

VI. Механизмы очагов отдельных землетрясений России

¹И.П. Габсатарова, ²Н.А. Гилёва, ³Н.В. Богинская, ⁴Е.И. Иванова,
¹Л.С. Малянова, ^{5,3}Д.А. Сафонов, ⁶А.И. Серёдкина

¹Геофизическая служба РАН, г. Обнинск; ²Байкальский филиал ГС СО РАН, г. Иркутск;
³Сахалинский филиал ГС РАН, г. Южно-Сахалинск; ⁴Камчатский филиал ГС РАН,
г. Петропавловск-Камчатский; ⁵Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН,
г. Южно-Сахалинск; ⁶Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск

В данном разделе представлены параметры механизмов очагов и их диаграммы в нижней полусфере наиболее сильных землетрясений 2014 г., произошедших в шести регионах России – «Камчатка и Командорские острова», «Курило-Охотский», «Прибайкалье и Забайкалье», «Сахалин», «Северный Кавказ», «Приамурье и Приморье».

В [1] помещена таблица параметров механизмов очагов 82 землетрясений в формате MS Excel за 2014 г. База данных землетрясений России [2] дополнена параметрами механизмов очагов 82 землетрясений за 2014 год.

Для 11 сильных землетрясений 2014 г. имеется два-три решения механизма очага: для шести землетрясений – по данным центров KRSC и IMGG, для трех – SKHL и IMGG, для двух – по данным центров SKHL, KRSC и IMGG.

Механизмы очагов 32 землетрясений 2014 г. региона «Камчатка и Командорские острова» рассчитывались в Камчатском филиале ГС РАН (KRSC) 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. Для расчета механизма очага шести землетрясений, помеченных в графе «Q» звездочкой, использовались данные гипоцентра землетрясения, полученные по программе А.А. Гусева [5].

Программа FA2002 А.В. Ландера [3, 4] использовалась и в Центральном отделении (ЦО) ГС РАН (OBN) для построения механизмов очагов по знакам первых вступлений *P*-волн девяти наиболее сильных землетрясений региона «Северный Кавказ».

В Сахалинском филиале ГС РАН (SKHL) механизмы очагов семи землетрясений рассчитывались по знакам первых вступлений *P*-волн на региональных сейсмических станциях с использованием программы Fostres [6, 7] для регионов «Курило-Охотский», «Сахалин» и «Камчатка и Командорские острова».

Для 37 землетрясений регионов «Сахалин», «Курило-Охотский», «Приамурье и Приморье» и «Камчатка и Командорские острова» механизмы очагов получены в Институте морской геологии и геофизики (ИМГиГ) ДВО РАН (код центра – IMGG) путем расчета тензора сейсмического момента по программе ISOLA [8]. Для расчета использовались широкополосные записи сейсмических станций ГС РАН [9], а также сети F-net агентства NIED (National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Япония) [10].

Для региона «Прибайкалье и Забайкалье» механизм очага десяти землетрясений был получен путем расчета тензора сейсмического момента (ТСМ) по амплитудным спектрам поверхностных волн в приближении двойной пары сил [11, 12]. 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 [13].

Параметры механизмов очагов 82 землетрясений России в 2014 г. представлены в табл. VI.1. Решения для центров KRSC, SKHL, IMGG и BYKL сопровождаются оценками качества (точности) Q :

– KRSC – принадлежность механизма классу А означает, что он входит в число 10% лучших камчатских решений, В – в 25%, С – в 50%, D – в 75%, Е – все остальные (42 решения, представлены только в электронном виде);

– SKHL – количество использованных знаков / количество несогласованных знаков;

– IMGG – Vr – усредненная корреляция между реальными и синтетическими сейсмограммами – 1–0.8 – хорошее решение; 0.8–0.5 – нормальное решение; 0.5–0.2 – посредственное решение; 0.2–0 – плохое решение (три решения, представлены только в электронном виде);

– BYKL – 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 2014 г.

№	Дата, дд.мм.т 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			
1	10.01.00:45:29 OBN	4.2	70	131	15	271	12	4	261	59	72	113	35	117	В		Северный Кавказ
2	10.01.18:02:58 KRSC	5.1	58	343	31	180	8	85	20	60	126	145	46	45	Е		Курило-Охотский регион
3	15.01.06:55:08 KRSC IMGG	4.8	17	130	16	225	66	356	53	64	-72	196	31	-123	D		Курило-Охотский регион
			35	92			50	304	16	82	-74	131	18	-155	0.2		
4	17.01.07:01:26 BYKL	4.3	22	158	51	279	30	55	105	85	-38	199	52	-174	0.231		Прибайкалье и Забайкалье
5	21.01.10:49:57 KRSC IMGG	5.6	36	227	9	131	53	29	129	81	-99	354	12	-46	Е		Курило-Охотский регион
			72	250			13	117	224	34	114	16	59	75	0.55		
6	22.01.07:16:17 IMGG	4.4	21	156			64	298	271	27	-56	54	68	-106	0.76		Курило-Охотский регион
7	31.01.16:39:04 KRSC	5.5	42	58	19	166	42	274	166	90	71	76	19	180	С		Камчатка и Командорские острова
8	03.02.03:16:56 KRSC	4.8	35	261	16	159	51	49	157	81	-106	39	18	-29	D		Камчатка и Командорские острова
9	07.02.03:14:19 IMGG	4.6	65	0			11	116	180	39	53	44	60	116	0.78		Курило-Охотский регион

№	Дата, дд.мм t ₀ , чч:мм:сс Код центра	M	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Q	Диagramма	Регион
			T		N		P		NP1			NP2					
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP			
10	08.02. 23:16:35 KRSC	5.0	63	40	21	263	17	166	93	65	113	228	33	51	E		Камчатка и Командорские острова
11	09.02. 13:34:28 IMGG	4.5	59	297			31	107	183	15	73	21	76	94	0.36		Курило- Охотский регион
12	19.02. 12:49:04 IMGG	4.9	55	111			13	220	155	65	127	276	42	39	0.63		Сахалин
13	20.02. 01:32:51 IMGG	4.5	11	5			14	272	49	73	-178	318	88	-17	0.43		Приамурье и Приморье
14	20.02. 23:12:36 SKHL	5.2	78	143	3	39	12	308	35	33	85	221	57	94	37/2		Сахалин
	IMGG		39	97			48	302	128	13	-160	19	85	-78	0.69		
15	23.02. 02:29:12 IMGG	4.8	40	304			44	157	326	18	-173	230	88	-72	0.27		Курило- Охотский регион
16	23.02. 04:54:20 IMGG	5.6	6	169			34	263	41	71	-150	301	62	-21	0.44		Курило- Охотский регион
17	07.03. 15:18:26 OBN	3.9	68	83	18	301	12	207	132	60	111	275	36	59	B		Северный Кавказ
18	09.03. 15:13:22 IMGG	4.6	22	332			68	152	62	23	-90	242	67	-90	0.47		Курило- Охотский регион
19	10.03. 19:26:12 KRSC	4.7	44	139	9	41	44	302	221	90	99	311	9	0	E		Камчатка и Командорские острова
20	12.03. 18:18:36 KRSC	5.5	54	113	6	212	36	307	211	81	84	67	11	125	E		Камчатка и Командорские острова
	IMGG		26	73			52	303	120	29	-150	3	76	-64	0.59		
21	05.04. 03:19:20 SKHL	4.8	79	27	10	233	5	142	222	41	75	62	51	103	37/2		Курило- Охотский регион
22	07.04. 07:48:28 KRSC	5.1	38	188	29	304	38	59	304	90	61	214	29	180	E		Камчатка и Командорские острова
23	07.04. 09:34:47 KRSC	5.7	61	190	23	50	17	313	241	65	115	13	35	47	D		Камчатка и Командорские острова
	SKHL		63	357	25	199	9	105	168	42	51	36	59	120	34/3		
	IMGG		56	172			19	292	223	69	119	346	36	39	0.45		

№	Дата, дд.мм t_0 , чч:мм:сс Код центра	M	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Q	Диagramма	Регион
			T		N		P		NP1			NP2					
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP			
24	12.04. 21:22:44 IMGG	4.4	27	322	62	162	8	56	103	66	14	7	77	155	22/0		Приамурье и Приморье
25	14.04. 23:16:31 OBN	3.8	48	232	18	121	36	17	51	19	19	303	84	108	C		Северный Кавказ
26	18.04. 20:58:27 KRSC	4.7	40	226	25	113	40	0	113	90	-115	23	25	0	E		Камчатка и Командорские острова
27	20.04. 13:50:40 KRSC	5.8	45	170	30	45	31	295	230	82	120	333	31	15	D		Камчатка и Командорские острова
28	26.04. 13:55:54 SKHL	5.2	54	137	20	16	28	275	324	25	35	201	76	111	32/0		Курило- Охотский регион
29	27.04. 01:42:55 OBN	3.9	46	163	28	286	31	35	282	82	62	177	29	164	D		Северный Кавказ
30	27.04. 15:13:56 BYKL	4.9	10	301	2	211	80	110	33	35	-87	209	55	-92	0.222		Прибайкалье и Забайкалье
31	28.04. 04:37:12 KRSC	4.7	59	83	16	201	26	298	196	73	74	60	24	132	E		Камчатка и Командорские острова
32	08.05. 15:52:44 KRSC	5.1	59	27	30	225	8	131	65	59	126	191	46	46	B		Камчатка и Командорские острова
	IMGG		79	81			8	304	207	54	81	42	37	102	0.54		
33	16.05. 11:26:26 KRSC	4.9	8	147	21	240	68	36	75	57	-65	215	41	-122	D		Камчатка и Командорские острова
34	23.05. 19:42:27 BYKL	5.5	18	349	3	258	72	160	84	27	-84	257	63	-93	0.328		Прибайкалье и Забайкалье
35	23.05. 23:42:42 IMGG	4.5	9	349			5	79	34	87	170	124	80	3	0.5		Сахалин
36	29.05. 21:58:35 IMGG	4.7	28	359			46	121	244	80	-122	138	33	-19	0.5		Курило- Охотский регион
37	30.05. 11:21:58 IMGG	4.2	70	243			7	134	28	55	67	245	42	119	0.68		Курило- Охотский регион
38	31.05. 06:16:53 KRSC	5.7	43	130	15	235	43	339	235	90	75	145	15	180	E		Камчатка и Командорские острова
39	02.06. 08:07:28 OBN	4.2	13	173	1	82	77	348	82	58	-91	264	32	-88	C		Северный Кавказ

№	Дата, дд.мм t_0 , чч:мм:сс Код центра	M	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Q	Диagramма	Регион
			T		N		P		NP1			NP2					
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP			
40	07.06. 13:11:35 KRSC	5.8	51	344	15	235	35	134	57	81	105	176	18	30	B		Камчатка и Командорские острова
41	30.06. 20:58:11 IMGG	4.7	69	158			1	251	180	50	118	321	47	61	0.83		Сахалин
42	01.07. 04:16:10 IMGG	4.5	69	325			20	129	210	25	77	44	66	96	0.63		Курило- Охотский регион
43	03.07. 02:56:37 KRSC	5.9	50	45	31	270	23	165	99	75	122	213	35	28	C		Камчатка и Командорские острова
44	03.07. 12:05:19 KRSC	5.9	21	70	64	288	15	165	117	86	154	208	65	4	D		Камчатка и Командорские острова
45	06.07. 16:19:25 IMGG	5.0	55	152			19	270	203	69	121	323	37	36	0.64		Курило- Охотский регион
46	09.07. 13:35:12 KRSC	5.1	43	324	16	69	43	175	249	90	-74	339	16	-180	E		Камчатка и Командорские острова
47	15.07. 05:48:11 KRSC	4.7	27	306	9	41	62	147	223	72	-81	16	20	-116	E		Камчатка и Командорские острова
48	15.07. 12:55:02 KRSC	5.0	44	4	10	264	44	164	84	90	100	174	10	0	E		Камчатка и Командорские острова
49	17.07. 22:32:46 SKHL	5.1	46	131	15	25	40	282	306	15	11	206	87	105	35/0		Курило- Охотский регион
	IMGG		49	103			38	308	207	84	77	94	14	156	0.68		
50	18.07. 11:41:44 IMGG	4.7	1	219			50	128	276	56	-141	161	58	-41	0.51		Курило- Охотский регион
51	20.07. 18:32:46 IMGG	6.3	65	331			22	119	188	26	61	39	68	103	0.75		Курило- Охотский регион
52	31.07. 20:29:04 OBN	4.3	22	155	28	258	53	33	205	34	-148	88	73	-60	C		Северный Кавказ
53	03.08. 09:41:56 KRSC	4.9	44	165	12	63	44	322	243	90	102	333	12	0	E		Камчатка и Командорские острова
54	03.08. 09:53:01 KRSC	5.0	36	166	6	72	54	334	71	81	-96	284	11	-57	E		Камчатка и Командорские острова
55	12.08. 04:10:46 BYKL	4.7	42	295	11	35	46	136	317	11	-168	215	88	-79	0.251		Прибайкалье и Забайкалье

№	Дата, дд.мм t_0 , чч:мм:сс Код центра	M	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Q	Диagramма	Регион
			T		N		P		NP1			NP2					
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP			
56	19.08. 04:11:22 BYKL	4.3	37	111	22	218	45	332	141	22	-168	40	86	-68	0.287		Прибайкалье и Забайкалье
57	21.08. 06:34:24 KRSC	4.5	36	297	6	32	54	131	213	81	-84	357	11	-125	E		Курило- Охотский регион
58	30.08. 12:00:24 KRSC	4.8	62	147	9	41	27	306	223	72	99	16	20	64	D		Курило- Охотский регион
	IMGG		50	121			35	268	193	82	106	308	18	26	0.3		
59	31.08. 02:14:59 IMGG	5.0	77	32			8	162	80	54	102	241	38	74	0.2		Курило- Охотский регион
60	04.09. 14:27:47 KRSC	5.1	33	312	39	190	33	67	190	90	-129	100	39	0	E		Камчатка и Командорские острова
	IMGG			166			25	66	115	88	-34	207	57	-177	0.45		
61	04.09. 17:05:06 BYKL	4.5	39	321	20	214	44	103	213	87	-110	115	20	-9	0.306		Прибайкалье и Забайкалье
62	18.09. 04:17:52 KRSC	5.4	53	151	9	49	36	313	231	81	99	6	12	46	D		Курило- Охотский регион
	SKHL		24	197	36	89	44	313	334	39	-20	80	78	-127	43/0		
	IMGG		24	166			42	280	47	79	-129	303	40	-17	0.29		
63	18.09. 05:56:37 IMGG	4.9	37	182			46	323	331	21	-15	74	85	-110	0.65		Курило- Охотский регион
64	24.09. 03:59:29 KRSC	5.0	41	109	23	220	41	331	220	90	67	130	23	180	A		Камчатка и Командорские острова
65	29.09. 01:38:07 OBN	4.9	25	3	14	99	61	216	64	24	-127	284	71	-75	C		Северный Кавказ
66	01.10. 02:41:01 KRSC	5.3	9	329	6	238	79	113	233	54	-98	67	37	-79	E		Курило- Охотский регион
67	02.10. 12:57:04 KRSC	6.3	43	320	15	216	43	111	36	90	105	126	15	0	B		Камчатка и Командорские острова
68	04.10. 00:33:59 IMGG	5.0	42	313			45	109	116	13	-6	211	89	-102	0.5		Курило- Охотский регион
69	04.10. 04:59:34 OBN	4.5	11	5	59	255	28	101	65	42	-135	298	62	-58	D		Северный Кавказ

№	Дата, дд.мм t ₀ , чч:мм:сс Код центра	M	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Q	Диаг- рамма	Регион
			T		N		P		NP1			NP2					
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP			
70	18.10. 14:34:21 KRSC	4.7	16	133	29	34	57	248	20	67	-122	257	39	-40	A		Камчатка и Командорские острова
71	26.10. 01:22:54 IMGG	4.3	75	44			3	145	220	44	68	69	50	110	0.32		Курило- Охотский регион
72	01.11. 00:51:58 BYKL	4.6	10	159	51	56	37	256	33	72	-145	291	57	-22	0.304		Прибайкалье и Забайкалье
73	05.11. 14:01:04 IMGG	4.7	8	176			65	67	241	42	-126	105	57	-62	0.69		Курило- Охотский регион
74	14.11. 04:16:07 SKHL	5.4	17	321	18	225	65	91	76	32	-54	216	64	-110	36/0		Курило- Охотский регион
	IMGG		55	142			35	311	225	80	96	16	11	61	0.44		
75	24.11. 19:05:01 OBN	3.9	71	124	14	261	12	354	102	35	115	252	59	74	B		Северный Кавказ
76	05.12. 18:04:19 BYKL	4.9	36	113	54	301	4	206	154	69	150	256	62	24	0.279		Прибайкалье и Забайкалье
77	07.12. 14:51:55 IMGG	5.3	75	277			10	148	48	56	76	251	37	109	0.78		Курило- Охотский регион
78	12.12. 12:31:51 IMGG	5.0	77	313			12	144	237	33	94	52	57	87	0.52		Курило- Охотский регион
79	19.12. 04:47:40 IMGG	5.3	78	398			12	123	214	33	92	32	57	89	0.72		Курило- Охотский регион
80	21.12. 16:51:14 IMGG	4.7	8	10			2	279	54	83	176	145	86	7	0.62		Курило- Охотский регион
81	22.12. 03:05:15 BYKL	4.4	34	301	55	104	8	206	78	73	31	338	60	160	0.215		Прибайкалье и Забайкалье
82	23.12. 02:14:18 BYKL	4.5	19	323	13	228	67	105	73	29	-62	222	65	-105	0.268		Прибайкалье и Забайкалье

Литература

1. Part_VI. Mechanisms_2014.xls // Землетрясения России в 2014 году. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – Приложение на CD-ROM.
2. База данных «Землетрясения России» [сайт]. – Дата обновления 20.02.2016. – URL: <http://eqru.gsras.ru/>.
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. Гусев А.А. Определение гипоцентров близких землетрясений Камчатки на ЭВМ // Вулканология и сейсмология. – 1979. – № 1. – С. 74–81.
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 FOCMEC для определения фокальных механизмов землетрясений Курило-Охотского и Сахалинского регионов // Тихоокеанская геология. – 2013. – Т. 32, № 3. – С. 102–117.
8. Sokos E.N., Zahradnik J. ISOLA a Fortran code and a Matlab GUI to perform multiple-point source inversion of seismic data // Computers & Geosciences. – 2008. – Vol. 34, Is. 8. – P. 967–977.
9. Волновые формы // Российская академия наук. Геофизическая служба [сайт]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/wf.htm>.
10. Continuous Waveform Images // NIRD F-net [сайт]. – URL: <http://www.fnet.bosai.go.jp/waveform/?LANG=en>.
11. Букчин Б.Г. Об определении параметров очага землетрясения по записям поверхностных волн в случае неточного задания характеристик среды // Известия АН СССР, сер. «Физика Земли». – 1989. – № 9. – С. 34–41.
12. 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. – 144 (1). – P. 206–220.
13. Серёдкина А.И., Мельникова В.И. Тензор сейсмического момента землетрясений Прибайкалья по амплитудным спектрам поверхностных волн // Физика Земли. – 2014. – № 3. – С. 103–114.