

СЕЙСМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В АНТАРКТИДЕ

С.Г. Пойгина

ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, sveta@gsras.ru

Сейсмические наблюдения в Антарктиде проводились на стационарных станциях ГС РАН «Мирный» и «Новолазаревская» [1]. 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 2003–2010 гг. [1], остались неизменными. В работе 56 Российской антарктической экспедиции (РАЭ) в 2011 г. принимали участие сотрудники ГС РАН В.А. Новиков и А.В. Савенков на станциях «Мирный» и «Новолазаревская» соответственно. По результатам работ РАЭ в Государственном учреждении «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» (ФГБУ «АНИИ») выпускаются электронные ежеквартальные бюллетени «Состояние природной среды Антарктики». Данные сейсмических наблюдений за 2011 г. были опубликованы в бюллетене [2].

Антарктическими сейсмическими станциями выполнялись 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» было представлено набором аналоговой аппаратуры – сейсмометром с высокочувствительным короткопериодным вертикальным каналом СКМ-3 с переменным, в зависимости от уровня помех, увеличением $V_{\max} = 5250, 12250, 25000$, записывающим вертикальные колебания (Z), и трехкомпонентным (N, E, Z) среднепериодным сейсмографом СКД пониженной чувствительности с $V_{\max} = 1040$ или 500 в зависимости от уровня помех, а также с $V_{\max} = 50$ на дополнительном вертикальном канале Z (табл. 1) [3]. На сейсмической станции «Новолазаревская» с 7 июля 1999 г. наблюдения велись длиннопериодным сейсмометром СКД в комплекте с 16-разрядной цифровой сейсмической станцией SDAS (табл. 2) [3], разработанной и изготовленной ГС РАН (г. Обнинск) совместно с научно-производственным объединением «Геотех» [4, 5].

Таблица 1. Сейсмические станции в Антарктиде, действовавшие в 2011 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} , увеличение	$\Delta T_{\max}, c$
1	Мирный	MIR	-66.551	93.017	34	23.06.1956	СКМ-3	Z	25000 12250 5250	0.2–1.3 0.2–1.2 0.2–1.2
							СКД	N, E, Z	1040 500	0.2–19 0.2–17
								Z	50	0.2–17
2	Новолазаревская	NVL	-70.77	11.83	125	01.04.1962 07.07.1999	SDAS+СКД – цифровая станция			

Обработка записей землетрясений проводилась непосредственно на станциях «Мирный» и «Новолазаревская» в соответствии с методиками [6, 7] 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 системе спутниковой связи в Информационно-обрабатывающий центр ГС РАН. Эти данные использовались в сводной обработке землетрясений при составлении Сейсмологического бюллетеня [8].

Таблица 2. Параметры цифровой аппаратуры станции «Новолазаревская» в 2011 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, м/с/отсчет
Новолазаревская	SDAS+СКД	BH (N, E, Z)v	0.04–3	20	16	$2.27 \cdot 10^{-9}$
		BL (N, E, Z)v	0.04–3	20	16	$5.5 \cdot 10^{-8}$

В 2011 г. на станции «Мирный» зарегистрировано $N_{MIR}=1495$ землетрясений и отдельных вступлений, что значительно больше, чем в 2010 г. ($N_{MIR}=620$) [9]. Полная обработка с выделением основных фаз и определением основных параметров очага (время в очаге, магнитуда) проведена для 104 землетрясений против 59 в 2010 г. [9]. Данные этой станции использовались в ИОЦ ГС РАН при сводной обработке 345 землетрясений, что, больше, чем в 2010 г. ($N=245$); из них 71 – с $MPSP \geq 6.0$, в том числе 18 – с $MPSP \geq 6.5$ [10].

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 2011 г. составило 56. Распределение этих событий по месяцам показано на рис. 1.

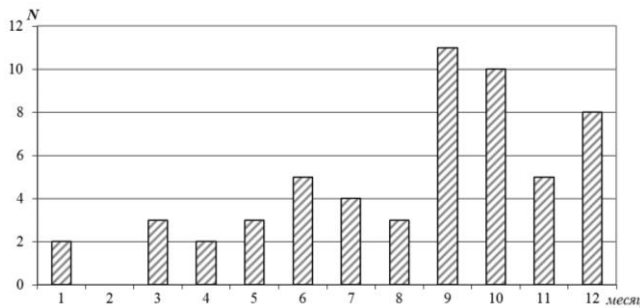


Рис. 1. Распределение количества ледовых подвижек по месяцам в 2011 г. по данным станции «Мирный»

На станции «Новолазаревская» в 2011 г. зарегистрировано 1388 землетрясений и отдельных вступлений (значительно меньше, чем в 2010 г. ($N=3603$) [9]), проведена полная обработка с выделением основных фаз и определением основных параметров очага (время в очаге, магнитуда) для 769 землетрясений, вместо 1643 в 2010 г. Данные этой станции использовались при сводной обработке в ИОЦ ГС РАН 722 землетрясений (при 712 – в 2010 г. [9]), из них с $MPSP \geq 6.0$ – 150 событий, в том числе с $MPSP \geq 6.5$ – 29 событий [10]. Обработывались записи

разрывов ледникового покрова, выделено 490 интервалов «возможно разрывов ледникового покрова» длительностью от нескольких секунд до трех минут, но из-за проблемы их идентификации (частотный состав этих записей совпадает с частотным составом шумов) они не анализируются.

Всего в Приложении [10] содержатся параметры 191 землетрясения с $MPSP \geq 6.0$. Их величина охарактеризована в трех графах, содержащих магнитуды MS по поверхностным волнам и магнитуды $MPSP$ и $MPLP$ – по объемным волнам [6], заимствованными из каталога землетрясений Земли [11], также представленного в Приложении к наст. ежегоднику. Для каждого из 191 события имеются лишь магнитуды $MPSP$, для 168 – магнитуды MS , и меньше всего ($N=81$) значений магнитуды $MPLP$. Максимальным ($MS=8.4$ по 93 станциям, $MPLP=8.1/6$, $MPSP=7.3/86$) в списке является катастрофическое цунамигенное землетрясение Тохоку, произошедшее 11 марта в 05^h46^m с очагом в земной коре у восточного побережья Хонсю, Япония ($\varphi=38.334^\circ$, $\lambda=142.514^\circ$). В каталог землетрясений Приложения [10] не включен 41 афтершок с $MPSP=6.0-7.3$ (11 марта с 05^h54^m до 08^h16^m) землетрясения Тохоку, т.к. из-за наложения записей этих событий их обработка на станциях «Мирный» и «Новолазаревская» оказалась практически невозможной.

При обработке землетрясений на станциях координаты эпицентров не определялись или определялись с большой погрешностью, поэтому для построения карт (рис. 2) параметры очагов землетрясений были взяты из Сейсмологического бюллетеня [8] и электронного каталога EDR NEIC Геологической службы США [12]. Только для части событий, зарегистрированных станциями «Мирный» и «Новолазаревская», были найдены аналоги в указанных ис-

точниках [8, 12], поэтому на карту (рис. 2) нанесено всего 1266 эпицентров землетрясений, из них 266 событий зарегистрированы обеими станциями, 120 и 880 – только станцией «Мирный» или «Новолазаревская» соответственно.

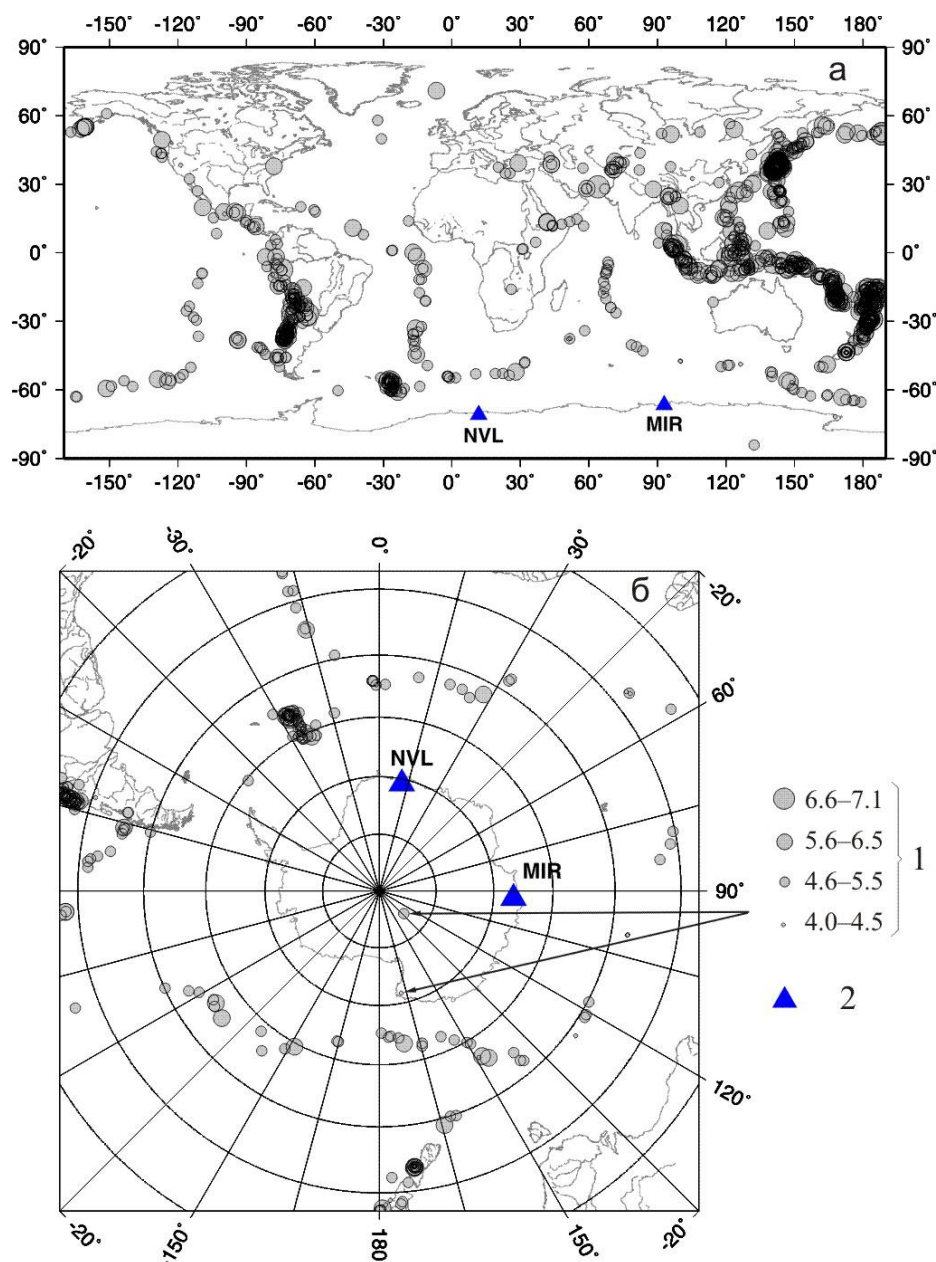


Рис. 2. Карты эпицентров землетрясений, зарегистрированных станциями «Мирный» и «Новолазаревская» в 2011 г. на земном шаре (а) и в районе сейсмического пояса Антарктиды [13] (б)

1 – магнитуа $MPSP (m_b)$; 2 – сейсмическая станция; стрелками показаны эпицентры землетрясений 19 августа на Земле Виктории в районе ледника Ренника с $m_b=4.5$ и 21 ноября в континентальной части Антарктиды с $m_b=4.6$ [12].

Большая часть эпицентров землетрясений, зарегистрированных станциями «Мирный» и «Новолазаревская», находятся в Южном полушарии, в районах, входящих в Тихоокеанский сейсмический пояс [13], значительное число – на территории Южной Америки, Южных Сандвичевых островов, а также Австрало-Антарктического поднятия, Африкано-Антарктического и Южно-Тихоокеанского океанических хребтов (рис. 2, [10]). В районе сейсмического пояса Антарктиды в 2011 г. на станции «Мирный» зарегистрировано и обработано 29 землетрясений, на станции «Новолазаревская» – 107 землетрясений с $MPSP (m_b)=4.1-6.9$ (рис. 2 б).

По данным [12], в 2011 г. в Антарктиде произошло два уникальных землетрясения: 19 августа в $03^h02^m57^s$ на Земле Виктории в районе ледника Ренника ($\varphi=71.72^\circ S$, $\lambda=167.8^\circ E$)

с $m_b=4.5$ и 21 ноября в $17^h24^m45^s$ в континентальной части Антарктиды ($\varphi=84.13^\circ\text{S}$, $\lambda=132.3^\circ\text{E}$) с $m_b=4.6$. Регистрационные возможности станций «Мирный» ($\Delta=25.5$ и 19.4° соответственно) и «Новолазаревская» ($\Delta=36.9$ и 22.9°) не позволили им записать эти слабые события.

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 интересно 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 ситуация в 2011 г. была для Антарктиды спокойной, произошло всего два относительно слабых землетрясения с $m_b=4.5$ и 4.6 .

Автор выражает признательность сотрудникам ГС РАН В.Ф. Бабкиной и О.П. Каменской за помощь в подготовке материалов к статье.

Л и т е р а т у р а

1. **Результаты проведения комплексных сейсмологических и геодинамических наблюдений и обработки данных на базе стационарных и мобильных сейсмических сетей** (Отчет Центрального отделения ГС РАН за 2011 год) / Под ред. Д.Ю. Мехрюшева. – Обнинск: Фонды ГС РАН, 2012. – 165 с.
2. **Новиков В.А., Савенков А.В., Пойгина С.Г.** Сейсмические наблюдения в Антарктиде в 2011 г. // Квартальный бюллетень «Состояние природной среды Антарктики». Июль-сентябрь 2012 г. / Под ред. В.В. Лукина. – 2012. – № 3 (60). – С. 65–72.
3. **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.
4. **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 геодинамических наблюдений для непрерывного национального и глобального сейсмического мониторинга. Отчет по договору № 01.700.12.0094 от 01.10.2004 г. – Обнинск: Фонды ГС РАН, 2004. – 77 с.
5. **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.
6. **Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР.** – М.: Наука, 1982. – 273 с.
7. **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.
8. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2011 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2011–2012.
9. **Пойгина С.Г.** Сейсмические наблюдения в Антарктиде // Землетрясения Северной Евразии, 2010 год. – Обнинск, ФИЦ ЕГС РАН, 2016. – С. 268–271.
10. **Пойгина С.Г. (сост.).** Землетрясения с $MPSP \geq 6.0$, зарегистрированные антарктическими станциями «Мирный» и «Новолазаревская» в 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
11. **Болдырева Н.В. (отв. сост.), Аторина М.А., Бабкина В.Ф., Дуленцова Л.Г., Лёвкина А.В., Малянова Л.С., Рыжиков М.И., Щербакова А.И. (сост.).** Каталог землетрясений Земли за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
12. **Machine-readable EDR.** – NEIC, 2011–2012. – (На CD).
13. **Гутенберг Б., Рихтер Ч.** Сейсмичность Земли. – М.: ИЛ, 1948. – 160 с.