

УДК 550.34.06.013.3:621.039.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ И ПРОДУКТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ДОГОВОРА О ВСЕОБЪЕМЛЮЩЕМ ЗАПРЕЩЕНИИ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ В СЕЙСМИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ РОССИИ В ОПЕРАТИВНОМ РЕЖИМЕ

Маловичко А.А., Старовойт О.Е., Коломиец М.В., Габсатарова И.П., Рыжикова М.И.

Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба РАН», Обнинск, Россия

Оценивается использование Геофизической службой (ГС) РАН данных и информационных продуктов ОДВЗЯИ (СТВТО) и Казахстанского национального центра данных в сейсмическом мониторинге России и сопредельных территорий в режиме оперативной обработки информации в 2016–2017 гг. Показано использование волновых форм, автоматически выделенных вступлений (arrival) и данных бюллетеня SEL1 при локализации событий в Службе срочных донесений ГС РАН на территории России.

МЕТОДИКА РАБОТЫ ССД

Работа Службы срочных донесений (ССД) Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (ФИЦ ЕГС РАН) базируется на первичных данных, которые поступают в Информационно-обработывающий центр (ИОЦ) в Обнинске в режиме близком к реальному времени в виде волновых форм и времен вступления первых фаз [1–3] от 130 станций (рисунок 1). Данные 86 станций обрабатываются непосредственно в ИОЦ (красные и желтые треугольники), от 44 станций поступают в ИОЦ в виде автоматически выделенных вступлений (arrival) (зеленые треугольники).

Автоматически выделенные первые вступления поступают в ССД от трех различных международных сейсмологических центров: по 9 станциям – из международного центра данных IDC СТВТО (SLSL ARRIVAL – Standard List of Signal Detections), по 11 станциям – из Казахстанского национального цент-

ра данных KNDC и по 24 станциям – из Корпорации научно-исследовательских организаций по сейсмологии IRIS США (ассоциированные вступления).

На основе этих автоматически выделенных первых вступлений проводится предварительное определение параметров гипоцентра программой AssocW [4, 5], после чего первое предварительное донесение ССД Alarm автоматически рассылается в заинтересованные организации.

В 2016–2017 гг. параметры для автоматической отправки остались прежние [3]: для землетрясений Мира с $M \geq 5,5$, для землетрясений Северной Евразии с $M \geq 5$ при условии, что число использованных станций $N \geq 10$. После подписания в конце 2013 г. ГС РАН и Международным центром данных СТВТО Соглашения о расширении обмена сейсмологическими данными для целей предупреждения о цунами для землетрясений Мира магнитудный уровень для автоматической отправки снизился с $M \geq 6$ до $M \geq 5,5$.

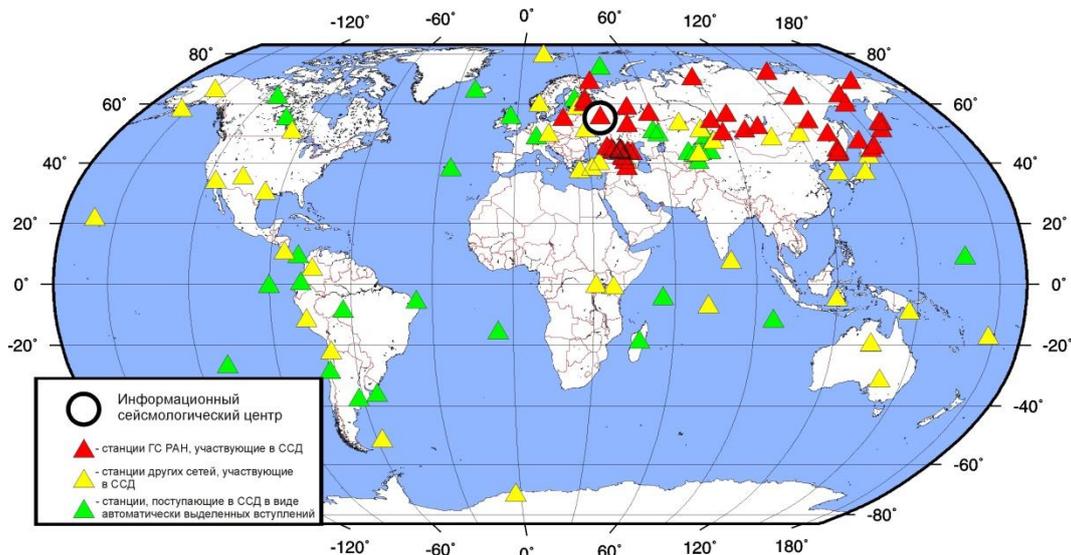


Рисунок 1. Сейсмические станции, данные которых используются в ССД ГС РАН в режиме, близком к реальному времени

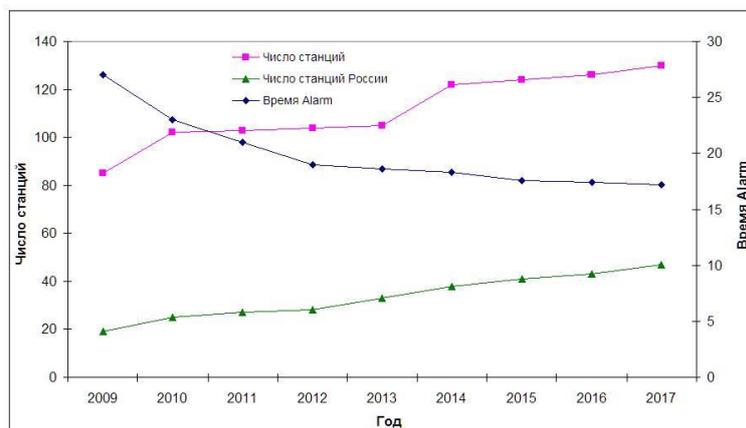


Рисунок 2. Число станций, участвующих в работе ССД, и время подачи донесений за период 2009–2017 гг.

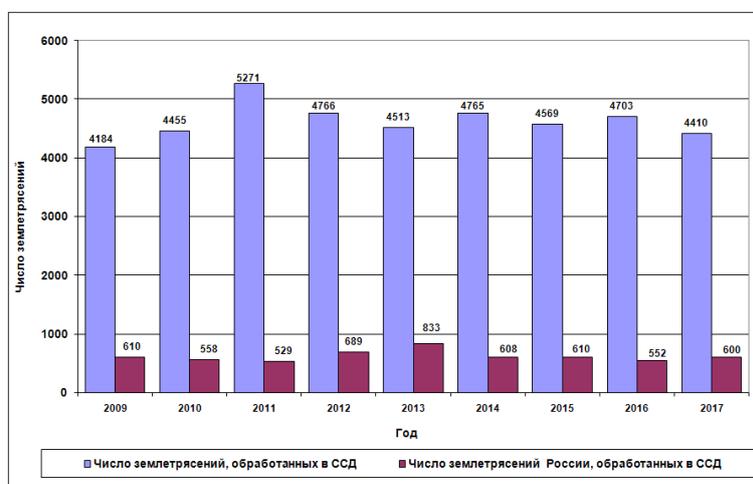


Рисунок 3. Число землетрясений, зарегистрированных в Службе срочных донесений за период 2009–2017 гг.

К концу 2017 г. число станций, данные которых поступали в режиме, близком к реальному времени, составило 130, из них 47 – российские станции. Среднее время передачи Alarm уменьшилось до 17,2 мин, при этом для землетрясений на территории России оно составило 11,9 мин. Рассылка автоматического донесения осуществлялась в 15 адресов, в том числе в МЧС и другие заинтересованные организации Российской Федерации, а также в международные сейсмологические центры CSEM (Centre Sismologique Euro-Méditerranéen, Франция) и SWISS (Швейцария). На рисунке 2 приведен график, показывающий уменьшение времени передачи донесений ССД с одновременным увеличением числа станций по годам.

В соответствии с регламентом взаимодействия подразделений ФИЦ ЕГС РАН, в рамках сейсмической подсистемы Системы предупреждения о цунами (СПЦ) на Дальнем Востоке РФ, ССД осуществляла отправку донесений Alarm для землетрясений из Тихоокеанского региона в дальневосточные региональные ИВЦ «Петропавловск-Камчатский» и «Южно-Сахалинск».

Следующим этапом в ССД является уточнение, при котором параметры гипоцентра определены и проанализированы оператором с привлечением данных с опорных и региональных станций. Уточненное срочное донесение ССД, включающие (при наличии) макросейсмические проявления, в течение 1–1,5 час рассылается по электронной почте в различных форматах по 60 адресам в заинтересованные правительственные и научные организации, помещаются на сайт ФИЦ ЕГС РАН [6]. В рамках международного обмена информация передается в сейсмологические центры: CSEM, SWISS, NEIC, ORFEUS, ISC (для последнего магнитудный уровень был снижен с $M=5$ до $M=4,5$). По землетрясениям, ощутимым с силой 5 и более баллов на территории России и сопредельных территориях, а также по разрушительным землетрясениям мира составляются и помещаются на Web-страницу ФИЦ ЕГС РАН Информационные сообщения.

Следует отметить, что существующая «виртуальная» сеть ССД ГС РАН и методика обработки вывели ССД на стабильный уровень регистрации (более 4,5 тыс. землетрясений в год) – рисунок 3.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ И ПРОДУКТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ДОГОВОРА О ВСЕОБЪЕМЛЮЩЕМ ЗАПРЕЩЕНИИ
ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ В СЕЙСМИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ РОССИИ В ОПЕРАТИВНОМ РЕЖИМЕ**

Если в 2013 г. отмечалось заметное увеличение числа землетрясений России за счет повышенной сейсмической активности Дальневосточных регионов, то 2014–2017 гг. были спокойными в сейсмическом отношении на территории России. В эти годы землетрясения (как природные, так и техногенные) не вызвали на всей территории России никаких значительных повреждений и тем более разрушений.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ СТВТО И KNDC
В РЕЖИМЕ, БЛИЗКОМ К РЕАЛЬНОМУ ВРЕМЕНИ**

Проводился анализ участия станций СТВТО и KNDC, поступающих в ССД в режиме, близком к реальному времени. В таблице 1 и на рисунке 4 представлены результаты анализа.

Как следует из таблицы 1, волновые формы 11 станций СТВТО поступают и обрабатываются в ИОЦ (5-й столбец), а еще по 9 станциям поступают автоматические вступления (6-й столбец). Волновые формы 2-х станций KNDC (BRVK, KURK) поступают и обрабатываются в ИОЦ, по 11 станциям поступают автоматические вступления. На рисунке 4 эти станции показаны в числе пятидесяти наиболее часто используемых в ССД в 2016–2017 гг. Следует отметить станции KURK и BRVK, участие которых в ССД максимально.

Таблица 1. Участие сейсмических станций в работе ССД в 2016–2017 гг.

№ п/п	Код станции	Название станции, географическое положение	Сеть	Поступают в виде		Участие в 2016 г.		Участие в 2017 г.	
				Волновые формы	Авт. вступления из центров	все зем-ния N=4703	с M≥6.5 N=54	все зем-ния N=4410	с M≥6.5 N=38
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	AAK	Ала-Арча, Кыргызстан	KYRG	+	2(KNDC)	2973	37	2485	28
2	AB31	Акбулак Аггау, Казахстан	NNC		2	772	18	371	10
3	AKASG AKBB	Малин Аггау, Украина	NSAU	+	1(СТВТО)	1791 1768	11 22	1813 1679	19 22
4	AKTO	Актюбинск, Казахстан	NNC		2	430	13	289	9
5	BELG	Белогорное	OBN	+		1665	25	1561	26
6	BRTR BR131	Keskin Аггау, Турция	ISK	+	1	1702 1169	19 17	1678 1219	18 15
7	BRVK	Боровое, Казахстан	NNC	+	2	3342	36	3232	32
8	CMAR	Chiang Mai Аггау, Таиланд			1	2143	30	2190	23
9	FINES	FINESS Аггау, Финляндия	HEL		1	1870	14	1991	16
10	KBZ	Хабаз	RIPT	+		2592	35	2364	27
11	KIRV	Киров	RIPT	+		2087	36	1771	28
12	KKAR KK31	Каратау Аггау, Казахстан	NNC	+	2	51 616	15	49 416	12
13	KLR	Кульдур	OBN	+		2961	41	2837	32
14	KMBO	Kilima Mbogo, Кения	NAI		1	569	18	339	10
15	KURK	Курчатов, Казахстан	NNC	+	2	3494	35	3127	28
16	MAKZ	Маканчи, Казахстан	NNC		2	435	13	187	8
17	MKAR MK31	Маканчи Аггау, Казахстан	NNC	+	1, 2	2414 2917	16 37	2369 3019	17 30
18	NRIK	Норильск	RIPT	+		2482	32	1843	20
19	OTUK	Ортау, Казахстан	NNC		2	522	15	129	3
20	PDGN	Подгорное, Казахстан	NNC		2	560	18	186	6
21	PEAOB	Петропавловск Аггау	KRSC	+		1207	40	1009	27
22	SEY	Сеймчан	NERS	+		2407	35	2159	35
23	TKM2	Токмак 2, Zhambyl, Казахстан	KYRG		2	652	19	248	8
24	USA0B	Уссурийск Аггау	RIPT	+		466	18	1178	24
25	WRA	Warramunga Аггау, Австралия	CAN		1	1789	13	1727	12
26	YKA	Yellowknife Аггау, Канада	OTTR		1	1307	9	1288	11
27	ZAA0B ZALV	Залесово Аггау	RIPT	+	1	3055 2441	40 21	2491 2343	25 17

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ И ПРОДУКТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ДОГОВОРА О ВСЕОБЪЕМЛЮЩЕМ ЗАПРЕЩЕНИИ
ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ В СЕЙСМИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ РОССИИ В ОПЕРАТИВНОМ РЕЖИМЕ**

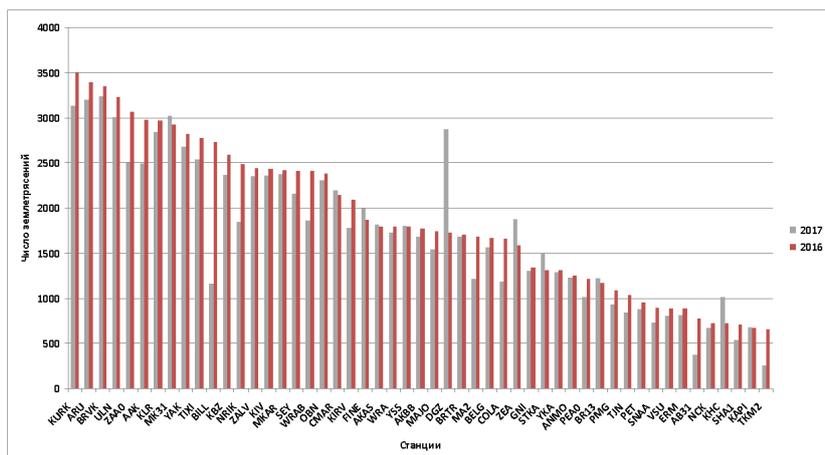


Рисунок 4. Наиболее часто используемые станции в ССД ГС РАН в 2016 г. (красный) и в 2017 г. (серый)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ССД ДАННЫХ БЮЛЛЕТЕНЯ
SEL1 СТВТО**

Для землетрясений с меньшей магнитудой или недостаточным числом станций, по которым не отправляется Alarm, расчет гипоцентра производится вручную, обычно с привлечением данных бюллетеня SEL1 (Standard Event List 1) Международного центра данных. Он содержит результаты автоматической обработки сейсмических событий и поступает в ССД по подписке, в течение 1–2 часов, ими дополняются данные национальной сейсмической се-

ти, что позволяет повысить точность определения основных параметров очагов землетрясений. С апреля 2016 г. в ССД стали использовать возможности нового сайта СТВТО, где данные бюллетеня SEL1 появляются раньше, чем поступают по подписке. Кроме того, с этим сайтом удобнее работать. В таблице 2 и на рисунке 5 приведен пример локации землетрясения в районе Курильских островов с $mb=4$, произошедшего 8 апреля 2018 г. в 02 час 01 мин, по данным 21 станции. Параметры землетрясения: $lat = 43,8$, $lon = 146,54$, $depth = 80$ км, $mb = 4/9$.

Таблица 2. Результаты локации землетрясения с $mb=4$ в районе Курильских островов по данным 21 станции

N	Код	Время	Фаза	Дельта	Азимут	mb
1	YUK	02:01:51.9	P	0,53	295	4,8
2	KUR	02:02:08.3	P	1,72	33	4,6
3	ERM	02:02:25.5	P	3,05	236	—
4	YSS	02:02:40.0	P	4,14	321	3,4
5	MAJO	02:03:55.7	P	9,64	224	—
6	MJAR	02:03:53.4	P	9,64	224	—
7	USA0B	02:04:06.3	P	10,49	277	—
8	KLR	02:04:21.0	P	11,55	303	—
9	PEA0B	02:04:23.6	P	11,89	35	—
10	ZEA	02:05:19.7	P	16,08	315	—
11	ULN	02:07:17.4	P	27,60	292	3,9
12	SONM	02:07:21.5	P	28,04	292	3,5
13	MK31	02:09:37.7	P	44,17	297	—
14	MKAR	02:09:37.4	P	44,36	297	—
15	BRVK	02:10:19.7	P	49,18	309	4,0
16	ARU	02:10:55.2	P	54,01	317	3,9
17	WRA	02:12:06.4	P	64,40	193	—
18	FINES	02:12:05.7	P	64,63	333	3,5
19	ASAR	02:12:30.6	P	68,12	192	—
20	NOA	02:12:36.0	P	69,40	339	—
21	KBZ	02:12:38.1	P	69,43	311	4,2

Примечание – красным цветом в таблице выделены станции с данными из SEL1 СТВТО. По 14 станциям из 21 (YUK, KUR, ERM, YSS, MAJO, USA0B, KLR, PEA0B, ZEA, ULN, MK31, BRVK, ARU, KBZ) данные непрерывно поступают в ССД в виде волновых форм в режиме, близком к реальному времени, а поступления по 7 станциям получены из SEL1 СТВТО (MJAR, SONM, MKAR, WRA, FINES, ASAR, NOA). Добавление последних станций позволяет улучшить азимутальное окружение, уменьшить $GAP=189^\circ$ до $GAP=157^\circ$. При этом положение эпицентра изменилось незначительно, в пределах 5 км.

CTBTO DATA AND DATA PRODUCTS IN SEISMIC MONITORING IN RUSSIA

A.A. Malovichko, O.Ye. Starovoit, M.V. Kolomiyets, I.P. Gabsatarova, M.I. Ryzhikova

Geophysical Service RAS, Obninsk, Russian Federation

The paper describes experience of Geophysical Service (GS) RAS gained from use of CTBTO data and its data products as well as of KNDC data and data products in seismic monitoring in Russia and in bordering areas in near-real time mode data processing in 2016–2017. It is demonstrated the usage of waveforms, arrivals and Bulletin SEL1 data when in location by EEAS events on Russian territory.