

VI. Механизмы очагов отдельных землетрясений России

¹И.П. Габсатарова, ²Н.А. Гилёва, ³А.А. Раевская, ¹М.И. Рыжикова,
^{4,5}Д.А. Сафонов, ¹Е.А. Селиванова, ⁶А.И. Филиппова

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; ⁶ИЗМИРАН, г. Москва, г. Троицк

В данном разделе представлены параметры механизмов очагов и их диаграммы в нижней полусфере наиболее сильных землетрясений 2022 г., произошедших в шести регионах России – «Камчатка и Командорские острова», «Курило-Охотский регион», «Прибайкалье и Забайкалье», «Сахалин», «Северный Кавказ» и «ВЕП, Урал и Западная Сибирь».

В [1] помещена таблица параметров механизмов очагов 93 землетрясений в формате MS Excel за 2022 год. База данных землетрясений России [2] также дополнена параметрами механизмов очагов 93 землетрясений за 2022 год.

Механизм очага 21 землетрясения региона «Камчатка и Командорские острова» рассчитан в Камчатском филиале ФИЦ ЕГС РАН (код центра KAGSR) в оперативном режиме по знакам первых вступлений *P*-волн. Использовались данные региональных сейсмических станций и станций России и мира, доступные КФ ФИЦ ЕГС РАН для обработки в режиме, близком к реальному времени. Расчет механизмов проведен с помощью программы FA (версия 2011), составленной А.В. Ландером [3, 4]. Программа определяет механизм очага 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 (код центра OBGSR) для построения механизмов очагов по знакам первых вступлений *P*-волн 18 наиболее сильных землетрясений региона «Северный Кавказ» и одного землетрясения региона «ВЕП, Урал и Западная Сибирь».

Для 40 землетрясений Курило-Охотского региона и пяти землетрясений региона «Сахалин» 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 [5, 6]. Для расчета использовались широкополосные записи сейсмических станций ФИЦ ЕГС РАН [7], а также станций сети F-net агентства NIED (National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Япония) [8].

Для региона «Прибайкалье и Забайкалье» механизм очага восьми землетрясений был получен в Байкальском филиале ФИЦ ЕГС РАН (код центра BAGSR) путем расчета тензора сейсмического момента (ТСМ) по амплитудным спектрам поверхностных волн в приближении двойной пары сил [9]. При этом использовались записи широкополосных каналов цифровых сейсмических станций сетей IRIS. Строение коры в окрестности очагов рассматриваемых сейсмических событий и под сейсмическими станциями задавалось в соответствии с моделью 3SMAC [10]. Для описания строения верхней мантии и расчета затухания поверхностных волн использовалась модель PREM [11]. Для нахождения единственного решения была привлечена дополнительная информация о знаках первых вступлений объемных волн, записанных на региональных сейсмических станциях, в соответствии с процедурой, описанной в [12]. Методика расчета ТСМ подробно приведена в [13, 14].











Параметры механизмов очагов 93 землетрясений России в 2022 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 тензоры-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 – показателем оптимальности решения служит параметр уменьшения дисперсии (Variance Reduction, Vr), отражающий сходимость реальной и синтетической волновых форм и имеющий смысл квадрата коэффициента корреляции. Значения $Vr > 0.8$ принято считать отличными, $0.5 < Vr < 0.8$ – хорошими, $0.2 < Vr < 0.5$ – посредственными. Решения с $Vr < 0.2$ считаются плохими и в каталог не включаются [6];

– 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 2022 г.

№	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			
1	18.01. 04:57:47 IMGG/SAGSR	4.4	57	111	15	357	29	259	181	76	105	313	21	44	0.64		Сахалин
2	20.01. 23:59:37 IMGG/SAGSR	5.0	42	358	42	212	18	105	151	46	21	46	75	134	0.63		Курило-Охотский регион
3	21.01. 16:07:29 OBGSR	3.7	7	335	41	239	48	73	213	64	-137	101	53	-34			Северный Кавказ
4	05.02. 21:18:49 IMGG/SAGSR	5.1	72	220	4	322	18	54	150	27	99	320	63	85	0.51		Сахалин
5	08.02. 22:29:00 IMGG/SAGSR	5.0	60	86	5	347	29	255	169	74	95	331	17	72	0.65		Сахалин
6	09.02. 12:16:54 OBGSR	4.3	18	163	72	333	3	72	299	79	15	206	75	169			Северный Кавказ
7	13.02. 07:06:06 IMGG/SAGSR	4.3	52	116	5	212	37	305	63	9	121	211	83	85	0.60		Курило-Охотский регион
8	20.02. 13:36:30 OBGSR	3.3	27	344	6	252	62	150	249	72	-96	89	19	-72			Северный Кавказ
9	25.02. 13:48:42 KAGSR	5.3	31	357	28	106	46	229	290	82	-62	35	29	-164	D		Камчатка и Командорские острова
10	27.02. 12:17:16 IMGG/SAGSR	4.5	71	271	10	33	16	126	231	31	111	27	61	78	0.67		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			
11	27.02. 16:33:35 IMGG/SAGSR	5.1	83	248	6	38	4	128	224	42	99	32	49	82	0.73		Курило-Охотский регион
12	28.02. 11:35:07 IMGG/SAGSR	5.1	78	358	7	235	10	144	60	55	98	226	36	79	0.49		Курило-Охотский регион
13	28.02. 22:04:31 IMGG/SAGSR	5.2	68	338	6	232	21	140	55	66	97	218	25	75	0.63		Курило-Охотский регион
14	03.03. 04:23:16 KAGSR	4.6	54	337	6	238	36	143	59	81	96	203	11	55	E		Камчатка и Командорские острова
15	05.03. 00:13:26 OBGSR	3.7	29	344	53	207	21	86	34	85	143	128	54	7			БЕП, Урал и Западная Сибирь
16	07.03. 06:24:18 OBGSR	3.7	75	78	11	296	9	205	125	55	104	287	38	71			Северный Кавказ
17	10.03. 05:57:38 KAGSR	4.9	43	339	15	235	43	130	235	90	-105	145	15	0	E		Камчатка и Командорские острова
18	11.03. 07:07:25 IMGG/SAGSR	5.2	30	333	2	242	60	149	242	75	-92	70	15	-82	0.73		Курило-Охотский регион
19	12.03. 11:52:29 KAGSR	5.1	80	6	10	186	0	276	176	46	76	17	46	105	C		Камчатка и Командорские острова
20	14.03. 01:15:45 OBGSR	4.6	11	135	79	315	0	45	271	82	8	179	82	172			Северный Кавказ
21	14.03. 02:37:13 OBGSR	3.3	78	93	9	319	9	228	146	54	101	308	37	76			Северный Кавказ
22	14.03. 11:27:41 KAGSR	5.1	44	266	10	6	44	107	6	90	80	276	10	180	E		Камчатка и Командорские острова
23	18.03. 05:36:23 KAGSR	4.8	8	297	21	30	68	185	224	57	-65	4	41	-122	C		Камчатка и Командорские острова
24	19.03. 02:11:35 IMGG/SAGSR	4.5	54	293	1	24	36	115	210	9	97	24	81	89	0.67		Курило-Охотский регион
25	26.03. 23:15:31 IMGG/SAGSR	5.2	69	342	15	206	14	112	182	34	62	35	60	108	0.78		Курило-Охотский регион
26	30.03. 13:42:48 OBGSR	3.4	79	284	6	162	9	71	346	54	97	154	36	80			Северный Кавказ
27	31.03. 18:19:29 IMGG/SAGSR	5.2	66	8	18	229	15	134	200	34	56	59	62	111	0.57		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			
28	02.04. 11:21:57 KAGSR	4.7	43	216	16	111	43	5	111	90	-106	21	16	0	E		Камчатка и Командорские острова
29	04.04. 14:13:34 IMGG/SAGSR	5.3	11	6	61	256	27	102	141	63	-12	237	79	-152	0.45		Курило-Охотский регион
30	09.04. 02:30:09 OBGSR	3.3	78	207	12	27	0	297	218	46	106	15	46	74			Северный Кавказ
31	15.04. 13:02:35 OBGSR	3.8	15	161	74	0	5	253	206	83	165	298	76	8			Северный Кавказ
32	18.04. 21:39:01 KAGSR	4.8	53	250	10	354	35	91	352	81	80	222	14	140	B		Камчатка и Командорские острова
33	21.04. 12:38:53 IMGG/SAGSR	5.2	2	165	54	72	36	256	36	67	-152	294	64	-26	0.64		Курило-Охотский регион
34	24.04. 01:35:02 IMGG/SAGSR	5.7	17	341	73	164	1	72	25	79	167	118	78	11	0.70		Курило-Охотский регион
35	25.04. 05:35:51 IMGG/SAGSR	5.3	2	166	52	74	38	258	39	66	-150	295	63	-28	0.72		Курило-Охотский регион
36	07.05. 18:13:28 KAGSR	5.2	59	243	15	126	26	28	310	73	106	87	23	49	E		Камчатка и Командорские острова
37	14.05. 22:28:33 IMGG/SAGSR	4.9	64	277	12	34	22	129	29	68	77	241	25	119	0.83		Курило-Охотский регион
38	16.05. 05:25:50 KAGSR	5.6	41	70	21	180	41	290	0	90	-69	90	21	180	A		Камчатка и Командорские острова
39	01.06. 01:19:44 IMGG/SAGSR	4.5	9	25	77	155	10	293	69	77	-179	339	89	-13	0.86		Курило-Охотский регион
40	08.06. 12:24:19 BAGSR	5.3	15	320	0	50	75	140	230	60	-90	50	30	-90	R=0.317		Прибайкалье и Забайкалье
41	16.06. 03:50:24 OBGSR	3.4	74	21	16	201	0	291	185	47	68	36	47	112			Северный Кавказ
42	17.06. 22:22:54 KAGSR	4.6	63	111	2	204	27	295	203	72	88	29	18	96	E		Камчатка и Командорские острова
43	19.06. 20:26:31 IMGG/SAGSR	4.8	46	353	35	216	23	109	46	77	127	153	39	22	0.86		Курило-Охотский регион
44	23.06. 01:45:15 KAGSR	5.1	42	26	21	277	42	168	97	90	111	187	21	0	D		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			
45	02.07. 01:59:44 IMGG/SAGSR	6.0	38	10	41	144	25	258	38	43	168	137	82	48	0.86		Сахалин
46	05.07. 08:52:41 IMGG/SAGSR	5.0	74	313	5	206	15	115	199	30	81	29	60	95	0.87		Курило-Охотский регион
47	25.07. 05:46:27 IMGG/SAGSR	4.5	25	319	31	212	48	80	204	77	-122	94	34	-24	0.55		Курило-Охотский регион
48	29.07. 16:39:17 IMGG/SAGSR	5.2	71	354	13	221	13	128	201	33	66	49	60	105	0.67		Курило-Охотский регион
49	29.07. 23:05:43 KAGSR	5.7	18	317	9	49	70	164	234	63	-80	33	28	-109	A		Камчатка и Командорские острова
50	06.08. 11:48:01 KAGSR	4.7	45	114	6	18	45	283	18	90	-96	288	6	0	E		Камчатка и Командорские острова
51	07.08. 13:40:41 IMGG/SAGSR	6.1	21	3	64	222	15	99	142	64	5	50	86	154	0.76		Курило-Охотский регион
52	10.08. 15:52:58 IMGG/SAGSR	5.3	70	19	18	175	8	268	162	55	67	18	41	119	0.90		Курило-Охотский регион
53	13.08. 19:26:00 IMGG/SAGSR	5.5	10	190	44	89	44	290	319	52	-27	67	69	-139	0.68		Курило-Охотский регион
54	16.08. 10:39:54 IMGG/SAGSR	5.2	73	341	10	216	14	124	200	33	71	42	59	102	0.64		Курило-Охотский регион
55	16.08. 10:59:35 IMGG/SAGSR	5.0	88	276	1	23	2	113	204	43	91	22	47	89	0.74		Курило-Охотский регион
56	16.08. 12:51:06 IMGG/SAGSR	5.0	81	344	6	211	6	120	203	39	80	36	52	98	0.63		Курило-Охотский регион
57	17.08. 13:26:01 IMGG/SAGSR	4.7	82	266	5	41	5	131	227	40	98	36	51	83	0.65		Курило-Охотский регион
58	21.08. 23:15:56 KAGSR	5.2	35	275	53	117	11	12	319	74	146	59	58	19	B		Камчатка и Командорские острова
59	02.09. 23:41:14 IMGG/SAGSR	5.0	80	283	1	19	10	109	200	35	92	18	55	89	0.75		Курило-Охотский регион
60	02.09. 23:56:45 IMGG/SAGSR	5.1	67	323	9	211	21	118	192	25	69	35	67	100	0.75		Курило-Охотский регион
61	03.09. 04:36:19 BAGSR	4.9	83	313	6	111	3	201	105	48	82	297	43	99	R=0.228		Прибайкалье и Забайкалье

№	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			
62	05.09. 21:34:48 OBGSR	3.5	74	225	16	45	0	135	29	47	68	241	47	112			Северный Кавказ
63	09.09. 09:01:53 IMGG/SAGSR	4.7	78	129	11	332	5	241	161	51	105	318	42	73	0.73		Сахалин
64	10.09. 15:54:28 IMGG/SAGSR	4.8	56	166	30	19	15	280	213	66	123	335	39	39	0.66		Курило-Охотский регион
65	13.09. 00:58:14 OBGSR	3.4	0	180	11	270	79	90	101	46	-75	259	46	-105			Северный Кавказ
66	19.09. 06:07:52 BAGSR	4.6	9	199	33	103	56	302	321	46	-42	83	61	-128	R=0.187		Прибайкалье и Забайкалье
67	26.09. 18:02:20 KAGSR	4.9	27	125	6	32	62	290	30	72	-97	231	19	-70	A		Камчатка и Командорские острова
68	13.10. 06:20:45 IMGG/SAGSR	4.9	58	22	30	223	9	128	187	44	44	62	61	125	0.71		Курило-Охотский регион
69	14.10. 00:53:54 BAGSR	5.3	37	292	20	38	46	151	323	21	-166	220	85	-70	R=0.342		Прибайкалье и Забайкалье
70	22.10. 09:40:38 KAGSR	5.0	42	11	21	120	42	229	300	90	-70	30	21	180	E		Камчатка и Командорские острова
71	23.10. 06:12:08 OBGSR	3.3	45	13	6	108	45	204	108	90	84	18	6	180			Северный Кавказ
72	24.10. 07:43:54 IMGG/SAGSR	4.7	71	252	14	25	14	118	226	34	115	17	60	74	0.85		Курило-Охотский регион
73	27.10. 10:10:50 IMGG/SAGSR	5.2	59	305	6	205	30	112	184	15	68	27	76	96	0.75		Курило-Охотский регион
74	27.10. 18:01:11 IMGG/SAGSR	4.5	41	2	49	186	2	94	40	64	147	146	61	30	0.83		Курило-Охотский регион
75	06.11. 04:23:33 IMGG/SAGSR	5.3	66	313	3	215	24	124	207	21	81	37	69	93	0.84		Курило-Охотский регион
76	07.11. 07:20:13 KAGSR	4.9	43	234	16	339	43	85	159	90	-74	249	16	-180	E		Камчатка и Командорские острова
77	07.11. 10:56:26 KAGSR	5.3	44	249	9	348	44	86	348	90	81	258	9	180	E		Камчатка и Командорские острова
78	11.11. 07:25:18 BAGSR	4.5	2	182	32	91	58	276	65	55	-130	301	51	-47	R=0.303		Прибайкалье и Забайкалье

№	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			
79	13.11. 08:16:48 IMGG/SAGSR	5.0	71	286	4	27	19	118	215	27	98	25	64	86	0.74		Курило-Охотский регион
80	13.11. 11:20:47 OBGSR	3.6	78	207	12	27	0	297	218	46	106	15	46	74			Северный Кавказ
81	15.11. 00:24:01 BAGSR	4.5	18	281	69	69	10	187	55	85	20	323	70	175	R=0.282		Прибайкалье и Забайкалье
82	18.11. 08:33:23 KAGSR	5.1	53	241	9	139	36	43	321	81	99	96	12	46	E		Камчатка и Командорские острова
83	19.11. 06:57:59 BAGSR	4.2	61	154	28	349	6	256	189	57	124	318	46	49	R=0.259		Прибайкалье и Забайкалье
84	19.11. 14:23:30 KAGSR	5.5	0	320	23	50	67	230	252	49	-59	29	49	-121	B		Камчатка и Командорские острова
85	20.11. 09:17:25 IMGG/SAGSR	4.8	71	268	12	37	14	131	238	33	113	30	60	76	0.91		Курило-Охотский регион
86	06.12. 14:40:16 BAGSR	4.4	35	105	54	267	9	9	242	73	33	141	59	160	R=0.291		Прибайкалье и Забайкалье
87	08.12. 06:42:15 OBGSR	5.5	11	333	79	135	4	243	108	85	10	18	80	175			Северный Кавказ
88	08.12. 07:16:05 OBGSR	3.4	0	346	19	76	71	256	274	48	-64	58	48	-116			Северный Кавказ
89	08.12. 10:21:26 OBGSR	3.8	10	165	57	270	31	69	113	76	-30	211	61	-164			Северный Кавказ
90	16.12. 22:54:57 IMGG/SAGSR	4.3	14	171	60	286	26	74	121	82	-29	215	61	-170	0.55		Курило-Охотский регион
91	25.12. 11:26:49 IMGG/SAGSR	5.0	28	67	61	229	8	333	203	76	26	107	65	165	0.59		Курило-Охотский регион
92	28.12. 07:44:48 IMGG/SAGSR	5.3	68	281	9	35	20	128	234	27	111	31	65	80	0.85		Курило-Охотский регион
93	31.12. 05:00:18 OBGSR	3.7	55	192	30	45	16	306	239	67	123	1	40	38			Северный Кавказ

Литература

1. 2022-ER_App27_Mechanisms.xlsx [Электронный ресурс]: Список приложений для ежегодника «Землетрясения России в 2022 году» // Землетрясения России [сайт]. – [Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2024]. Систем. требования: MS Excel, Open Office. – URL: http://www.gsras.ru/zr/app_22.html, свободный.

2. База данных «Землетрясения России» [сайт]. – [Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2024]. – URL: <http://eqru.gsras.ru>, свободный.
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. – EDN: GTRUYE
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. 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. – DOI: 10.1016/j.cageo.2007.07.005
6. Сафонов Д.А., Коновалов А.В. Использование программы ISOLA для определения тензора сейсмического момента землетрясений Курило-Охотского и Сахалинского регионов // *Тихоокеанская геология*. – 2017. – Т. 36, № 3. – С. 102–112. – EDN: YТАКМТ
7. Волновые формы // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/new/wf/>
8. *Continuous Waveform Images* // NIED F-net [Web Site]. – URL: <http://www.fnet.bosai.go.jp/waveform/>
9. 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.
10. Nataf H.-C., Ricard Y. 3SMAC: on a priori tomographic model of the upper mantle based on geophysical modeling // *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. – 1996. – V. 95, N 1–2. – P. 101–122. – DOI: 10.1016/0031-9201(95)03105-7
11. Dziewonski A.M., Anderson D.L. Preliminary Reference Earth Model // *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. – 1981. – V. 25, N 4. – P. 297–356. – DOI: 10.1016/0031-9201(81)90046-7
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) // *Geophysical Journal International*. – 2001. – V. 144, N 1. – P. 206–220. – DOI: 10.1046/j.1365-246x.2001.00313.x
13. Середкина А.И., Мельникова В.И. Тензор сейсмического момента землетрясений Прибайкалья по амплитудным спектрам поверхностных волн // *Физика Земли*. – 2014. – № 3. – С. 103–114. – DOI: 10.7868/S0002333714030090. – EDN: SAIOJP
14. Filippova A.I., Bukchin B.G., Fomochkina A.S., Melnikova V.I., Radziminovich Ya.B., Gileva N.A. Source process of the September 21, 2020 M_w 5.6 Bystraya earthquake at the south-eastern segment of the Main Sayan fault (Eastern Siberia, Russia) // *Tectonophysics*. – 2022. – V. 822. – P. 229162. – DOI: 10.1016/j.tecto.2021.229162. – EDN: DQTTPV