

## **СЛУЖБА СРОЧНЫХ ДОНЕСЕНИЙ ГС РАН**

**О.Е. Старовойт, Л.С. Ченкунас, М.В. Коломиец**

*Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, ostar@gstras.ru*

Непрерывный сейсмический мониторинг территории России и сопредельных государств осуществляется в двух режимах:

- в режиме срочных донесений при сильных землетрясениях, с передачей информации заинтересованным ведомствам и организациям;
- в оперативном режиме с выпуском сейсмологических бюллетеней и каталогов.

Ниже рассматривается первый из них.

Служба срочных донесений (ССД) Геофизической службы РАН о сильных и ощутимых землетрясениях мира была организована в 1949 г. в Академии наук СССР на базе сейсмической станции «Москва» Института физики Земли (ИФЗ) АН СССР с целью обеспечения информацией об основных параметрах произошедших землетрясений (время возникновения, координаты эпицентра, глубина очага, оперативные данные об ощутимости в баллах и последствия) директивных органов страны и заинтересованных учреждений для принятия в случае необходимости срочных мер по оказанию помощи пострадавшим районам, спасению жизни людей, ликвидации последствий стихийных бедствий, а также организации работ по изучению сильных землетрясений [1]. В 1972 г. ССД была передана в Центральную сейсмологическую обсерваторию «Обнинск» ИФЗ АН СССР. Регламент работы ССД корректировался, дополнялся и уточнялся в 1984 г. и в 1990 г. распоряжениями Президиума АН СССР.

В ССД проводится сводная обработка информации, поступающей как в виде волновых форм и автоматически выделенных вступлений с цифровых станций, так и в виде станционных сводок, поступающих с аналоговых и цифровых станций по электронной почте, телетайпу и телефону. Обработка включает в себя три этапа: объявление тревоги (1), срочное донесение (2) и информационное сообщение (3) (рис. 1). Рассмотрим каждый из них в отдельности.

**1. Объявление тревоги.** На этом этапе обрабатываются волновые формы с цифровых станций, поступающих в режиме, близком к реальному времени. Используется также информация с региональных аналоговых станций, расположенных в районе эпицентра землетрясения. Наличие цифровых и ряда аналоговых данных позволяет оператору ССД произвести их совместную сводную обработку и в течение первых 10–30 мин после начала землетрясения предварительно определить гипоцентр землетрясения и в случае необходимости объявить тревогу, немедленно передав сообщение в Агентство по мониторингу Министерства по чрезвычайным ситуациям (МЧС РФ).

**2. Срочное донесение.** На этом этапе процесс сбора и обработки станционных данных продолжается в течение 1.5–2 часов после землетрясения. Привлекаются данные региональных центров, а также зарубежных станций, распространяемые по каналам Интернет или по специально организованным запросам. ССД формирует срочное донесение, в котором приводятся более точно время возникновения, географические координаты эпицентра, глубина очага, магнитуда, интенсивность в баллах, первая информация о последствиях землетрясения. Полученное в результате этого этапа обработки срочное донесение направляется по электронной почте в организации МЧС Российской Федерации, в региональные сейсмологические центры России и стран СНГ, в заинтересованные государственные организации России и в международные центры. Кроме того, ССД накапливает информацию о землетрясениях в Базе данных и помещает ее в режиме постоянного обновления на WEB-странице ГС РАН (<http://www.ceme.gstras.ru>) [2].

**3. Информационное сообщение** (уточненное донесение) о землетрясении составляется для:

- редких уникальных землетрясений территории России и мира;
- ощутимых землетрясений Северного Кавказа;
- сильных землетрясений России и сопредельных территорий, ощутимых с интенсивностью  $I \geq 5$  баллов;
- разрушительных землетрясений мира.

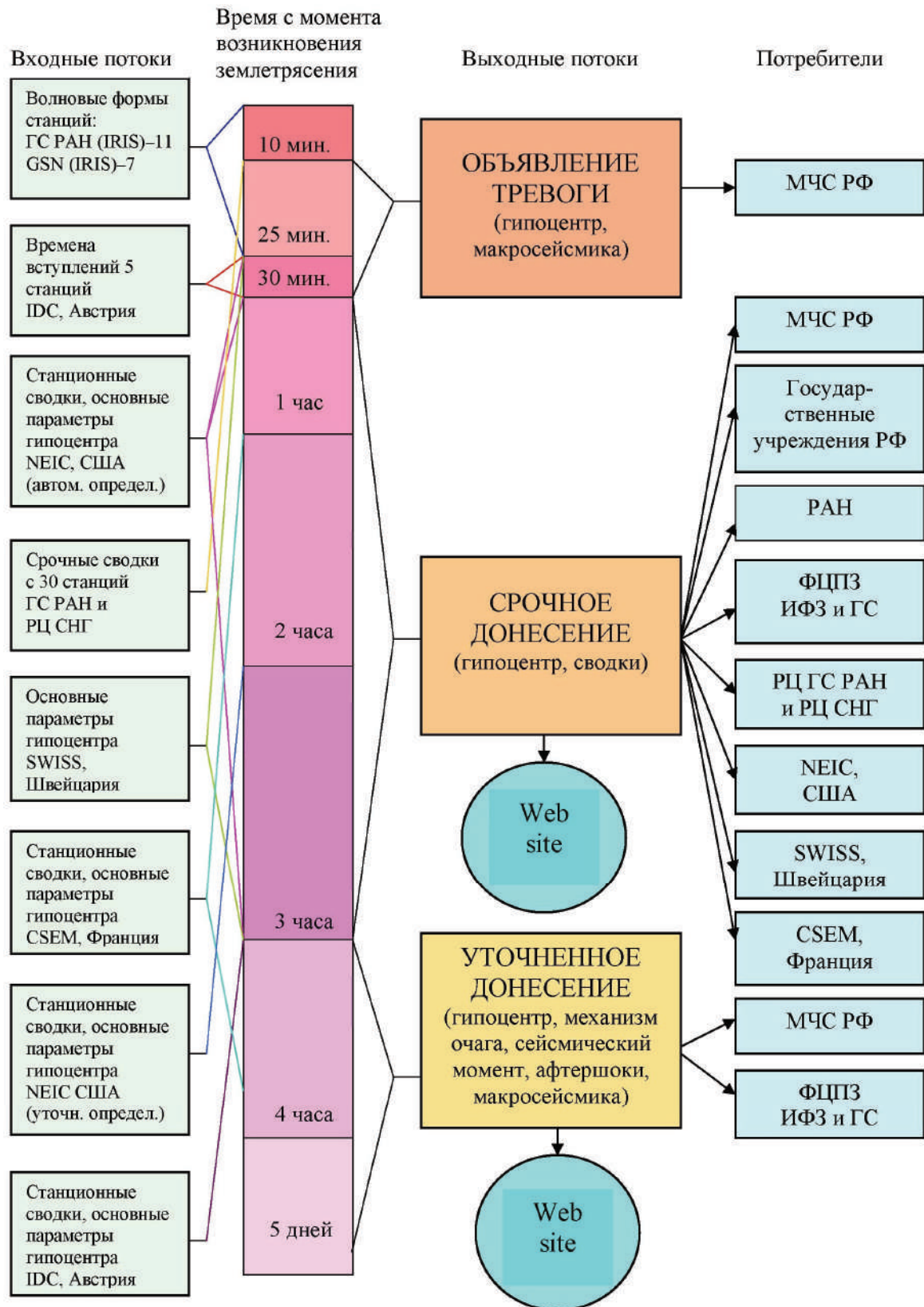


Рис. 1. Поток информации в ССД ГС РАН в 2001 г.

GSN – Global Seismographic Network; IDC – International Data Centre; NEIC – National Earthquakes Information Center of US Geological Service; SWISS – Swiss Seismological Service; CSEM – European–Mediterranean seismological center; МЧС РФ – Министерство по чрезвычайным ситуациям РФ; ФЦПЗ ИФЗ и ГС – Федеральный центр прогноза землетрясений ИФЗ и ГС; РЦ ГС РАН – региональные центры ГС РАН; РЦ СНГ – региональные центры СНГ.

Этот этап обработки в режиме ССД осуществляется в течение первых суток после землетрясения на основе более глубокой обработки всей совокупности собранных станционных данных, включая спектральный анализ первых вступлений. Уточняется положение гипоцентра, время в очаге, рассчитывается механизм очага и сейсмический момент землетрясения. Кроме того, в информационном сообщении приводятся данные об исторической сейсмичности в районе произошедшего землетрясения, более полные и уточненные данные о макросейсмических последствиях и первые варианты списков афтершоков. Все эти сведения представляются в виде «Информационного сообщения о землетрясении...», которое рассылается в организации МЧС РФ, в Федеральный центр прогноза землетрясений ИФЗ и ГС РАН и помещаются на странице информационной службы ГС РАН [2].

Начиная в настоящем сборнике публикацию материалов об ССД, приведем сведения об основных станциях на территории России, используемых регулярно: «Анапа», «Арти», «Кисловодск», «Ловозеро», «Махачкала», «Москва», «Обнинск», «Пятигорск», «Сочи». Информация об их параметрах представлена в табл. 1 и 2 из [3].

**Таблица 1.** Сейсмические станции на территории России (в хронологии их открытия), участвующие регулярно в ССД в 2001 г., и их параметры

№	Станция		Дата открытия	Координаты			Аппаратура				
	Название	Код		$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$	$h_y, м$	Тип прибора	Компонента	$V_{max}/$ чувствит-ть	$\Delta T_{max}$	
1	Пятигорск	PYA	1909	44°02'32"	43°03'56"	544	СКМ-3	(N, Z, E)	10800	0.40–1.00	
							СКД	(N, Z, E)	1036	0.20–20.0	
							C-5-C	(N, E)v	2.7 c	0.02–4.5	
								(N, Z, E)v	0.11	0.02–4.5	
							ССРЗ-М	(N, Z, E)a	0.0022	0.08	
2	Сочи	SOC	1928	43°34'11"	39°45'45"	180	СКМ-3	(N, Z, E)	10000	0.20–1.40	
									*5000	0.20–1.40	
							СКД	(N, Z, E)	1010	0.20–20.0	
									*505	0.20–20.0	
							C-5-C	(N,E)v	2.7 c	0.02–4.5	
		(N, Z, E)v	0.11 c	0.02–4.5							
		ССРЗ-М	(N, Z, E)a	0.002 c <sup>2</sup>	0.09						
		17.06.2001				SDAS – цифровая станция					
3	Москва	MOS	19.04.1936	55°44'18"	37°37'30"	124	СКМ-3	Z	10000	1.0–1.6	
			04.1999				SDAS – цифровая станция				
4	Махачкала	MAK	08.12.1951	42°57'40"	47°30'20"	42	CM-3	(N, Z, E)	6100	0.40–1.30	
									*3000	0.40–1.30	
							СКД	(N, Z, E)	1040	0.20–18.0	
									*500	0.20–18.0	
							СКД	(N, Z, E)	50	0.20–18.0	
		*25	0.20–18.0								
		C-5-C	(N, Z, E)v	2.72 c	0.01–4.5						
			(N, E)v	0.11 c	0.01–4.5						
		ССРЗ-М	(N, Z, E)a	0.002 c <sup>2</sup>	0.13						
5	Обнинск (шахта)	OBN	11.01.1964	55°06'50"	36°34'08"	130					
			1988				IRIS/IDA – цифровая станция				
6	Анапа	ANN	07.03.1968	44°48'	37°26'	35	СКМ-3	(N, Z, E)	28100	0.25–0.80	
									(N, Z, E)	*12500	0.25–0.80
							СКД	(N, Z, E)	1040	0.20–19.0	
							C-5-C	(N, E)v	2.8 c	0.01–4.5	
									(N, Z, E)v	0.1 c	0.01–4.5
		ССРЗ-М	(N, Z, E)a	0.0023 c <sup>2</sup>	0.08						
7	Арти	ARU	14.09.1988	56°25'49"	58°33'45"	250					
							IRIS/IDA – цифровая станция с 1988 г эксплуатируется ЦОМЭ совместно с ИГ УрО РАН				
8	Кисловодск (штольня)	KIV	14.09.1988	43°57'22"	42°41'20"	1210	IRIS/IDA – цифровая станция				
			03.02.1994	43°57'19"	42°41'11"	1054	– " –				
9	Ловозеро	LVZ	02.12.1992	67°53'52"	34°39'05"	630	IRIS/IDA – цифровая станция				

Примечание. \*5000 – увеличение во втором режиме работы.

Таблица 2. Параметры цифровых станций за 2001 г.

Название станции	Тип АЦП и сейсмометра	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, с	Разрядность АЦП	Чувствительность v – м/с/отсчет a – м/с <sup>2</sup> /отсчет
Арти	IDA MK8 + STS-1	BH(NZE)v	0.0028–5	20	24	6.00·10 <sup>-10</sup>
	IDA MK8 + STS-1	LH(NZE)v	0.0028–0.25	1	16	6.00·10 <sup>-10</sup>
	IDA MK8 + STS-1	VH(NZE)v	0.0028–0.025	0.1	16	6.00·10 <sup>-10</sup>
	IDA MK8 + STS-1	VM(NZE)a	0–0.0028	0.1	16	1.30·10 <sup>-09</sup>
	IDA MK8 + FBA-23	EG(NZE)a	0–25	100	16	6.00·10 <sup>-04</sup>
	IDA MK8 + FBA-23	LG(NZE)a	0–0.25	1	16	4.00·10 <sup>-05</sup>
	IDA MK8 + GS-13	SH(NZE)v	1–10	40	16	7.70·10 <sup>-10</sup>
	IDA MK8 + GS-13	SL(NZE)v	1–10	40	16	5.00·10 <sup>-08</sup>
Кисловодск	IDA MK8 + STS-1	BH(NZE)v	0.0028–5	20	24	7.10·10 <sup>-10</sup>
	IDA MK8 + STS-1	LH(NZE)v	0.0028–0.25	1	16	7.10·10 <sup>-10</sup>
	IDA MK8 + STS-1	VH(NZE)v	0.0028–0.025	0.1	16	7.10·10 <sup>-10</sup>
	IDA MK8 + STS-1	VM(NZE)a	0–0.0028	0.1	16	1.50·10 <sup>-09</sup>
	IDA MK8 + CMG-3T	EG(NZE)v	0.01–25	100	16	3.00·10 <sup>-09</sup>
	IDA MK8 + CMG-3T	LG(NZE)v	0.01–25	100	16	2.00·10 <sup>-07</sup>
	IDA MK8 + FBA-23	SH(NZE)a	0–25	100	16	6.20·10 <sup>-04</sup>
	IDA MK8 + FBA-23	SL(NZE)a	0–0.25	1	16	4.00·10 <sup>-05</sup>
Ловозеро	IDA MK8 + STS-1	BH(NZE)v	0.0028–5	20	24	6.20·10 <sup>-10</sup>
	IDA MK8 + STS-1	LH(NZE)v	0.0028–0.25	1	16	6.20·10 <sup>-10</sup>
	IDA MK8 + STS-1	VH(NZE)v	0.0028–0.025	0.1	16	6.20·10 <sup>-10</sup>
	IDA MK8 + STS-1	VM(NZE)a	0–0.0028	0.1	16	1.40·10 <sup>-09</sup>
	IDA MK8 + FBA-23	EG(NZE)a	0–25	100	16	6.20·10 <sup>-04</sup>
	IDA MK8 + FBA-23	LG(NZE)a	0–0.25	1	16	3.80·10 <sup>-05</sup>
	IDA MK8 + GS-13	EH(NZE)v	1–25	100	16	2.13·10 <sup>-09</sup>
	IDA MK8 + GS-13	EL(NZE)v	1–25	100	16	1.36·10 <sup>-07</sup>
Москва	SDAS + СКД	BH(NZE)v	0.04–3	20	16	2.17·10 <sup>-09</sup>
	SDAS + СКД	LH(NZE)v	0.04–3	20	16	5.20·10 <sup>-08</sup>
Обнинск	IDA MK8 + STS-1	BH(NZE)v	0.0028–5	20	24	6.20·10 <sup>-10</sup>
	IDA MK8 + STS-1	LH(NZE)v	0.0028–0.25	1	16	6.20·10 <sup>-10</sup>
	IDA MK8 + STS-1	VH(NZE)v	0.0028–0.025	0.1	16	6.20·10 <sup>-10</sup>
	IDA MK8 + STS-1	VM(NZE)a	0–0.0028	0.1	16	1.20·10 <sup>-09</sup>
	IDA MK8 + CMG-3T	SH(NZE)v	0.01–10	40	16	7.70·10 <sup>-10</sup>
	IDA MK8 + CMG-3T	SL(NZE)v	0.01–10	40	16	5.00·10 <sup>-08</sup>
	IDA MK8 + FBA-23	EG(NZE)a	0–25	100	16	6.70·10 <sup>-04</sup>
	IDA MK8 + FBA-23	LG(NZE)a	0–0.25	1	16	4.00·10 <sup>-05</sup>
Сочи	SDAS + CM3–OC	BH(NZE)v	0.02–7	20	16	2.88·10 <sup>-10</sup>
	SDAS + CM3–OC	BL(NZE)v	0.02–7	20	16	4.60·10 <sup>-09</sup>

В 2001 г. в ССД использовались следующие входные потоки информации (рис. 1):

- **волновые формы в режиме, близком к реальному времени** с 18 цифровых сейсмических станций корпорации IRIS, из которых одиннадцать расположены на территории России («Арти», «Кисловодск», «Обнинск», «Талая», «Ловозеро», «Южно-Сахалинск», «Якутск», «Петропавловск-Камчатский», «Магадан», «Тикси», «Билибино»), три – на территории стран СНГ («Боровое» в Казахстане, «Ала-Арча» в Кыргызстане, «Гарни» в Армении), и три – зарубежные сейсмические станции («College» и «Hockley» в США, «Kongsberg» в Норвегии). Волновые формы этих станций поступали в Обнинск по специально арендованным каналам Интернет в режиме, близком к реальному времени. Фрагменты волновых форм еще с одной зарубежной станции IRIS «Ulaanbaatar» в Монголии поступали по специально организованному запросу для конкретного землетрясения;
- **срочные сводки по e-mail** с цифровых и аналоговых сейсмических станций России и СНГ: с четырех цифровых станций России («Петропавловск-Камчатский», «Магадан», «Южно-Сахалинск», «Якутск»), восьми станций СНГ («Симферополь», «Львов», «Ужгород» на Украине, «Алма-Ата», «Чкалово», «Курчатов», «Маканчи», «Восточное» в Казахстане);

– **срочные сводки по телетайпу** поступившие с аналоговых станций России и СНГ: «Анапа», «Пятигорск», «Махачкала», «Иркутск», «Ельцовка», «Закаменск», «Северо-Курильск», «Ташкент» (Узбекистан), «Кызыл-Арват» (Туркменистан), «Кишинев» (Молдова), а также двух цифровых станций России – «Москва», «Сочи».

**Станционная и сводная обработка** проводилась по программам WSG («Система обработки сейсмических данных») [4] и АРМ2 [5]. Сводная обработка основана на использовании данных о временах первых вступлений продольных волн на трех–четырёх и более сейсмических станциях. Для определения основных параметров землетрясения (время возникновения, координаты эпицентра, глубина очага) применялся годограф Джеффриса-Буллена [6] в интервале  $\Delta=1-105^\circ$  и Рихтера [7] в интервале  $\Delta=110-150^\circ$ . Значения магнитуд  $M_S$  и  $M_{PSP}$  землетрясений находились по максимальной скорости смещения  $(A/T)_{\max}$  в поверхностных и объемных волнах по соответствующим калибровочным кривым [8–11].

В 2001 г. в срочном режиме осуществлены сбор, сводная обработка и подача срочных донесений о 1738 землетрясениях территории СНГ и мира, из них ощутимых на территории СНГ – 128 землетрясений, в том числе 100 – на территории России.

Максимальная интенсивность сотрясений в 2001 г. в России, равная  $I=5-6$  баллов, отмечена на юге Сахалина для землетрясения 1 сентября в  $13^{\text{h}}08^{\text{m}}$  с  $M_S=5.0$ . Всего подготовлено и помещено на WEB-страницу ГС РАН девять информационных сообщений о землетрясениях. Они посвящены следующим землетрясениям:

- 1 – 26 января в  $03^{\text{h}}16^{\text{m}}$  с  $M_S=8.0$  на западе Индии;
- 2 – 18 февраля в  $15^{\text{h}}30^{\text{m}}$  с  $M_S=4.1$  в Гербегильском районе Дагестана;
- 3 – 22 мая в  $19^{\text{h}}30^{\text{m}}$  с  $M_S=4.8$  на юго-западе России;
- 4 – 25 мая в  $00^{\text{h}}40^{\text{m}}$  с  $M_S=7.0$  на Курильских островах;
- 5 – 1 сентября в  $13^{\text{h}}08^{\text{m}}$  с  $M_S=5.0$  на юге острова Сахалин;
- 6 – 8 октября в  $22^{\text{h}}14^{\text{m}}$  и  $22^{\text{h}}20^{\text{m}}$  с  $M_S=6.6$  на Камчатке;
- 7 – 14 ноября в  $09^{\text{h}}26^{\text{m}}$  с  $M_S=7.6$  в Китае;
- 8 – 15 ноября в  $09^{\text{h}}42^{\text{m}}$  с  $M_S=3.8$  в Буйнакском районе Дагестана;
- 9 – 22 и 25 декабря в  $15^{\text{h}}12^{\text{m}}$  и  $03^{\text{h}}16^{\text{m}}$  с  $M_S=3.2$  и  $3.7$  на границе Ставропольского края и Ингушетии.

Как видим, эти информационные сообщения посвящены как сильным ( $M_S \geq 7.0$ ) землетрясениям (1, 4, 7) России и мира, так и землетрясениям (2, 3, 6, 8, 9) территории России с меньшей магнитудой ( $M_S=3.2-6.6$ ), но с интенсивностью сотрясений, достигавшей  $I=4-5$  баллов. Кроме того, в 2001 г. анализировался рой (5) ощутимых землетрясений Сахалина, самое сильное из которых с  $M_S=5.0$  вызвало сотрясения  $I=5-6$  баллов.

За последние годы заметен значительный прогресс в оперативности и объеме собираемой и публикуемой информации. На рис. 2 показан рост числа землетрясений ( $N$ ), обработанных в Службе срочных донесений в 1996–2001 гг. с  $N=249$  в 1996 г. до  $N=1738$  в 2001 г. Увеличение связано с переходом на цифровую регистрацию и поступлением волновых форм в реальном времени.

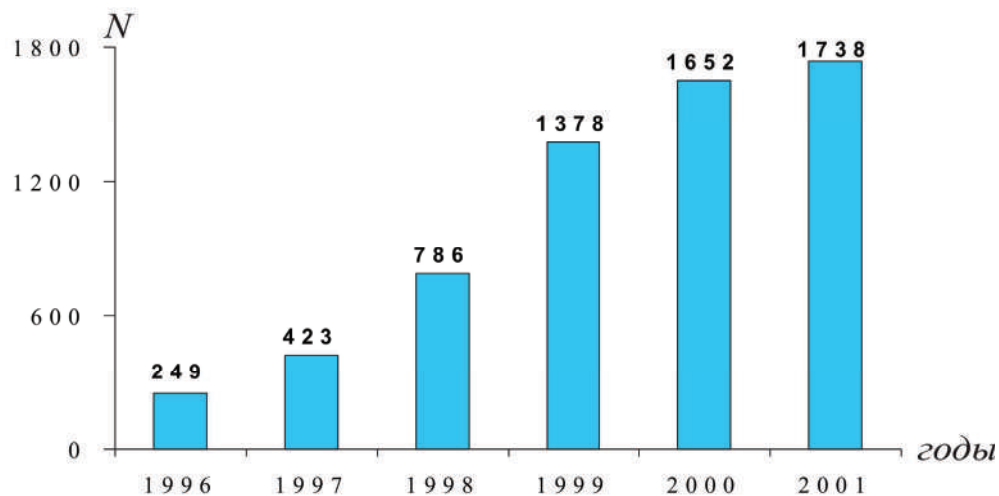


Рис. 2. Число землетрясений, обработанных в Службе срочных донесений в 1996–2001 гг.

При этом очень важно ускорение всего процесса обработки и анализа поступивших со станций данных. Как видно на рис. 3, основная часть (более 70%) землетрясений была обработана не позднее двух часов с момента их возникновения. При этом дальнейшее добавление сводок, поступивших позднее двух часов, практически не увеличивало среднее время обработки одного землетрясения. Оно составляло менее двух часов.

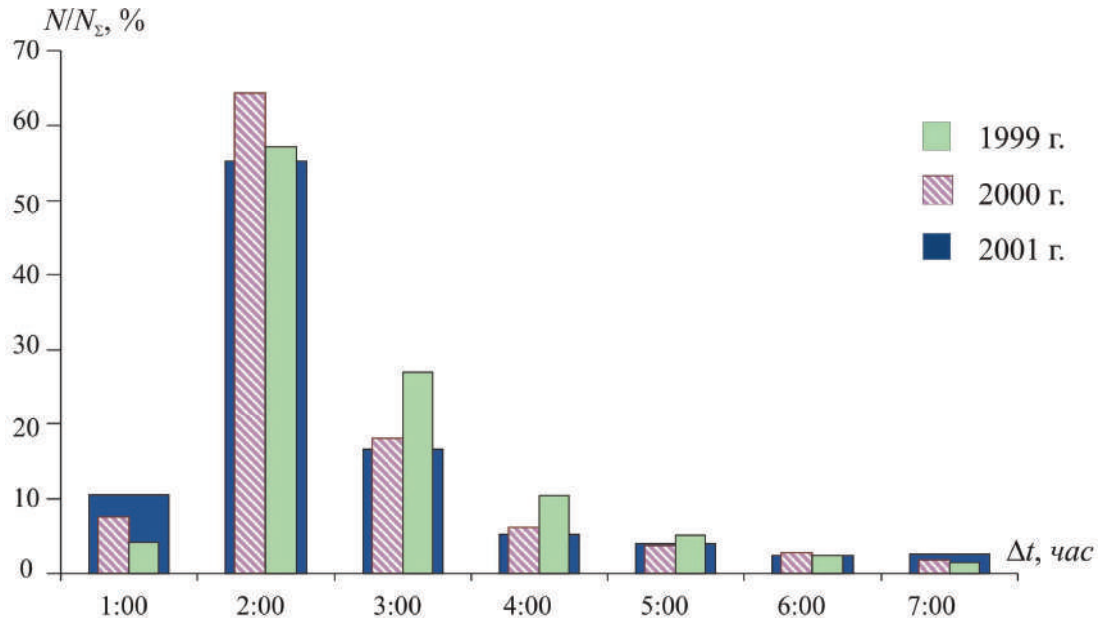


Рис. 3. Гистограмма распределения числа землетрясений по времени передачи срочных сообщений  $\Delta t$  (час.) в 1999–2001 гг.

Следует отметить, что точность локализации землетрясений в ССД, несмотря на ограниченное время обработки, достаточно высока. Об этом свидетельствуют приведенные ниже гистограммы величины расхождений координат эпицентров землетрясений (рис. 4–5) относительно данных Сейсмологического бюллетеня (СБ) [12]. Здесь  $\Delta\varphi$ ,  $\Delta\lambda$  – различия в широтах и долготах локации в службах ССД и СБ соответственно. В анализе использовались данные обработки 1293 землетрясений по всему земному шару в целом, разница в  $t_0$  между землетрясениями не более одной минуты. Значения  $\Delta\varphi$  для 70% рассмотренных землетрясений составляют  $\pm 0.6$  (рис. 4). Разброс по  $\Delta\lambda$  (рис. 5) меньше и составляет  $\pm 0.4^\circ$  для 80% землетрясений.

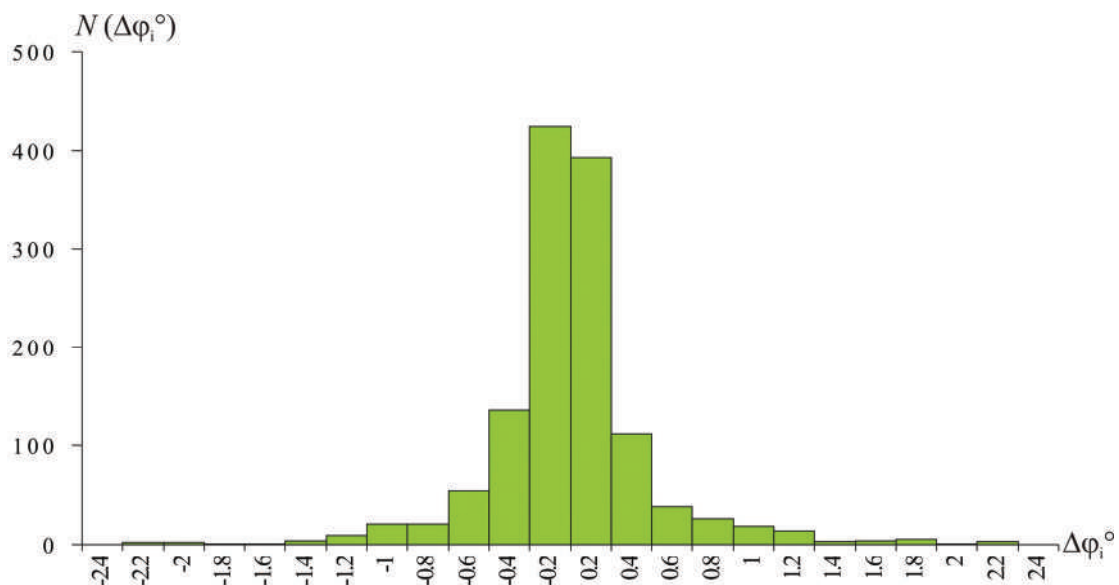


Рис. 4. Гистограмма распределения  $\Delta\varphi$  по землетрясениям, обработанным в ССД ( $\Delta\varphi = \Delta\varphi_{СБ} - \Delta\varphi_{ССД}$ )

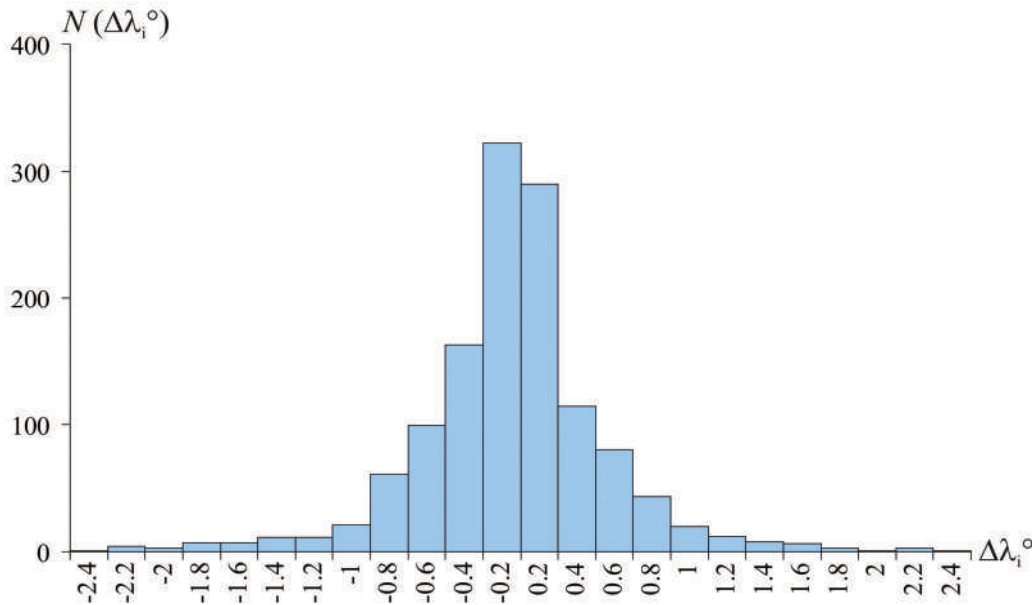


Рис. 5. Гистограмма распределения  $\Delta\lambda$  по землетрясениям, обработанным в ССД ( $\Delta\lambda = \Delta\lambda_{\text{СБ}} - \Delta\lambda_{\text{ССД}}$ )

#### Л и т е р а т у р а

1. Старовойт О.Е. Система информационного обеспечения о землетрясениях в России // Вестник ОГГГН РАН. – 1999. – № 1 (7). [http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dgggms/1-99/starovt.htm#begin](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-99/starovt.htm#begin)
2. Сайт ГС РАН <http://www.ceme.gsras.ru>
3. Старовойт О.Е., Мишаткин В.Н. Сейсмические станции Российской академии наук (состояние на 2001 г.). – Москва-Обнинск: ГС РАН, 2001. – 86 с.
4. Красилов С.А., Коломиец М.В., Акимов А.П. Организация процесса обработки цифровых сейсмических данных с использованием программного комплекса WSG // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Международной сейсмологической школы, посвященной 100-летию открытия сейсмических станций «Пулково» и «Екатеринбург». – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 77–83.
5. 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.
6. Jeffreys H., Bullen K.E. Seismological tables // Brit. Assoc. for the advancement of Sci. – London: Gray-Milne Trust, 1958. – 65 p.
7. Рихтер Ч. Элементарная сейсмология. – М.: ИЛ, 1963. – 670 с.
8. Gutenberg B., Richter C. Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration // Bull. Seism. Soc. Am. – 1942. – 32. – № 3 – P. 163–191.
9. Gutenberg B., Richter C. Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration // Bull. Seism. Soc. Am. – 1956. – 46. – № 2 – P. 105–145.
10. Ванек И., Затопек А., Карник В., Кондорская Н.В., Ризниченко Ю.В., Саваренский Е.Ф., Соловьёв С.Л., Шебалин Н.В. Стандартизация шкал магнитуд // Изв. АН СССР. – сер. геофизич. – 1962. – № 2. – С. 153–158.
11. Горбунова И.В., Шаторная Н.В. О калибровочной кривой для определения магнитуды землетрясений по волнам *PKIKP* // Физика Земли. – 1976. – № 7. – С. 77–81.
12. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2001 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2001–2002.