определены в интервале глубин 8–13 км.

Для оперативной оценки развития двух афтершоковых процессов в условиях большой плотности землетрясений использовалась процедура автоматического детектирования, в результате работы которой создается станционный бюллетень, включающий время и энергетическую оценку всех событий, зарегистрированных выбранной станцией [6]. Наличие такого бюллетеня значительно упрощает создание запроса для выбора данных при оперативной обработке землетрясений и идентификацию наиболее значительных событий за рассматриваемый период в выбранном районе. Процедура встроена в программу обработки DIMAS [7]. Совместно с каталогом землетрясений, полученным после ручной обработки, наличие в оперативном режиме автоматически сформированного станционного бюллетеня, дает более полную информацию о характере развития афтершокового процесса, о сейсмической активности района и региона в целом. Это позволяет в оперативном режиме обнаружить и проследить аномалии сейсмического режима.

Всего Камчатским филиалом ФИЦ ЕГС РАН в 2021 г. на территории Камчатского края и Северных Курил зафиксировано 78 ощутимых землетрясений с $M \geq 1.5$ ($K_S \geq 6.8$) и интенсивностью сотрясений от 1–2 до 6 баллов (параметры пяти из них перенесены в каталог Курило-Охотского региона [15]). Макросейсмические сведения представлены в [13, 14]. Максимальная интенсивность сотрясений 6 баллов наблюдалась при землетрясении 11 апреля в $13^{\text{h}}48^{\text{m}}$ с $M=4.9$ ($K_S=11.9$) в ближайшем к эпицентру пункте – маяк Круглый ($\Delta=38$ км, п-ов Камчатка). Сотрясения ощущались в течение 5 с. Люди, находившиеся в жилом здании маяка, услышали гул и сразу ощутили сильный вертикальный толчок. Большой кинескопный телевизор, стоявший в тяжелой мебельной стенке, заметно оторвался от поверхности, подпрыгнув вверх. Последовавшие горизонтальные колебания сбросили с подоконника горшки с цветами. О появлении новых трещин в штукатурке судить трудно, их и до землетрясения было много. В Петропавловске-Камчатском ощущалось 22 землетрясения с $M=3.4\text{--}6.7$ ($K_S=9.7\text{--}14.6$) и интенсивностью от 1–2 до 3 баллов.

Для 1194 землетрясений с $M \geq 2.6$ ($K_S \geq 8.5$) в [23] помещен бюллетень региональной сети станций за 2021 г. в формате ISF, для 29 из них в [24, 25] опубликовано решение механизма очага.

На рис. I.32 показана гистограмма суммарной сейсмической энергии, выделившейся на Камчатке и Командорских островах в 2017–2021 гг. Уровень сейсмичности региона в 2021 г. согласно шкале «СОУС'09» [26] оценен как «фоновый средний» за 60-летний период наблюдений (с 1962 по 2021 г.) [27].

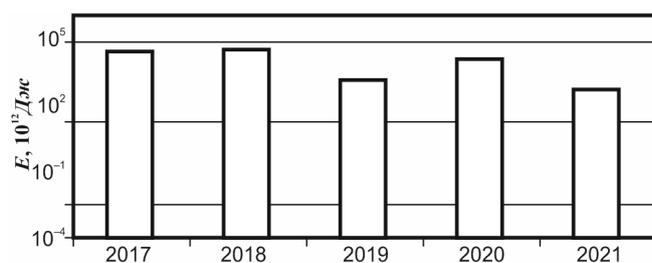


Рис. 1.32. Распределение сейсмической энергии, выделившейся на Камчатке и Командорских островах в 2017–2021 гг.

Литература

1. Фокина Т.А., Костылев Д.В., Коргун Н.В., Левин Ю.Н., Сафонов Д.А. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. Приамурье и Приморье, Сахалин и Курило-Охотский регион // Землетрясения России в 2021 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2023. – С. 55–63.
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 г. // Вулканология и сейсмология. – 2013. – № 1. – С. 18–40. – DOI: 10.7868/S0203030613010021. – EDN: PUASZB
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 стационарной поправки класса и сейсмической жесткости для станций Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 2018. – № 3. – С. 70–80. DOI: 10.7868/S0203030618030069. – EDN: XQKMUH
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 2020 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2022. – С. 73–84. – EDN: EETKMQ
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. DOI: 10.35540/2686-7907.2021.3.02. – EDN: RUYRWU
7. Дрознин Д.В., Дрознина С.Я. Интерактивная программа обработки сейсмических сигналов DIMAS // Сейсмические приборы. – 2010. – Т. 46, № 3. – С. 22–34. – EDN: NEAXOZ
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. – EDN: XWSGRX
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. – EDN: VCCYXR
10. Каталог землетрясений [сайт]. – [Петропавловск-Камчатский: КФ ФИЦ ЕГС РАН, 2023]. – 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. DOI: 10.21455/gr2020.3-5. – EDN: QQHRZU
12. Единая информационная система сейсмологических данных КФ ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – [Петропавловск-Камчатский: КФ ФИЦ ЕГС РАН, 2023]. – URL: <http://www.emsd.ru/sdis>
13. 2021-ER_App17_Kamchatka-and-Komandor-Islands.xls [Электронный ресурс]: Список приложений для ежегодника «Землетрясения России в 2021 году» // Землетрясения России [сайт]. – [Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2023]. Систем. требования: MS Excel, Open Office. – URL: http://www.gsras.ru/zr/app_21.html, свободный.

14. Сенюков С.Л., Дрознина С.Я. (отв. сост.); Карпенко Е.А., Леднева Н.А., Назарова З.А., 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 2021 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2023. – С. 179–183.
15. 2021-ER_App12_Kuril-Okhotsk-region.xls [Электронный ресурс]: Список приложений для ежегодника «Землетрясения России в 2021 году» // Землетрясения России [сайт]. – [Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2023]. Систем. требования: MS Excel, Open Office. – URL: http://www.gsras.ru/zr/app_21.html, свободный.
16. 2021-ER_App15_North-East-region-of-Russia.xls [Электронный ресурс]: Список приложений для ежегодника «Землетрясения России в 2021 году» // Землетрясения России [сайт]. – [Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2023]. Систем. требования: MS Excel, Open Office. – URL: http://www.gsras.ru/zr/app_21.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. DOI: 10.7868/S0203030613010057. – EDN: PUASZL
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. – EDN: VBAERB
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. DOI: 10.31857/S0002333721030017. – EDN: DWJWJT
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., Оттюк 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. DOI: 10.21455/si2017.3-1. – EDN: YZLCPR
23. 2021-ER_App18_KAM_bull_isf.txt [Электронный ресурс]: Список приложений для ежегодника «Землетрясения России в 2021 году» // Землетрясения России [сайт]. – [Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2023]. – URL: http://www.gsras.ru/zr/app_21.html, свободный.
24. 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 2021 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2023. – С. 204–212.
25. 2021-ER_App25_Mechanisms.xls [Электронный ресурс]: Список приложений для ежегодника «Землетрясения России в 2021 году» // Землетрясения России [сайт]. – [Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2023]. Систем. требования: MS Excel, Open Office. – URL: http://www.gsras.ru/zr/app_21.html, свободный.
26. Салтыков В.А. Статистическая оценка уровня сейсмичности: методика и результаты применения на примере Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 2011. – № 2. – С. 53–59. – EDN: NSYPHR
27. Салтыков В.А., Коновалова А.А., Кравченко Н.М., Пойгина С.Г. Качественный анализ сейсмичности. Оценка уровня сейсмичности регионов России // Землетрясения России в 2021 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2023. – С. 88–94.