

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛОВ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

К.П.Гайкович, С.С.Кашкаров, М.И.Черняева,  
Daniel E. Wolf, Seth I. Gutman

*Научно-исследовательский радиофизический институт,  
ул. Б.Печерская, 25, Нижний Новгород, 603600  
Институт физики атмосферы РАН, Пыжевский пер.3, Москва,  
NOAA Environmental Technology Laboratory, NOAA Forecast Systems Laboratory,  
U.S. Department of Commerce, 325 Broadway, Boulder, Colorado, U.S.A. 80303.*

Приводятся результаты исследований атмосферы по данным измерений фазовых характеристик сигналов глобальных навигационных систем GPS, GLONASS и TRANSIT. Основной целью исследований являлась разработка метода определения интегрального влагосодержания атмосферы с использованием приемника, способного принимать сигналы обеих систем. Увеличение числа источников должно было обеспечить рост точности метода, в основе которого лежит известная зависимость фазового сдвига сигнала в атмосфере от величины ее интегрального влагосодержания. Погрешности эталонов времени исключаются при двухпозиционных измерениях разностным методом или методом двойных разностей [1-2].

Помимо такого способа в [3] была решена обратная задача определения высотного профиля показателя преломления по измерениям сдвига фазы сигнала на низких углах места. Соответствующее интегральное уравнение 1-го рода с нелинейным ядром решалось на основе итерационного алгоритма. В алгоритме на каждом шаге решалось линеаризованное уравнение Фредгольма 1-го рода с применением методов регуляризации (статистической и Тихонова). По вкладу атмосферного водяного пара, выделенному из восстановленного высотного профиля индекса рефракции, определялся профиль концентрации водяного пара и интегральное влагосодержание в вертикальном столбе атмосферы. В [3] приведены первые результаты восстановления высотных профилей показателя преломления по данным измерений сигналов ИСЗ навигационной системы TRANSIT. Эти результаты показали, что так же, как и при решении задачи рефракции из измерений доплеровской частоты в [4], практически вся информация о высотном профиле индекса рефракции содержится в данных о фазе сигнала на углах места ниже  $5^\circ$ .

Однако по стабильности параметров сигнала и точности координатной привязки эта система существенно уступает системам GPS и GLONASS, использование которых позволяет добиться существенно более точных результатов восстановления. При достигнутой точности измерений фазы в системе GPS погрешность определения интегрального влагосодержания из измерений фазы на высоких углах места [1-2] составляет  $\delta Q = 0,2 \text{ г/см}^2$ .

Результаты показывают, что метод [3], основанный на измерениях при малых углах места, дает сравнимые с [1-2] точности определения полной массы водяного пара при существенном (на два порядка) снижении требований к точности фазовых измерений и наличии преимуществ, связанных с небольшим интервалом времени измерений и независимостью от траектории спутника.

На рис.1 представлен пример восстановления высотного профиля показателя преломления  $N(h)$  по измерениям приращения фазового сдвига сигнала GPS в интервале углов места от 0 до 5°.

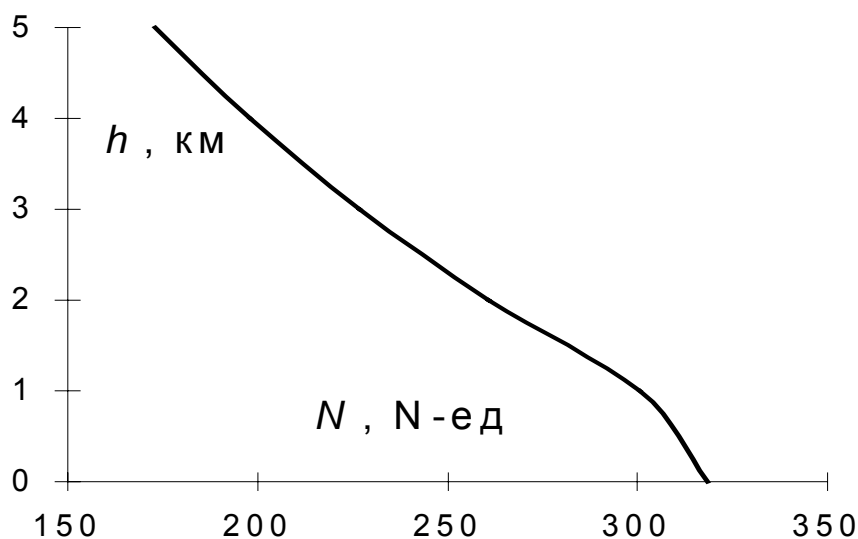


Рис.1. Пример восстановления высотного профиля индекса рефракции.

Исследования выполнены при поддержке CRDF, grant No.RG2-357.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bevis M. , Businger S., Herring T.A., et al. GPS meteorology: Remote sensing of atmospheric water vapor using the Global Positioning System. *J. Geophys. Res.* 1992. v.97, N D14, pp. 15.787-15.801.
2. Rocken Ch., Ware R., Van Hove T., at al. Sensing atmospheric water vapor with the Global Positioning System. *Geophys. Res. Lett.* 1993. v. 20, N 23, pp. 2631-2634.
3. Азизов А.А., Гайкович К.П., Кашкаров С.С., Черняева М.Б. Использование сигналов навигационных ИСЗ для определения параметров атмосферы. *Изв. ВУЗов. Радиофизика*, 1998, т.41, № 9, с.1093-1116.
4. Гайкович К.П. О наземной доплеровской радиорефрактометрии атмосферы. *Изв. вузов. Радиофизика*, 1992, т.35, № 3-4, с.211-219.