

УДК 550.34.038.3:550.348.432

## ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ АІА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕГИСТРАЦИИ СИГНАЛОВ ОТ СЕЙСМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ

А.И. Лящук, В.Н.Шапка, Ю.А. Гордиенко, Е.В. Карягин

*Національний антарктичний научний центр МОНУ; Головний центр спеціального контролю, г. Макаров-1, alex@ssk.mns.gov.ua*

В статье представлены результаты анализа сейсмического фона на Украинской антарктической станции Академик Вернадский – определена степень его влияния на регистрацию полезных сейсмических сигналов; оценена магнитудная чувствительность станции к региональным и телесеismicким событиям.

### Оцінка чутливості сейсмічної станції АІА за результатами реєстрації сигналів від сейсмічних джерел

У статті представлено результати аналізу сейсмічного фону на Українській антарктичній станції Академік Вернадський, визначено ступінь його впливу на реєстрацію корисних сейсмічних сигналів. Оцінено магнітудну чутливість станції до регіональних і телесеісмічних подій.

### Estimation of sensitiveness of the seismic station AIA on results of registration of signals from seismic sources

In the article the results of analysis of seismic background are represented at the Ukrainian Antarctic station the «Academic Vernadsky», the degree of his influence is certain on registration of useful seismic signals. The sensitiveness of the station is appraised to the regional and teleseismic events.

### Введение

Сейсмичность Антарктиды представлена в национальных и стандартных глобальных каталогах недостаточно. И количество сейсмических станций в Антарктиде недостаточно для полноценного мониторинга сейсмичности континента. В основном сейсмические станции находятся в Северном полушарии. В Антарктике расположено 14 постоянно действующих широкополосных сейсмических обсерваторий [1, 2], которые входят в состав глобальных мировых сетей. Наряду с постоянно действующими обсерваториями в Антарктиде для решения региональных и локальных задач эпизодично проводятся измерения с помощью временных сейсмических станций [1–4].

В 2000 году на Антарктической станции Академик Вернадский была установлена сейсмическая цифровая аппаратура для мониторинга региональной и телесеismicкой активности. При этом использовался стандартный сейсмический канал, а впоследствии были начаты наблюдения, проводимые цифровой трехкомпонентной сейсмической станцией Guralp-40T [5–7].

Среди задач первоочередной и актуальной является задача определения фоновой сейсмической обстановки в районе о. Галиндез, чувствительности к сейсмическим сигналам от сейсмоактивных зон по Земному шару.

### Фоновая сейсмическая обстановка и ее влияние на регистрацию сейсмических сигналов в месте расположения станции

Микросейсмические колебания всегда в той или иной степени присутствуют на сейсмограммах [8–10]. Их частотный спектр достаточно широк – от сотых долей до десятков и сотен Герц, но интенсивности в спектре распределены неравномерно. В зависимости от периода и интенсивности все микросейсмы условно разделяют на три группы:

- 1) микросейсмы первого рода с периодами от 2–3 до 6–10 секунд;
- 2) микросейсмы второго рода, или длиннопериодные, с  $T > 12–15$  сек.;
- 3) короткопериодные микросейсмы с периодами от сотых до 2–3 секунд.

Источники генерации указанных типов микросейсм в большинстве случаев разные. Так, микросейсмы первого рода обусловлены циклонической деятельностью над акваториями [8]. Микросейсмы второго рода и короткопериодные могут быть вызваны метеорологическими факторами, действующими непосредственно в районе пункта наблюдения, включая техногенные факторы. Микросейсмические сигналы усложняют, а в ряде случаев делают невозможным выделение полезного сигнала на их фоне.

На станции Академик Вернадский основными помехами для сейсмической аппаратуры являются микросейсмы первого рода. Наибольшая микросейсмическая интенсивность наблюдается во время интенсивной циклонической деятельности над акваторией, прилегающей к архипелагу Аргентинские острова. По характеру движения частичек среды и по скорости распространения микросейсмические сигналы относят к поверхностным волнам релеевского типа. При обработке измерительной информации, полученной с сейсмической станции АІА, определена средняя амплитуда сейсмического фона, которая составляет ~50 мкм. По величине амплитуды сейсмического фона пункт наблюдения следует отнести к шумным.

В частотном спектре фоновых сигналов выявлены два основных периода на протяжении года (рис.1): в ноябре–мае с частотами 0,30– 0,43 Гц (2,3 – 3,3 с); июне–октябре с частотами 0,14 – 0,25 Гц (4–7 с) [7] (рис. 1-3 см. на цв. вклейке).

На рис.1 также отмечены области распространения объемных и поверхностных волн от землетрясений. Видно, что период июнь–октябрь является более благоприятным для мониторинга за сигналами от землетрясений, в то время как в ноябре–мае невозможно обнаружение сейсмических сигналов с магнитудами, которые находятся на нижнем пределе чувствительности станции  $M=5$ .

Для исследования возможности определения координат источников генерации микросейсм первой группы проводилась совместная обработка суточных синоптических карт и спектрограмм сейсмического фона. Результаты обработки позволили предварительно установить максимальное влияние на уровень микросейсм циклонической деятельности в районе моря Беллингаузена и пролива Дрейка. На рис. 2 представлена спектрограмма, где зафиксирован момент увеличения интенсивности микросейсм первого типа, вызванной штормовой активностью. Наблюдается увеличение амплитуды сейсмического фона на частоте 0,17 Гц и возникновение шума на 0,3 Гц. Можно предположить, что изменение частоты вызвано перемещением фронта циклона.

Комплексная обработка измерительной информации различных геофизических полей может в дальнейшем использоваться для штормового предупреждения. Создание алгоритмов автоматического слежения за циклонами сейсмическими методами позволит вести такую работу непрерывно.

### Магнитудная чувствительность

На протяжении трех лет (2003–2005 гг.) на антарктической станции Академик Вернадский сейсмической станцией зарегистрировано 273 из 778 землетрясений с магнитудой  $M \geq 6$  [11,12]. Магнитуда является относительной логарифмической величиной, сравнивающей, насколько сильнее по амплитуде записи исследуемое явление, чем некоторое стандартное. Расчет магнитуды землетрясения производился по формуле:

$$M = \lg \left( \frac{A}{T} \right)_{\max} - B(\Delta, h) + \sum \delta M, \quad (1)$$

где  $A$  – максимальная амплитуда смещения грунта при прохождении Р- или LR-волны [мкм];  $T$  – период, соответствующий максимальной амплитуде [с];  $B(\Delta, h)$  – калибровочная функция, выражающая изменение величины  $\lg \left( \frac{A}{T} \right)$  от расстояния  $\Delta$  и глубины  $h$ ;  $\sum \delta M$  – сумма поправок, возникающих за счет особенностей трассы расположения сейсмических волн от очага до пункта наблюдения.

На основе полученных данных определена чувствительность сейсмической станции к районам повышенной сейсмичности. В целом с помощью сейсмической станции можно уверенно регистрировать землетрясения с магнитудой 6 и более. Сигналы из региона Оркнейских, Сандвичевых островов регистрируются с магнитудой 5 и выше. Сейсмические сигналы, источники которых – землетрясения Южной Америки, регистрируются с магнитудой не ниже 5.5. Исключение составляет территория, находящаяся относительно станции в «зоне тени» (расстояние 11400–15900 км), с порогом магнитуд на уровне 8. На рис. 3 представлено распределение землетрясений  $M \geq 6$  по земному шару и нанесены места землетрясений, зарегистрированных на станции.

Все определенные параметры сверялись с данными сейсмических сводок Национального центра данных Украины. С 2004 года основные измерения на станции Академик Вернадский проводились с помощью широкополосной цифровой трехкомпонентной сейсмической станции GURALP-40T. Трехкомпонентные измерения позволили правильно идентифицировать типы сейсмических волн от землетрясений, достигших станции, и более точно рассчитать координаты эпицентра [13].

На антарктической станции Академик Вернадский зарегистрировано большое количество сейсмических сигналов, которые отсутствуют в бюллетенях и сводках Мировых центров данных. По ряду характерных признаков на сейсмической записи их удалось классифицировать как сигналы от ударов подводной части айсбергов о морское дно; сигналы от растрескивания морского льда в период приливов-отливов; сигналы от схода лавин на полуострове [7]. В общем случае регистрируемые сигналы от перечисленных событий имеют небольшую длительность и более высокие частоты, чем сигналы от землетрясений, благодаря чему в большинстве случаев отсекаются при обработке.

### Выводы

Определена сезонная изменчивость отношения сигнал/шум на сейсмической станции Академик Вернадский, вызванная спецификой микросейсмического фона. Период июнь–октябрь является более благоприятным для мониторинга за сигналами от землетрясений. Антарктическая станция расположена в сейсмически шумном регионе, тем не менее дальнейшее повышение отношения сигнал/шум возможно. Для этого необходимо использовать современные алгоритмы предобнаружительной обработки сигналов. Возможно включение в обработку измерительной информации со станции Палмер (PMSA) и использование алгоритмов, применяемых для сейсмических сетей.

Заслуживает внимания использование непрерывного контроля сейсмического фона для мониторинга штормовой активности в регионе расположения антарктической станции Академик Вернадский.

## Список литературы

1. **Reading A.M.**, Antarctic Seismicity and Neotectonics. In: Antarctica at the close of a millennium. Gamble JA, Skinner DNB and Henrys S (eds). Royal Society of New Zealand Bulletin 35,479–484. 2002.
2. **Kaminuma K.**, Seismic Activity in and around the Antarctic Continent. Terra Antarctica Special Issue, 1, 423–426, 1994.
3. **Robertson S.**, Wiens D, Shore P, Smith GP, Vera E., Seismicity and tectonics of the South Shetland Islands and Bransfield Strait from the SEPA broadband seismograph deployment. In: Antarctica at the close of a millennium. Gamble JA, Skinner DNB and Henrys S (eds). Royal Society of New Zealand Bulletin 35,549–554. 2002.
4. **Danesi S**, Morelli A., Group velocity of Rayleigh waves in the Antarctic region. Physics of the Earth and Planetary Interiors, 122, 55–66. 2000.
5. **Качалін І.Г.**, Литвинов В.А., Вашенко В.М., Міліневський Г.П. Сейсмічні та інфразвукові спостереження в Антарктичному регіоні за період 2000–2001 рр. Київ. Перша Українська антарктична конференція, Збірник тез. 2001.
6. **Качалин И.Г.**, Ляшук А.И., Гуков В.М., Сейсмические исследования на антарктической станции «Академик Вернадский» и их развитие. //Тезисы II украинской антарктической конференции «Антарктический полуостров – ключевой регион для исследований изменений в окружающей среде». 22–24 июня 2004 г.
7. **Гуков В.М.**, Ляшук О.І., Каплаушенко В.М. Сейсмічні дослідження на антарктичній станції Академік Вернадський та їх розвиток. Київ, Друга Українська антарктична конференція, Збірник тез. 2004.
8. **Рыкунов Л.Н.**, Микросейсмы. Экспериментальные характеристики естественных микровибраций грунта в диапазоне периодов 0,07 – 8 сек. – М.: Наука, 1967 г.
9. **Винник Л.П.**, Структура микросейсм и некоторые вопросы методики группирования в сейсмологии – М.: Наука, 1968 г.
10. **Пасечник И.П.**, Характеристика сейсмических волн при ядерных взрывах и землетрясениях. – М.: Наука, 1970 г.
11. **Ляшук О.І.** Звіт про сейсмоакустичні дослідження на антарктичній станції Академік Вернадський у 2003–2004 рр. Антарктика. 2004.
12. **Каплаушенко В.М.** Звіт про сейсмоакустичні дослідження на антарктичній станції Академік Вернадський у 2004–2005 рр. Антарктика. 2005.
13. **Шапка В.М.**, Вашенко В.М., Ляшук О.І. та ін. Звіт про виконання НДКР «Режимні сейсмоакустичні, радонові спостереження в Антарктиці». Макарів-1, 2005.