

6. L. Atallah, P.J. Probert Smith: Using Wavelet Analysis to Classify and Segment Sonar Signals Scattered from Underwater Sea Beds.
7. Акустика морских осадков / Под ред. Л. Хэмптона. – М.: Мир, 1977. – 533 с.
8. Воронин В.А., Кузнецов В.П., Мордвинов Б.Г., Тарасов С.П., Тимошенко В.И. Нелинейные и параметрические процессы в акустике океана. – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2007. – 448 с.

**Тарасов Сергей Павлович**

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге

E-mail: [tarasov@fep.tsure.ru](mailto:tarasov@fep.tsure.ru)

347900, Ростовская обл., г. Таганрог, ул. Мариупольское шоссе, д.27, кв.60

Телефон: 8(8634) 31-06-35

Заведующий кафедрой электрогидроакустики и медицинской техники

**Солдатов Геннадий Валерьевич**

E-mail: [g.soldatov@gmail.com](mailto:g.soldatov@gmail.com)

**Чаус Татьяна Александровна**

E-mail: [damndest@gmail.com](mailto:damndest@gmail.com)

**Tarasov Sergey Pavlovich**

Taganrog Institute of Technology - Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education "Southern Federal University"

E-mail: [tarasov@fep.tsure.ru](mailto:tarasov@fep.tsure.ru)

347900, Russia, Rostov areas, Taganrog, Mariupolskoe shosse, 27, 60, Ph.: 8(8634)31-06-35

**Soldatov Gennady Valerevich**

E-mail: [g.soldatov@gmail.com](mailto:g.soldatov@gmail.com)

**Chaus Tatiana Aleksandrovna**

E-mail: [damndest@gmail.com](mailto:damndest@gmail.com)

УДК 53.06

**С. Б. Наумов, В. Ф. Смирнов, П. А. Волков, Л. В. Губко**

**КРАТКОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ПОДВОДНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

*В докладе рассмотрена зависимость разницы во времени приёма сейсмической волны, а также зависимость электромагнитной волны от расстояния до эпицентра. Установлено, что физический процесс, вызывающий фокусику и генерирование электромагнитной волны, протекает в эпицентре примерно за десятки часов – до нескольких часов перед землетрясением.*

*Предвестники землетрясения; энергия сейсмических волн; электромагнитная волна; краткосрочный прогноз.*

**S.B. Naumov, V.F. Smirnov, P.A. Volkov, L.V. Gubko**

**THE SHORT-TERM FORECAST OF UNDERWATER EARTHQUAKES**

*In the report dependence of a difference in time of reception of a seismic wave, and also an electromagnetic wave from distance up to an epicentre is considered. It is estab-*

*lished, what the physical process causing forshocks and generating of an electromagnetic wave, proceeds in an epicentre approximately for tens hours. Till several o'clock before earthquake.*

*Harbingers of earthquake; energy of seismic waves; an electromagnetic wave; the short-term forecast.*

Данные по состоянию вопроса взяты из ранее проведенных экспериментов и наблюдений. К настоящему времени в различных сейсмоактивных регионах мира зарегистрированы аномальные изменения сейсмического состояния места предстоящего землетрясения и генерирование электромагнитных волн, возникающие за первые десятки часов – первые часы перед землетрясениями в зоне подготовки [1]. Предвестники такого масштаба времени могут использоваться для краткосрочного прогноза подводного землетрясения.

В нашем случае главной задачей при изучении упругой и электромагнитной волны как предвестников землетрясений, для использования в прогнозе, является установление связи между разницей во времени приёма этих волн в разнесённых пунктах с эпицентральной расстоянием  $R$ .

С помощью этой связи, используя несколько станций, можно определить координаты эпицентра готовящегося землетрясения [2]. Основанием для использования форшоков перед подводными землетрясениями, удалёнными от прибрежной полосы, является физический процесс, наиболее проявляющийся энергетически в водной среде. Все другие дистанционные предвестники землетрясения либо сильно ослаблены, либо не распространяются, как, например, электромагнитные волны.

Учитывая вышесказанное, рассмотрим связь разницы времён принятия упругой волны в трёх разнесённых станциях и эпицентром  $Z$  ожидаемого землетрясения. Существуют всего 2 дистанционных предвестника повышенной активности источника сейсмичности – это упругие волны и электромагнитные волны. В отличие от известных теорий образования электромагнитной волны вследствие изменения напряжённости атмосферного электрического поля [4], мы считаем, что электромагнитные волны образуются вследствие деформационных преобразований и перераспределения энергии в самом центре землетрясения. Далее рассмотрим упругую волну для определения координат источника повышенной сейсмичности. Выявление эпицентра землетрясений требует минимум 3 приёмных устройства упругих волн и соответствующую выведенную формулу для обработки данных.

На рис.1 показано, что одна и та же сейсмическая волна с одинаковыми характеристиками принимается в трёх точках А, В, С. Соответственно  $t$ ,  $t_1$ ,  $t_2$  – реальная, фактическая величина времени приёма, причем  $t < t_1 < t_2$ . Скорость распространения сейсмической волны во всех трёх направлениях будем считать приблизительно одинаковой  $\approx v$ ,  $t_0$  – время возникновения сейсмической волны. За время  $t$  волна пройдёт расстояние  $R$ ,  $t$  пропорционально  $R$ , в точке приёма А, соответственно  $t_1 \Leftrightarrow R_1$ , для точки приёма В и  $t_2 \Leftrightarrow R_2$ , для точки приёма С. Для таких условий справедливо равенство отношений  $R/R_1=t/t_1$ ,  $R/R_2=t/t_2$ . Из первого равенства  $R/R_1=t/t_1$  следует:  $R=t/t_1 \times R_1 \Rightarrow \Delta r = (1 - t/t_1) \times R_1 \Rightarrow R_1 = \Delta r / (1 - t/t_1) \Rightarrow R_1 = v \times (t_1 - t) / (1 - t/t_1)$ , в правой половине равенства все величины известны, аналогично для  $R_2$ :

$$R_2 = v \times (t_2 - t) / (1 - t/t_2).$$

Расстояние  $R$  определяем, зная расстояния  $R_1$  и  $R_2$ :

$$R = t/t_1 \times R_1 = t/t_2 \times R_2.$$

Зная все расстояния от эпицентра возникновения сейсмической волны до трёх точек её приёма (координаты точек приёма нам известны, так как мы сами располагали приёмные устройства в этих пунктах), нанесём на географической карте окружности с радиусами  $R, R_1, R_2$ , пропорциональными масштабу карты, и центрами в точках приёма  $A, B, C$ , на пересечении этих окружностей, на карте, определим координаты центра  $Z$  сейсмической активности.

Данная методика определения координат эпицентра землетрясения справедлива и для электромагнитных волн как предвестника землетрясения. Универсальность метода позволяет обрабатывать данные от нескольких предвестников землетрясения, имеющих волновой характер, что повышает вероятность краткосрочного прогноза. Основанием правильности прогноза катастрофических землетрясений является определение эпицентра.

Для определения эпицентра и времени землетрясения был проведён эксперимент, где рассматривался другой предвестник землетрясения – отклик ионосферы на форшоки и электромагнитную волну. Эксперимент проводился с целью подтверждения вышеизложенной методики краткосрочного прогноза эпицентра землетрясения и выяснения существования зависимости времени ионосферных предвестников землетрясения перед конкретным сейсмическим событием. Проанализированы данные зондирования по вариациям основных параметров ионосферы, критической частоты отражений от регулярных слоя  $F2$  и крупномасштабных ионосферных неоднородностей.

Измерения проводились в феврале 2007 г., на Якутской меридиональной цепочке ионозондов вертикального зондирования Тикси – Жиганск – Якутск – Нерюнгри. Данные о землетрясениях взяты с Центральной опытно-методической экспедиции (ЦОМЭ) ГС РАН. В результате пробных измерений на станциях вертикального зондирования получены следующие результаты.

По данным анализа ионосферных материалов станции Якутск установлено, что перед большими землетрясениями с магнитудой  $M \geq 4$  наблюдается понижение критических частот слоя  $F2$  за 2 дня до дня землетрясения. Такое поведение ионосферы при больших землетрясениях охватывает область предстоящего землетрясения. На рис.3 приведён фрагмент суточной вариации  $foF2$ , где падение критической частоты наблюдалось за 5 часов до сейсмических событий.

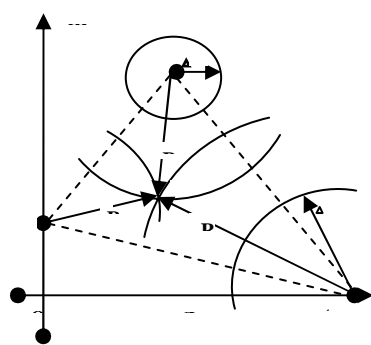


Рис. 1. Схема приема сейсмической волны до землетрясения

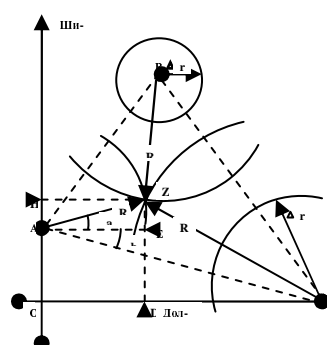


Рис. 2. Схема приема сейсмической волны после землетрясения

В день землетрясения наблюдается anomalously резкое понижение суточного хода критической частоты ионосферы. А в следующие 2 дня восстановление суточного хода. Интервал времени проявления предвестников землетрясения данно-

го эксперимента совпадает с результатами Камчатского эксперимента [4] и составляет период от 30 часов до 1 часа.

Вариации foF2 с серией землетрясений, форшоки (обозначены стрелками) с магнитудами 1.8, 1.2 и 1.5 по измерениям в Нерюнгри.

Временной анализ эксперимента на станциях зондирования подтвердил данные, полученные от (ЦОМЭ) ГС РАН по месту эпицентра землетрясения.

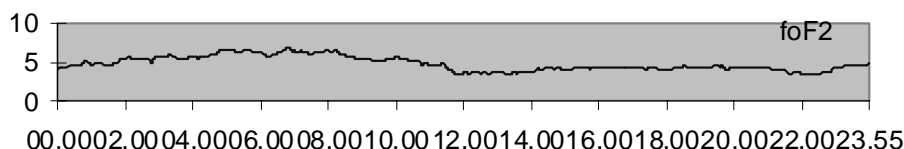


Рис.3. Пример суточного изменения foF2

#### Результаты эксперимента

- По данным анализа ионосферных материалов станций установлено, что перед большими землетрясениями с магнитудой  $M \geq 5$  наблюдается понижение критических частот слоя F2 за 2 дня до дня землетрясения;
- Перед землетрясением, за 30–60 минут, по данным ионосферных станций, наблюдается отрицательное ионосферное возмущение. Ионосферный отклик на воздействие АГВ (акустико-гравитационная волна) от очагов землетрясений проявляется в слое F в виде положительных ионосферных возмущений, которые выделяются на временном ходе ионизации.
- По нашим оценкам, скорость распространения фронта АГВ составляет 300–350 м/с.
- Центр сейсмической активности возможно определить по анализу временных данных трёх и более зондирующих станций.

#### Вывод

Предлагаемый метод определения эпицентра подводных землетрясений, при краткосрочном прогнозе, является законченным вариантом и подтвержден экспериментом.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руленко О. П. Оперативные предвестники землетрясений в электричестве приземной атмосферы // Вулканология и сейсмология. 2000. №4. С. 57–68.
2. Короченцев В.И., Губко Л.В. Способ прогноза местоположения и интенсивности землетрясения. RU 2150717 С1. 18.02.1989 г.
3. Смирнов В.Ф., Степанов А.Е., Филиппов Л.Д. Ионосферные проявления больших сейсмических событий в Якутии // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Сейсмичность Южно-Якутского региона и прилегающих территорий», 24-27 октября 2005 г. Нерюнгри, 2005. С.94–99.
4. Руленко О.П., Дружин Г.И., Вершинин Е.Ф. Измерения атмосферного электрического поля и естественного электромагнитного излучения перед камчатским землетрясением 13.11.93 г.,  $M=7,0$  // Докл. РАН. 1996. Т. 348. №6. С. 814–816.

5. Моргунов В.А. Акустическая, электромагнитная эмиссии и деформационный процесс // Динамические процессы в геофизической среде. – М.: Наука, 1994. – С. 167–185.
6. Моргунов В. А. Реальности прогноза землетрясений // Изв. РАН. Физика Земли. 1999. №1. С. 79–91.
7. Моргунов В. А., Шахраманьян М. А. Задачи оперативного прогноза землетрясений // Докл. РАН. 1996. Т. 349. №6. С. 818–821.

**Наумов Сергей Борисович**

Институт радиоэлектроники, информатики и электроники Дальневосточного государственного технического университета

E-mail: [revtrud@yandex.ru](mailto:revtrud@yandex.ru)

690912, Россия, г. Владивосток, Лермонтова, 64, А, кв. 47, тел.: 8(4232)380373

**Смирнов Владимир Фадеевич**

E-mail: [volkk100@mail.ru](mailto:volkk100@mail.ru)

**Губко Людмила Владимировна**

E-mail: [vkoroach@mail.ru](mailto:vkoroach@mail.ru)

**Волков Павел Анатольевич**

E-mail: [volkk100@mail.ru](mailto:volkk100@mail.ru)

**Naumov Sergei Borisovich**

Far Eastern National Technical University, Institute of Radio electronics, Information Science and Electrical Engineering, Department of Hydroacoustics

E-mail: [revtrud@yandex.ru](mailto:revtrud@yandex.ru)

Flat 47, 64A, Lermontova Str., Vladivostok, 690912, Russia, Ph.: +7 (4232) 450982

**Smirnov Vladimir Fadeevich**

E-mail: [volkk100@mail.ru](mailto:volkk100@mail.ru)

**Gubko Lyudmila Vladimirovna**

E-mail: [vkoroach@mail.ru](mailto:vkoroach@mail.ru)

**Volkov Pavel Anatolyevich**

E-mail: [volkk100@mail.ru](mailto:volkk100@mail.ru)

УДК 621.372.54

**А. В. Скняря, С. С. Мосолов**

**ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ПРИЁМНЫЙ ТРАКТ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО  
ПРОФИЛОГРАФА ДНА**

*Описан способ реализации тракта приёма широкополосных сигналов параметрического профилографа с использованием программируемых аналоговых интегральных схем (ПАИС). Показаны преимущества такой реализации и отмечены проблемы применения ПАИС.*

*Параметрический профилограф; адаптивный приёмный тракт; сложный широкополосный сигнал; программируемые аналоговые интегральные схемы; дискретные фильтры.*

**A.V. Sknarya, S. S. Mosolov**

**WIDE-BAND RECEPTION PATH OF PARAMETRIC PROFILER**