

СЕЙСМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В АНТАРКТИДЕ

С.Г. Пойгина

Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, sveta@gsras.ru

Российская антарктическая экспедиция (РАЭ) осуществляла свою деятельность в 2010 г. на пяти постоянно действующих антарктических станциях – «Мирный», «Новолазаревская», «Беллинсгаузен», «Прогресс» и «Восток». Работа велась составом 55 РАЭ по полному комплексу программ мониторинга природной среды Антарктики [1]. По результатам работ РАЭ в Государственном учреждении «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» (ФГБУ «ААНИИ») выпускались электронные ежеквартальные бюллетени «Состояние природной среды Антарктики» [1].

Сейсмические наблюдения в Антарктиде проводились на стационарных станциях ГС РАН «Мирный» и «Новолазаревская» [2]. На станции «Мирный» наблюдения проводятся с 1956 г., на «Новолазаревской» – с 1962 г. Первая из них – аналоговая, вторая – цифровая. Их координаты и аппаратное оснащение, по сравнению с таковыми в 2003–2009 гг. [2], остались неизменными. В работе 55-й РАЭ принимали участие сейсмологи ГС РАН А.А. Иванов и А.А. Калинин на станциях «Мирный» и «Новолазаревская» соответственно. Данные сейсмических наблюдений за 2010 г. опубликованы в бюллетене [3].

Антарктическими сейсмическими станциями выполняются следующие функции:

- мониторинг сильных землетрясений Земного шара с магнитудой $MS > 6$;
- регистрация землетрясений на территории вокруг Антарктиды;
- регистрация локальных явлений в Антарктиде, в том числе местных землетрясений и разрывов ледникового покрова.

Оснащение станции «Мирный» представлено набором аналоговой аппаратуры – сейсмометром с высокочувствительным короткопериодным каналом СКМ-3 и среднепериодным сейсмографом СКД с каналом пониженной чувствительности (табл. 1) [4]. На сейсмической станции «Новолазаревская» с 7 июля 1999 г. наблюдения ведутся широкополосным сейсмометром СКД в комплекте с 16-разрядной цифровой сейсмической станцией SDAS (табл. 2) [4], разработанной и изготовленной ГС РАН (г. Обнинск) совместно с научно-производственным объединением «Геотех» [5, 6].

Таблица 1. Сейсмические станции в Антарктиде, действовавшие в 2010 г., и параметры аппаратуры с аналоговой записью

	Станция		Координаты			Дата открытия	Аппаратура				
	Название	Код	φ°, N	λ°, E	$h_y, м$		Тип прибора	Компонента	V_{max} , чувствительность	ΔT_{max} , с	
1	Мирный	MIR	–66.551	93.017	34	23.06.1956	СКМ-3	Z	25000	0.2–1.3	
							СКД	N, E, Z	12250	0.2–1.2	
5250	0.2–1.2										
1040	0.2–19										
500	0.2–17										
2	Новолазаревская	NVL	–70.77	11.83	125	01.04.1962	Z	50		0.2–17	
						07.07.1999					SDAS – цифровая станция

Обработка записей землетрясений проводилась непосредственно на станциях «Мирный» и «Новолазаревская» в соответствии с методиками [7, 8] и включала в себя выделение вступлений сейсмических волн, определение времени и четкости вступлений, идентификацию сейсмических волн и определение основных параметров землетрясений (время в очаге, расстояние до

эпицентра и магнитуда). Результаты интерпретации заносились в станционный журнал («Мирный») и базу данных («Новолазаревская»), на основе которых составлялись ежедневные оперативные сводки, отправляемые по телеграфу в Информационно-обрабатывающий центр ГС РАН. Эти данные использовались в сводной обработке землетрясений при составлении Сейсмологического бюллетеня [9].

Таблица 2. Параметры цифровой аппаратуры станции «Новолазаревская» в 2010 г.

Название станции	Тип АЦП и датчика	Перечень имеющихся каналов и их характеристики	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, отсчет/с	Эффективная разрядность АЦП	Чувствительность, отсчет/(м/с)
Новолазаревская	SDAS+СКД	BH (N, Z, E)v	0.04–3	20	16	$4.40 \cdot 10^8$
		BL (N, Z, E)v	0.04–3	20	16	$1.82 \cdot 10^7$

В 2010 г. на станции «Мирный» зарегистрировано $N_{MIR}=620$ землетрясений и отдельных вступлений, что меньше, чем в 2009 г. с $N_{MIR}=794$ [10]. Из-за низкой квалификации сотрудника станции проведена полная обработка с выделением основных фаз и определением основных параметров очага (время в очаге, магнитуда) только для 59 землетрясений против 454 в 2009 г. [10]. Данные этой станции использовались в ИОЦ ГС РАН при сводной обработке 245 землетрясений, что, однако, меньше, чем в 2009 г. с $N=283$; из них 83 – с $MPSP \geq 6.0$, в том числе 15 – с $MPSP \geq 6.5$ [11].

Помимо этого, на станции «Мирный» ежедневно осуществлялось слежение за уровнем микросейсм и выделение по записям короткопериодных колебаний, связанных с разрывами ледникового покрова Антарктиды. Общее число разрывов в 2010 г. составило 151. Распределение этих событий по месяцам показано на рис. 1.

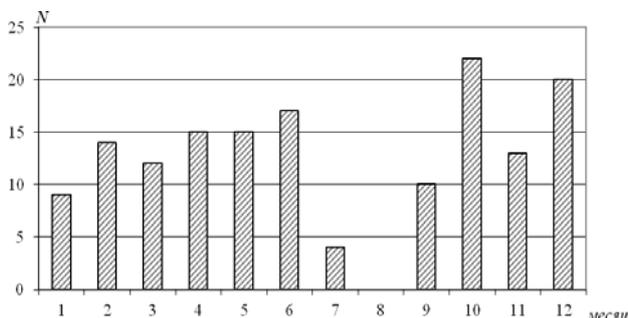


Рис. 1. Распределение ледовых подвижек по месяцам в 2010 г. по данным станции «Мирный»

На станции «Новолазаревская» в 2010 г. зарегистрировано 3603 землетрясений и отдельных вступлений (или в 4.2 раза больше, чем в 2009 г. ($N=846$) [10]), проведена полная обработка с выделением основных фаз и определением основных параметров очага (время в очаге, магнитуда) для 1643 землетрясений, вместо 454 в 2009 г. Данные этой станции использовались при сводной обработке в ИОЦ ГС РАН 712 землетрясений (при 172 – в 2009 г. [10]), из них с $MPSP \geq 6.0$ – 118 событий, в том числе с $MPSP \geq 6.5$ – 24 события [11]. Обработывались записи разрывов ледникового

покрова, но из-за проблемы их идентификации (частотный состав этих записей совпадает с частотным составом шумов) они не анализируются.

Всего в Приложении [11] содержится 165 землетрясений, величина которых охарактеризована в трех графах, содержащих магнитуды MS по поверхностным волнам и магнитуды $MPSP$ и $MPLP$ – по объемным волнам [7], заимствованными из каталога землетрясений Земли [12], также представленного в Приложении к наст. сб. Для всех 165 событий имеются лишь магнитуды $MPSP$, для 142 – магнитуды MS , и меньше всего ($N=82$) значений магнитуды $MPLP$. Максимальным ($MS=8.5$ по 60 станциям) в списке является землетрясение 27 февраля в 06^h34^m с очагом в земной коре на Тихоокеанском побережье Чили ($\varphi = -35.993^\circ$, $\lambda = -72.915^\circ$). Из двух других магнитуд для этого землетрясения определена лишь $MPSP=7.1/37$.

Высокая квалификация сейсмолога А.А. Калинкина позволила максимально использовать регистрационные возможности чувствительной сейсмометрической аппаратуры на станции «Новолазаревская» в 55-й РАЭ. Так, например, станцией на расстоянии $\Delta \approx 55^\circ$ были записаны, а сейсмологом обработаны 343 афтершока этого сильнейшего землетрясения в диапазоне $MPSP=4.2-6.8$

При обработке землетрясений на станциях координаты эпицентров не определялись или определялись с большой погрешностью, поэтому для построения карты (рис. 2) параметры очагов землетрясений были взяты из Сейсмологического бюллетеня [9] и электронного каталога EDR NEIC Геологической службы США [13].

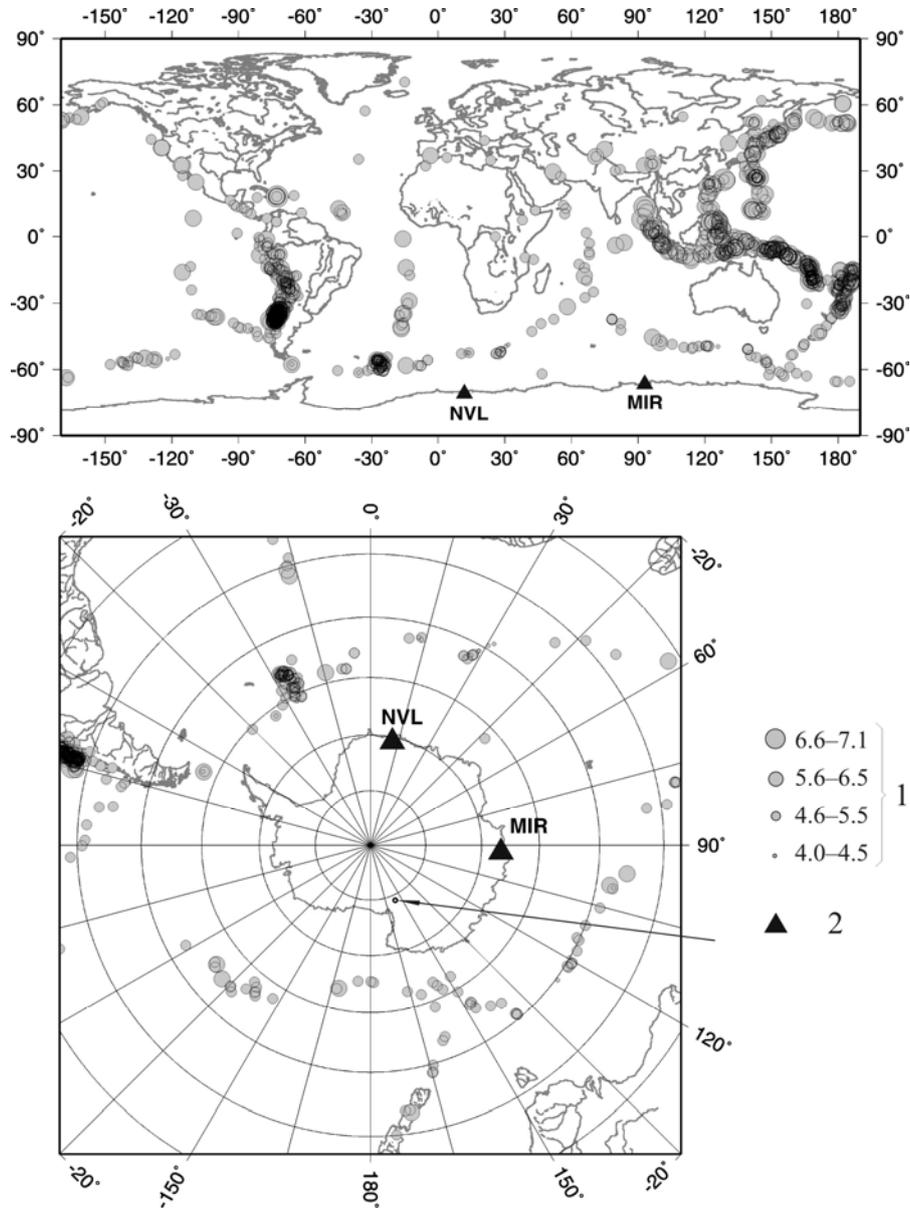


Рис. 2. Карты эпицентров землетрясений, зарегистрированных станциями «Мирный» и «Новолазаревская» в 2010 г. на земном шаре (а) и в районе сейсмического пояса Антарктиды (б):

1 – магнитуда $MPSP (m_b)$; 2 – сейсмическая станция. Стрелкой показан эпицентр землетрясения 1 июня 2010 г. в $01^{\text{h}}56^{\text{m}}$ с $m_b=3.9$ [13] на леднике Бэрда (Антарктида).

Только для части событий, зарегистрированных станциями «Мирный» и «Новолазаревская», были найдены аналоги в указанных источниках [9, 13], поэтому на карту (рис. 2) нанесено всего 1346 эпицентров землетрясений, из них 235 зарегистрированы обеими станциями, 127 и 984 – только станцией «Мирный» и «Новолазаревская» соответственно.

Большая часть эпицентров землетрясений, зарегистрированных станциями «Мирный» и «Новолазаревская», находятся в Южном полушарии, в районах, входящих в Тихоокеанский сейсмический пояс [14], значительное число – на территории Южной Америки, Южных Сандвичевых островов, а также Австрало-Антарктического поднятия, Африкано-Антарктического и Южно-Тихоокеанского океанических хребтов (рис. 2, [11]). В районе сейс-

мического пояса Антарктиды в 2010 г. на станции «Мирный» зарегистрировано и обработано 41 землетрясение, на «Новолазаревской» – 156 землетрясений с $MPSP=4.0-6.0$ (рис. 2 б).

По данным [9, 13], 1 июня в 01^h56^m на леднике Бэрда (берег Шеклтона) в Антарктиде ($\varphi = -80.681^\circ$, $\lambda = 157.738^\circ$) произошло землетрясение с $m_b=3.9$, его местоположение показано на рис. 2 б стрелкой. Станции «Мирный» ($\Delta=21.2^\circ$) и «Новолазаревская» ($\Delta=27.6^\circ$) это землетрясение не зарегистрировали.

Все материалы наблюдений (компакт-диски с записями волновых форм станции «Новолазаревская», сейсмограммы станции «Мирный») и результаты обработки данных (базы данных, станционные журналы, сводки), полученные на станциях «Мирный» и «Новолазаревская», находятся на хранении в архиве ГС РАН и предоставляются по запросам широкому кругу пользователей.

Территория Антарктиды многие годы считалась асейсмичной, поэтому любое зарегистрированное на этом материке землетрясение уникально для специалистов. Число зарегистрированных землетрясений (в основном слабых) в Антарктиде выросло в последние 20 лет из-за увеличения количества цифровых сейсмических станций Глобальной сети, а, значит, и чувствительности этой сети. В отношении сейсмичности 2010 г. был для Антарктиды спокойным, произошло всего одно относительно слабое землетрясение с $m_b=3.9$.

Л и т е р а т у р а

1. Бюллетень «Состояние природной среды Антарктики». – URL: http://www.aari.aq/default_ru.html.
2. Результаты проведения комплексных сейсмологических и геофизических наблюдений и обработки данных на базе стационарных и мобильных сейсмических сетей (Отчет ГС РАН за 2010 год под общей ред. Д.Ю. Мехрюшева). – Обнинск: Фонды ГС РАН, 2011. – 138 с.
3. Иванов А.А., Калинин А.А., Пойгина С.Г. Сейсмические наблюдения в Антарктиде в 2010 г. // Бюллетень «Состояние природной среды Антарктики» за 4 квартал 2011 г. – URL: http://south.aari.nw.ru/default_ru.html.
4. Результаты проведения комплексных сейсмологических и геофизических наблюдений и обработки данных на базе стационарных и мобильных сейсмических сетей (Отчет ГС РАН за 2009 год / Под общей ред. Д.Ю. Мехрюшева. – Обнинск: Фонды ГС РАН, 2010. – 142 с.
5. Старовойт О.Е., Габсатарова И.П., Мехрюшев Д.Ю., Коротин А.В., Красилов С.А., Галушко В.В., Коломиец Ю.Н., Пойгина С.Г., Каменская О.П. Исследование, разработка и создание в Российской Федерации системы сейсмических и геодинимических наблюдений для непрерывного национального и глобального сейсмического мониторинга. Отчет по договору № 01.10.2004 от 01.10.2004 г. – Обнинск: Фонды ГС РАН, 2004. – 77 с.
6. Результаты проведения комплексных сейсмологических и геофизических наблюдений и обработки данных на базе стационарных и мобильных сейсмических сетей (Отчет ЦОМЭ ГС РАН за 1999 год / Под общей ред. Д.Ю. Мехрюшева. – Обнинск: Фонды ГС РАН, 2000. – 87 с.
7. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. – М.: Наука, 1982. – 273 с.
8. Результаты проведения комплексных сейсмологических и геофизических наблюдений и обработки данных на базе стационарных и мобильных сейсмических сетей (Отчет ГС РАН за 2003 год / Под общей ред. Д.Ю. Мехрюшева. – Обнинск: Фонды ГС РАН, 2004. – 175 с.
9. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2010 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2010–2011. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2010.
10. Пойгина С.Г. Сейсмические наблюдения в Антарктиде // Землетрясения Северной Евразии, 2009 год. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – С. 229–232.
11. Пойгина С.Г. (сост.). Землетрясения с $MPSP \geq 6.0$, зарегистрированные антарктическими станциями «Мирный» и «Новолазаревская» за 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
12. Болдырева Н.В. (отв. сост.), Аторина М.А., Бабкина В.Ф., Дуленцова Л.Г., Малянова Л.С., Рыжикова М.И., Щербакова А.И. (сост.). Каталог землетрясений Земли за 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
13. Machine-readable EDR. – NEIC, 2010–2011. – (На CD).
14. Гутенберг Б. и Рихтер Ч. Сейсмичность Земли. – М.: ИЛ, 1948. – 160 с.