

IV. УТОЧНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ПРИРОДЫ ОЧАГОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ

УДК 550.348.098.4 (470.4)

ПОВОЛЖЬЕ за 1974–1991 гг.

Л.С. Чепкунас¹, Р.С. Михайлова¹, Н.Е. Прибылова²

¹ Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, raisa@gsras.ru

² ОАО «Инженерный центр ЕЭС», филиал ЦСГНЭО, г. Москва, geo.dyn@g23.relcom.ru

Настоящая работа является своего рода дополнением и переоценкой параметров и природы некоторых сейсмических событий в районе Среднего и Нижнего течения р. Волги, представленных ранее в [1, табл. 1] как тектонические землетрясения. (Статья [1] была опубликована с некоторыми опечатками как в тексте, так и в таблице (в графе «Источники»), которые для рассматриваемых событий здесь исправлены (*ред.*)). Из общего списка 41 событий в [1] ниже рассматриваются только те, которые инструментально зарегистрированы. Таких событий оказалось семь, из которых два записаны в 1974 г. (16 июня в 12^h23^m, 28 сентября в 10^h21^m), два – в 1976 г. (4 апреля в 15^h56^m, 26 июня в 11^h02^m) и по одному – в 1975 г. (26 июля в 12^h15^m), 1984 г. (28 апреля в 14^h54^m) и 1991 г. (24 декабря в 09^h49^m, ошутимое). Их параметры содержатся также в бюллетенях Международного сейсмологического центра ISC [2], группы ARRAY NORSAR [3], в Унифицированном каталоге землетрясений Северной Евразии [4], в работах [5, 6].

Целесообразность повторного анализа обусловлена тем, что перечисленные события расположены в районах ныне действующих Саратовской, Волжской и других ГЭС и могут стать определителями количественной оценки сейсмической опасности расположенных здесь энергетических объектов. В табл. 1 собраны все известные на данный момент варианты решений параметров и природы перечисленных выше событий.

Таблица 1. Параметры семи событий за 1974–1991 гг. из разных источников

Дата, д м год	t_0 , ч м с	δt_0 , с	φ°, N /n	$\delta\varphi^\circ$	λ°, E /n	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh	$*m_b/n$ M	δM	Сейсмические станции	Источник/ природа события
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
16.06.1974	12 23 39	2.2	49.4/5	0.41	49.1/5	0.28	0		*3.6/3	–	UPP, UME, APP, NAO, LAO; ($\Delta=21-82^\circ, AZM=312-343^\circ$)	[2, ISC]
	12 23 48		51		47				*3.8			[2, LAO]
	12 23 24	–	48	–	53	–	–	–	*3.6	–	–	[3]
	12 23 39	–	49.4	0.5	49.1	0.5	0	–	3.6	0.5	–	[4]
	12 23 39.5	–	49.40	–	49.08	–	–	–	*3.6	–	–	[5], взрыв
12 23 39.0	5	49.4	0.5	49.1	0.5	5	5	3.6	0.5	OBN($\Delta=9.2^\circ, AZM=311^\circ$)	[1]	
28.09.1974	10 21 31	–	49.4/4	–	47.6/4	–	–	–	–	–	NUR, HFS, NAO, LAO ($\Delta=17-82^\circ, AZM=312-342^\circ$)	[2, ISC]
	10 21 32	–	50	–	50	–	–	–	*3.7	–	–	[3]
	10 21 31	–	49.40	–	47.60	–	–	–	*3.9	–	–	[5], взрыв
	10 21 31	5	49.4	0.5	47.6	0.5	33	10	3.6	0.5	OBN($\Delta=8.8^\circ, AZM=314^\circ$)	[1]
26.07.1975	12 15 22	5.3	49.9/7	0.44	48.7/7	0.61	0	–	*4.0/3	–	NUR, KJF, UME, SOD, HFS, KEV, NAO; ($\Delta=17-24^\circ, AZM=311-340^\circ$)	[2, ISC]
	12 14 23	–	44	–	56	–	–	–	*3.5	–	–	[3]
	12 15 22.1	–	49.90	–	48.68	–	–	–	*4.0	–	–	[5], взрыв

Дата, д м год	t_0 , ч м с	δt_0 с	φ°, N /n	$\delta\varphi^\circ$	λ°, E /n	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh	$*m_b/n$ M	δM	Сейсмические станции	Источники/ природа события
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	12 15 22	5	49.4	0.5	48.7	0.5	33	10	4.0	0.5	OBN($\Delta=9.4^\circ, AZM=312^\circ$) ARU($\Delta=9.2^\circ, AZM=312^\circ$)	[1]
04.04.1976	15 56 28	3.5	50.0/10	0.30	48.3/10	0.75	33	–	–	–	NUR, SOD, SHI, PRU, BRG, SLL, CLL, KHC, EIL, LJU ($\Delta=17-23^\circ, AZM=170-336^\circ$)	[2, ISC]
	15 56 28	5	50.0	0.5	48.3	0.5	33	10	–	–	–	[1]
26.06.1976	11 02 04	1.5	50.3/5	0.24	51.0/5	0.14	33	–	*3.8/3	–	NUR, APP, NAO, MBC, MNV ($\Delta=18-91^\circ, AZM=310-357^\circ$)	[2, ISC]
	11 02 30	–	50	–	46	–	–	–	3.2	–	–	[3]
	11 02 04.1	–	50.30	–	51.02	–	–	–	3.8	–	–	[5], взрыв
	11 02 04	5	50.3	0.5	51.0	0.5	33	10	3.8	1.0	OBN($\Delta=9.7^\circ, AZM=304^\circ$)	[1]
28.04.1984	14 54 01.7	1.5	49.8	1.0	46.8	1.0	3		4.3/4		PYA, KRV, ARU, SVE, UZH, NUR, SUF, KRA, PRU, BRG CLL, KHC, MOX, BOD ($\Delta=6-39^\circ, AZM=42-327^\circ$)	[6]
	14 53 48.0		46		46				4.5		NORSAR	[3]
	14 53 48.0	–	46.20	–	45.80	–	–	–	4.5	–	–	[5], взрыв
	14 54 01	5	49.8	1.0	46.8	1.0	3	3	3.5	0.5	OBN($\Delta=8.2^\circ, AZM=314^\circ$)	[1]
24.12.1991	09 49 40	5	50.0		45.3		10	5	3.6	0.5		[1]
	09 49 14		47		47				4.1			[3]
	09 49 14		47.10		46.50				4.1		OBN($\Delta=7.36^\circ, AZM=317^\circ$) MOS($\Delta=7.38^\circ, AZM=324^\circ$)	[5], взрыв

Примечание. n – число сейсмических станций. Основные параметры для события 28.04.1984 г. даны не по [4], как указано в [1], а получены в г. Обнинске и содержатся в фондовых неопубликованных материалах Сейсмологического бюллетеня [6]. В графе 12 даны коды сейсмических станций, использованных при расчете параметров землетрясений, и интервалы эпицентральных расстояний $\delta\Delta$ и δAZM для этих станций. Приведем их названия: UPP – «Uppsala», UME – «Umea», APP – «Appelbo», NAO – NORSAR, LAO – LASA Centre, NUR – «Nurmijarvi», HFS – «Hagfors», KJF – «Kajaani», SOD – «Sodankylä», KEV – «Kevo», SHI – «Shiráz», PRU – «Prühonice», BRG – «Berggiesshübel», SLL – «Stollet», CLL – «Collmberg», KHC – «KašperskéHory», EIL – «Elat», LJU – «Ljubljana», MBC – «Mould Bay», MNV – «Mina», PYA – «Пятигорск», KRV – «Кировабад», ARU – «Арти», SVE – «Свердловск», UZH – «Ужгорд», SUF – «Sumiainen», KRA – Krakov, MOX – «Моха», BOD – «Bodaibo», MOS – «Москва», OBN – «Обнинск».

Из табл. 1 следует, что:

- 1) почти все землетрясения в первоисточниках (бюллетенях ISC [2] и NORSAR [3]) локализованы по данным в основном удаленных ($\Delta > 1500$ км) от эпицентров станций;
- 2) в координатах эпицентров, определенных по ISC [2] и NORSAR [3], имеют место большие (до 7.3° !) расхождения;
- 3) согласно [5], шесть из семи событий объявлены взрывами.

В этой связи собраны и вновь проанализированы все записи этих землетрясений (аналоговые и цифровые) и бюллетени более близких к эпицентрам сейсмических станциях России, нежели в [2]. Сделана попытка уточнить положение эпицентров с использованием годографов [7] и [8] и значения магнитуд по [9, 10] и [11]. Сводная обработка всех событий выполнялась по программе АРМ [12], основанной на использовании времени первых вступлений P -волн и осредненного времени возникновения землетрясения t_0 при фиксированной глубине очага. Эта программа успешно опробована на практике в Службе срочных донесений Геофизической службы РАН.

Перечислим станции, работавшие в указанные годы, данные которых были использованы. Это станции Москва (MOS), «Обнинск» (OBN) – в Центральной России, «Арти» (ARU), «Свердловск» (SVE) – на Урале, «Белый Уголь» (BEY), «Цей» (ZEI), «Бакуриани» (BKR), Ахалкалаки «АКН» – на Кавказе, «Минск» (MNK) – в Беларуси.

В табл. 2 приведены краткие результаты просмотра сейсмограмм (с/гр) станций для указанных событий.

Таблица 2. Краткие результаты просмотра сейсмограмм исследуемых землетрясений

Дата, д м год	Основные параметры землетрясения по [1]	Результаты просмотра сейсмограмм	$M(K)$	Md	Природа события
16.06.1974	$t_0=12^h23^m39.0^s \pm 5$ с, $\varphi=49.4 \pm 0.5^\circ N$, $\lambda=49.1 \pm 0.5^\circ E$, $h=5 \pm 5$ км, $M=3.6 \pm 0.5$,	OBN: с/гр № 333, прибор СКМ-3, $V_{\max}=35000$, $T_{\max}=0.6-1.0$ с, $\Delta=1020$ км. Вступление $eLg(N)$ в $12^h29^m30^s$, $A_{\max}(N)=0.03$ μ , $T=0.8$ с: $K=10.2 \rightarrow M(K)=3.4$. MOS: с/гр № 334, $\Delta=1040$ км – записи на сейсмограмме нет. ARU: с/гр № 333, СКМ-3, $V_{\max}(Z)=38000$, $V_{\max}(N, E)=24700$, $T_{\max}=0.2-0.7$ с, $\Delta=1010$ км. Вступления: $eeP(Z)$ в $12^h26^m02^s$; $e(Z)$ в $12^h27^m54^s$; $e(N)$ в $12^h28^m06^s$; $eLg(E)$ в $12^h28^m32^s$, $A_{\max}=0.014$ μ , $T=1.2$ с: $K=9.7 \rightarrow M(K)=3.2$, $\tau=5$ мин $\rightarrow Md=3.3$. SVE: с/гр № 333, СГ, $V_{\max}(Z)=2240$, $T_{\max}=5-10$ с, $V_{\max}(N, E)=1760$, $T_{\max}=14-24$ с, $\Delta=1120$ км – записи нет. BEY: ($\Delta=760$ км) – сейсмограммы нет в архиве.			
		Это землетрясение записано всего лишь двумя стационарными станциями OBN и ARU, из них слабое первое вступление P -волны отмечено только на ARU. К данным пяти станций в [2] (см. табл. 1) были добавлены сведения по ARU. Гипоцентр переопределен: $t_0=12^h23^m37.1^s$, $\varphi=48.8^\circ N$, $\lambda=48.51^\circ E$. По записям OBN и ARU определен энергетический класс K_p по номограмме [9] и по нему рассчитана магнитуда $M=(K-4)/1.8$ [10]: $K=10 \rightarrow M(K)=3.3$. Поскольку в [5] это событие объявлено взрывом, характеризуем его как «возможно, взрыв».	3.3/2	3.3/1	Возможно, взрыв
28.09.1974	$t_0=10^h21^m31^s \pm 5$ с, $\varphi=49.4 \pm 0.5^\circ$, $\lambda=47.6 \pm 0.5^\circ$, $M=4.0 \pm 0.5$	OBN: с/гр № 541, СКМ-3, $V_{\max}=35000$, $T_{\max}=0.6-1.0$ с, $\Delta=980$ км. Вступления: $eePg(Z)$ в $10^h24^m10^s$, $A_{\max}(Z)=0.014$ μ , $T_{\max}=1.0$ с; $eLg(E)$ в $10^h26^m00^s$, $A_{\max}(E)=0.07$ μ , $T=1.2$ с: $K=10.6 \rightarrow M(K)=3.7$, $\tau \sim 5.5$ мин $\rightarrow Md=3.4$. MOS: с/гр № 541, СХ, $V_{\max}(Z)=9290$, $T_{\max}=1.2-1.7$ с, $\Delta=970$ км. На с/гр нет записи. ARU: с/гр № 541, СКМ-3, $V_{\max}(N, E)=24700$, $V_{\max}(Z)=38000$, $T_{\max}=0.2-0.7$ с, $\Delta=1070$ км. Вступления: $eePg(Z)$ в $10^h24^m19^s$; $e(Z)$ в $10^h26^m09^s$; $eLg(Z)$ в $10^h26^m32^s$, $A_{\max}(E)=0.04$ μ , $T=1.2$ с: $K=10.6 \rightarrow M(K)=3.7$, $\tau=4.5$ мин $\rightarrow Md=3.2$. SVE: с/гр № 541, СГ, $V_{\max}(Z)=2240$, $T_{\max}=5-10$ с, $V_{\max}(N)=1760$, $T_{\max}=14-24$ с, $V_{\max}(E)=1760$, $T_{\max}=13-23$ с, $\Delta=1200$ км. На с/гр нет записи. BEY: В архиве с/гр нет.			
		Землетрясение записано станциями OBN и ARU, но первые вступления P -волны не выделяются. Поэтому переопределить координаты относительно [2] в табл. 1 нельзя . С использованием OBN и ARU определен энергетический класс K_p по номограмме [9] и рассчитана магнитуда M [10]: $K=10.6 \rightarrow M(K)=3.7$. Поскольку в [5] это событие объявлено взрывом, характеризуем его как «возможно, взрыв»	3.7/2	3.3/2	Возможно, взрыв
26.07.1975	$t_0=12^h15^m22^s \pm 5$ с, $\varphi=49.4 \pm 0.5^\circ$, $\lambda=48.7 \pm 0.5^\circ$, $h=33 \pm 10$ км, $M=4.0 \pm 0.5$	OBN: с/гр № 413, СКМ-3, $V_{\max}=35000$, $T_{\max}=0.6-1.0$ с, $\Delta=1040$ км. Вступления: $eeP(Z)$ в $12^h17^m55^s$; $iPg(Z)$ в $12^h18^m08^s$, $A_{\max}=0.018$ μ , $T_{\max}=0.8$ с; $eLg(E)=12^h19^m47^s$, $A_{\max}Lg(N)=0.11$ μ , $T=1.0$ с: $K=11.1 \rightarrow M(K)=3.9$, $\tau \sim 8$ мин $\rightarrow Md=3.8$. MOS: с/гр № 412, СХ, $V_{\max}(Z)=9290$, $T_{\max}=1.2-1.7$ с, $\Delta=1030$ км. Вступление: $eeLg(Z)$ в $12^h19^m30^s$, $A_{\max}(Z)=0.09$ μ , $T=1.2$ с: $K=10.9 \rightarrow M(K)=3.8$. ARU: с/гр № 413, СКМ-3, $V_{\max}(N, E)=24700$, $V_{\max}(Z)=38000$, $T_{\max}=0.2-0.7$ с, $\Delta=1020$ км. Вступления (слабые): $eeP(Z)$ в $12^h17^m(35^s)$; $eS(N)$ в $12^h19^m32^s$; $eLg(N)$ в $12^h19^m36^s$, $A=0.020$ μ , $T=1.5$ с; $Lg(E)$, $A=0.024$ μ , $T=1.2$ с; $Lg(Z)$, $A=0.029$ μ , $T=1.8$ с: $K=10.1 \rightarrow M(K)=3.4$, $\tau \sim 6$ мин $\rightarrow Md=3.5$.			

Дата, д м год	Основные параметры землетрясения по [1]	Результаты просмотра сейсмограмм	$M(K)$	M_d	Природа события
		<p>SVE: с/гр № 413, СКМ-3, $V_{\max}(Z)=25800$, $T_{\max}=0.9-2.1$ с, $\Delta=1140$ км. На с/гр нет записи.</p> <p>BEY: с/гр № 413, ВЭГИК, $V_{\max}=25000$, $T_{\max}=0.5-1.5$ с, $\Delta=750$ км. Вступление: $iP(Z)$ в $12^h17^m15.5^s$, $A_{\max}(Z)=0.06$ μ, $A_{\max}(N)=1.0$ μ: $K=9.9 \rightarrow M(K)=3.3$, $\tau=5$ мин $\rightarrow Md=3.3$. Вступление S-волны не видно на всем протяжении записи, поэтому «возможно, взрыв».</p>			
		<p>Гипоцентр переопределен (к данным семи станций в [2] (табл. 1) добавлены времена первых вступлений P-волн на станциях OBN, ARU, BEY): $t_0=12^h15^m22.1^s$, $\varphi=49.98^\circ N$, $\lambda=48.67^\circ E$, $h=0$ км, $K=10.5 \rightarrow M(K)=3.6$. Поскольку в [5] это событие объявлено взрывом, характеризуем его как «возможно, взрыв».</p>	3.6/4	3.5/3	Возможно, взрыв
04.04.1976	<p>$t_0=15^h56^m28^s \pm 5$ с, $\varphi=50 \pm 0.5$, $\lambda=48.3 \pm 0.5^\circ$, $h=33 \pm 10$ км, M неизвестна</p>	<p>OBN: $\Delta=970$ км. Ремонт шахты, регистрация не велась.</p> <p>MOS: с/гр № 189, СХ, $V_{\max}(Z)=9290$, $T_{\max}=1.2-1.7$ с, $\Delta=960$ км. На фоне микросейсм вступления в районе 16^h не выделяются.</p> <p>ARU: с/гр № 190, СКМ-3, $V_{\max}(N, E, Z)=24700$, $T_{\max}=0.2-0.7$ с, $\Delta=990$ км. Записи землетрясения в районе 16^h на сейсмограмме нет. В станционном бюллетене данные по этому событию отсутствуют.</p> <p>SVE: с/гр № 189-190, СКМ-3, $V_{\max}(Z)=25800$, $T_{\max}=0.9-2.1$ с, $\Delta=1110$ км. Записи землетрясения в районе 16^h на сейсмограммах нет. В станционном бюллетене данные отсутствуют.</p> <p>BEY: с/гр № 189, ВЭГИК, $V_{\max}=25000$, $T_{\max}=0.5-1.5$ с, $\Delta=780$ км – на сейсмограмме в районе 16 часов никаких групп волн не видно.</p> <p>На сейсмограммах всех станций записи нет. Относим его к категории «сомнительное».</p>	–	–	
26.06.1976	<p>$t_0=11^h02^m04^s \pm 5$ с, $\varphi=50.3 \pm 0.5$, $\lambda=51.0 \pm 0.5^\circ$, $h=33 \pm 10$ км, $M=3.8 \pm 1.0$</p>	<p>OBN: с/гр № 355, ЧИСС (частотно-избирательная сейсмическая станция), на короткопериодном фильтре ($T=0.7-1.3$ с) отмечено слабое вступление P-волны в $11^h04^m39^s$, что близко к расчетному времени tP^* в $11^h04^m34^s$. Замеры в P-волне дали $A=0.036$ μ, $T=1.5$ с: $K=10.4 \rightarrow M(K)=3.5$.</p> <p>MOS: с/гр № 355, СХ, $V_{\max}(Z)=9290$, $T_{\max}=1.2-1.7$ с, $\Delta=1080$ км. Выделение регионального землетрясения на фоне сильного далекого невозможно.</p> <p>ARU: с/гр № 355, СКМ-3, $V_{\max}(N, E)=24700$, $V_{\max}(Z)=38000$, $T_{\max}=0.2-0.7$ с, $\Delta=850$ км. Отмечены слабые колебания $ee(Z)$ в $11^h04^m11^s$, $A_{\max}(Z)=0.013$ μ, $T=0.5$ с: $K=9 \rightarrow M(K)=2.8$.</p> <p>SVE: с/гр № 353, СКМ-3, $V_{\max}(Z)=25800$, $T_{\max}=0.9-2.1$ с; $\Delta=1110$ км. На фоне удаленного землетрясения выделить событие не удалось.</p> <p>BEY: с/гр № 355, ВЭГИК, $V_{\max}=25000$, $T_{\max}=0.5-1.5$ с, $\Delta=930$ км. На Z-составляющей выделена группа волн, которую можно отнести к $eeLg(Z)$ в $11^h09^m00^s$, $A_{\max}(Z)=0.02$ μ: $K=9.5 \rightarrow M(K)=3.0$.</p>			
		<p>Искомое землетрясение записано на рассмотренных сейсмограммах OBN, ARU, BEY, SVE на фоне удаленного события, где ни одного надежного вступления не обнаружено. Оценка M выполнена по максимальной фазе. $K=10.0 \rightarrow M(K)=3.3$. Поскольку в [5] это событие объявлено взрывом, характеризуем его как «возможно, взрыв».</p>	3.3/3		Возможно, взрыв
28.04.1984	<p>$t_0=14^h54^m01^s \pm 5$ с, $\varphi=49.8 \pm 1.0$, $\lambda=46.8 \pm 1.0^\circ$, $h=3 \pm 3$, $M=3.5 \pm 0.5$</p>	<p>OBN с/гр № 238, СКМ-3, $V_{\max}=36400$, $T_{\max}=0.6-0.98$ с, $\Delta=910$ км. Вступления: $eeP(Z)$ в $04^h56^m09^s$; $iPg(Z)$ в $14^h56^m38^s$, $A_{\max}(Z)=0.06$ μ, $T=0.8$ с; $eLg(E)$ в $14^h58^m30^s$, $A_{\max}(N)=0.27$ μ, $T=1.0$ с: $K=11.3 \rightarrow M(K)=4.0$, $\tau \sim 8$ мин $\rightarrow Md=3.8$.</p> <p>MOS: с/гр № 237, СХ, $V_{\max}(Z)=10000$, $T_{\max}=1.2-1.7$ с, $\Delta=900$ км. Вступления $eP(Z)$ в $14^h56^m44^s$, $A_{\max}=0.09$ μ; $eS(Z)$ в $14^h58^m42^s$, $A_{\max}=0.11$ μ, $T=1.2$ с: $K=11.3 \rightarrow M(K)=4.0$.</p>			

Дата, д м год	Основные параметры землетрясения по [1]	Результаты просмотра сейсмограмм	M(K)	Md	Природа события
		<p>ARU: с/гр № 238, СКМ-3, $V_{\max}(N, E, Z)=24700$, $T_{\max}=0.2-0.7$ с; $\Delta=1080$ км. Вступления: $eP(Z)$ в $14^h56^m24^s$, $eS(N)$ в $14^h58^m22^s$; $eLg(Z)$ в $15^h00^m04^s$, $A_{\max}(Z)=0.04$ μ, $T=1.8$ с: $K=10.4 \rightarrow M(K)=3.5$, $\tau=6.7$ мин $\rightarrow Md=3.6$.</p> <p>SVE: с/гр № 238 в архиве нет. По станционному бюллетеню: СКМ-3, $V_{\max}(Z)=25800$, $T_{\max}=0.9-2.1$ с, $\Delta=1200$ км. Вступления: $eP(Z)$ в $14^h56^m41.3^s$, $A_{\max}(Z)=0.02$ μ, $T=0.9$ с; $e(Z)$ в $14^h58^m21^s$, $A_{\max}(Z)=0.032$ μ, $T=1.2$ с: $K=10.6 \rightarrow M(K)=3.7$.</p> <p>BEY: с/гр №237, ВЭГИК, $V_{\max}=25000$, $T_{\max}=0.5-1.5$ с, $\Delta=710$ км. Вступления: $eP(Z)$ в $14^h55^m34.7^s$, $iS(N)$ в $14^h57^m03.2^s$, $A_{\max}=0.08$ μ, $T=1.0$ с: $K=11.2 \rightarrow M(K)=4.0$, $\tau=5$ мин $\rightarrow Md=3.3$.</p> <p>ZEI: с/гр №237, СКМ-3, $V_{\max}=40000$, $T_{\max}=0.2-1.2$ с, $\Delta=810$ км. Вступления: $eeP(Z)$ в $14^h55^m55.2^s$; $ePg(Z)$ в $14^h56^m17.2^s$; $e(Z)$ в $14^h56^m42.2^s$; $eLg(E)$ в $14^h57^m46^s$, $A_{\max}=0.032$ μ, $T=1.2$ с: $K=9.6 \rightarrow M(K)=3.1$, $\tau=5$ мин $\rightarrow Md=3.3$.</p> <p>BKR: станционный бюллетень, СКМ-3, вступление $+iP$ в $14^h56^m46.9^s$, $A_{\max}(Z)=0.02$ μ, $T=1.3$ с: $K=9.5 \rightarrow M(K)=3.1$.</p> <p>MNK: станционный бюллетень, СКМ-3, вступление e в $14^h59^m05^s$.</p> <p>По этому событию дополнительно к станциям в табл. 1 найдены вступления P-волн по с/гр шести станций (OBN, MOS, ARU, ZEI, BEY, SVE) и двум станционным бюллетеням (BKR, MIK), но в сводную обработку подошли только данные станций OBN, ZEI, BEY. Гипоцентр переопределен: $t_0=14^h54^m01.6^s$, $\varphi=49.73^\circ N$, $\lambda=47.01^\circ E$, $h=0$ км. Этот результат согласуется с [6]. Уточнена магнитуда: $K=10.6 \rightarrow M(K)=3.6$. Поскольку в [5] это событие объявлено взрывом, характеризуем его, как «возможно, взрыв».</p>			
24.12.1991	$t_0=09^h49^m40^s \pm 5$ с, $\varphi^\circ=50$, $\lambda^\circ=45.3$, $h=10 \pm 5$, $M=3.6 \pm 0.5$	<p>OBN: с/гр № 715, СКМ-3, $V_{\max}=34000$, $T_{\max}=0.6-0.95$ с, $\Delta=820$ км: запись есть на всех трех составляющих, но трудно интерпретируемая.</p> <p>OBN: IRIS (N, E, Z) (рис. 1). Вступления: $iPn(Z)$ в $09^h51^m55^s$, $A_{\max}(Z)=0.04$ μ, $T=0.8$ с; $eLg(N)$ в $09^h53^m35^s$, $A_{\max}(E)=0.12$ μ, $T=1.0$ с: Переопределено $t_0=09^h49^m45^s$, $K=10.9 \rightarrow M(K)=3.8$, $\tau=5.2$ мин $\rightarrow Md=3.4$.</p> <p>MOS: с/гр № 715, СКМ-3, $V_{\max}(Z)=10000$, $T_{\max}=1.0-1.6$ с, $\Delta=820$ км. Слабые вступления: в группе P-волн $e(Z)$ в $09^h52^m00^s$ и $e(Z)$ в $09^h54^m30^s$, $A_{\max}=0.05$ μ; в группе Lg, $A_{\max}=0.04$ μ: $K=10.4 \rightarrow M(K)=3.5$.</p> <p>ARU: с/гр № 715, СКМ-3, $V_{\max}(Z)=38000$, $V_{\max}(N, E)=24700$, $T_{\max}=0.17-0.7$ с, $\Delta=1130$ км. Вступление $eLg(E)$ в $09^h55^m52^s$, $A_{\max}=0.02$ μ, $T=1.5$ с: $\rightarrow K=9.9 \rightarrow M(K)=3.3$.</p> <p>ARU: IRIS (N, E, Z). Вступления: $e(E)$ в $09^h53^m46.5^s$, $e(E)$ в $09^h54^m20.6^s$, $eSn(E)$ в $09^h54^m44.9^s$, $eLg(E)$ в $09^h55^m43^s$ (рис. 1).</p> <p>SVE: с/гр № 715–716, СКМ-3, $V_{\max}(Z)=25500$, $T_{\max}=0.9-2.1$ с, $\Delta=1260$ км. Вступления: $e(Z)$ в $09^h52^m53^s$, $e(Z)$ в $09^h55^m47^s$ (вероятно, следы волн Lg).</p> <p>BEY: с/гр № 715, разметки нет (привязка к временной дорожке проведена по временам проведения взрывов в Усть-Джегуте), ВЭГИК, $V_{\max}=25000$, $T_{\max}=0.5-1.3$ с, $\Delta=690$ км. Вступление $eeP(Z)$ в $09^h51^m00.5^s$, вступлений в группе S- волн на записи не видно, что косвенно говорит о том, что, возможно, это взрыв. $\tau \approx 6-7$ мин $\rightarrow Md \approx 3.7$.</p> <p>ZEI: с/гр № 715, СКМ-3, $V_{\max}=40000$, $T_{\max}=0.2-1.2$ с, $\Delta=810$ км. Вступления: $ePn(Z)$ в $09^h51^m13.5^s$ – слабое, но достаточно уверенное (рис. 2); $ePg(Z)$ в $09^h51^m23^s$, $A_{\max}=0.017$ μ, $T=0.8$ с; $eSn(N)$ в $09^h52^m22^s$; $eLg(N)$ в $09^h52^m48.5^s$; $i(E)$ в $09^h53^m10^s$, $A_{\max}=0.04$ μ,</p>	3.6/7	3.5/4	Возможно, взрыв
					Возможно, землетрясение/ взрыв

Дата, д м год	Основные параметры землетрясения по [1]	Результаты просмотра сейсмограмм	$M(K)$	M_d	Природа события
		<p>$T=1.0$ с; $K=10.3 \rightarrow M(K)=3.5$, $\tau=5.5$ мин $\rightarrow M_d=3.4$. Расчет теоретического времени первого вступления от координат взрыва по [5] показал, что время прихода P-волны в «Цее» должно было бы быть в $09^h50^m18.6^s$, что гораздо раньше реального вступления, наблюдаемого на сейсмограмме. Поэтому существование события с координатами взрыва по [5] маловероятно.</p> <p>BKR: станционный бюллетень, СКМ-3, $V_{\max}(Z, N, S)=51200$, $T_{\max}=0.2-1.3$ с, $\Delta=930$ км. Вступление: e $09^h53^m23^s$ (вероятно, следы волн Lg).</p> <p>MNK: станционный бюллетень, СКМ-3, $V_{\max}(Z, N, S)=8100$, $T_{\max}=1.0-1.4$, $\Delta=1280$ км. Вступление eP $09^h56^m00^s$ (вероятно, следы волн Lg).</p> <p>AKH: бюллетень, прибор СКМ-3, $\Delta=960$ км. Вступление e в $09^h57^m30.4^s$ (вероятно, следы волн Lg).</p>			
		<p>В работе [5] это событие находится в списке взрывов. Гипоцентр переопределен. Однако координаты очень разнятся с представленными в исходной табл. 1 ($49.8^\circ N$, $46.8^\circ E$). Можно было бы предположить, что имело место два события, но на сейсмограммах интерпретируется лишь одно. За окончательные выбраны параметры, полученные по программе APM [12]: $t_0=09^h49^m45^s$, $\varphi=48.40^\circ N$, $\lambda=45.58^\circ E$, $h=0$ км, $K=10.4 \rightarrow M(K)=3.5$, $M_d=3.5$.</p>	3.5/4	3.5/3	Возможно, взрыв

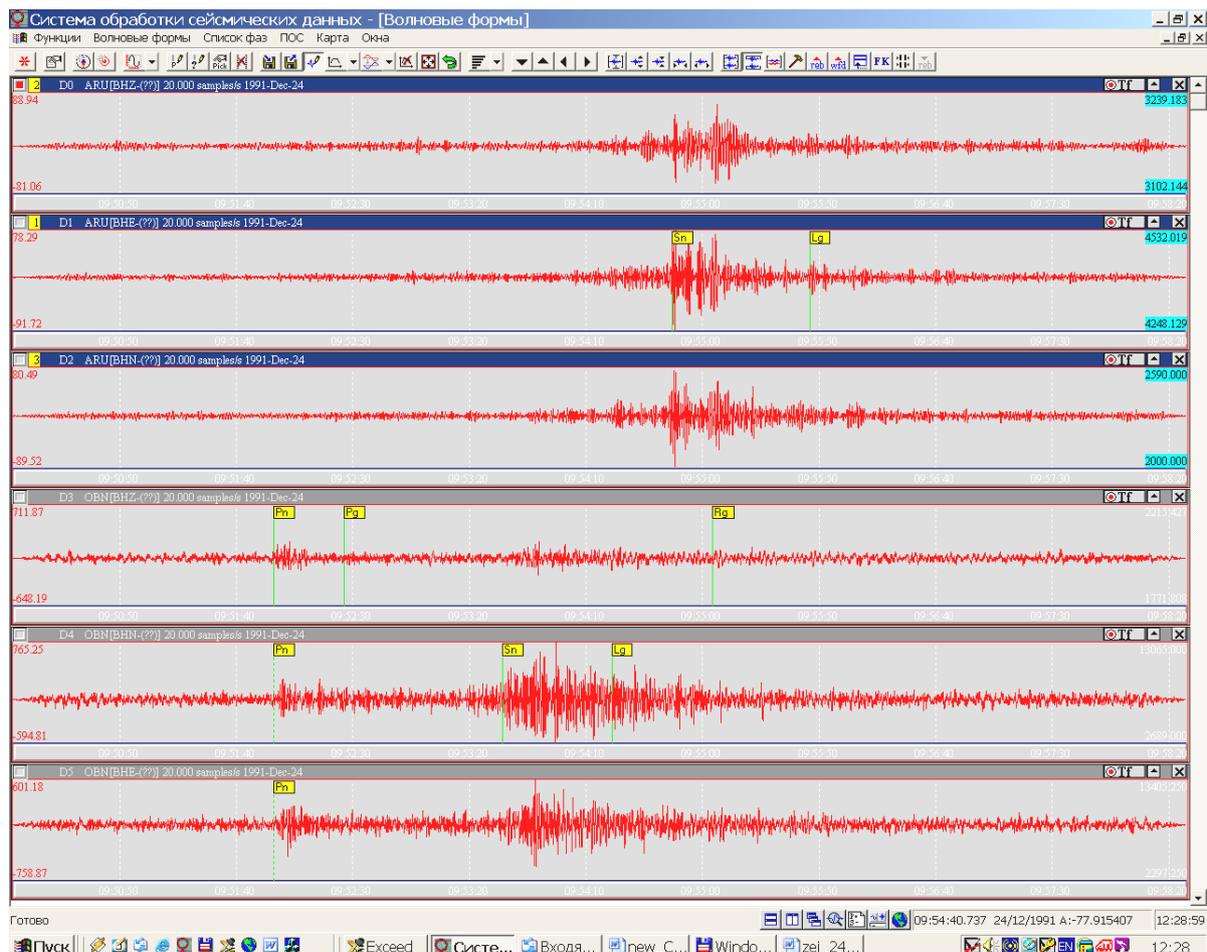


Рис. 1. Цифровые сейсмограммы IRIS (N, E, Z) землетрясения 24.12.1991 г. в $09^h49^m45^s$ на станциях «Арти» и «Обнинск»

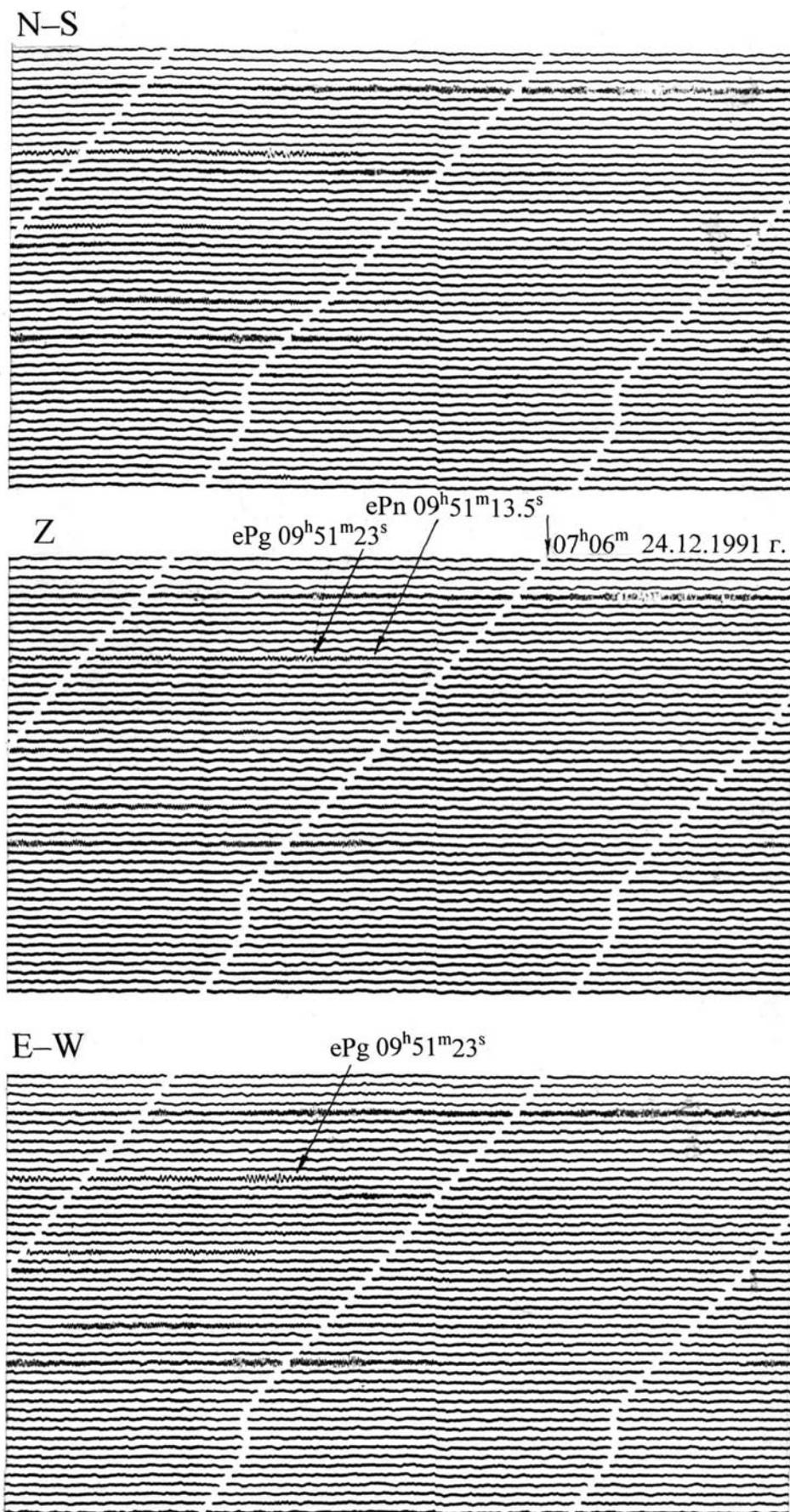


Рис. 2. Аналоговая запись землетрясения 24.12.1991 г. в 09^h49^m45^s на станции «Цей»

Рассмотрим подробнее последнее событие, произошедшее 24 декабря 1991 г. в 09^h49^m. Варианты его параметров даны в табл. 1. Согласно [1], это единственное из рассматриваемых землетрясений было ощутимым. Для него проведена сводная обработка по данным табл. 2. Она выполнена по двум программам: APM [12] и LOCSAT [13]. По программе [12] на основе наиболее надежных записей трех станций BEY, ZEI, OBN с наименьшей невязкой получены параметры гипоцентра при $h=0$ км:

$$t_0=09^h49^m45^s, \varphi=48.40^\circ\text{N}, \lambda=45.58^\circ\text{E}.$$

В программе [13] при локации эпицентра наряду с первыми вступлениями учитываются и вступления последующих фаз, что позволило включить в расчет данные четырех станций BEY, ZEI, OBN, ARU. Результат имеет вид:

$$t_0=09^h49^m49.03^s, \varphi=48.38^\circ\text{N}, \lambda=45.31^\circ\text{E}, h=0 \text{ км}.$$

Расхождения расчетов составляют: $\Delta t_0=4.03$ с, $\Delta\varphi=0.02^\circ$, $\Delta\lambda=0.27^\circ$. Небольшая разность результатов приведенных расчетов может, по-видимому, свидетельствовать об относительно однозначных полученных значениях параметров гипоцентра. Решения по [3] и [5] представляются маловероятными. Согласно уточненным расчетам, его эпицентр приходится на район Капустина Яра, где производились взрывы. Поэтому это событие отмечается, как «возможно, взрыв».

Таким образом, в результате повторного анализа для семи землетрясений из [1] получено следующее: для четырех из них уточнены кинематические параметры, для шести рассчитаны магнитуды $M(K)$, для четырех – магнитуды Md . Окончательный результат всех уточнений представлен в табл. 3, где приведены уточненные координаты гипоцентра, средние значения магнитуд $M(K)$, полученные путем пересчета из энергетического класса K_p , и магнитуды Md по общей длительности колебаний на записи. В связи с классификацией событий, как «возможно, взрыв», глубины их не приводятся. На рис. 3 приведена карта их эпицентров.

Таблица 3. Итоговые параметры исследуемых событий после пересмотра

№	Дата д м год	t_0 , ч м с	φ°, N	λ°, E	m_b/n , источник	$M(K)/n$	Md/n	Природа события
1	16.06.1974	12 23 39.5 ± 5 с	49.29 ± 0.5	48.70 $\pm 0.5^\circ$	3.6/3 [2]	3.3/2	3.3/1	Возможно, взрыв
2	28.09.1974	10 21 31 ± 5 с	49.4 ± 0.5	47.6 ± 0.5	3.7 [3]	3.7/2	3.3/2	Возможно, взрыв
3	26.07.1975	12 15 22.1 ± 5 с	49.98 ± 0.5	48.67 ± 0.5	4.0/3 [2]	3.6/4	3.5/3	Возможно, взрыв
4	04.04.1976	15 56 28 ± 5 с	50.0 ± 0.5	48.3 ± 0.5	–	–	–	Сомнительное
5	26.06.1976	11 02 04 ± 5 с	50.3 ± 0.5	51.0 ± 0.5	3.8/3 [2]	3.3/3	–	Возможно, взрыв
6	28.04.1984	14 54 01.6 ± 5 с	49.73 ± 1.0	47.01 ± 1.0	4.3/4 [6]	3.6/7	3.5/4	Возможно, взрыв
7	24.12.1991	09 49 45 ± 5 с	48.40 ± 0.3	45.58 ± 0.3	4.1 [3]	3.5/4	3.5/3	Природа неизвестна, однако возможно, взрыв близ Капустина Яра.

В заключение заметим, что в слабоактивных районах Восточно-Европейской платформы, где даже одно событие может определять исходную балльность при строительстве важных объектов, все задачи, так или иначе связанные с сейсмичностью, решались на материалах, непредставительных из-за низкой плотности сети сейсмических станций. В этой связи крайне важно быть уверенным в тектонической природе зарегистрированных событий, что вынуждает исследователей вновь и вновь пересматривать все имеющиеся о них сведения.

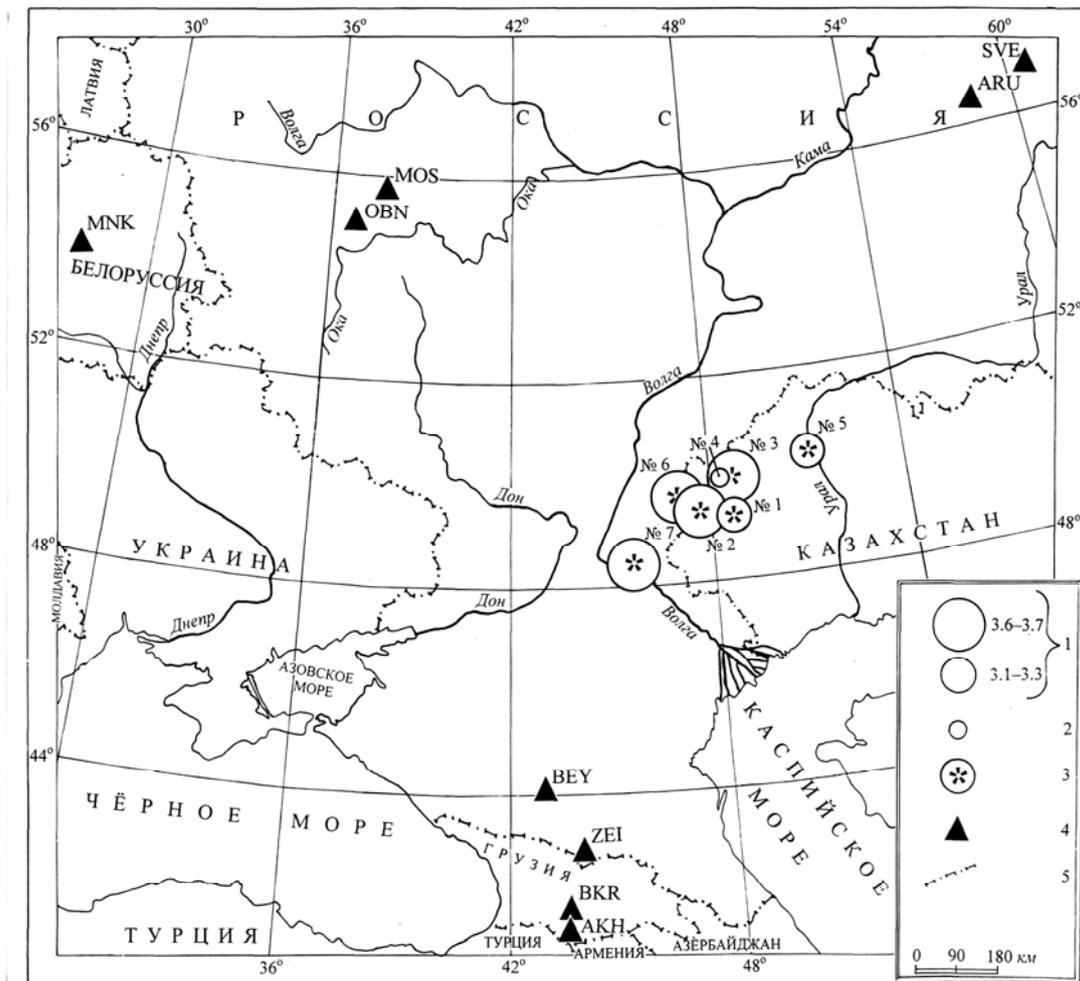


Рис. 3. Карта эпицентров инструментально зарегистрированных сейсмических событий Поволжья за 1974–1991 гг.

1 – 2 – эпицентр с известной и неизвестной магнитудой соответственно; 3 – взрыв, «возможно, взрыв»; 4 – сейсмическая станция 5 – государственная граница.

Авторы выражают признательность И.П. Габсатаровой за помощь в расчетах параметров землетрясения 24.12.1991 г. по программе [13].

Л и т е р а т у р а

1. Огаджанов В.А., Чепкунас Л.С., Михайлова Р.С., Соломин С.В., Усанова А.В. О каталоге землетрясений Среднего и Нижнего Поволжья // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – М.: ОИФЗ РАН, 2001. – С. 119–127.
2. Bulletin of the International Seismological Centre. – Berkshire: ISC, 1974–1991.
3. NORSAR Monthly Seismic Bulletins, 1974–1991. <http://www.norsar.no/NDC/bulletins/norsar/>
4. Specialized catalogue of Earthquakes for North Eurasia / Eds. N.V. Kondorskaya, V.I. Ulomov. <http://www.segis.ru> systems of data bases. – М.: ОИФЗ РАН, 1996.
5. Khalturin V.I., Rautian T.G., Richards P.G., Won-Young Kin. Evolution of chemical explosions and methods of discrimination for practical seismic monitoring of a CTBT // Lamont-Doherty Earth, 1996.
6. Сейсмологический бюллетень (оригинал) за 1984 год. – Обнинск: Фонды ОМЭ ИФЗ АН СССР, 1984.
7. Померанцева И.В., Мозженко А.Н. Сейсмические исследования с аппаратурой «Земля». – М.: Недра, 1977. – 256 с.

8. **Jeffreys H., Bullen K.E.** Seismological tables // Brit. Assoc. for the advancement of Sci. – London: Gray-Milne Trust, 1958. – 65 p.
9. **Раутиан Т.Г.** Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика (Тр. ИФЗ АН СССР; № 32(199)). – М.: Наука, 1964. – С. 88–93.
10. **Раутиан Т.Г.** Энергия землетрясения // Методы детального изучения сейсмичности (Тр. ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: АН СССР, 1960. – С. 75–114.
11. **Маламуд А.С.** Использование длительности колебаний для энергетической классификации землетрясений // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений. Т. II. – М.: ИФЗ АН СССР, 1974. – С. 180–192.
12. **Бармин М.П., Захарова А.И., Миронович В.Л., Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С.** Определение координат сильных землетрясений на ЭВМ «Мир-1» в Службе срочных донесений // Физика Земли. – 1976. – № 9. – С. 87–93.
13. **Bratt S.R. and Bache T.C.** Locating events with a space network of regional arrays // Bul. Seism. Soc. Am. – 1988. – P. 780–798.