

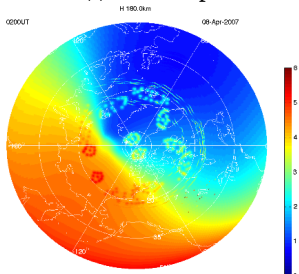
## Распространение радиоволн KB диапазона в высокоширотной ионосфере, СПбГУ

Получила дальнейшее развитие модель ионосферы и модель радиоканала NIM-RT (Northern Ionosphere Model and Ray Tracing) [1] описывающая распространение радиоволн KB диапазона в ионосферном канале, **в том числе, высокоширотного**. Модель ионосферы включает E, F1 и F2 слои, основные параметры которой могут быть получены по данным вертикального зондирования а также с использованием полу-эмпирической модели IRI (International Reference Ionosphere model) [6]. Типичные неоднородности высоко-широтной ионосферы (пятна и арки повышенной электронной плотности, неоднородности электронной плотности ориентированные вдоль геомагнитного поля в области аврорального овала и главный ионосферный провал и т. д.) включены в модель ионосферы [1, 2]. Проведен расчёт ионограмм вертикального и наклонного зондирования высокоширотной ионосферы и сравнение с экспериментом [2, 5, 6].

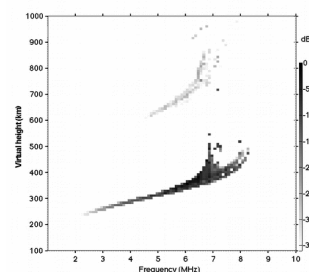
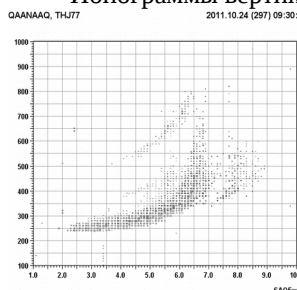
В модель радиоканала введена возможность учёта поглощения обусловленного ультрафиолетовым излучением Солнца и высыпаниями высоко энергетичных частиц в области полярной шапки. Предложена методика оценки надёжности краткосрочного прогнозирования эффектов поглощения в KB радиоканале. Проведен расчёт ионограмм вертикального зондирования ионосферы с учётом поглощения. Расчётные ионограммы продемонстрировали хорошее соответствие с измеренными [3,6].

Проведено исследование статистики появления спорадического слоя E ионосферы. В модель радиоканала введена возможность численного моделирования ионограмм вертикального зондирования ионосферы при наличии спорадического слоя E. Произведены расчёты ионограмм зондирования ионосферы при наличии слоя Es. Проведено сравнение измеренных и рассчитанных ионограмм [4,6].

Модель полярной ионосферы



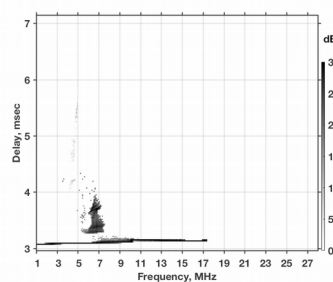
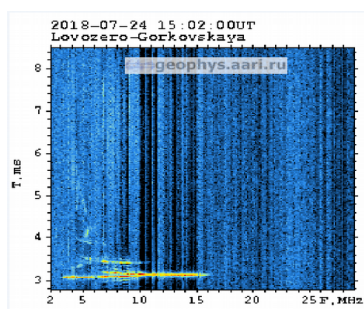
Ионограммы вертикального зондирования, Qaanaaq (76.5, 291.6)



Эксперимент

Модель

Ионограммы наклонного зондирования ионосферы при наличии спорадического слоя E на трассе Lovozero (68°,35°)–St.Petersburg (60.3° 29.4°)



Эксперимент

Модель

1. N.Y. Zaalov, E.M. Warrington and A.J. Stocker. A ray-tracing model to account for off-great circle HF propagation over northerly paths. *Radio Science*, 40, RS4006, doi: 10.1029/2004RS003183, 2005
2. Moskaleva, E. V. and N. Y. Zaalov, Signature of polar cap inhomogeneities in vertical sounding data, *Radio Science*, 48(5), 547-563, doi: 10.1002/rds.20060, 2013.
3. Zaalov, N.Y., Moskaleva, E.V. A polar cap absorption model optimization based on the vertical ionograms analysis. *Adv. Space Res.*, 2016, <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2016.07.024>
4. Zaalov, N. Y., Moskaleva, E. V., Statistical analysis and modelling of sporadic E layer over Europe: *Advances in Space Research*. 2019, 64. 6, pp. 1243-1255
5. Zaalov, N. Y., Moskaleva, E. V. & Shekhovtsov, F. V., Method of the HF wave absorption evaluation based on GIRO network data 2019, : *Advances in Space Research*. 63, 7, pp. 2075-2087.
6. N. Zernov, V. Gherm, N. Zaalov. High-Frequency EM wave field propagation in the disturbed ionosphere: Review of Recent Research at St. Petersburg State University, 2019 Russian Open Conference on Radio Wave Propagation, RWP2019-Proceedings, pp. 25-30, Kazan, 1-6 July, 2019. DOI: 10.1109/RWP.2019.8810381. Plenary presentation.