

VI. Механизмы очагов отдельных землетрясений России

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

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

В данном разделе представлены параметры механизмов очагов и их диаграммы в нижней полусфере наиболее сильных землетрясений 2018 г., произошедших в семи регионах России – «ВЕП, Урал и Западная Сибирь», «Камчатка и Командорские острова», «Курило-Охотский регион», «Приамурье и Приморье», «Прибайкалье и Забайкалье», «Северный Кавказ» и «Якутия».

В [1] помещена таблица параметров механизмов очагов 96 землетрясений в формате MS Excel за 2018 год. База данных землетрясений России [2] дополнена параметрами механизмов очагов 96 землетрясений за 2018 год.

Механизмы очагов 38 землетрясений региона «Камчатка и Командорские острова» и двух землетрясений 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 17 наиболее сильных землетрясений региона «Северный Кавказ», одного землетрясения региона «ВЕП, Урал и Западная Сибирь» (код сети OBGSR), восьми землетрясений региона «Камчатка и Командорские острова» и двух землетрясений Курило-Охотского региона (GSRAS из [5]).

Для 36 землетрясений регионов «Курило-Охотский», «Приамурье и Приморье» и «Камчатка и Командорские острова» механизмы очагов получены совместно Институтом морской геологии и геофизики (ИМГиГ) ДВО РАН (код центра IMGG) и Сахалинским филиалом ФИЦ ЕГС РАН (SAGSR) путем расчета тензора сейсмического момента по программе ISOLA [6, 7]. Для расчета использовались широкополосные записи сейсмических станций ФИЦ ЕГС РАН [8], а также сети F-net агентства NIED (National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Япония) [9].

В Байкальском филиале ФИЦ ЕГС РАН механизм очага четырех землетрясений региона «Прибайкалье и Забайкалье» и одного землетрясения региона «Якутия» был получен путем расчета тензора сейсмического момента (TCM) по амплитудным спектрам поверхностных волн в приближении двойной пары сил [10, 11]. 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 TCM подробно описана в [12].

Для семи сильных землетрясений 2018 г. имеется по два решения, для трех землетрясений – по три решения механизма очага центров GSRAS, IMGG/SAGSR и KAGSR.

Параметры механизмов очагов 96 землетрясений России в 2018 г. представлены в табл. VI.1. Решения для центров KAGSR, IMGG/SAGSR и BAGSR сопровождаются оценками качества (точности):

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

– IMGG/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 2018 г.

№	Дата, дд.мм t_0 , чч.мм.сс Код центра	M	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Q	Диа- грамма	Регион
			T		N		P		$NP1$			$NP2$					
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$			
1	04.01. 02:44:54 KAGSR	5.5	69	265	12	27	18	120	21	64	77	228	29	114	C		Камчатка и Командорские острова
2	07.01. 02:24:05 KAGSR	5.7	52	11	12	117	35	215	115	81	78	348	15	143	E		Камчатка и Командорские острова
3	18.01. 12:08:50 KAGSR	5.6	0	353	21	263	70	83	244	49	-118	102	49	-62	E		Камчатка и Командорские острова
	IMGG/ SAGSR		51	8	19	253	33	150	76	81	109	192	21	27			
4	19.01. 11:59:59 IMGG/ SAGSR	4.6	37	10	31	253	37	135	253	90	-121	163	31	0	0.82		Курило-Охотский регион
5	25.01. 02:10:30 KAGSR	6.3	42	212	19	104	42	356	284	90	109	14	19	0	E		Камчатка и Командорские острова
	GSRAS		22	231	53	108	28	333	10	53	-5	103	86	-143			
6	28.01. 00:08:50 KAGSR	4.9	54	169	6	72	36	337	253	81	96	39	11	57	E		Камчатка и Командорские острова
7	31.01. 04:28:54 OBGSR	3.5	16	325	72	116	8	232	99	84	17	8	73	174			Северный Кавказ
8	01.02. 00:09:44 IMGG/ SAGSR	4.1	4	324	81	83	8	234	9	81	-178	279	88	-9	0.47		Приамурье и Приморье
9	27.02. 19:03:39 OBGSR	3.9	36	182	43	315	26	71	309	83	47	212	44	170			Северный Кавказ

№	Дата, дд.мм то, чч:мм:сс Код центра	M	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Q	Диа- грамма	Регион
			T		N		P		NP1			NP2					
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP			
10	04.03. 19:52:52 IMGG/ SAGSR	5.5	42	124	8	27	47	288	27	88	-98	282	8	-15	0.67		Курило-Охотский регион
11	05.03. 15:42:41 KAGSR	5.7	8	227	23	320	65	118	156	57	-62	292	42	-126	A		Камчатка и Командорские острова
12	07.03. 04:40:12 IMGG/ SAGSR	5.9	64	292	8	40	24	134	37	70	81	241	22	112	0.42		Курило-Охотский регион
13	14.03. 18:14:40 BAGSR	4.1	44	178	28	298	33	48	194	28	168	295	84	63	0.281		Прибайкалье и Забайкалье
14	18.03. 18:00:11 IMGG/ SAGSR	5.3	23	339	3	71	66	168	252	69	-87	63	22	-99	0.40		Курило-Охотский регион
15	23.03. 19:02:46 IMGG/ SAGSR	5.0	1	34	80	127	10	304	79	83	-174	348	84	-7	0.73		Курило-Охотский регион
16	12.04. 06:06:12 BAGSR	4.6	28	353	6	86	61	188	66	18	-111	268	73	-83	0.289		Якутия
17	12.04. 07:56:53 IMGG/ SAGSR	5.3	44	126	27	246	34	356	142	28	168	243	84	63	0.53		Курило-Охотский регион
18	13.04. 00:27:33 OBGSR	4.0	33	315	57	135	0	45	95	67	25	355	67	155			Северный Кавказ
19	13.04. 19:00:02 IMGG/ SAGSR	5.4	31	310	13	48	56	157	4	18	-135	231	77	-77	0.70		Курило-Охотский регион
20	13.04. 21:46:51 IMGG/ SAGSR	5.0	35	122	2	30	55	298	221	10	-80	30	80	-92	0.31		Курило-Охотский регион
21	17.04. 21:55:35 KAGSR	4.8	40	270	25	157	40	44	337	90	115	67	25	0	E		Камчатка и Командорские острова
22	17.04. 23:53:47 BAGSR	4.4	0	348	55	258	35	78	117	66	-26	218	66	-154	0.344		Прибайкалье и Забайкалье
23	19.04. 18:17:19 OBGSR	3.4	9	79	19	346	69	192	332	56	-112	190	40	-60			Северный Кавказ
24	23.04. 20:57:32 KAGSR	4.8	17	293	21	30	63	167	220	65	-67	355	33	-130	E		Камчатка и Командорские острова
25	24.04. 08:53:21 IMGG/ SAGSR	5.6	38	329	10	67	50	169	248	84	-80	10	12	-147	0.75		Курило-Охотский регион

№	Дата, дд.мм то, чч.мм.сс Код центра	M	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Q	Диа- грамма	Регион
			T		N		P		NP1			NP2					
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP			
26	24.04. 20:47:41 OBGSR	3.6	71	322	14	99	12	193	301	35	115	91	59	73			Северный Кавказ
27	17.05. 18:42:13 IMGG/ SAGSR	5.8	68	300	1	33	22	123	216	23	93	32	67	89	0.71		Курило-Охотский регион
28	21.05. 10:40:18 KAGSR	5.3	10	253	79	45	5	162	27	87	11	297	79	176	A		Камчатка и Командорские острова
29	23.05. 01:37:44 KAGSR	6.4	38	342	30	225	38	108	225	90	-120	135	30	0	B		Камчатка и Командорские острова
30	02.06. 09:48:08 IMGG/ SAGSR	5.4	12	319	12	52	73	186	239	58	-76	34	35	-111	0.45		Курило-Охотский регион
31	05.06. 18:40:26 OBGSR	5.6	43	5	29	127	33	238	24	30	169	124	84	61			Северный Кавказ
32	09.06. 21:49:15 OBGSR	4.2	48	123	41	284	10	23	150	50	148	262	66	44			Северный Кавказ
33	12.06. 23:45:51 KAGSR	5.5	9	121	6	212	79	337	37	54	-82	203	37	-101	E		Камчатка и Командорские острова
34	13.06. 21:38:11 KAGSR	5.0	59	207	15	325	26	62	320	73	74	183	23	131	E		Камчатка и Командорские острова
35	24.06. 13:18:05 IMGG/ SAGSR	4.6	21	4	30	261	52	124	251	72	-121	134	35	-32	0.66		Курило-Охотский регион
36	01.07. 20:45:42 IMGG/ SAGSR	5.7	11	32	76	176	8	300	75	76	177	166	88	14	0.84		Курило-Охотский регион
37	02.07. 21:43:16 OBGSR	3.3	71	142	14	279	12	13	121	35	115	271	59	73			Северный Кавказ
38	05.07. 22:19:31 OBGSR	3.8	61	26	10	276	26	181	100	72	101	247	21	59			Северный Кавказ
39	06.07. 01:40:03 KAGSR	6.9	67	106	15	235	17	329	227	64	73	82	31	121	C		Камчатка и Командорские острова
	GSRAS		59	117	18	239	24	337	100	26	134	233	72	71			
40	06.07. 04:32:20 KAGSR	5.5	70	164	9	49	18	317	234	63	100	33	28	72	E		Камчатка и Командорские острова
41	07.07. 05:42:15 IMGG/ SAGSR	5.2	63	151	25	356	10	361	191	60	119	323	41	50	0.66		Курило-Охотский регион

№	Дата, дд.мм то, чч:мм:сс Код центра	M	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Q	Диа- грамма	Регион
			T		N		P		NP1			NP2					
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP			
42	07.07. 08:51:28 IMGG/ SAGSR	5.4	3	333	70	235	20	64	201	78	-163	107	74	-12	0.86		Приамурье и Приморье
43	10.07. 06:03:49 KAGSR	4.7	49	64	21	180	33	285	177	82	67	66	23	158	E		Камчатка и Командорские острова
44	15.07. 17:13:38 IMGG/ SAGSR	5.2	68	276	8	27	20	120	223	26	108	23	66	81	0.82		Курило-Охотский регион
45	17.07. 01:48:23 KAGSR	5.5	48	102	23	220	33	326	216	82	67	108	25	160	E		Камчатка и Командорские острова
46	21.07. 04:19:16 KAGSR	5.1	44	274	9	13	44	111	193	90	-81	283	9	-180	E		Камчатка и Командорские острова
47	23.07. 21:37:44 IMGG/ SAGSR	5.2	35	344	9	248	54	145	246	80	-99	110	13	-47	0.73		Курило-Охотский регион
48	27.07. 04:54:09 IMGG/ SAGSR	5.2	48	159	17	49	37	306	231	84	107	339	18	19	0.80		Курило-Охотский регион
49	02.08. 21:57:55 KAGSR	5.3	27	315	9	221	62	114	218	72	-99	65	20	-64	B		Камчатка и Командорские острова
50	10.08. 18:12:04 IMGG/ SAGSR	6.1	25	116	7	209	64	313	31	70	-83	191	21	-109	0.58		Курило-Охотский регион
	KAGSR		36	143	6	238	54	337	59	81	-84	203	11	-125	C		
	GSRAS		26	136	1	45	64	313	228	19	-86	45	71	-91			
51	01.09. 12:26:33 BAGSR	4.4	14	346	19	81	66	222	272	62	-68	51	35	-125	0.234		Прибайкалье и Забайкалье
52	04.09. 19:02:24 OBGSR	3.5	69	23	10	264	18	170	89	63	102	244	29	68			Северный Кавказ
53	04.09. 22:58:15 OBGSR	5.0	39	260	36	27	30	142	286	37	171	23	85	54			ВЕС, Урал и Западная Сибирь
54	05.09. 02:59:45 OBGSR	3.7	41	106	47	304	9	204	254	55	26	148	69	142			Северный Кавказ
55	05.09. 18:07:58 IMGG/ SAGSR	6.6	30	305	38	188	37	61	184	86	-128	89	39	-6	0.55		Курило-Охотский регион

№	Дата, дд.мм то, чч.мм.сс Код центра	M	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Q	Диа- грамма	Регион
			T		N		P		NP1			NP2					
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP			
56	05.09. 21:11:29 IMGG/ SAGSR	5.5	84	202	4	328	5	59	153	40	96	325	50	85	0.75		Курило-Охотский регион
57	09.09. 13:55:13 IMGG/ SAGSR	5.1	59	264	14	150	27	52	112	22	50	334	73	105	0.76		Курило-Охотский регион
58	09.09. 20:28:46 KAGSR	4.7	13	148	61	34	26	244	18	81	-152	283	62	-10	C		Камчатка и Командорские острова
59	12.09. 00:28:11 IMGG/ SAGSR	4.7	87	10	3	210	1	120	208	44	86	33	46	94	0.30		Курило-Охотский регион
60	15.09. 15:40:12 KAGSR	6.0	54	296	6	198	36	104	19	81	96	166	11	57	E		Камчатка и Командорские острова
61	22.09. 03:39:59 IMGG/ SAGSR	3.8	31	168	58	334	7	74	305	73	28	206	63	161	0.69		Приамурье и Приморье
62	28.09. 07:19:44 KAGSR	5.4	62	86	9	193	27	287	190	72	81	37	20	116	E		Камчатка и Командорские острова
63	30.09. 08:54:04 IMGG/ SAGSR	5.0	67	195	12	315	19	49	158	28	116	309	65	77	0.57		Курило-Охотский регион
64	04.10. 03:41:31 KAGSR	5.2	41	289	23	40	41	151	40	90	67	310	23	-180	D		Камчатка и Командорские острова
65	04.10. 23:58:47 IMGG/ SAGSR	5.2	40	185	41	321	24	73	212	42	166	313	81	49	0.64		Курило-Охотский регион
66	09.10. 07:45:08 GSRAS	6.3	64	306	5	207	26	114	193	20	76	28	71	95			Камчатка и Командорские острова
67	10.10. 23:16:00 KAGSR	6.7	27	315	9	49	62	156	232	72	-81	25	20	-116	B		Камчатка и Командорские острова
	IMGG/ SAGSR		49	346	29	216	26	110	155	32	25	43	77	120	0.54		
	GSRAS		50	333	9	231	38	134	176	11	34	52	84	99			
68	11.10. 05:47:33 KAGSR	5.2	49	303	21	187	33	83	10	82	111	122	22	23	E		Камчатка и Командорские острова
69	11.10. 15:08:08 KAGSR	4.9	35	305	12	207	52	101	205	81	-102	78	15	-38	E		Камчатка и Командорские острова

№	Дата, дд.мм то, чч.мм.сс Код центра	M	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Q	Диа- грамма	Регион	
			T		N		P		NP1			NP2						
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP				
70	11.10. 16:10:38 KAGSR	4.7	27	295	2	204	63	111	203	72	-92	29	18	-85	E		Камчатка и Командорские острова	
71	12.10. 21:38:24 IMGG/ SAGSR	5.1	56	90	1	181	34	272	181	79	89	4	11	93	0.44		Курило-Охотский регион	
72	12.10. 22:22:01 KAGSR	5.3	69	180	21	0	0	90	340	49	61	200	49	119	E		Камчатка и Командорские острова	
73	13.10. 11:10:20 KAGSR	7.2	32	59	53	207	16	319	192	79	36	95	55	167	E		Камчатка и Командорские острова	
	IMGG/ SAGSR		19	49	36	154	47	296	346	73	-52	96	41	-154				0.71
	GSRAS		19	59	41	166	43	310	104	44	-159	359	76	-48				
74	14.10. 13:51:26 OBGSR	4.3	25	350	21	90	56	215	276	73	-68	42	27	-141			Северный Кавказ	
75	15.10. 01:32:11 KAGSR	5.5	61	180	23	40	17	303	231	65	115	2	35	47	D		Камчатка и Командорские острова	
76	15.10. 10:42:07 OBGSR	3.9	73	20	11	252	13	159	235	34	71	78	58	102			Северный Кавказ	
77	15.10. 16:45:08 KAGSR	4.4	50	350	37	198	14	97	35	69	130	149	45	31	E		Курило-Охотский регион	
78	17.10. 15:55:49 OBGSR	4.3	58	102	29	307	11	210	269	42	43	144	62	124			Северный Кавказ	
79	22.10. 12:39:49 OBGSR	3.8	15	288	74	135	7	20	65	75	6	334	85	164			Северный Кавказ	
80	26.10. 03:04:54 IMGG/ SAGSR	5.6	70	236	18	26	9	119	229	39	119	14	57	69	0.59		Курило-Охотский регион	
81	02.11. 09:39:27 KAGSR	5.7	72	61	2	156	18	247	155	63	88	339	27	94	E		Камчатка и Командорские острова	
82	02.11. 11:01:14 IMGG/ SAGSR	6.0	73	109	7	353	15	261	178	60	98	341	31	76	0.74		Курило-Охотский регион	
	GSRAS		61	54	14	171	25	267	26	24	127	166	71	75				
83	04.11. 19:26:03 IMGG/ SAGSR	6.0	80	228	8	13	6	103	202	40	102	6	51	80	0.55		Курило-Охотский регион	

№	Дата, дд.мм t_0 , чч:мм:сс Код центра	M	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Q	Диа- грамма	Регион
			T		N		P		NP1			NP2					
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP			
84	06.11. 01:17:18 OBGSR	4.7	76	279	14	99	0	190	86	47	70	293	47	110			Северный Кавказ
85	14.11. 21:21:49 KAGSR	6.9	78	31	9	258	9	166	84	55	101	246	37	76	C		Камчатка и Командорские острова
	GSRAS		76	314	5	63	13	155	251	32	99	60	58	84			
86	17.11. 14:39:49 KAGSR	5.1	51	246	16	135	34	34	318	81	107	75	19	28	E		Камчатка и Командорские острова
87	24.11. 22:55:04 OBGSR	3.5	0	126	29	37	61	217	11	52	-128	243	52	-52			Северный Кавказ
88	08.12. 08:10:31 BAGSR	4.5	21	305	9	38	67	149	20	25	-110	222	67	-81	0.297		Прибайкалье и Забайкалье
89	11.12. 00:26:43 IMGG/ SAGSR	4.8	24	323	27	220	53	88	211	74	-118	94	32	-31	0.74		Курило-Охотский регион
90	20.12. 17:01:53 KAGSR	7.7	36	305	33	63	36	182	243	90	-57	333	33	-180	E		Камчатка и Командорские острова
	GSRAS		7	110	74	225	15	18	155	75	-174	64	85	-16			
91	21.12. 15:43:04 KAGSR	5.3	51	139	16	249	35	351	247	81	74	129	18	151	E		Камчатка и Командорские острова
92	21.12. 18:19:35 KAGSR	5.6	53	160	10	264	35	1	262	81	80	132	14	140	E		Камчатка и Командорские острова
93	22.12. 13:29:46 KAGSR	5.9	44	176	10	276	44	17	276	90	80	186	10	180	E		Камчатка и Командорские острова
94	23.12. 03:12:49 KAGSR	4.9	45	142	6	238	45	334	238	90	84	148	6	180	E		Камчатка и Командорские острова
95	24.12. 12:41:18 KAGSR	6.7	42	328	19	76	42	184	76	90	71	346	19	180	E		Камчатка и Командорские острова
	GSRAS		20	285	64	63	16	189	326	64	177	58	87	26			
96	28.12. 13:03:33 IMGG/ SAGSR	5.3	51	3	27	235	26	130	176	31	27	62	76	118	0.47		Курило-Охотский регион

Литература

1. *Part_VI-2018. Mechanisms_2018.xls* // Землетрясения России в 2018 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
2. *Электронный вариант ежегодника «Землетрясения России»* // Землетрясения России в 2018 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
3. *Ландер А.В.* Программа расчета и графического представления механизмов очагов землетрясений по знакам первых вступлений *P*-волн (FA) // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018662004 от 25 сентября 2018 г.
4. *Ландер А.В.* Описание и инструкция для пользователя комплекса программ FA (расчет и графическое представление механизмов очагов землетрясений по знакам первых вступлений *P*-волн). – М., 2006. – 27 с.
5. *Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2018 г.* [Электронный ресурс]. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018–2019. – Режим доступа: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_Catalog/
6. *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. – V. 34, Is. 8. – P. 967–977.
7. *Сафонов Д.А., Коновалов А.В.* Апробация вычислительно программы FOCMEC для определения фокальных механизмов землетрясений Курило-Охотского и Сахалинского регионов // *Тихоокеанская геология*. – 2013. – Т. 32, № 3. – С. 102–117.
8. *Волновые формы* // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/new/wf/>
9. *Continuous Waveform Images* // NIRD F-net [Web Site]. – URL: <http://www.fnet.bosai.go.jp/waveform/>
10. *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.
11. *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. – V. 144 (1). – P. 206–220.
12. *Середкина А.И., Мельникова В.И.* Тензор сейсмического момента землетрясений Прибайкалья по амплитудным спектрам поверхностных волн // *Физика Земли*. – 2014. – № 3. – С. 103–114.