

ISSN 1609-7742

# Наукові праці

Випуск 36. 2006

ІСТОРІЯ  
ТЕХНІКА  
ЕКОЛОГІЯ  
ФІЛОЛОГІЯ  
ЕКОНОМІКА  
ПЕДАГОГІКА  
ПОЛІТИЧНІ НАУКИ  
ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА  
КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Серія

**ТЕХНОГЕННА  
БЕЗПЕКА**

**ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА  
КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ**

*Сливинский А.П., Бушуев Ф.И., Калюжный Н.А., Образцов Ю.М., Шульга А.В.,  
Научно-исследовательский институт "Николаевская Астрономическая Обсерватория"  
(НИИ НАО), Украинский радиотехнический институт (УРТИ), г. Николаев*

# **ИОНОСФЕРНЫЙ ПРЕДВЕСТНИК ПАКИСТАНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 08.10.2005 ПО СИГНАЛАМ СДВ СТАНЦИИ**

На аппаратно-программном комплексе НИИ НАО проводится непрерывная круглосуточная цифровая запись с темпом одна секунда амплитуды сигналов точного времени и частоты СДВ радиостанции DCF-77 (Майнфлинген, Германия). В результате анализа накопленных временных последовательностей амплитуды сигналов СДВ точного времени и частоты радиостанции DCF-77 обнаружено характерное для ионосферного предвестника уменьшение дневной амплитуды за двое суток до разрушительного землетрясения с магнитудой 7.6 балла, произошедшего 08.10.2005 г. в Пакистане. Состояние солнечной активности и геомагнитная обстановка были спокойными. В дополнение к этому подвергалась анализу цифровая запись (с тактом две секунды) показаний часов Федченко (маятник в баллоне с откачанным воздухом). При этом яркое возмущение показаний часов наблюдалось спустя 8.7 минуты после первого удара, в то же время, за 7.2 минуты перед этим моментом, наблюдалось заметное уменьшение дисперсии показаний часов.

On a hardware – program complex of scientific research institute NAO continuous round-the-clock digital record with a step one second of amplitude of signals an exact times and frequencies LW of radio station DCF-77 (Mainflingen, Germany) will be carried out. As a result of the analysis of the saved up time sequences of amplitude of signals LW the exact times and frequencies of radio station DCF-77 is revealed characteristic for ionospheric prediction reduction of day time amplitude two day prior to destructive earthquake with magnitude 7.6 ball, the occurred 08.10.2005 in Pakistan. The condition of solar activity and geomagnetic conditions were quiet. In addition to this, digital record (with a step two seconds) indications of hours Fedchenko (a pendulum in a cylinder with pumped out air) was exposed to the analysis. Thus, bright indignation of indications of hours was observed after 8.7 minutes after the first impact, at the same time, for 7.2 minutes before this moment appreciable reduction of a dispersion of indications of hours was observed.

## **Введение**

В настоящее время и с каждым годом всё насущнее становится необходимым решение проблемы краткосрочного прогноза землетрясений. В мировой исследовательской практике имеется опыт, указывающий на возможность краткосрочного прогноза землетрясений. Такая возможность обсуждалась, например, в работах [1; 2], с использованием метода радиозондирования состояния нижнего D-слоя ионосферы. Тем не менее, вопрос повышения достоверности обнаружения ионосферного предвестника землетрясения остаётся актуальным. В связи с этим в предлагаемой работе приводятся результаты наблюдения возмущения ионосферы, предшествующие разрушительному пакистанскому землетрясению и подтверждающие повторяемость портрета феномена, полученного по сигнальной информации сверхдлинноволновых (СДВ) радиопередатчиков в пункте наблюдения в г. Николаеве.

## **Результаты анализа ионосферных данных**

Ионосфера является объектом, чувствительным к изменениям солнечной активности, космическим излучениям, геотектоническим процессам, антропогенным воздействиям и пр. Ранее уже отмечались характерные особенности поведения сигнальной информации СДВ передатчиков. В период с 1992 по 1996 г. вблизи г. Магадана проводилась регулярная круглосуточная регистрация сигналов ФРНС "Омега" по трем

радиотрассам: Магадан – Гавайи, Магадан – Цусима и Магадан – Австралия. На этот временной интервал пришлось единственное разрушительное землетрясение 27.05.95 [3], произошедшее на острове Сахалин (магнитуда  $M=7.8$ ), на расстоянии  $\sim 700$  км от пункта наблюдения. Аномалия поведения амплитуды сигнала для всех трёх радиотрасс проявилась в существенном уменьшении как ночных, так и дневных величин амплитуды сигнала и началась за три недели до события. Подобные аномалии характеристик сигналов СДВ радиостанций отмечались и ранее. За несколько суток перед разрушительными калифорнийским (18.10.1989,  $M=7.0$ ,  $H=18$  км) и румынским (30.05.1990,  $M=7.1$ ,  $H=89$  км) землетрясениями происходило существенное длительное уменьшение уровней сигналов СДВ радиостанций (вплоть до полного отсутствия) в пунктах регистрации, расположенных вблизи очагов подготовки указанных землетрясений.

Проводимые в Николаевской астрономической обсерватории регулярные наблюдения состояния возмущенности нижнего D-слоя ионосферы, представляемые в качестве ионосферных данных, по результатам анализа сигнальной информации СДВ радиопередатчиков, подтвердили оправданность ранее развитого подхода и интерпретации подобных характерных признаков поведения сигнальной информации за несколько суток, предшествующих землетрясениям. На фоне спокойной обстановки по солнечной активности, в дневных условиях на радиотрассах, наблюдалось уменьшение амплитуды сигналов передатчиков DCF-77 и RBU-66 [4]. Такое явление может быть связано с ухудшением условий распространения СДВ радиоволн в канале Земля – ионосфера, за счёт увеличения концентрации плазмы в атмосфере [5; 6] над очагом подготовки землетрясения.

08.10.2005 в Пакистане произошло сильное землетрясение, повлекшее за собой огромные разрушения и жертвы. Характеристики землетрясения, включая наиболее сильные афтершоки, приведены в табл. 1.

Несмотря на большую удаленность пункта регистрации от очага землетрясения ( $R \approx 3700$  км), поведение амплитуды сигнала СДВ станции DCF-77, для дневных условий на радиотрассе, было аномальным уже за два дня до землетрясения. На рис. 1 приведен график изменения величины амплитуды (мкВ) сигнала СДВ станции DCF-77 на интервале времени с 04.10.2005 по 09.10.2005. Стрелкой на рис. 1 показан момент главного удара 03:50:38 рассматриваемого землетрясения.

Согласно данным, представленным на рис. 1, с 06.10.2005 по 08.10.2005, так же, как и в предыдущих описанных случаях [5; 6], наблюдалось заметное уменьшение амплитуды сигнала в дневных условиях на радиотрассе за два дня перед землетрясением. В то же время уровень дневных значений как по характеру, так и по величине сохранялся на протяжении двух месяцев перед землетрясением, подобный тому, какой он имел вид 04.10.2005 и 05.10.2005. Гелио-геофизическая обстановка на интервале с 04.10.2005 по 09.10.2005 была спокойной. На основании этого наблюдаемые особенности поведения амплитуды сигнала передатчика DCF-77 с 06.10.2005 по 08.10.2005 в дневных условиях на радиотрассе образовались за счёт ухудшения проходимости радиоволн в радиоканале Земля – ионосфера над очагом подготовки землетрясения, пространственная протяженность которого простиралась до пункта регистрации.

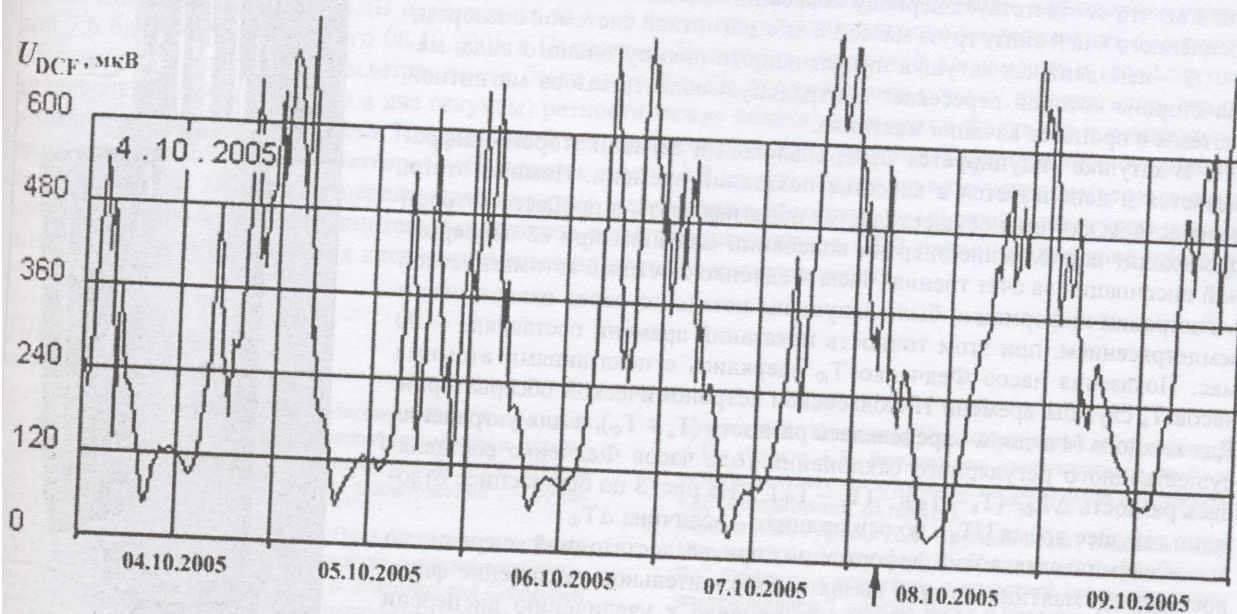


Рис. 1. График изменения величины амплитуды сигнала СДВ станции DCF-77 на интервале времени с 04.10.2005 по 09.10.2005

Таблиця 1

**Характеристики землетрясения, произошедшего в Пакистане 08.10.2005 г.,  
включая наиболее сильные афтершоки**

Дата	Время	Северная широта, град.	Восточная долгота, град.	Глубина, км	Магнитуда
2005.10.08	03:50:38	34.402	73.560	10	7.6
2005.10.08	04:26:11	34.640	73.149	10	5.8
2005.10.08	05:08:42	34.711	73.351	10	5.4
2005.10.08	05:19:49	34.748	73.141	10	5.6
2005.10.08	05:26:06	34.708	73.107	10	5.6
2005.10.08	06:15:25	34.519	73.430	10	5.5
2005.10.08	06:42:31	34.681	73.614	10	5.4
2005.10.08	07:37:22	34.681	73.012	10	4.6
2005.10.08	08:21:52	34.760	73.201	10	5.2
2005.10.08	09:01:56	34.622	73.266	10	5.2
2005.10.08	10:16:58	34.706	73.069	10	5.1
2005.10.08	10:31:34	34.260	73.687	10	4.8
2005.10.08	10:46:29	34.704	73.081	10	6.2

**Результаты анализа по регистрации сейсмических колебаний**

В дополнение к приведенной сигнальной информации по ионосферным данным, с тактом 2 секунды, проводилась цифровая запись показаний времени часов Федченко. Фотография часов Федченко приведена на рис. 2.

Устройство часов включает в себя следующие элементы:

1 – герметичная колба с помещенным в нее маятником, давление внутри которой поддерживается на уровне ~ 4 мм ртутного столба;

2 – маятник, состоящий из стальной штанги (диаметром 6 мм и длиной 1 м, что соответствует периоду колебаний маятника  $T = 2$  сек) и прикрепленного к ней снизу груза массой 8 кг с магнитной системой с зазором;

3 – неподвижная катушка индуктивности прямоугольного вида, малая сторона которой пересекает центральную область зазора магнитной системы в процессе качания маятника.

В катушке индуцируется ЭДС, аналоговый сигнал которой оцифровывается и используется в качестве показаний времени. Помимо этого, посредством катушки осуществляется обратная связь, в процессе которой происходит восполнение энергии колебаний маятника при её непрерывной диссипации за счёт трения. Часы Федченко в режиме автоматической регистрации информации были запущены незадолго перед пакистанским землетрясением, при этом точность показаний времени составляла ~100 мкс. Показания часов Федченко  $T_{\Phi}$  сверялись с показаниями атомных часов  $T_a$  службы времени Николаевской астрономической обсерватории. Для каждого  $i$ -го такта определялась разность  $(T_a - T_{\Phi})_i$  и для устранения существенного регулярного отклонения хода часов Федченко составлялась разность  $\Delta T_{\Phi i} = (T_a - T_{\Phi})_i - (T_a - T_{\Phi})_{i-1}$ . На рис. 3 по оси абсцисс отложено текущее время UT, а по оси ординат – величина  $\Delta T_{\Phi}$ .

Сейсмическая волна деформации, при её достаточной энергии, по достижении маятника может вызвать дополнительное увеличение флуктуаций зазора, что, в свою очередь, привело к увеличению дисперсии показаний часов Федченко. Согласно данным, представленным на рис. 3 и в табл. 1, следует, что существенное увеличение дисперсии величины  $\Delta T_{\Phi}$  (приблизительно вчетверо) произошло в 03.59.20, т.е. спустя  $\Delta t = 522$  секунды после первого удара. Отсюда легко получить оценку скорости распространения волны деформации  $V_p = R/\Delta t \approx 7$  км/с.

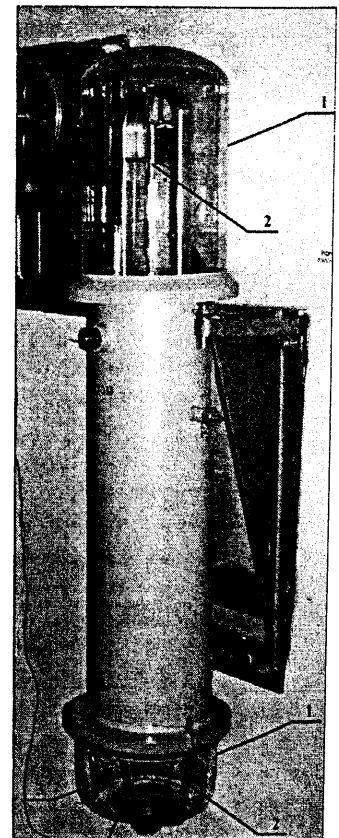


Рис. 2. Часы Федченко



Рис. 3. Дифференциальные данные мониторинга часов Федченко 08.10.2005 г.

Наряду с этим наблюдалось заметное уменьшение дисперсии показаний часов (см. рис. 3) ~ за 7.2 минуты перед первым ударом. Такой феномен, если он повторится впоследствии, можно определить как предвестник.

### Заключение

Аналізу подвергались апостериорные наблюдаемые данные временных последовательностей амплитуды сигналов СДВ точного времени и частоты радиостанции DCF-77 (Майнфлинген, Германия). Несмотря на большую удаленность пункта регистрации от очага землетрясения, обнаружено характерное уменьшение дневной амплитуды СДВ передатчика за двое суток до разрушительного землетрясения с магнитудой 7.6 балла, произошедшего 08.10.2005 в Пакистане. Состояние солнечной активности и геомагнитная обстановка, задолго перед землетрясением, были спокойными. В дополнение к этому, подвергалась анализу цифровая запись (с тактом в две секунды) разности между показаниями часов Федченко и показаниями атомных часов службы времени Николаевской астрономической обсерватории. Существенное отклонение разности (приблизительно вчетверо) наблюдалось спустя 8.7 минуты после первого удара землетрясения, в то же время, за 7.2 минуты перед этим моментом, наблюдалось заметное уменьшение дисперсии показаний часов. Постановка дополнительных пунктов регистрации сигналов СДВ радиопередатчиков представит возможность определения дислокации очага подготовки землетрясения.

### Література

1. Гуфельд И.Л., Маренко В.Ф., Пономарев Е.А., Ямпольский В.С. Исследование D-области ионосферы методом наклонного зондирования на сверхдлинных волнах // Сб. "Поиск электромагнитных предвестников землетрясений". – Москва: ИФЗ, 1988. – 163 с.
2. Бушуев Ф.И., Сливинский А.П. Предшествующие сильным землетрясениям возмущения амплитуд сигналов радиостанций служб точного времени // Сб. Extension and Connection of Reference Frames using CCD ground-based Technique, October 10-13, 2001, Nikolaev, Ukraine.
3. Калужный Н.А., Сливинский А.П., Ураев В.П. Предшествующие и следующие за сильным сахалинским землетрясением возмущения характеристик сигналов сверхдлинноволновых навигационных радиостанций // Сб. "Использование ПЗС методов исследования солнечной системы". – Николаев, 2000.
4. Бушуев Ф.И., Калужный Н.А., Образцов Ю.М., Сливинский А.П., Шульга А.В. Возможность краткосрочного прогноза разрушительных землетрясений по сигнальной информации СДВ передатчиков. (В печати).
5. Воинов В.В., Гуфельд И.Л., Кругликов В.В., Ледовский И.С., Маренко В.Ф., Миранян Ф.П., Панаджян В.Г., Ямпольский В.С. Эффекты в ионосфере и атмосфере перед спутковским землетрясением 7 декабря 1988 г // Известия АН СССР, сер. "Физика Земли". – 1992. – №3. – С. 98-101.
6. Бушуев Ф.И., Калужный Н.А., Сливинский А.П., Шульга А.В. Особенности характеристик сигналов СДВ и GPS станций при солнечных вспышках и над геотектоническими разломами. (См. этот сборник).

Надійшла до редколегії 11.11.05.