

ЕЛОВСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 29 июня 1995 года ($M_S=5.9$)

С.И. Голенецкий

В районе Тункинских впадин, в юго-западной части Байкальского рифта, 29 июня 1995 г. в 23^h02^m произошло достаточно редкое по энергии ($K_p=14\frac{1}{2}$) землетрясение [1].

Основные параметры землетрясения. При определении эпицентра землетрясения помимо наблюдений региональной сети сейсмических станций Байкальской опытно-методической сейсмологической экспедиции использовались также любезно предоставленные руководством соответствующих служб наблюдения сейсмических станций в смежных районах – в Алтае-Саянской области и в Монголии.

Расчеты проводились по обычно используемой в регионе программе [2] в нескольких вариантах – по наблюдениям над продольными волнами P, P и прямыми поперечными волнами S на эпицентральных расстояниях до 550 км и 1000 км и по наблюдениям только над продольными волнами до тех же расстояний. Необходимость расчетов этих вариантов объясняется тем, что определение моментов вступлений поперечных волн на сейсмограммах на фоне предшествующих колебаний при таком сильном землетрясении в условиях гальванометрической сейсмической регистрации нередко оказывается затруднительным, тогда как моменты вступления продольных волн, записанных на сейсмограмме первыми на еще не возмущенном ее участке, устанавливаются вполне надежно.

Полученные результаты приведены в табл. 1 и практически различаются лишь в пределах возможных погрешностей их определения. В той же таблице содержатся основные параметры землетрясения по данным [3,4]. Эпицентр землетрясения по этим данным оказывается заметно смещенным к северо-востоку относительно эпицентра, установленного на основе региональных сейсмологических наблюдений. Это может быть, в частности, обусловлено использованием в [3,4] лишь оперативных (не откорректированных) и не всех региональных наблюдений.

Таблица 1. Основные параметры землетрясения 29 июня в 23^h02^m

Агентство	t_0 , ч м с	$\delta t_{0,c}$	Гипоцентр						Магнитуда	Ист.
			φ°, N	$\delta\varphi^\circ$	λ°, E	$\delta\lambda^\circ$	h, км	δh , км		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
¹ БОМСЭ	23 02 27.6	0.4	51.77	0.03	102.75	0.03	12	5	$K_p=15$	
² БОМСЭ	23 02 27.8	0.4	51.75	0.02	102.73	0.03	11	5		
³ БОМСЭ	23 02 27.5	0.5	51.76	0.03	102.80	0.04	10	6		
⁴ БОМСЭ	23 02 27.8	0.4	51.72	0.03	102.76	0.04	8	5		
MOS	23 02 31.4	1.1	51.85	0.05	103.12	0.07	36		$M_S=5.9/16$ $M_{PLP}=6.1/8$ $M_{PSP}=5.7/8$ $M_0=1.0*1018 \text{ Н}\cdot\text{м}$	[3]
ISC	23 02 27	1.4	51.95	0.029	103.14	0.033	6 23*	8.3 6.0	$M_S=5.8/63$ $m_b=5.5/123$	[4]
NEIC	23 02 28.2	1.18	51.96		103.10		12		$M_S=5.5/36$ $m_b=5.6/99$	[4]
BRK									$M_S=5.4$	[4]
HRVD	23 02 33.1	0.1	51.72	0.03	102.71	0.04	15		$M_W=5.8$ $M_0=5.2*1017 \text{ Н}\cdot\text{м}$	[4]
EIDC	23 02 26.9		51.81		103.35		0		$M_S=5.5/7$ $m_b=4.9/27$	[4]
ВЛ	23 02 29.4		51.82		102.87		31		$M_S=5.9$ $m_b=4.5$	[4]

Примечание. Индексы ^{1,2,3,4} в графе 1 соответствуют следующим данным (количество вступлений волны и Δ_{\max}) при определении эпицентра: ¹ – P/16, P/28, S/15, 1000 км; ² – P/14, P/13, S/14, 550 км; ³ – P/16, P/28, 1000 км; ⁴ – P/14, P/13 550 км; знаком * в графе 12 отмечено определение глубины гипоцентра по обменным волнам pP-P.

При сводной обработке региональных наблюдений и изучении исходных сейсмограмм оказалось, что время вступления продольной волны на ближайшую к эпицентру сейсмическую станцию "Аршан" ($\Delta \approx 30$ км) должно быть исправлено на 4 с по сравнению с ранее сообщавшимся оперативно, а на станцию "Монды" ($\Delta \approx 125$ км) – на 2.5 с. В расчетах важно было использовать также наблюдения и тех региональных сейсмических станций, данные которых не сообщались оперативно.

В связи со сказанным за эпицентральной областью по инструментальным наблюдениям целесообразно принять область группирования результатов различных вариантов расчетов, полученных на основе сводной обработки региональных сейсмологических наблюдений в районе южной части горной перемычки между Тункинской и Торской впадинами. В этом случае эпицентр Еловского землетрясения определяется координатами 51.75°N, 102.76°E, время в очаге – 23^h02^m27.2^s [5]. С этим эпицентром хорошо согласуются наблюдавшиеся макросейсмические проявления землетрясения. Глубина h гипоцентра, очевидно, близка к 10 км. Об этом свидетельствуют оценки ее как при определениях одновременно с эпицентром, так и по наблюдениям над сейсмическими волнами, отраженными от дневной поверхности близ эпицентра.

Расчеты линейных годографов сейсмических волн для принятого эпицентра дали следующие значения кажущихся скоростей распространения волн, достаточно близкие к обычным средним в регионе: для волны Р – $v=8.08\pm 0.08$ км/с, для волны Р – $v=6.29\pm 0.04$ км/с, для волны S – $v=3.60\pm 0.02$ км/с. Значение начальной ординаты годографа волн Р соответствует 6.2 секунды с возможной погрешностью в 1-2 с.

Результаты определения механизма очага Еловского землетрясения представлены в табл. 2. В указанном локальном районе Тункинских впадин – это единственное за весь период инструментальной сейсмической регистрации землетрясение, для которого удалось получить решение, хотя и не лишенное противоречивости части исходных фактических данных. Согласно ему подвижка в очаге представляет собой сброс по плоскости северо-восточного простирания, круто падающей к северо-западу или полого к юго-востоку. Другие решения в табл. 2 допускают возможность и некоторой сдвиговой компоненты.

Таблица 2. Механизм очага Еловского землетрясения 29 июня в 23^h02^m

Дата, д м	t ₀ , ч мин с	h, км	K _p	MS	MPSP	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Ист
						T		N		P		NP1			NP2			
						PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
29.06	23 02 27.2	10	14.5	5.9/16	5.7/8	22	332	3	240	66	144	64	21	-85	238	68	-93	[6]
						14	301	27	204	59	56	63	39	-44	190	64	-120	[3]
						11	319	32	223	55	66	84	44	-40	205	64	-126	[4]

Макросейсмические проявления. Еловское землетрясение ощущалось на обширной площади, превышавшей 500000 км². Макросейсмические сведения о нем получены как в результате сбора многочисленных анкетных данных, так и при непосредственном обследовании по ряду маршрутов, выполненных сотрудниками различных организаций: Института земной коры СО РАН (С.Г. Аржанников, Е.А. Дельянский, И.А. Емельянова, К.Г. Леви, В.В. Николаев, В.В. Ружич, В.А. Саньков, С.П. Серебренников, А.В. Чипизубов), Байкальской опытно-методической сейсмологической экспедиции (О.К. Масальский). Сбор информации проводился по маршрутам: Иркутск-Култук-Аршан-Монды-Орлик, Иркутск-Улан-Удэ-Закаменск, Иркутск-Баргузин, Иркутск-Качуг.

Независимое обследование Еловского землетрясения [7,8] проведено также межведомственной комиссией, состоявшей из представителей ряда организаций Республики Бурятия (В.Г. Баранников, Г.И. Татьков, Г.И. Чебаков, Р.Ц. Будаев, Л.С. Новикова). Перечень пунктов с оценками интенсивности макросейсмических проявлений по всем собранным данным содержится в табл. 3.

Таблица 3. Макросейсмические данные о Еловском землетрясении 29 июня в 23^h02^m (K_p=14.5, MS=5.9)

№	Пункт	Δ, км	Звук	№	Пункт	Δ, км	Звук
	<u>7 баллов</u>			32	Утулик	95	
1	Еловка	2		33	Далахай	95	
2	Зун-Мурино	8		34	Введенщина	95	гул
3	Ахалик	8		35	Большой Луг	100	
4	Гужирь	10	гул	36	Олга	105	гул
5	Зактуй	10		37	Утата	105	
6	Тунка	15	гул	38	Санага	115	
7	Голбай	15		39	Монды	125	
	<u>6-7 баллов</u>			40	Усолье-Сибирское	125	
8	Никольское	10		41	Большая Речка	135	
9	Торы	20	гул	42	Енгорбой	140	
10	Хурай-Хобок	25		43	Шара-Азарга	145	
11	Аршан	30		44	Листвянка	145	гул
12	Тагархай	30		45	Закаменск	160	гул
	<u>6 баллов</u>			46	Танхой	165	
13	Саганур	20		47	Кутулик	180	гул
14	Жемчуг	20		48	Оса	195	
15	Бадары	35		49	Петропавловка	225	
16	Кырен	45	гул		<u>4-5 баллов</u>		
17	Шимки	50		50	Талая	65	
18	Култук	65	гул	51	ИСХИ	125	гул
	<u>5-6 баллов</u>			52	Черемхово	155	
19	Шулуты	25		53	Бохан	170	
20	Тибельти	35	гул	54	Халты	170	
21	Слюдянка	65	гул	55	Усть-Орда	180	
22	Глубокая	75		56	Нарын	185	
23	Моты	85		57	Оер	195	
24	Маритуй	100	гул	58	Пихтинск	200	
25	Шелехов	105	гул	59	Залари	200	
26	Иркутск	120		60	Гусиное Озеро	250	
27	Ангарск	120	гул	61	Гусиноозерск	265	
28	Патроны	125	гул		<u>4 балла</u>		
	<u>5 баллов</u>			62	Байкальск	100	
29	Пионерлагерь "Байкал"	65	гул	63	Выдрино	135	
30	Нилова пустынь	75		64	Инга	145	
31	Хойтогол	85		65	Голуметь	150	
				66	Цакир	160	
				67	Улегчин	180	

№	Пункт	Δ, км	Звук
68	Нижний Торей	200	
69	Олой	200	
70	Бабушкин	215	
71	Орлик	220	
72	Посольск	235	
73	Баяндай	235	
74	Зулумай	235	
75	Половинка	250	
76	Ехэ-Цаган	260	
77	Оронгой	295	
78	Харбатово	305	
79	Татаурово	320	
80	Качуг	320	
81	Верхоленск	325	
82	Улан-Удэ	330	
83	Новая Тельба	340	
84	Алыгджер	365	
	<u>3-4 балла</u>		
85	Порт Байкал	140	
86	Джида	265	
87	Тырган	270	
88	Средний Убукун	275	
89	Нижний Убукун	285	
90	Лукиново	300	
91	Иволгинск	310	
92	Ильинка	310	
93	Нижняя Иволга	320	
94	Сотниково	320	
95	Утай	360	
	<u>3 балла</u>		
96	Хор-Тагна	200	
97	Балаганск	250	
98	Кабанск	265	
99	Кяхта	300	
100	Сухая	305	
101	Турунтаево	340	
102	Хужир	345	
103	Нестерово	355	
104	Братск	495	

№	Пункт	Δ, км	Звук
105	Вихоревка	495	
106	Усть-Кут	590	
	<u>2-3 балла</u>		
107	Мурино	115	
108	Ранжурово	255	
109	Шергино	275	
110	Селенгинск	280	
111	Оймур	285	
112	Манзурка	295	
113	Полосково	295	
114	Шеметово	310	
115	Белоусово	310	
116	Бирюлька	335	
117	Большая Тарель	340	
118	Жигалово	375	
119	Покровское	440	
	<u>2 балла</u>		
120	Тарбагатай	315	
121	Аталанка	340	
122	Баргузин	505	
	<u>Не ощущалось</u>		
123	Икей	325	
124	Узур	380	
125	Нерха	380	
126	Горячинск	400	
127	Тангуй	420	
128	Тырка	420	
129	Верхняя Гутара	475	
130	Заярск	495	
131	Давша	535	
132	Тайшет	560	
133	Харагун	580	
134	Байкальское	580	
135	Шиткино	590	
136	Казачинское	590	
137	Томпа	590	
138	Выдрино (на р. Чуне)	615	
139	Чита	730	

Согласно данным табл. 3 максимальная интенсивность сейсмических сотрясений в эпицентральной области достигала $I_0=7$ баллов. Землетрясение ощутило здесь все население. Слышался мощный подземный гул. Сотрясения земли вызвали головокружение, тошноту, люди едва могли держаться на ногах, в панике покидали дома, многие следующую ночь провели вне помещений. В домах потрескалась и местами обвалилась штукатурка, повреждалась шиферная кровля, падали (повреждались) печные трубы в одноэтажных и двухэтажных деревянных домах. Отмечено падение мебели и других предметов (шкаф, мебельная стенка, телевизор, сервант), падали предметы со шкафов, полок, столов, кафельная плитка со стен. Качались заборы, столбы, деревья, звенели провода.

В одноэтажной школе пос. Зун-Мурино ($\Delta=8$ км) обвалилась штукатурка с потолка, вскрылись трещины в углах стен и между стенами и потолком. В с. Гужиры ($\Delta=10$ км) печные трубы повреждены в 12 домах из 86. Здесь же открылся насквозь стык между церковным зданием постройки XIX в. и пристроенным позже спортивным залом, где вскрылись стыки между стеновыми панелями.

В Аршане ($\Delta=30$ км) на улицах взметнулась пыль. По словам очевидцев "бурлили Коймурские болота". В санатории "Саяны" по всей высоте четырехэтажного каркасно-панельного здания вскрылись антисейсмические швы. Трещины возникли между стеновыми панелями в здании плавательного бассейна. Часть испуганных отдыхающих в связи со слухами о возможном повторении сильного толчка покинула курорт. Отмечен случай травмы рабочего-строителя, в испуге прыгнувшего со второго этажа строительных лесов. По бортам рек в Хамар-Дабане и Тункинских Альпах замечены камнепады и небольшие обвалы.

Отдельные ветхие деревянные дома на обводненных грунтах в районе Тункинской впадины получили при землетрясении повреждения 2-3-й степени. Более чем в 75% случаев сейсмостойкие здания обнаружили повреждения 1-ой степени (благодаря неправильной их эксплуатации). Наибольшими повреждениями (1-3-й степеней) характеризовались несейсмостойкие здания, построенные с использованием местных строительных материалов в 60-80-х годах XX в. без проектно-сметной документации и выполнения требований СНиПа. Ориентировочная оценка ущерба от землетрясения в основном из-за низкого качества строительства по Тункинскому району Бурятии составила 5.7 млрд. руб. в ценах на 1 июля 1995 г. [8].

Гул при землетрясении слышался до расстояний ± 180 км (при интенсивности сотрясений почвы $I \geq 5$ баллов). Карта изосейст землетрясения представлена на рис. 1а. На рис. 1б в увеличенном масштабе дана область наиболее интенсивных сотрясений. Конкретная локализация изолиний, как обычно, не вполне однозначна и у разных авторов может в той или иной мере различаться. Попытки построения карты изосейст по части фактических данных (оперативных) содержатся в [7,9].

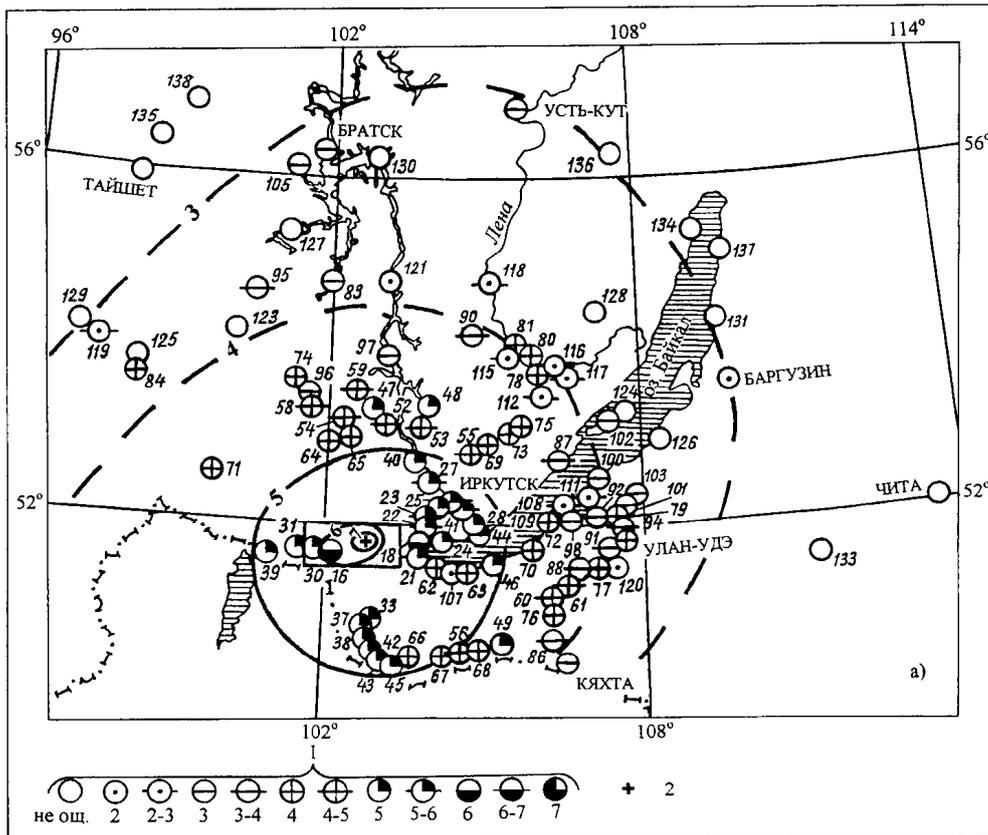


Рис. 1а. Карта изосейст Еловского землетрясения 29 июня в 23^h02^m с MS=5.9

1 – интенсивность сотрясений I в баллах по шкале MSK-64 [10]; 2 – инструментальный эпицентр.

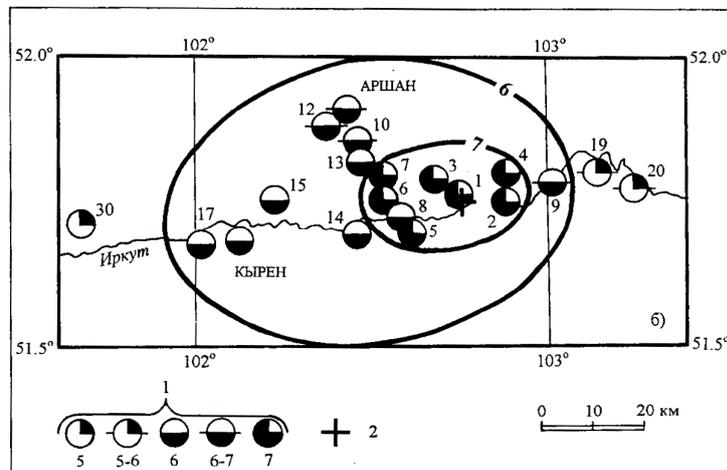


Рис. 1б. Район наиболее сильных землетрясений

1 – интенсивность сотрясений I в баллах; 2 – инструментальный эпицентр.

На рис. 1а обращает на себя внимание пониженная интенсивность сейсмических сотрясений по южному берегу оз. Байкал и особенно в районе дельты р. Селенги. Такая особенность наблюдалась и ранее при землетрясениях с различной локализацией эпицентров. Оценка по данным табл. 1 среднего коэффициента χ затухания балльности в макросейсмической формуле вида:

$$I = a - \chi \lg r$$

приводит к значению $\chi = 2.8 \pm 0.2$ (рис. 2).

По размеру общей площади ошутимых сотрясений Еловское землетрясение относится в районе Тункинских впадин в XIX-XX вв. к числу редких. Сопоставимыми площадями, несмотря на более высокие значения магнитуд, характеризовались из всех известных здесь за два века лишь землетрясения 7(8) марта 1829 г. [11] и 4(5) апреля 1950 г. [12] (в последнем случае землетрясение в эпицентральной области было девятибалльным). Что же касается локального района Еловской горной перемычки между Тункинской и Торской впадинами, где непосредственно располагался эпицентр описываемого землетрясения, то такое землетрясение зарегистрировано здесь впервые.

Положение макросейсмического эпицентра хорошо согласуется с его инструментальным определением. Он расположен в восточной части широтной полосы концентрации эпицентров землетрясений вдоль Тункинской впадины [13], там, где, по крайней мере, в этот период времени поле эпицентров было сильно разрежено. Весьма малочисленные афтершоки после главного толчка лишь в малой степени уплотнили его.

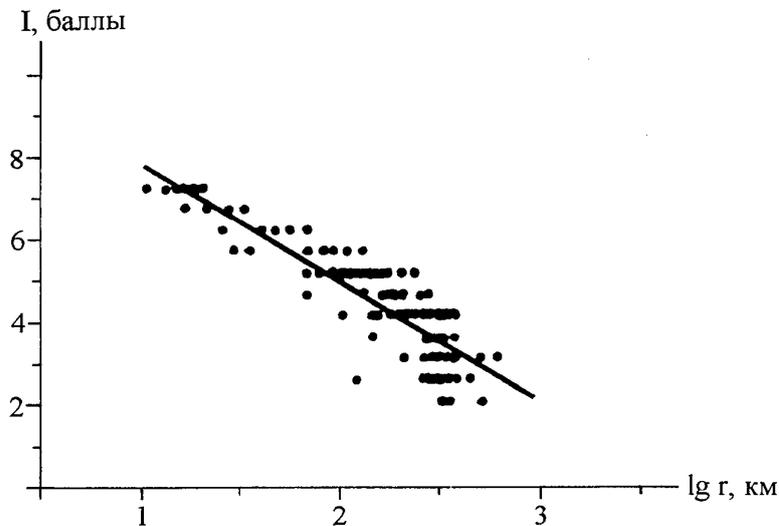


Рис. 2. График зависимости интенсивности сотрясений I от гипоцентрального расстояния r при Еловском землетрясении.

Результаты изучения Еловского землетрясения не дают оснований относить его очаг к Тункинскому разлому, трасса которого проходит значительно севернее. В районе южной части Еловской горной перемычки нет разломов такого ранга, но вместе с тем выявляются разломы существенно меньшего масштаба и различной, в частности, северо-восточной ориентации. Возможно, к зоне такого разлома и приурочен эпицентр Еловского землетрясения.

Л и т е р а т у р а

1. Голенецкий С.И. Прибайкалье и Забайкалье. См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.
2. **Голенецкий С.И., Перевалова Г.И. 1984.** Программа определения основных параметров землетрясений по наблюдениям региональной сети сейсмических станций Прибайкалья // Применение математических методов и ЭВМ в геологии и геофизике. Иркутск: Изд-во ИЗК СО АН СССР. С. 36-54. (Сб. алгоритмов и программ).
3. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 1995 год. 1995-1996.** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. Обнинск: Изд-во ОМЭ ИФЗ РАН.
4. **Bulletin of the International Seismological Centre for 1995. 1997.** Ньюбери: Изд-во ISC.
5. Голенецкий С.И., Леонтьева Л.Р. Прибайкалье и Забайкалье. См. раздел III (Каталоги землетрясений) в наст. сб.
6. Голенецкий С.И. Прибайкалье и Забайкалье. См. раздел IV (Каталоги механизмов очагов) в наст. сб.
7. **Дёмин Э.В., Татьков Г.И. 1996.** Последствия землетрясений на территории Республики Бурятия (1957-1995 гг.). Улан-Удэ: Изд-во Восточно-Сибирского Гос. Технол. Ун-та Бурятского ГИ СО РАН. 125 с.
8. **Бараников В.Г., Татьков Г.И., Чебаков Г.И., Будаев Р.Ц., Новикова Л.С. 1997.** Последствия землетрясения 30 июня 1995 г. в Тункинской долине // Тезисы докладов Международной конференции 8-12 сентября "Стихия. Строительство. Безопасность". Владивосток: Изд-во Дальнаука. С. 37-38.
9. **Голенецкий С.И. 1997.** Землетрясения в Иркутске. Иркутск: Изд-во Имя. 94 с.
10. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). 1965.** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. М.: Изд-во МГК АН СССР. 11 с.
11. **Голенецкий С.И. 1996.** О некоторых сильных землетрясениях первой половины XIX века в Восточной Сибири // Землетрясения в СССР в 1990 году. М.: Изд-во ОИФЗ РАН. С. 126-131.
12. **Тресков А.А., Флоренсов Н.А. 1952.** Мондинское землетрясение 1950 г. // Бюллетень Совета по сейсмологии АН СССР. №2, А. М.: Изд-во АН СССР. С. 6-18.
13. **Голенецкий С.И. 1998.** Сейсмичность района Тункинских впадин на юго-западном фланге Байкальского рифта в свете инструментальных наблюдений второй половины XX века // Геология и геофизика. Т. 39. №2. С. 260-270.