

Существует зависимость между значениями  $V_{\text{зон}}$  и  $O_3MD$ , коэффициент корреляции составляет 0,78. Таким образом, изменение общего содержания озона в антарктической озоновой дыре связано с динамическими процессами в нижней стратосфере. В период образования антарктической озоновой дыры происходит меридиональный перенос масс озона в циркумполярный вихрь, возникают естественные условия, при которых становится возможным уменьшение общего содержания озона в южной полярной стратосфере. Полученный результат будет использован при дальнейших исследованиях антарктической озоновой дыры.

*V. B. Kashkin, T. V. Rubleva, V. M. Myasnikov, S. A. Seliverstov*

Siberian Federal University, Russia, Krasnoyarsk

### PROPERTIES OF POLAR OZONE IN THE LOWER STRATOSPHERE OF THE SOUTHERN HEMISPHERE

*The work dwells upon the dependence of the zonal velocity of total ozone in circumpolar vortex of the southern hemisphere on the deficit of ozone mass at Antarctic ozone hole is found, correlation coefficient is 0.78 using satellite data. The total ozone decreasing in the Antarctic ozone hole is accompanied by an increasing of total ozone in circumpolar vortex.*

© Кашкин В. Б., Рублева Т. В., Мясников В. М., Селиверстов С. А., 2011

УДК 537.86

*В. Л. Миронов, К. В. Музалевский, А. В. Сорокин*

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева, Россия, Красноярск

*С. В. Фомин, М. И. Михайлов*

Институт физики имени Л. В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук, Россия, Красноярск

### ПОЛЕВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ПОЛУЧЕНИЮ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ СИГНАЛОВ GPS И ГЛОНАСС, ОТРАЖЕННЫХ ОТ ПАШНИ И ЛЕСНОГО ПОЛОГА

*Представлены результаты измерений интерференционной картины сигналов навигационных спутниковых систем GPS и ГЛОНАСС над открытым и покрытым растительностью почвенным слоем, а также поверх лесного полога в районе Красноярска. Для калибровочных измерений использована водная поверхность.*

С середины 1990-х гг. по настоящее время, в основном за рубежом, активно развиваются методы измерения влажности почв, толщины снежного покрова, высоты растительности с применением сигналов космических навигационных спутниковых систем GPS и ГЛОНАСС. В данной работе представлены первые отечественные рефлектометрические измерения интерференционной картины сигналов GPS и ГЛОНАСС, выполненные на производимом в России радиоприёмном комплексе МПК-32 (URL: <http://www.mnicglonass.ru/summary.php?id=96>) не только над влажными почвогрунтами, но и впервые для территорий, покрытых лесной растительностью. Динамические интерференционные поля, создаваемые этими сигналами, регистрируются антенной. Сигнал обла-

дает временной зависимостью из-за движения спутников, глубина модуляции и временная периодичность его определяется геометрией и диэлектрическими характеристиками отражающей поверхности.

Рассмотрим записи сигналов GPS и ГЛОНАСС, принятых над водной поверхностью (рис. 1), над полем под паром (рис. 2) и над лесным пологом (рис. 3) в зависимости от угла места спутника.

Алгоритм восстановления влажности приповерхностных слоев почвы состоит в создании модели отражающей поверхности. Простейшая модель – гладкая водная поверхность. Известное значение диэлектрической проницаемости воды позволяет рассчитать коэффициенты отражения Френеля как функцию угла положения спутника над горизонтом.

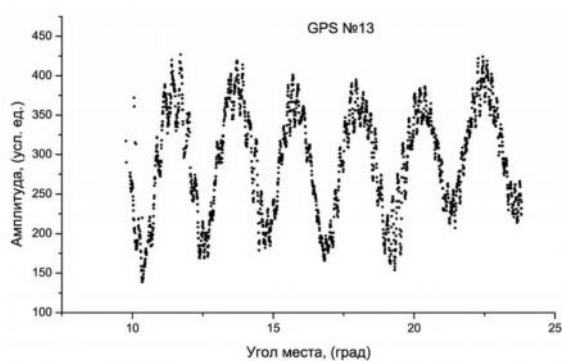


Рис. 1. Зависимость амплитуды сигнала GPS № 13, принятого над озером, от угла места спутника. Высота приемника над водной поверхностью 2,6 м

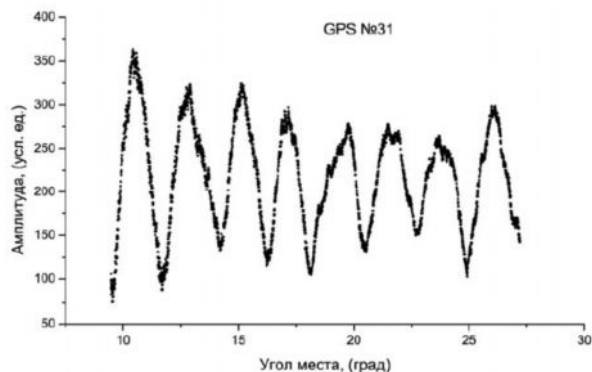


Рис. 2. Зависимость амплитуды сигнала GPS № 31, принятого над полем под паром

Сопоставление расчетных и экспериментальных зависимостей амплитуды интерференционной модуляции сигнала дает возможность определить калибровочные параметры антенного комплекса. Для почвы модель усложняется, необходимо вводить зависимость изменений диэлектрической проницаемости по глубине. В этом случае используются модельные типы почв с известным распределением влажности. Коэффициенты вычисляются методом последовательных приближений.

В случае лесного участка существенный вклад в интерференционный сигнал вносит рассеяние волн на древостое. Восстановление значений влажности проводилось с использованием методики, изложенной в работах [1; 2]. В рамках этой методики для расчетов комплексной диэлектрической проницаемости влажного почвенного покрова, включая слой лесного опада, использовались модели [3; 4].

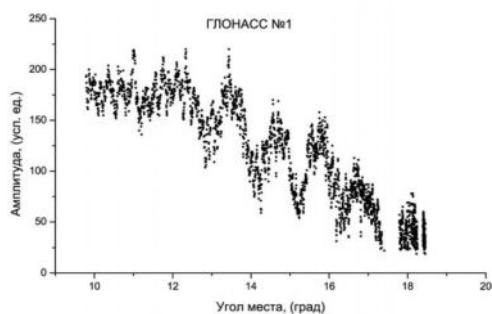


Рис. 3. Зависимость амплитуды сигнала ГЛОНАСС № 1, принятого над лесным пологом. Высота приёмника над кроной леса 24 м

Обнаружено, что во всех случаях устойчиво регистрируется интерференционная картина прямого и отраженного подстилающей поверхностью сигналов.

#### Библиографические ссылки

1. Evaluating an Improved Parameterization of the Soil Emission in L-MEB / J-P. Wigneron et al. // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 2011. Vol. 49. № 4. P. 1177–1189.
2. A Physical Model for GPS Multipath Caused by Land Reflections: Toward Bare Soil Moisture Retrievals / Valery U. Zavorotny et al. // IEEE J. of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 2010. Vol. 3. № 4. Part 2. P. 100–110.
3. Mironov V. L., Kosolapova L. G., Fomin S. V. Physically and mineralogically based spectroscopic dielectric model for moist soils // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 2009. Vol. 47. № 7. P. 2059–2070.
4. Mironov V. L., De Roo R. D., Savin I. V. Temperature-Dependable Microwave Dielectric Model for an Arctic Soil // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 2010. Vol. 48. № 6. P. 2544–2556.

V. L. Mironov, K. V. Muzalevsky, A. V. Sorokin

Siberian State Aerospace University named by academician M. F. Reshetnev, Russia, Krasnoyarsk

S. V. Fomin, M. I. Mikhaylov

Kirensky Institute of Physics of Russian Sciences Academy, Siberian Branch, Russia, Krasnoyarsk

#### FIELD EXPERIMENTS DEDUCING GPS AND GLONASS INTERFERENCE SIGNALS REFLECTED FROM FALLOW AND FOREST CANOPY

Results of GPS and GLONASS reflectometry measurements of soil moisture are presented in this report. The measurements were developed for three types of soil in Krasnoyarsk region: a) without vegetation, b) with grass vegetation, c) with forest vegetation. For calibration measurements a water surface was employed.

© Миронов В. Л., Музалевский К. В., Сорокин А. В., Фомин С. В., Михайлов М. И., 2011