

## VI. Механизмы очагов отдельных землетрясений России

<sup>1</sup>И.П. Габсатарова, <sup>2</sup>Н.А. Гилёва, <sup>3</sup>Е.И. Иванова, <sup>1</sup>Л.С. Малянова,  
<sup>4,5</sup>Д.А. Сафонов, <sup>6</sup>А.И. Середкина

<sup>1</sup>ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск; <sup>2</sup>БФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Иркутск; <sup>3</sup>КФ ФИЦ ЕГС РАН,  
г. Петропавловск-Камчатский; <sup>4</sup>ИМГиГ ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск;  
<sup>5</sup>СФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Южно-Сахалинск; <sup>6</sup>ИЗК СО РАН, г. Иркутск

В данном разделе представлены параметры механизмов очагов и их диаграммы в нижней полусфере наиболее сильных землетрясений 2017 г., произошедших в пяти регионах России – «Камчатка и Командорские острова», «Курило-Охотский регион», «Прибайкалье и Забайкалье», «Сахалин» и «Северный Кавказ».

В [1] помещена таблица параметров механизмов очагов 64 землетрясений в формате MS Excel за 2017 год. База данных землетрясений России [2] дополнена параметрами механизмов очагов 64 землетрясений за 2017 год.

Механизмы очагов 42 землетрясений региона «Камчатка и Командорские острова» и одного землетрясения Курило-Охотского региона рассчитаны в Камчатском филиале ФИЦ ЕГС РАН (KAGSR) по знакам первых вступлений  $P$ -волн на региональных сейсмических станциях с привлечением данных станций мировой сети. Для этого использовалась программа FA2002, составленная А.В. Ландером [3, 4]. Программа определяет механизм землетрясения, основываясь на методе максимального правдоподобия, а также вычисляет доверительные области для тензорных, векторных и скалярных характеристик решений.

Программа FA2002 А.В. Ландера [3, 4] использовалась и в Центральном отделении (ЦО) ФИЦ ЕГС РАН для построения механизмов очагов по знакам первых вступлений  $P$ -волн 13 наиболее сильных землетрясений региона «Северный Кавказ» (OBGSR) и трех землетрясений региона «Камчатка и Командорские острова» (GSRAS из [5]).

В Сахалинском филиале ФИЦ ЕГС РАН (SAGSR) механизмы очагов двух землетрясений Курило-Охотского региона и одного – региона «Сахалин» рассчитывались по знакам первых вступлений  $P$ -волн на региональных сейсмических станциях с использованием программы Focmec [6, 7].

Для региона «Прибайкалье и Забайкалье» механизм очага пяти землетрясений был получен путем расчета тензора сейсмического момента (ТСМ) по амплитудным спектрам поверхностных волн в приближении двойной пары сил [8, 9]. При этом использовались записи широкополосных каналов цифровых сейсмических станций сетей IRIS. Для нахождения единственного решения была привлечена дополнительная информация о знаках первых вступлений объемных волн, записанных на региональных сейсмических станциях. Методика расчета ТСМ подробно описана в [10].

Для трех сильных землетрясений 2017 г. имеется по два решения механизма очага центров GSGSR и KAGSR.

Параметры механизмов очагов 64 землетрясений России в 2017 г. представлены в табл. VI.1. Решения для центров KAGSR, SAGSR и BAGSR сопровождаются оценками качества (точности)  $G$ :

– KAGSR – определение класса точности  $G$  основано на объеме доверительной области в пятимерном пространстве, которому принадлежат все возможные тензорные решения, и на статистике предыдущих решений для механизмов камчатских землетрясений. Класс точности определяет надежность соответствующего механизма по отношению ко всей совокупности камчатских решений. Принадлежность механизма классу А

означает, что он входит в число 10% лучших камчатских решений, В – в 25%, С – в 50%, D – в 75%, E – все остальные;

– SAGSR – количество использованных знаков / количество несогласованных знаков;

– BAGSR – R – функция нормированной невязки, оценивающая качество полученных решений и характеризующая отклонение амплитудных спектров, рассчитанных для конкретных очаговых параметров, от наблюдаемых.

Таблица VI.1. Параметры механизмов очагов отдельных землетрясений России в 2017 г.

№	Дата, $dd.mm$ $to$ , $чч.мм:сс$ Код центра	M	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Q	Диаграмма	Регион
			T		N		P		NP1			NP2					
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP			
1	02.01. 07:31:06 BAGSR	4.3	9	326	54	229	75	90	70	38	-70	225	55	-105	0.361		Прибайкалье и Забайкалье
2	16.01. 19:07:18 KAGSR	4.8	36	113	2	204	54	296	24	81	-88	193	9	-101	A		Камчатка и Командорские острова
3	17.01. 08:53:47 BAGSR	4.5	22	25	42	274	40	135	167	43	-6	261	76	-133	0.183		Прибайкалье и Забайкалье
4	20.02. 19:25:19 KAGSR	5.0	53	172	10	276	35	14	275	81	80	145	14	140	D		Камчатка и Командорские острова
5	27.02. 01:21:17 KAGSR	4.9	18	110	6	18	71	271	16	63	-96	210	28	-78	E		Камчатка и Командорские острова
6	06.03. 01:26:22 OBGSR	3.8	55	168	30	315	16	54	301	67	57	179	40	142			Северный Кавказ
7	13.03. 02:25:19 OBGSR	4.1	67	234	20	30	8	123	15	57	65	235	41	122			Северный Кавказ
8	19.03. 06:14:55 KAGSR	4.8	81	103	2	204	9	294	203	54	88	26	36	93	D		Камчатка и Командорские острова
9	23.03. 23:49:19 KAGSR	4.8	12	272	48	169	40	12	148	72	-141	44	53	-22	D		Камчатка и Командорские острова
10	27.03. 10:50:18 KAGSR	6.3	17	220	16	315	66	86	143	64	-72	286	31	-123	E		Камчатка и Командорские острова
11	29.03. 04:09:22 KAGSR	6.9	50	190	19	76	34	333	259	82	109	12	21	25	D		Камчатка и Командорские острова
	GSRAS		76	277	5	27	13	118	214	32	99	24	58	84			
12	29.03. 04:34:59 KAGSR	4.9	43	299	16	45	43	151	225	90	-74	315	16	180	E		Камчатка и Командорские острова
13	29.03. 05:27:45 KAGSR	5.3	50	10	19	256	34	153	79	82	109	192	21	25	E		Камчатка и Командорские острова

№	Дата, дд.мм $t_0$ , чч.мм.сс Код центра	M	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Q	Диаграмма	Регион
			T		N		P		NP1			NP2					
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP			
14	30.03. 21:24:51 KAGSR	5.2	49	274	21	30	33	134	27	82	69	275	22	157	C		Камчатка и Командорские острова
15	30.03. 22:03:35 KAGSR	4.7	54	131	6	32	36	297	213	81	96	357	11	55	E		Камчатка и Командорские острова
16	03.04. 12:53:41 BAGSR	4.8	6	158	44	254	45	61	210	55	-149	101	65	-39	0.309		Прибайкалье и Забайкалье
17	06.04. 15:40:33 KAGSR	5.1	36	304	9	41	53	142	222	81	-81	357	12	-134	E		Камчатка и Командорские острова
18	06.04. 21:27:59 KAGSR	4.8	51	41	16	291	35	190	113	81	106	231	18	29	E		Камчатка и Командорские острова
19	22.04. 03:28:45 OBGSR	3.8	20	157	64	296	16	62	290	87	26	199	64	177			Северный Кавказ
20	23.04. 06:37:04 SAGSR	5.0	81	198	8	351	4	82	181	41	103	344	50	79	0.49		Сахалин
21	24.04. 12:02:19 OBGSR	3.3	75	78	12	297	9	205	125	55	104	281	38	71			Северный Кавказ
22	26.04. 07:02:27 KAGSR	5.2	73	4	15	216	9	123	46	55	108	196	39	65	A		Камчатка и Командорские острова
23	03.05. 08:53:42 OBGSR	5.1	4	328	73	225	16	59	194	81	-166	102	76	-9			Северный Кавказ
24	10.05. 17:40:04 OBGSR	3.6	59	81	15	324	26	227	149	73	106	286	23	49			Северный Кавказ
25	11.05. 08:31:18 KAGSR	5.3	64	224	25	23	8	117	6	58	60	233	43	128	E		Камчатка и Командорские острова
26	17.05. 06:21:10 KAGSR	5.7	40	235	48	79	12	335	279	72	141	23	53	22	C		Камчатка и Командорские острова
27	17.05. 10:28:11 KAGSR	5.0	27	287	9	193	62	86	190	72	-99	37	20	-64	D		Камчатка и Командорские острова
28	02.06. 06:15:19 OBGSR	4.1	38	351	1	82	52	173	262	83	-89	72	7	-100			Северный Кавказ
29	02.06. 22:24:46 KAGSR	6.7	70	12	9	258	18	165	82	63	100	241	28	72	E		Камчатка и Командорские острова
30	03.06. 11:47:20 KAGSR	5.7	45	334	2	66	45	158	66	90	-88	336	2	180	C		Камчатка и Командорские острова

№	Дата, дд.мм t <sub>0</sub> , чч.мм.сс Код центра	M	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Q	Диаграмма	Регион
			T		N		P		NP1			NP2					
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP			
31	07.06. 00:27:15 KAGSR	5.2	44	122	9	221	44	319	41	90	-81	131	9	180	E		Камчатка и Командорские острова
32	16.06. 18:17:34 OBGSR	3.7	48	52	18	301	36	197	123	84	108	231	19	19			Северный Кавказ
33	27.06. 02:23:18 KAGSR	5.0	54	293	6	32	36	127	31	81	84	247	11	125	D		Камчатка и Командорские острова
34	06.07. 18:21:58 OBGSR	3.4	17	8	19	104	64	239	293	65	-69	72	32	-127			Северный Кавказ
35	06.07. 23:02:46 KAGSR	5.2	53	241	9	139	36	43	321	81	99	96	12	46	D		Камчатка и Командорские острова
36	14.07. 01:12:24 KAGSR	4.7	43	322	40	180	20	72	12	76	131	117	43	20	A		Камчатка и Командорские острова
37	17.07. 11:05:05 KAGSR	6.1	30	73	56	284	15	171	119	80	147	215	58	12	E		Камчатка и Командорские острова
	GSRAS		25	89	57	225	20	349	127	57	176	220	86	33			
38	17.07. 22:36:49 OBGSR	4.1	54	243	36	64	0	334	274	55	136	33	55	44			Северный Кавказ
39	17.07. 23:34:08 KAGSR	7.7	22	61	66	270	11	155	107	83	157	200	67	8	E		Камчатка и Командорские острова
	GSRAS		25	89	57	225	20	349	127	57	176	220	86	33			
40	18.07. 01:51:34 KAGSR	5.2	50	142	19	256	34	359	253	82	71	140	21	155	E		Камчатка и Командорские острова
41	18.07. 06:02:36 KAGSR	5.6	36	323	6	58	54	157	239	81	-84	23	11	-125	E		Камчатка и Командорские острова
42	18.07. 19:31:21 KAGSR	4.8	33	339	21	83	49	199	266	82	-69	17	22	-157	E		Камчатка и Командорские острова
43	20.07. 16:10:09 KAGSR	4.8	40	35	48	191	12	295	171	72	39	67	53	158	D		Курило- Охотский регион
44	20.07. 22:59:37 KAGSR	5.2	45	38	6	302	45	206	122	90	96	212	6	0	E		Камчатка и Командорские острова
45	23.07. 04:10:02 KAGSR	5.0	43	216	16	111	43	5	111	90	-106	21	16	0	D		Камчатка и Командорские острова

№	Дата, дд.мм t <sub>0</sub> , чч.мм.сс Код центра	M	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Q	Диаграмма	Регион
			T		N		P		NP1			NP2					
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP			
46	28.07. 02:39:12 KAGSR	5.3	58	107	31	270	8	5	250	60	54	125	46	135	D		Камчатка и Командорские острова
47	31.07. 20:30:56 SAGSR	3.4	30	355	42	234	34	108	232	88	-132	140	42	-4	0.36		Курило- Охотский регион
48	02.08. 21:05:39 KAGSR	4.8	27	245	2	336	63	69	157	72	-88	331	18	-96	E		Камчатка и Командорские острова
49	10.08. 07:07:47 KAGSR	5.8	10	330	55	225	33	67	202	75	-148	103	59	-18	C		Камчатка и Командорские острова
50	24.08. 09:14:11 OBGSR	4.2	44	201	8	103	44	4	283	90	99	13	9	0			Северный Кавказ
51	29.08. 07:00:10 KAGSR	4.7	33	75	21	180	49	296	3	82	-69	114	23	-158	C		Камчатка и Командорские острова
52	11.09. 15:29:51 KAGSR	5.0	53	52	9	311	36	214	132	81	99	267	12	46	E		Камчатка и Командорские острова
53	16.09. 21:00:54 KAGSR	5.5	67	183	15	55	17	320	242	64	107	27	31	59	E		Камчатка и Командорские острова
54	18.09. 13:25:40 KAGSR	4.7	44	49	9	311	44	212	131	90	99	221	9	0	E		Камчатка и Командорские острова
55	28.09. 03:35:12 OBGSR	3.6	68	216	20	60	8	327	255	57	115	35	41	58			Северный Кавказ
56	29.09. 19:24:59 KAGSR	5.9	71	141	6	32	18	300	215	63	97	20	28	76	B		Камчатка и Командорские острова
57	10.10. 22:59:22 KAGSR	4.8	34	297	19	194	50	80	191	82	-109	78	21	-25	E		Камчатка и Командорские острова
58	17.10. 16:54:08 SAGSR	4.9	26	119	41	233	38	6	158	42	-169	60	83	-49	0.56		Курило- Охотский регион
59	18.10. 17:46:03 BAGSR	4.4	39	321	45	178	20	67	111	47	16	10	78	136	0.257		Прибайкалье и Забайкалье
60	25.10. 07:09:29 BAGSR	4.3	65	360	24	184	5	92	157	45	54	23	55	120	0.254		Прибайкалье и Забайкалье
61	07.12. 05:23:38 OBGSR	4.2	44	98	39	315	20	208	148	75	131	254	43	22			Северный Кавказ
62	13.12. 02:00:36 KAGSR	4.9	48	253	41	59	7	155	33	64	43	281	53	146	C		Камчатка и Командорские острова

№	Дата, дд.мм $t_0$ , чч.мм.сс Код центра	M	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Q	Диаграмма	Регион
			T		N		P		NP1			NP2					
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP			
63	22.12. 14:44:16 KAGSR	6.4	70	335	9	221	18	128	45	63	100	204	28	72	A		Камчатка и Командорские острова
64	22.12. 22:28:23 KAGSR	5.3	53	128	9	229	36	326	228	81	81	93	12	134	E		Камчатка и Командорские острова

### Литература

1. *Part\_VI-2017. Mechanisms\_2017.xls* // Землетрясения России в 2017 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.
2. *Электронный вариант ежегодника «Землетрясения России»* // Землетрясения России в 2017 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.
3. *Ландер А.В.* Комплекс программ определения механизмов очагов землетрясений и их графического представления // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки и Командорских островов (01.01.2003–31.12.2003). Отчет КОМСП ГС РАН. – Петропавловск-Камчатский: Фонды КФ ГС РАН, 2004.
4. *Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки и Командорских островов* (Отчет за 01.01.2005 г. – 31.12.2005 г.). – Петропавловск-Камчатский: Фонды КФ ГС РАН, 2006. – 478 с.
5. *Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2017 гг.* [Электронный ресурс]. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017–2018. – Режим доступа: [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_Catalog/](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_Catalog/).
6. *Snoke J.A., Munsey J.W., Teague A.C., Bollinger G.A.* A program for focal mechanism determination by combined use of polarity and SV-P amplitude ratio data // *Earthquake Notes*. – 1984. – Vol. 55, N 3. – P. 15.
7. *Сафонов Д.А., Коновалов А.В.* Апробация вычислительной программы FOCMES для определения фокальных механизмов землетрясений Курило-Охотского и Сахалинского регионов // *Тихоокеанская геология*. – 2013. – Т. 32, № 3. – С. 102–117.
8. *Букчин Б.Г.* Об определении параметров очага землетрясения по записям поверхностных волн в случае неточного задания характеристик среды // *Известия АН СССР, серия «Физика Земли»*. – 1989. – № 9. – С. 34–41.
9. *Lasserre C., Bukchin B., Bernard P., Tapponier P., Gaudemer Y., Mostinsky A., Dailu R.* Source parameters and tectonic origin of the 1996 June 1 Tianzhu ( $M_w=5.2$ ) and 1995 July 21 Yongen ( $M_w=5.6$ ) earthquakes near the Haiyuan fault (Gansu, China) // *Geophys. J. Int.* – 2001. – Vol. 144 (1). – P. 206–220.
10. *Середкина А.И., Мельникова В.И.* Тензор сейсмического момента землетрясений Прибайкалья по амплитудным спектрам поверхностных волн // *Физика Земли*. – 2014. – № 3. – С. 103–114.