

## СЕЙСМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В АНТАРКТИДЕ

С.Г. Пойгина

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

**Аннотация.** Приведены результаты сейсмологических наблюдений ГС РАН в 2012 г. в Антарктиде. На сейсмических станциях «Мирный» и «Новолазаревская» осуществлялся мониторинг сильных землетрясений Земного шара, землетрясений в районе сейсмического пояса вокруг Антарктиды и локальных явлений в Антарктиде, в том числе местных землетрясений и разрывов ледникового покрова.

**Abstract.** Results of GS RAS seismological monitoring in 2012 in Antarctica has been presented. At seismic stations "Mirnyy" and "Novolazarevskaya" monitoring of strong earthquakes of Globe, earthquakes of a seismic belt round Antarctica and the local phenomena in Antarctica, including local earthquakes and ruptures of a glacial cover was carried out.

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 2011 г. [2], остались неизменными. В работе 57-й Российской антарктической экспедиции (РАЭ) в 2012 г. принимали участие сотрудники ГС РАН В.И. Зайцев и А.А. Калинин 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 2012 г. опубликованы в бюллетене [3].

Антарктическими сейсмическими станциями выполнялись следующие функции:

- мониторинг сильных землетрясений Земного шара с магнитудой  $MPSP > 6.0$ ;
- 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 каналом СКМ-3 и среднепериодным сейсмографом СКД с каналом пониженной чувствительности (табл. 1, [4]). На сейсмической станции «Новолазаревская» с 7 июля 1999 г. наблюдения велись 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 2012 г., и параметры аппаратуры с аналоговой записью

	Станция		Координаты			Дата открытия	Аппаратура			
	Название	Код	$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$	$h_y, м$		Тип прибора	Компонента	$V_{max}$ , чувствительность	$\Delta T_{max}, с$
1	Мирный	MIR	-66.551	93.017	34	23.06.1956	СКМ-3	Z	25000 или 12500 или 5200	0.2–1.3 0.2–1.2 0.2–1.2
							СКД	N, E, Z  Z	1040  или 500 50	0.2–19  0.2–17 0.2–17
2	Новолазаревская	NVL	-70.77	11.83	125	01.04.1962 07.07.1999				
							SDAS – цифровая станция			

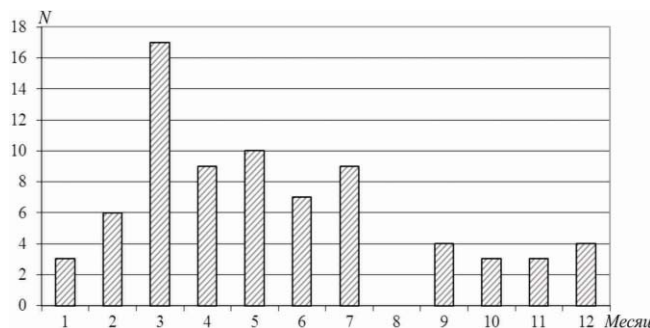
Обработка записей землетрясений проводилась непосредственно на станциях «Мирный» и «Новолазаревская» в соответствии с методиками [7, 8] и включала в себя выделение вступлений сейсмических волн, определение времени и четкости вступлений, идентификацию сейсмических волн и определение основных параметров 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 системе спутниковой связи 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 2012 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	ВН (N, E, Z) $\nu$	0.04–3	20	16	$4.40 \cdot 10^8$
		BL (N, E, Z) $\nu$	0.04–3	20	16	$1.82 \cdot 10^7$

В 2012 г. на станции «Мирный» зарегистрировано  $N_{\text{MIR}}=1003$  землетрясений и отдельных вступлений, что меньше, чем в 2011 г. ( $N_{\text{MIR}}=1495$  [2]). Полная обработка с выделением основных фаз и определением основных параметров очага (время в очаге, магнитуда) проведена для 99 землетрясений против 104 в 2011 г. [2]. Данные этой станции использовались в ИОЦ ГС РАН при сводной обработке 291 землетрясения, что меньше, чем в 2011 г. ( $N=345$ ); из них 60 – с  $MPSP \geq 6.0$ , в том числе 11 – с  $MPSP \geq 6.5$ .

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 2012 г. составило 75. Распределение этих событий по месяцам показано на рис. 1.



**Рис. 1.** Распределение ледовых подвижек по месяцам в 2012 г. по данным станции «Мирный»

На станции «Новолазаревская» зарегистрировано в 2012 г. 3382 землетрясения и отдельных вступлений (значительно больше, чем в 2011 г. ( $N=1388$ , [2]), проведена полная обработка с выделением основных фаз и определением основных параметров очага (время в очаге, магнитуда) для 1424 землетрясений, вместо 769 в 2011 г. Данные этой станции использовались при сводной обработке в ИОЦ ГС РАН 683 землетрясений (при 722 – в 2011 г. [2]), из них с  $MPSP \geq 6.0$  – 93 события, в том числе с  $MPSP \geq 6.5$  – 16 событий [10]. Обрабатывались записи разрывов ледникового покрова, выделено 329 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 125 землетрясений 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. Значения магнитуд заимствованы из каталога землетрясений Земли [11]. Для каждого из 125 событий имеются лишь магнитуды  $MPSP$ , для 111 – магнитуды  $MS$ , и меньше всего ( $N=57$ ) значений магнитуды  $MPLP$ . Максимальным ( $MS=8.4$  по 116 станциям,  $MPLP=7.7/15$ ,  $MPSP=7.4/79$ ) в списке является сильнейшее землетрясение у западного побережья Северной Суматры ( $\varphi=2.269^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=93.083^\circ\text{E}$ ) 11 апреля в  $08^{\text{h}}38^{\text{m}}$ . Обе антарктические станции ГС РАН зарегистрировали это землетрясение.

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 [9] или электронного каталога EDR NEIC Геологической службы США [12]. Только для части событий, зарегистрированных станциями «Мирный» и «Новолазаревская», были найдены аналоги в указанных источниках [9, 12], поэтому на карту (рис. 2) нанесено всего 1546 эпицентров землетрясений, из них 298 событий зарегистрированы обеими станциями, 1075 и 173 – только станцией «Новолазаревская» и «Мирный» соответственно.

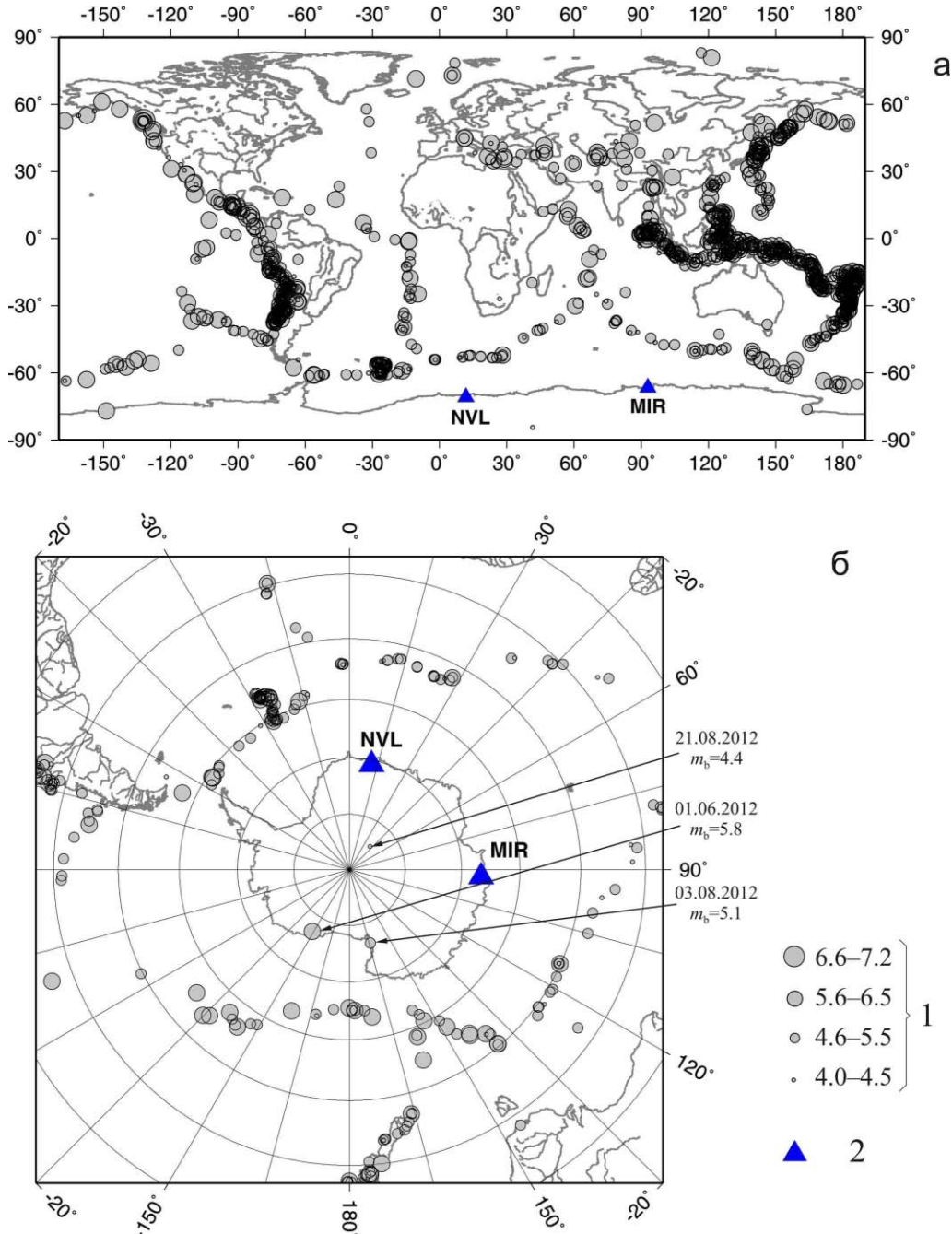


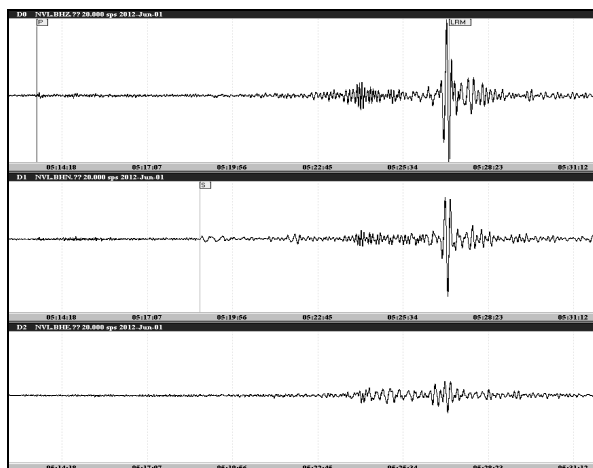
Рис. 2. Карты эпицентров землетрясений, зарегистрированных станциями «Мирный» и «Новолазаревская» в 2012 г. на земном шаре (а) и в районе сейсмического пояса Антарктиды [13] (б)

1 – магнитуа  $M_{PSP}/m_b$ ; 2 – сейсмическая станция; стрелками показаны эпицентры землетрясений 1 июня на берегу Сондерса с  $m_b=5.8$ , 3 августа – на побережье Земли Виктории с  $m_b=5.1$  и 21 августа – в континентальной части Антарктиды с  $m_b=4.4$  [12].

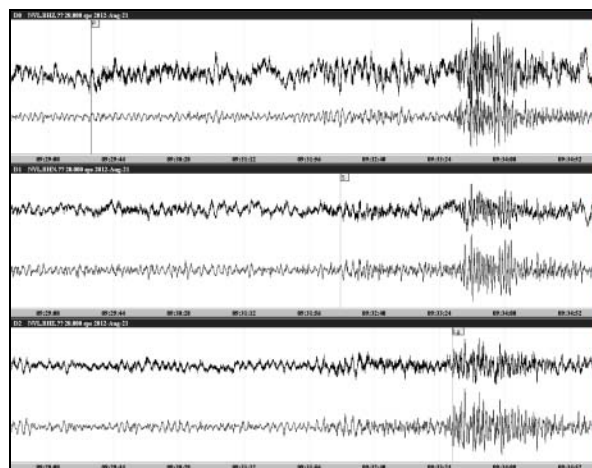
Большая часть эпицентров землетрясений, зарегистрированных станциями «Мирный» и «Новолазаревская», находится в Южном полушарии, в районах, входящих в Тихоокеанский сейсмический пояс [13], значительное число – на территории Индонезии, Вануату, Новой Зеландии, Южной Америки, Южной Африки, моря Скоша, Южных Шетландских островов, Южных Сандвичевых островов, а также Австрало-Антарктического поднятия, Африкано-Антарктического, Атлантического и Южно-Тихоокеанского океанических хребтов (рис. 2, [10]). В районе сейсмического пояса Антарктиды в 2012 г. на станции «Мирный» зарегистрировано и обработано 46 землетрясений, на станции «Новолазаревская» – 137 землетрясений с  $MPSP/m_b = 4.0–6.5$  (рис. 2 б).

По данным [11], в 2012 г. в Антарктиде произошло три землетрясения: 1 июня в 05<sup>h</sup>07<sup>m</sup> на берегу Сондерса ( $\varphi=77.08^\circ\text{S}$ ,  $\lambda=148.86^\circ\text{W}$ ) с  $m_b=5.8$ ; 3 августа в 06<sup>h</sup>06<sup>m</sup> – на побережье Земли Виктории (залив Мак-Мердо в море Росса) ( $\varphi=76.31^\circ\text{S}$ ,  $\lambda=164.07^\circ\text{E}$ ) с  $m_b=5.1$ , 21 августа в 09<sup>h</sup>26<sup>m</sup> – в континентальной части Антарктиды ( $\varphi=84.42^\circ\text{S}$ ,  $\lambda=41.47^\circ\text{E}$ ) с  $m_b=4.4$ . Станция «Новолазаревская» записала все три события (рис. 3 и 4), регистрационные возможности станции «Мирный» позволили ей записать только самое сильное землетрясение 1 июня.

Сильному землетрясению 1 июня с  $m_b=5.8$  предшествовали два толчка 13 января с  $m_b=4.7$  и 4.8, а 1 июня через 15 часов последовал афтершок с  $m_b=4.4$  [12]. Эти слабые события станции «Новолазаревская» и «Мирный» не зарегистрировали.



**Рис. 3.** Трехкомпонентная не фильтрованная запись станции «Новолазаревская» ( $\Delta=31.5^\circ$ ) землетрясения 01.06.2012 г. на берегу Сондерса, Антарктида, с  $m_b=5.8$  [12]



**Рис. 4.** Трехкомпонентная запись станции «Новолазаревская» ( $\Delta=14.6^\circ$ ) землетрясения 21.08.2012 г. в континентальной части Антарктиды с  $m_b=4.4$  [12]

Верхние (черные) кривые – нефильтрованная запись, нижние (красные) кривые – запись фильтрована в полосе  $\Delta f=0.2–1.4$  Гц.

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 ФИЦ ЕГС 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 2012 г. был для Антарктиды не самым активным, произошло всего два относительно сильных землетрясения с  $m_b=5.8$  и 5.1.

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. **Непрерывный сейсмологический, геофизический и геодинамический мониторинг на глобальном, федеральном и региональном уровнях, совершенствование и развитие его методов и средств.** Отчет о научно-исследовательской работе (заключительный). Т. 2. № госрегистрации 01201268546 / Рук. А.А. Маловичко. – Обнинск: Фонды ГС РАН, 2013. – 144 с.
2. **Пойгина С.Г.** Сейсмические наблюдения в Антарктиде // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 253–256.
3. **Зайцев В.И., Калинин А.А., Пойгина С.Г.** Сейсмические наблюдения в Антарктиде в 2012 г. // Квартальный бюллетень «Состояние природной среды Антарктики». Июль-сентябрь 2013 г. / Под ред. В.В. Лукина. – 2012. – № 3 (64). – С. 68–74. – URL: [http://www.aari.aq/default\\_en.html](http://www.aari.aq/default_en.html).
4. **Пойгина С.Г. (сост.).** Сейсмические станции в Антарктиде, действовавшие в 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD\_ROM.
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 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.
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 2012 год** [Электронный ресурс] / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2012–2013. – URL: [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2012](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2012)
10. **Пойгина С.Г. (сост.).** Землетрясения с  $MPSP \geq 6.0$ , зарегистрированные антарктическими станциями «Мирный» и «Новолазаревская» в 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD\_ROM.
11. **Болдырева Н.В. (отв. сост.), Аторина М.А., Бабкина В.Ф., Дуленцова Л.Г., Лёвкина А.В., Мальянова Л.С., Рыжикова М.И., Щербакова А.И. (сост.).** Каталог землетрясений Земли за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD\_ROM.
12. **Machine-readable EDR.** – NEIC, 2012–2013. – (На CD).
13. **Гутенберг Б., Рихтер Ч.** Сейсмичность Земли. – М.: ИЛ, 1948. – 160 с.