

# Моделирование ионосферы и термосферы для марта 2013 года в полуэмпирическом и самосогласованном вариантах UAM

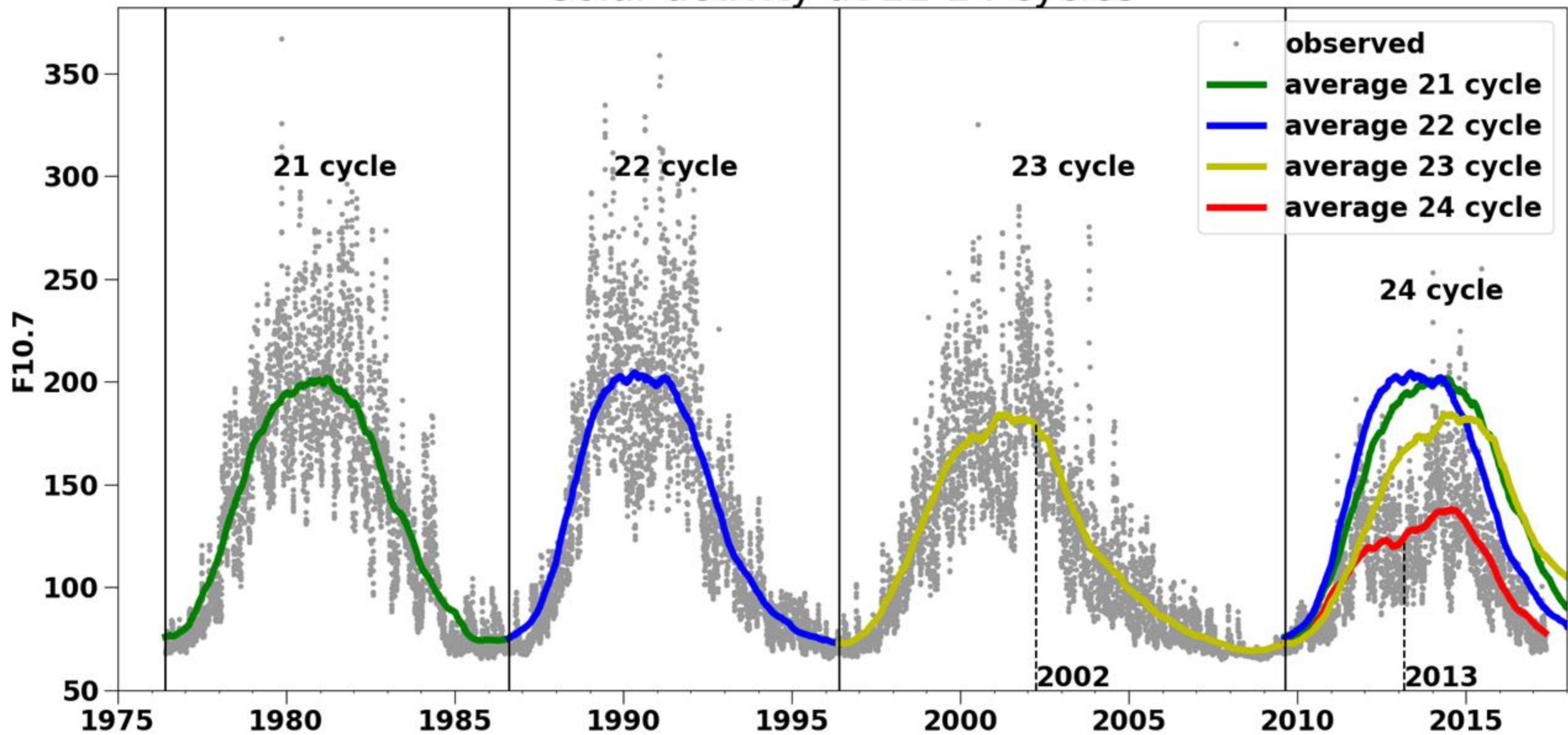
Намгаладзе А.А. (1), Парфенов С.А. (1),  
Князева М.А. (1), Золотов О.В. (1)

---

(1) Мурманский арктический государственный университет, 183038 Мурманск, Россия

email: [namgaladze@yandex.ru](mailto:namgaladze@yandex.ru)

# Solar activity at 21-24 cycles





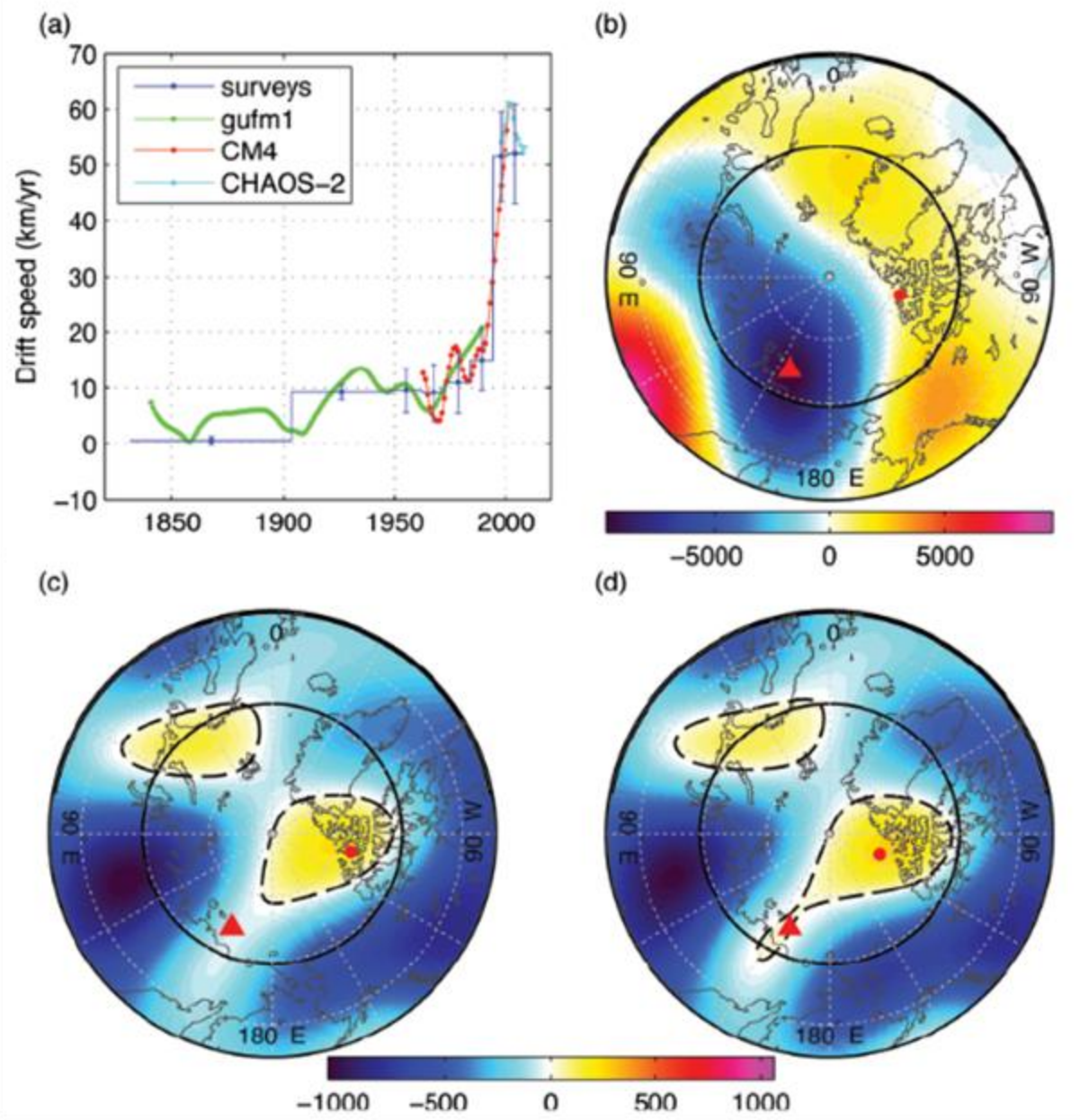


Fig. 1. (a) Average north magnetic pole (NMP) drift speeds from the observed NMP positions (in blue), represented by stairs delimited by the observation dates, with error bars. These are shown along with NMP drift speeds from the gufm1 model [Jackson et al., 2000], the Comprehensive Model CM4 [Sabaka et al., 2004], and the CHAOS-2 model [Olsen et al., 2009]. (b–d) Polar views (from colatitude  $0^\circ$  to  $35^\circ$ , parallel lines every  $10^\circ$ ) at the core surface of the total radial secular variation change (in nanoteslas per year) between 1989 and 2002 (Figure 1b) and the radial magnetic field (in microteslas) in 1989 (Figure 1c) and 2002 (Figure 1d); all are calculated from the CM4 model. The NMP (at the Earth's surface) is shown as a red dot. The location of the maximum secular variation change is shown as a red triangle. The intersection of the cylinder tangent to the inner core and the core surface is shown as a black solid circle.



## Modelling of the ionosphere/thermosphere behaviour during the April 2002 magnetic storms: A comparison of the UAM results with the ISR and NRLMSISE-00 data

A.A. Namgaladze<sup>a,b,\*</sup>, Yu.V. Zubova<sup>a</sup>, A.N. Namgaladze<sup>b</sup>, O.V. Martynenko<sup>a,b</sup>,  
E.N. Doronina<sup>a</sup>, L.P. Goncharenko<sup>c</sup>, A. Van Eyken<sup>d</sup>, V. Howells<sup>c</sup>, J.P. Thayer<sup>f</sup>,  
V.I. Taran<sup>g</sup>, B. Shpynev<sup>h</sup>, Q. Zhou<sup>i</sup>

<sup>a</sup> Physics Department, Murmansk State Technical University, Sportivnaya Street, 13, 183010 Murmansk, Russia

<sup>b</sup> Polar Geophysical Institute, Murmansk, Russia

<sup>c</sup> Massachusetts Institute of Technology, Haystack Observatory, Westford, MA, USA

<sup>d</sup> EISCAT Scientific Association, Longyearbyen, Norway

<sup>e</sup> Space Physics Division, Rutherford Appleton Laboratory, Didcot, Oxon, UK

<sup>f</sup> University of Colorado, Aerospace Engineering Sciences Boulder, CO, USA

<sup>g</sup> Institute for Ionosphere, Kharkiv, Ukraine

<sup>h</sup> Institute for Solar-Terrestrial Physics, Irkutsk, Russia

<sup>i</sup> Miami University, Manufacturing and Mechanical Eng. Dept., Oxford, OH, USA

Received 30 December 2004; received in revised form 9 March 2005; accepted 1 April 2005

# Вступление

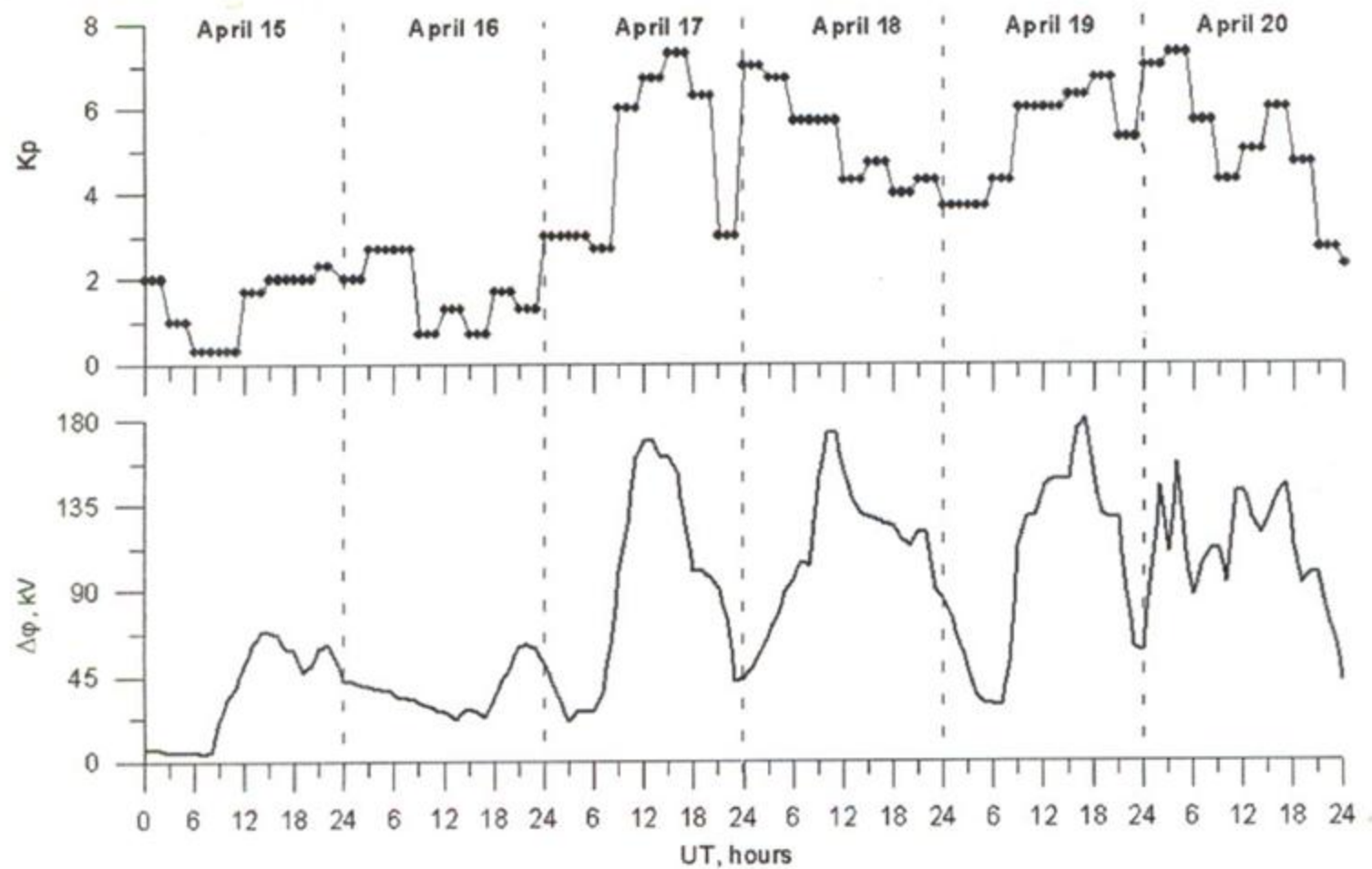


Fig. 1. The magnetic activity Kp index for April 15–20, 2002 and electric field potential drop across the polar cap used in the model calculations.



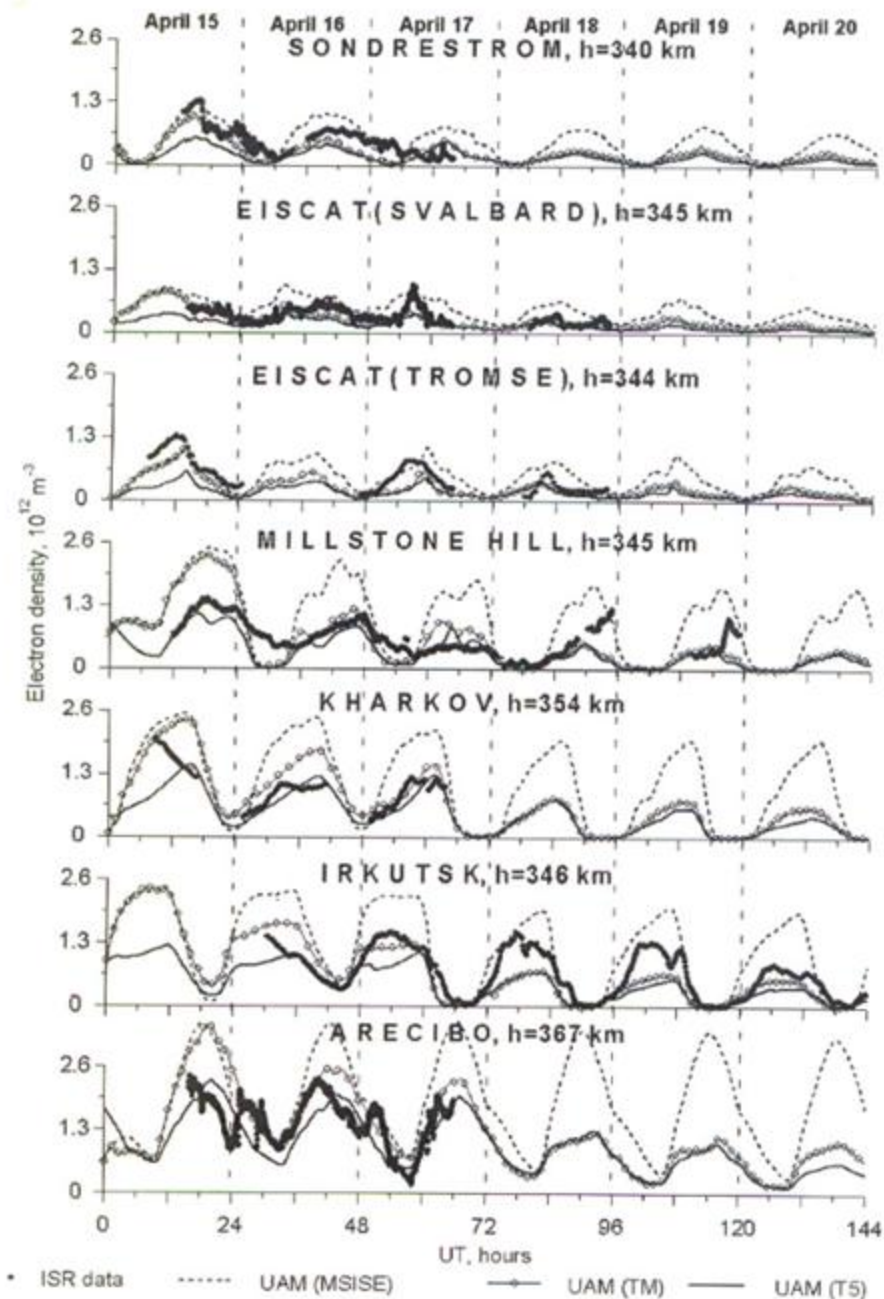


Fig. 2. Time variations (started from 00 UT April 15, 2002) of the electron density ( $10^{12} \text{ m}^{-3}$ ) for the height levels close to 350 km according to three versions of the UAM calculations and radar measurements.

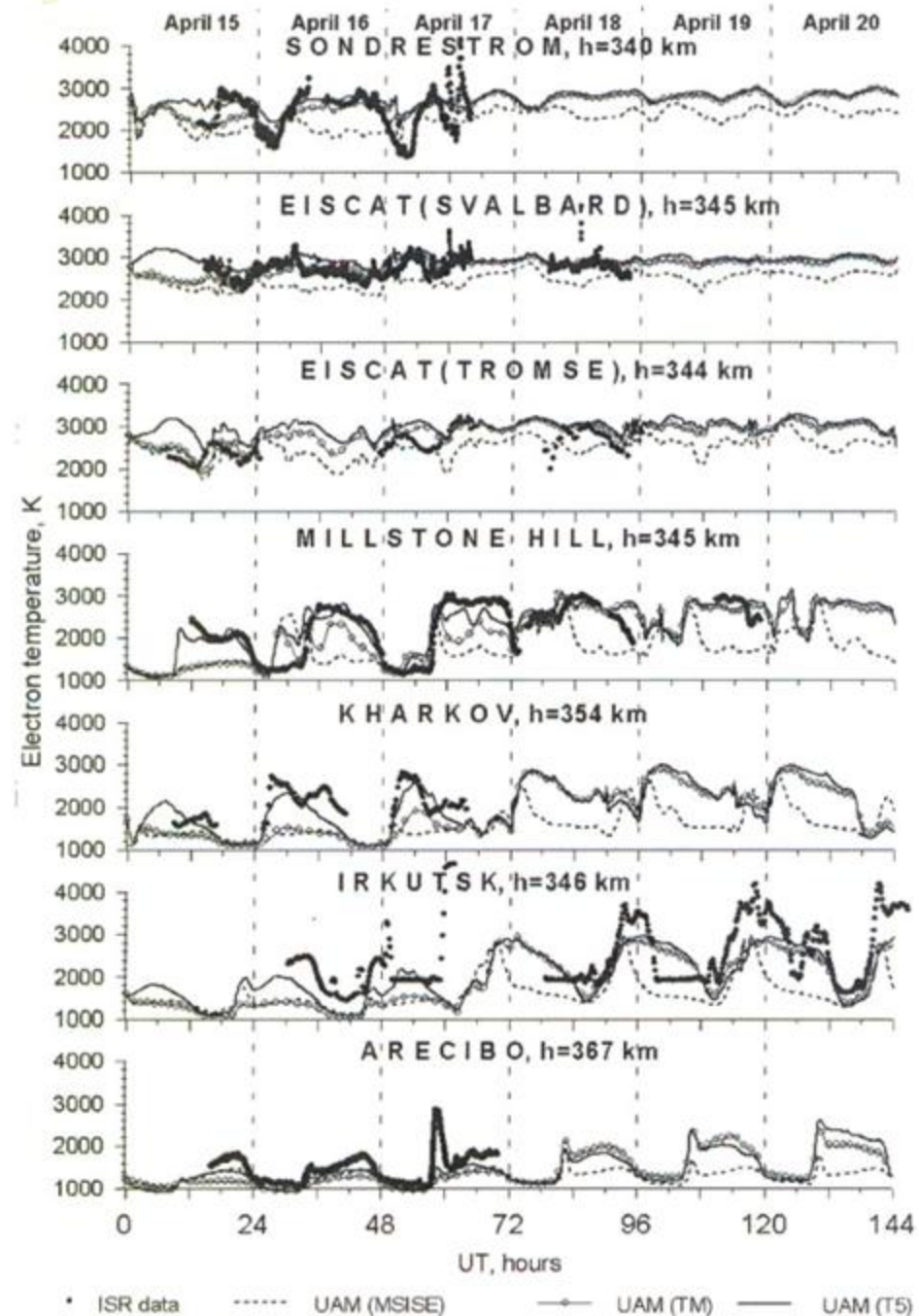


Fig. 4. The same as in Fig. 2 but for the electron temperature.

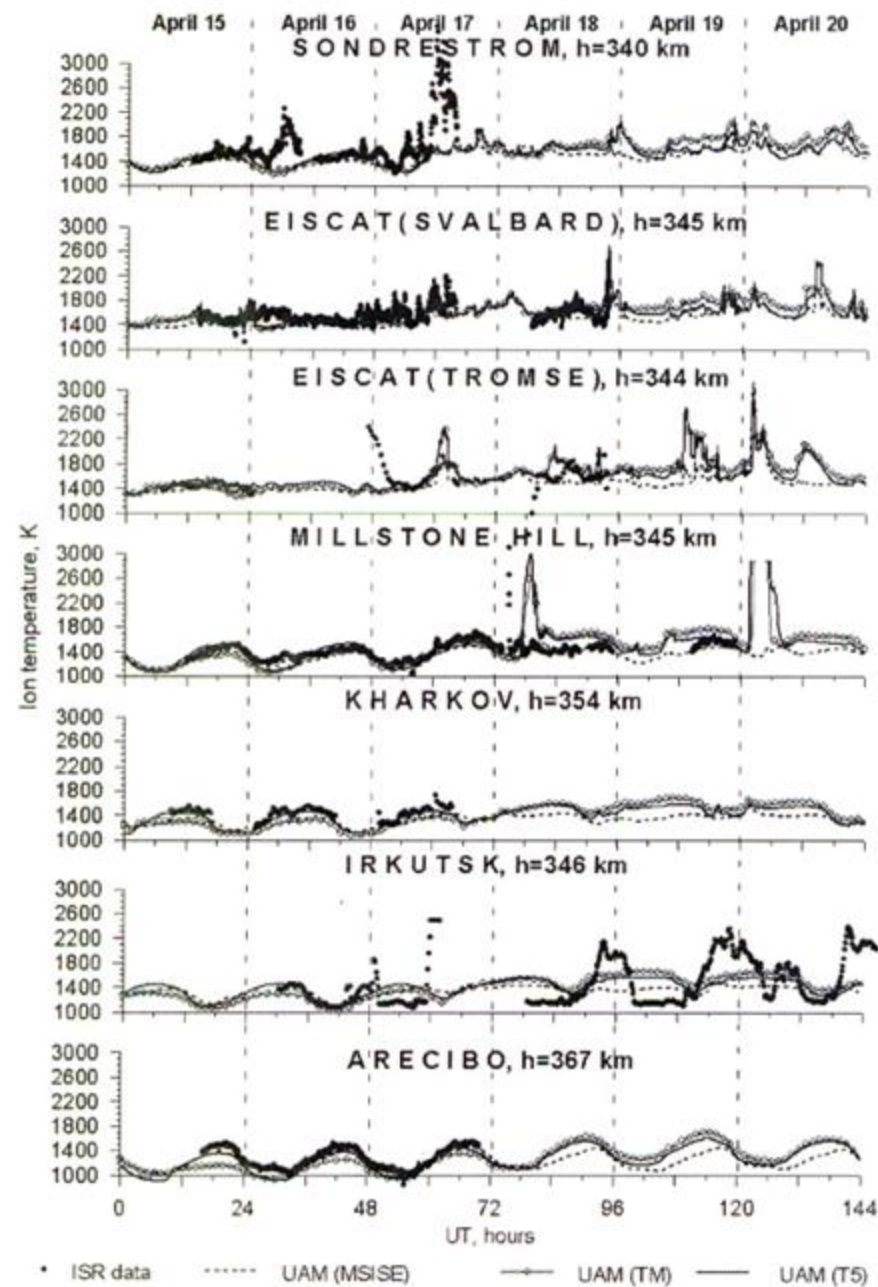


Fig. 3. The same as in Fig. 2 but for the ion temperature.

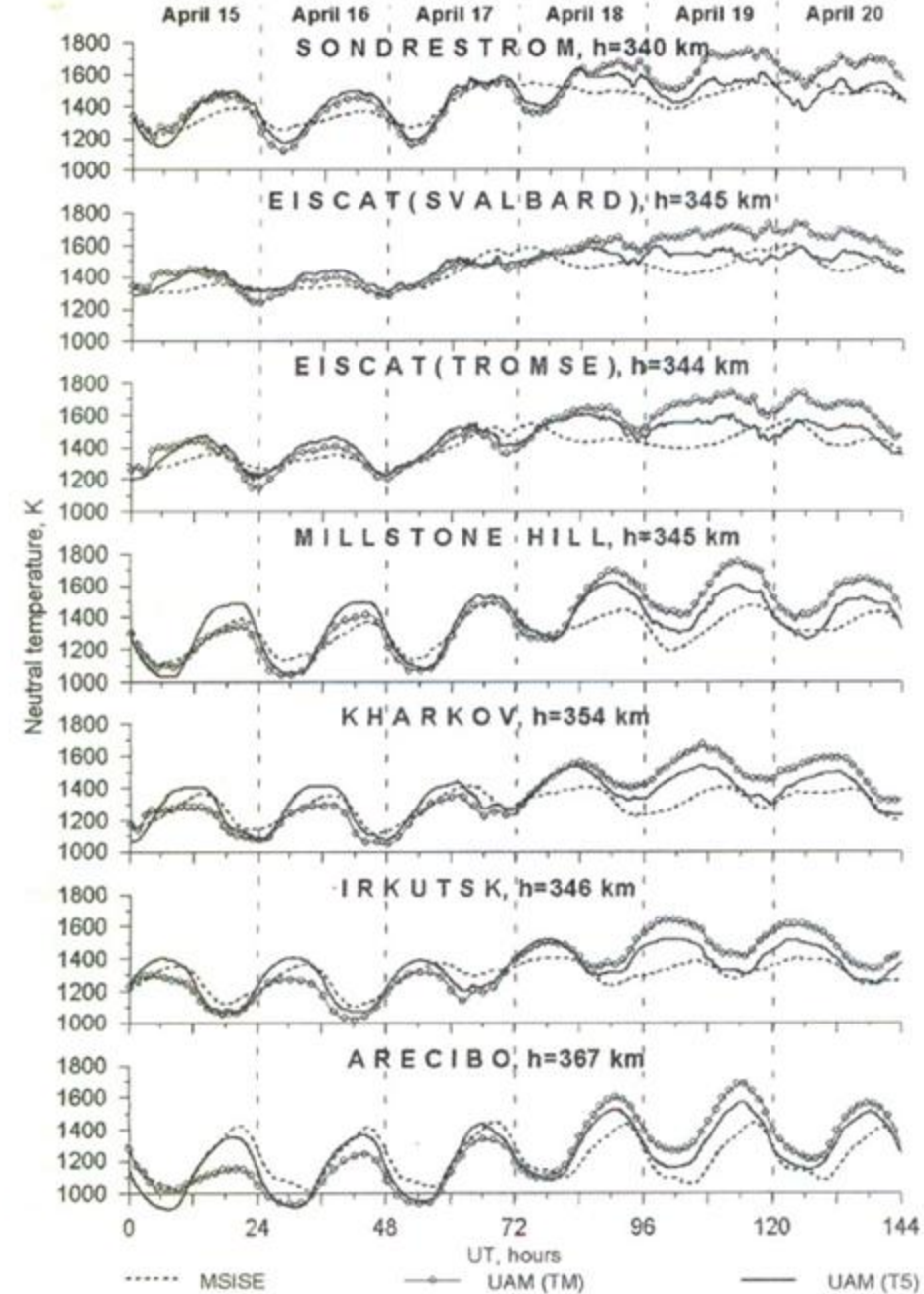


Fig. 5. The same as in Fig. 2 but for the neutral temperature.



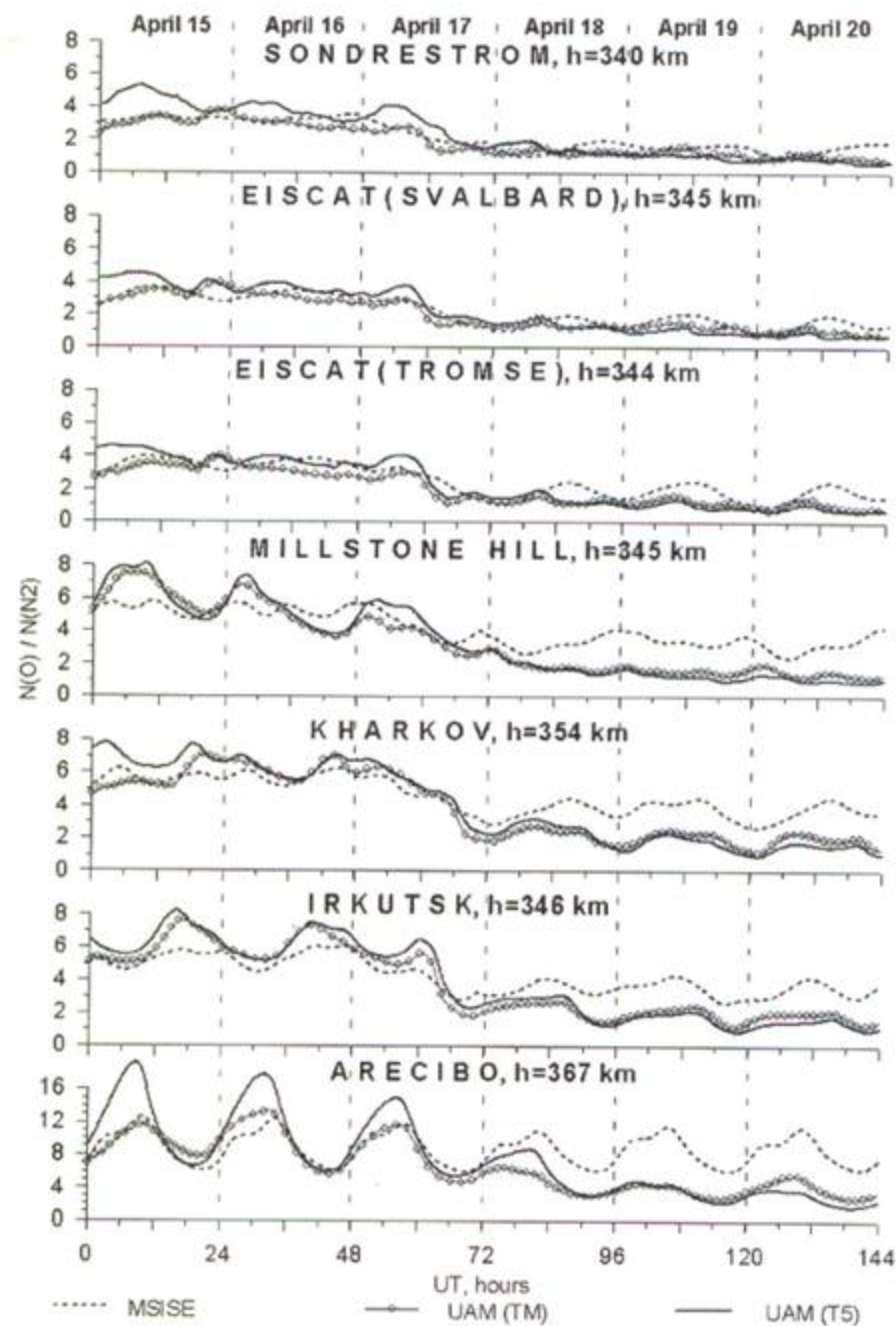
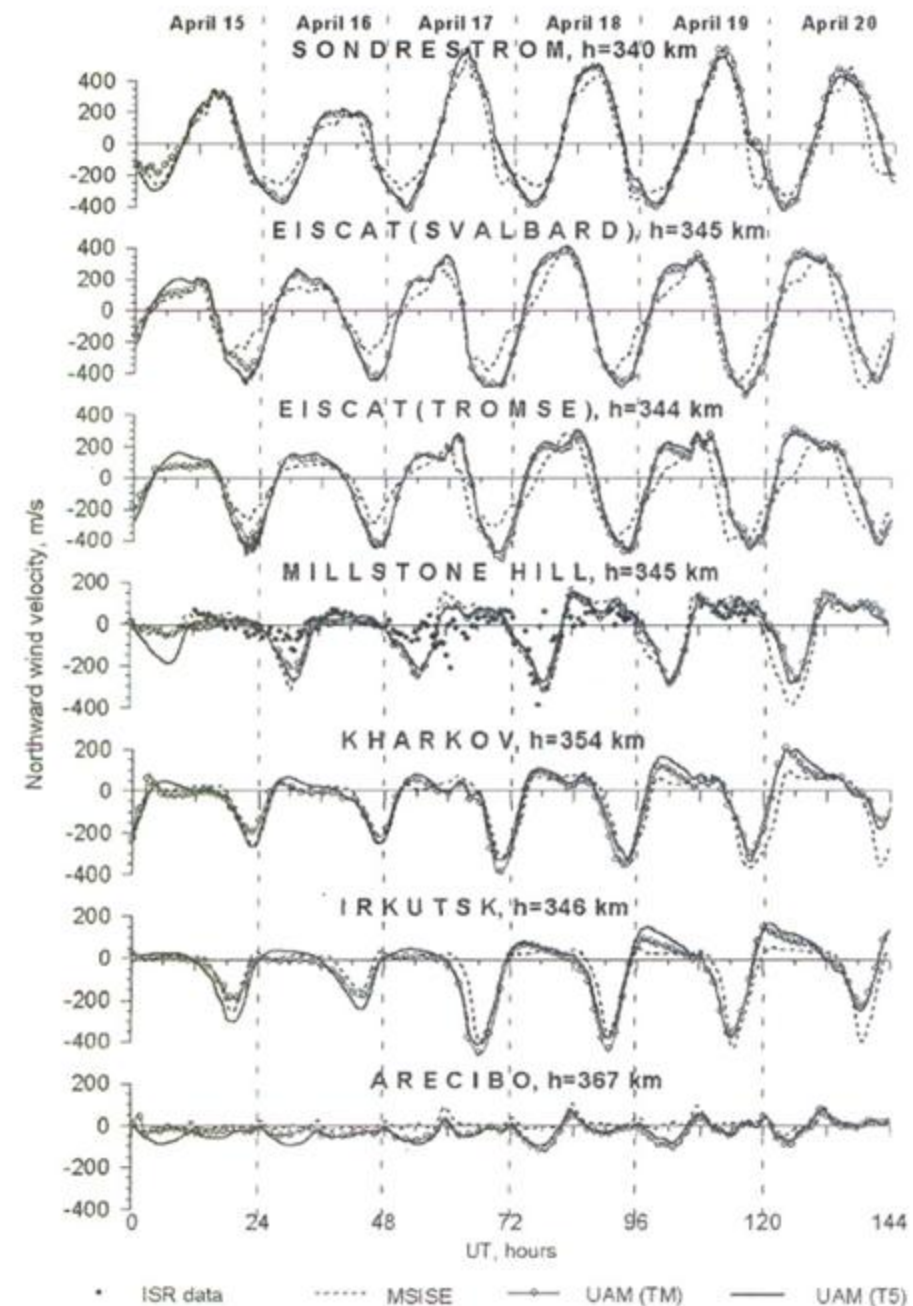
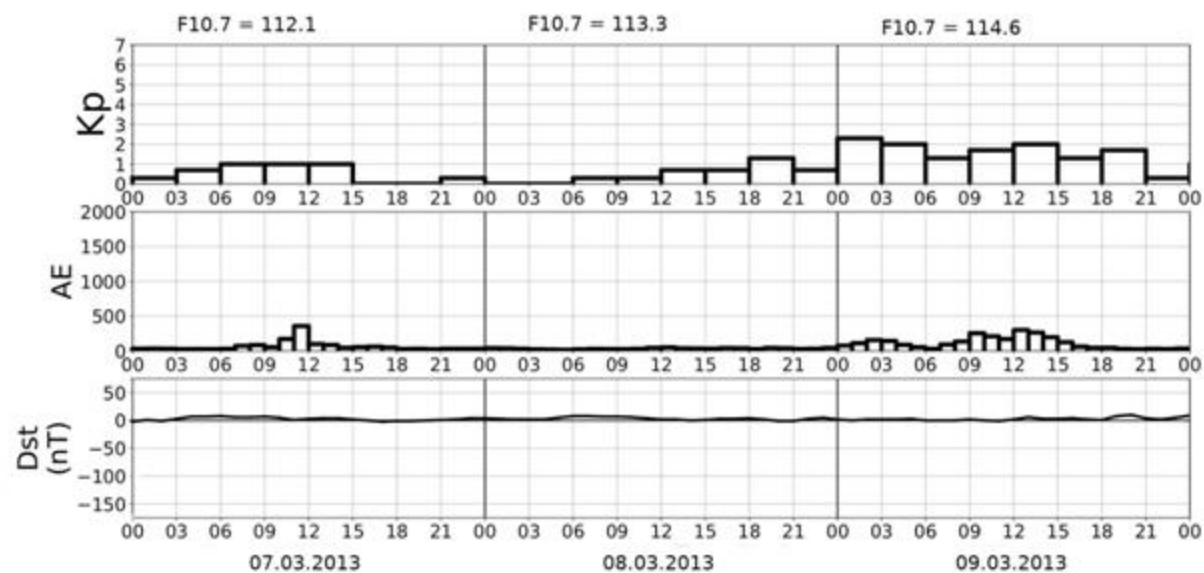
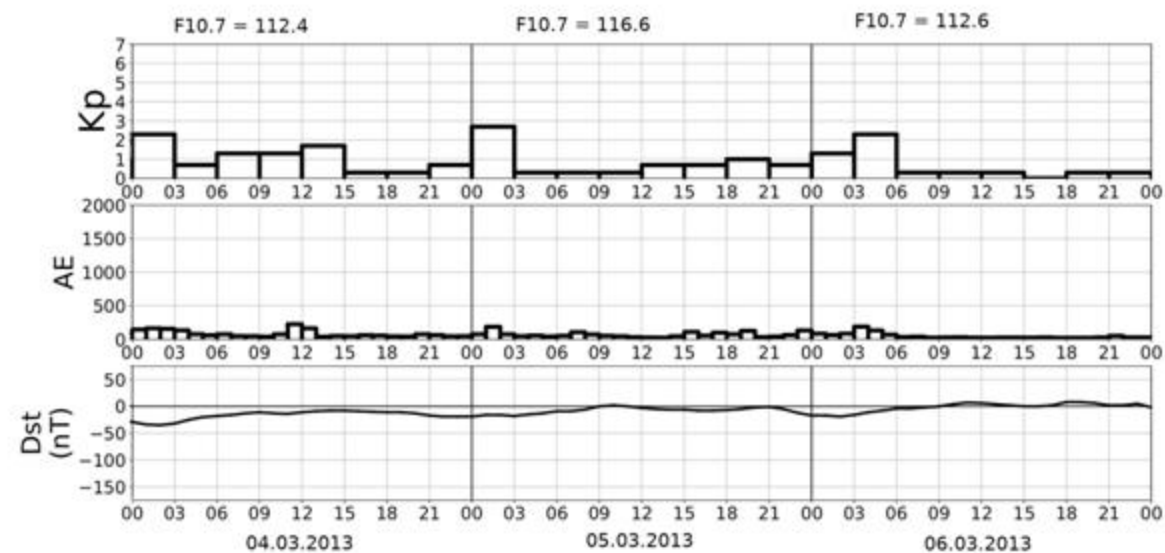
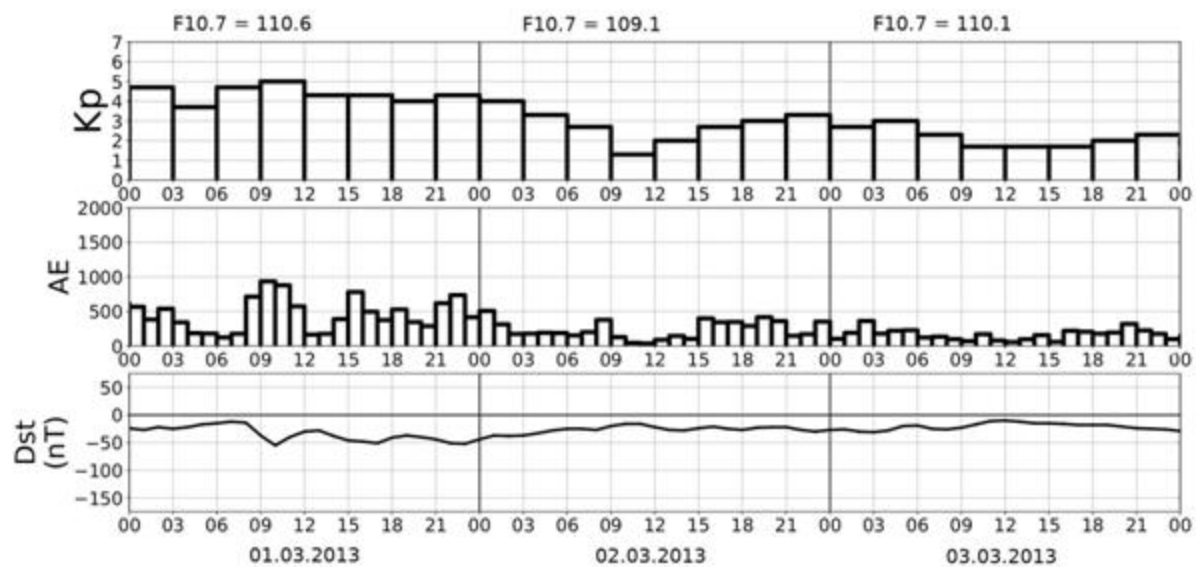
Fig. 6. The same as in Fig. 2 but for the thermospheric  $O/N_2$  ratio.

Fig. 7. The same as in Fig. 2 but for the meridional thermospheric wind velocity.



# Геомагнитная обстановка



# Используемые версии модели UAM

## UAM-TM

- Полуэмпирическая версия
- Температура и состав нейтральной атмосферы в соответствии с эмпирической моделью NRL MSISE-00
- Ветры в соответствии с численным решением теоретического уравнения на основе градиентов давления из NRL MSISE-00

## UAM-TT

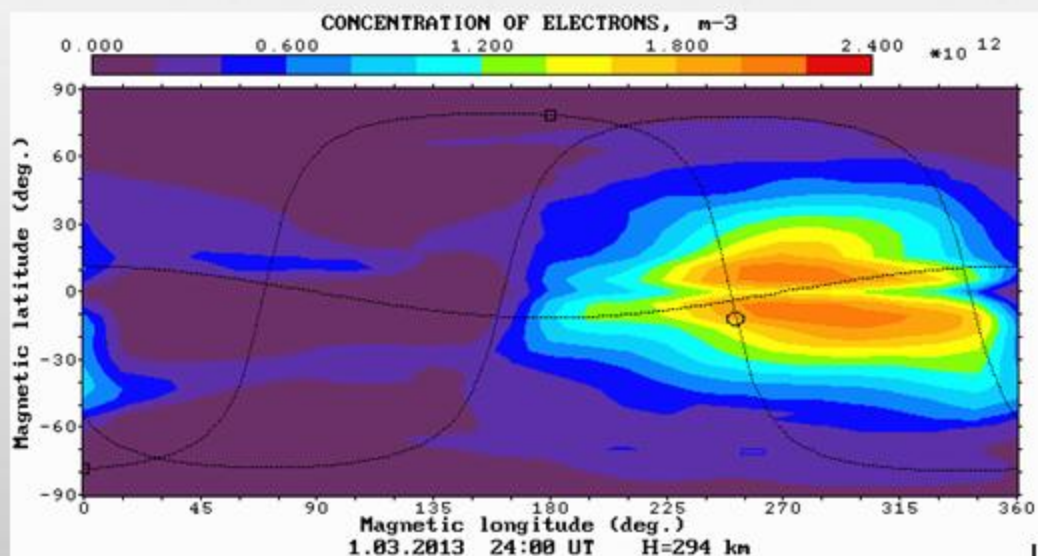
- Полностью самосогласованная версия
- Температура и состав нейтральной атмосферы, а также ветры рассчитаны по теоретическим уравнениям непрерывности, движения и теплового баланса

- Одинаковый шаг интегрирования по времени, равный 1 минуте
  - Одинаковые начальные и граничные условия

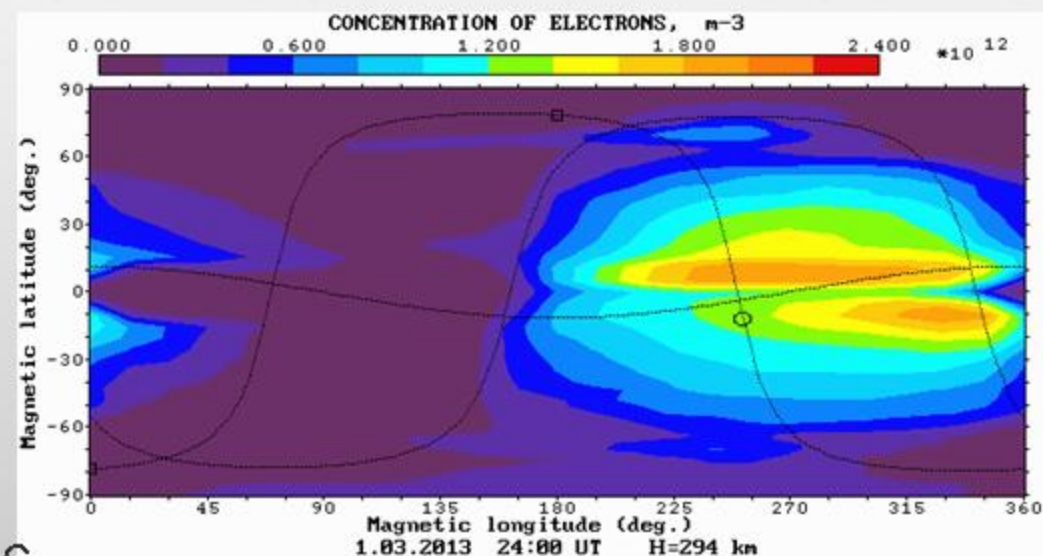


# Расчёты ne, 01.03.2013, 24UT, 294 км

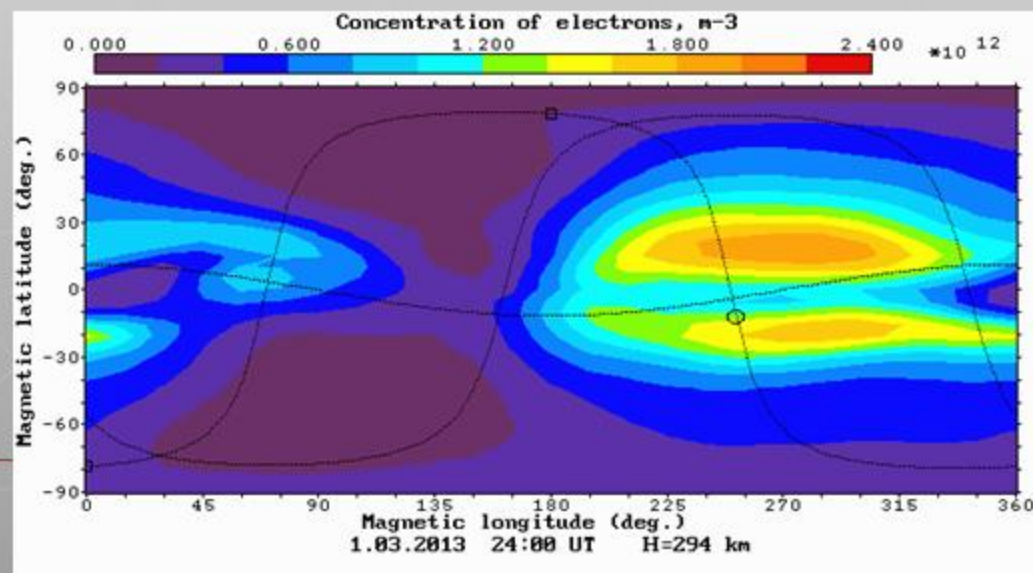
UAM-TM



UAM-TT

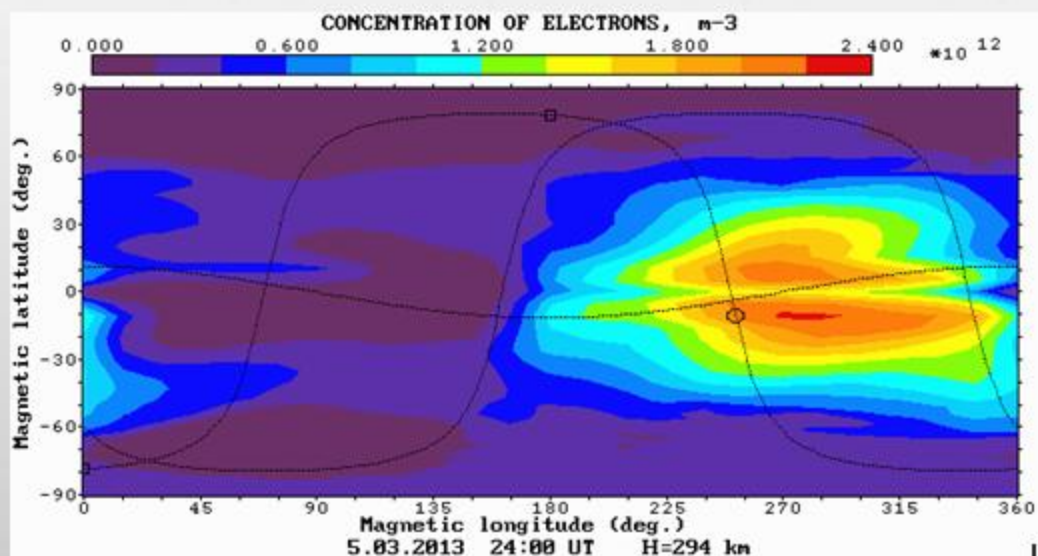


IRI-2016

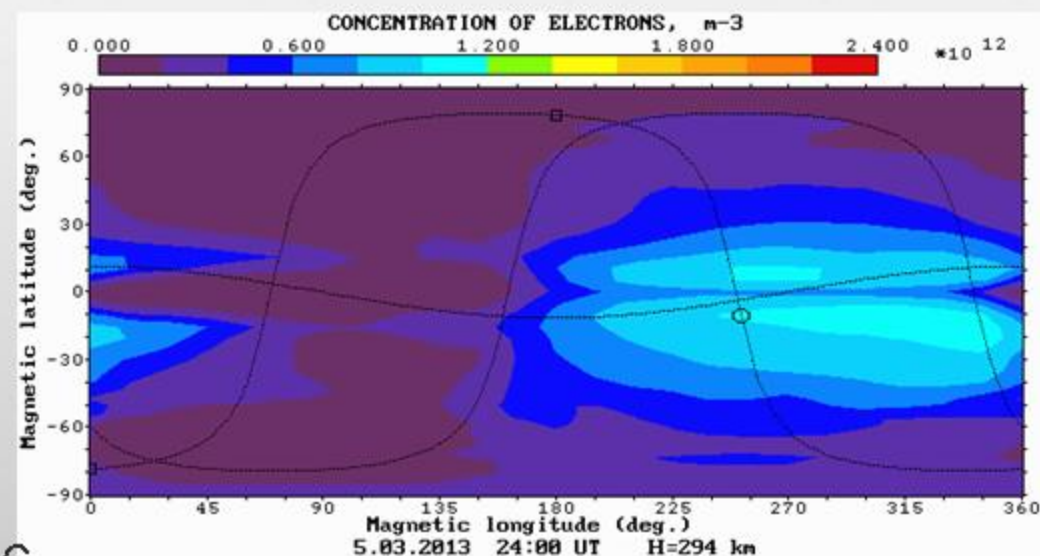


# Расчёты ne, 05.03.2013, 24UT, 294 км

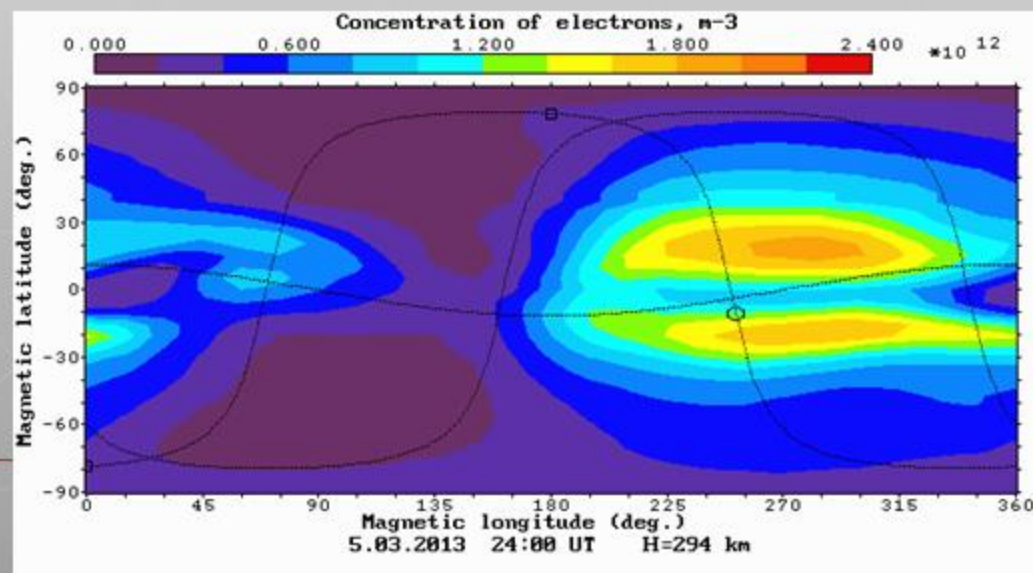
UAM-TM



UAM-TT



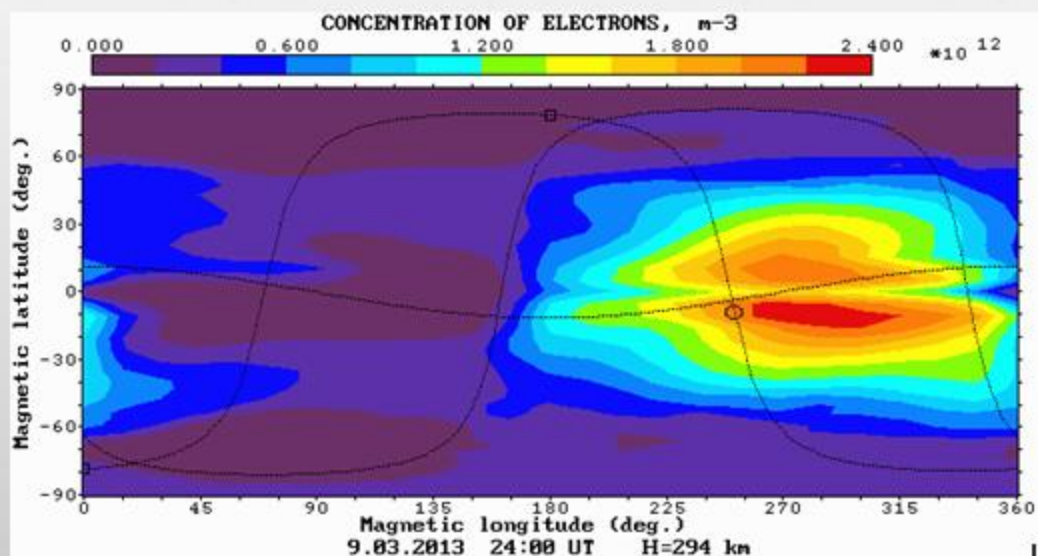
IRI-2016



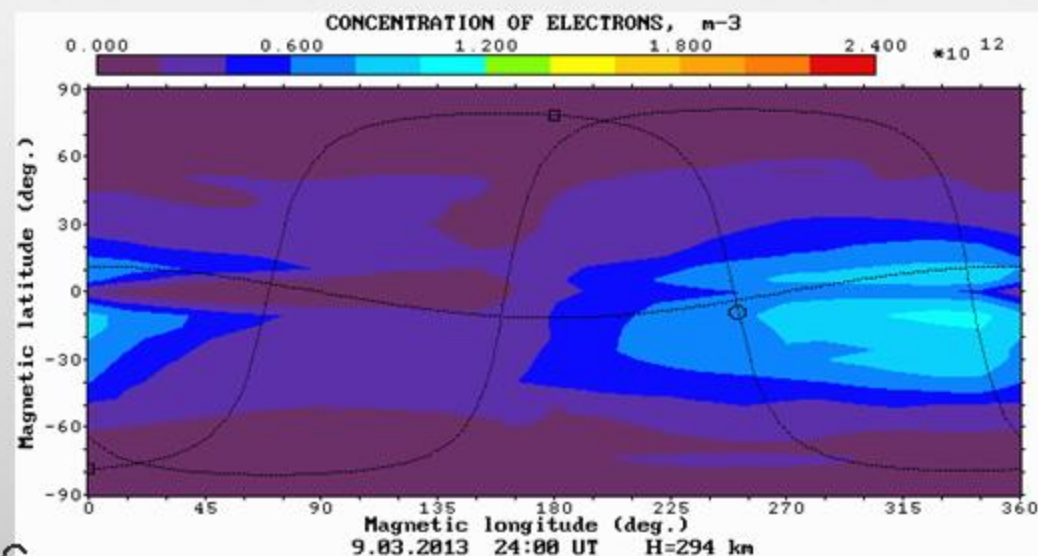


# Расчёты ne, 09.03.2013, 24UT, 294 км

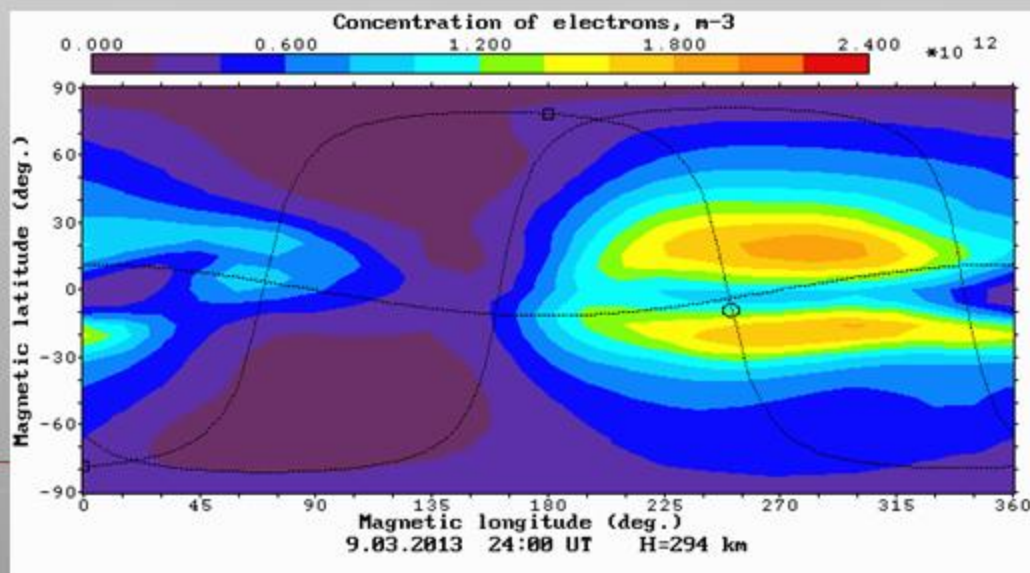
UAM-TM



UAM-TT

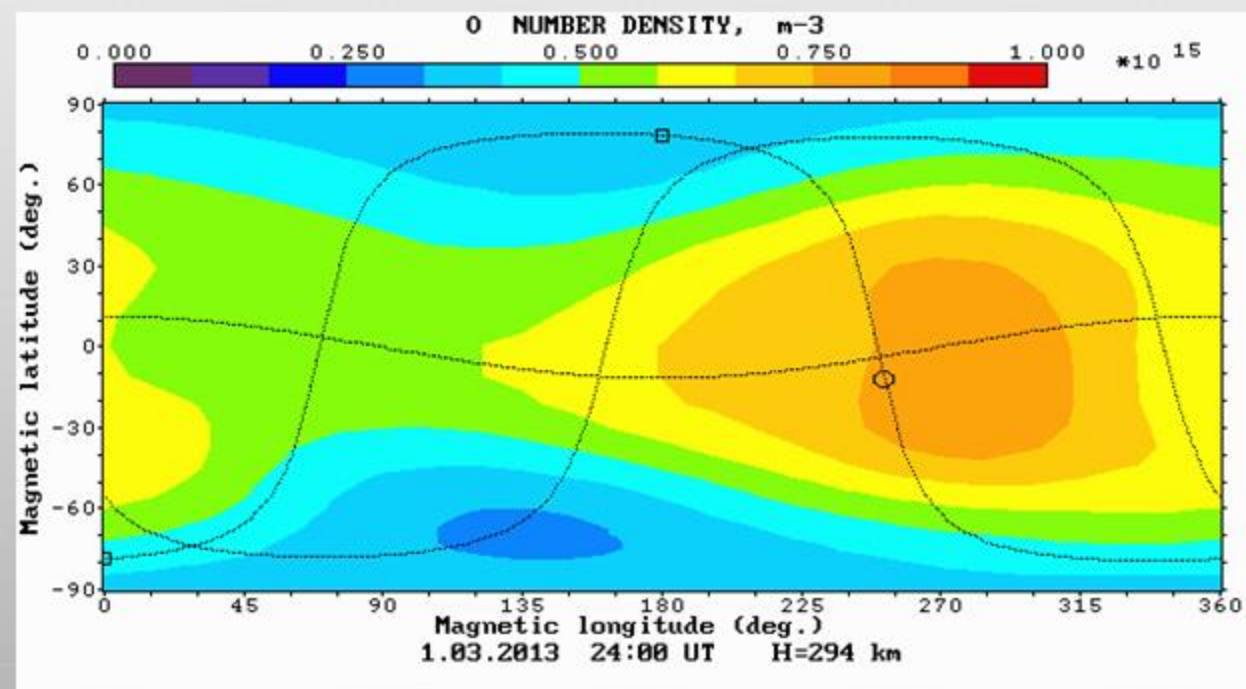


IRI-2016

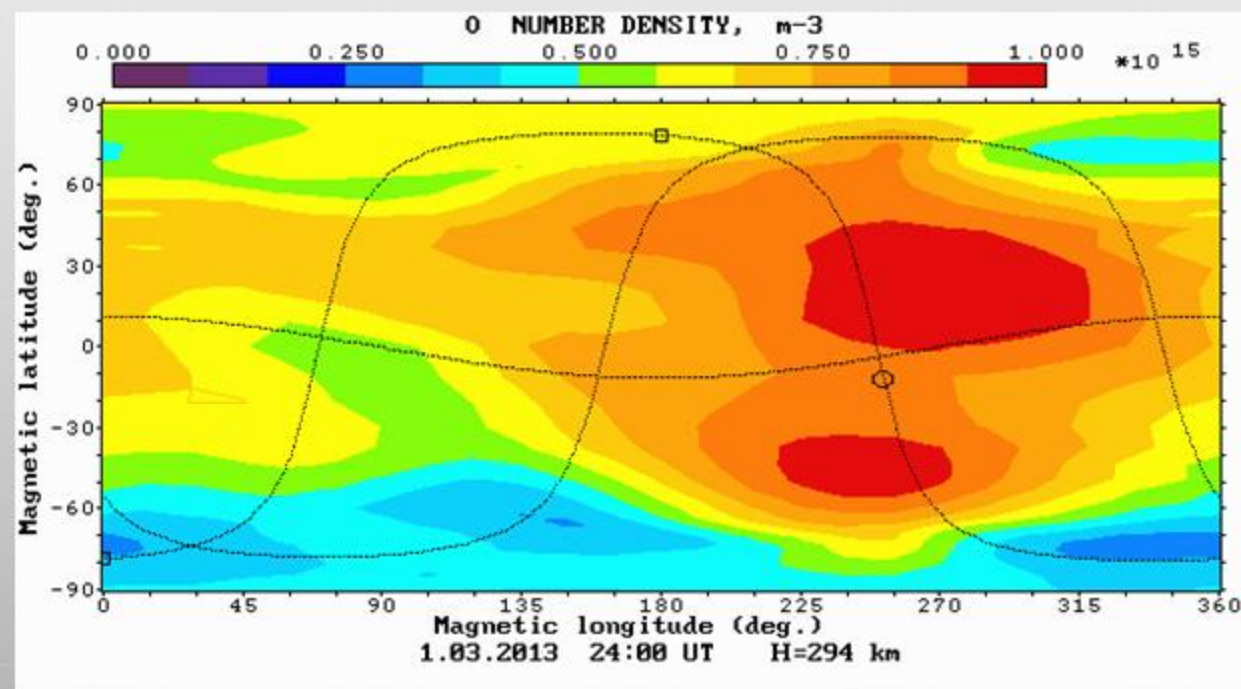


# Расчёты $n(O)$ , 01.03.2013, 24UT, 294 км

UAM-TM



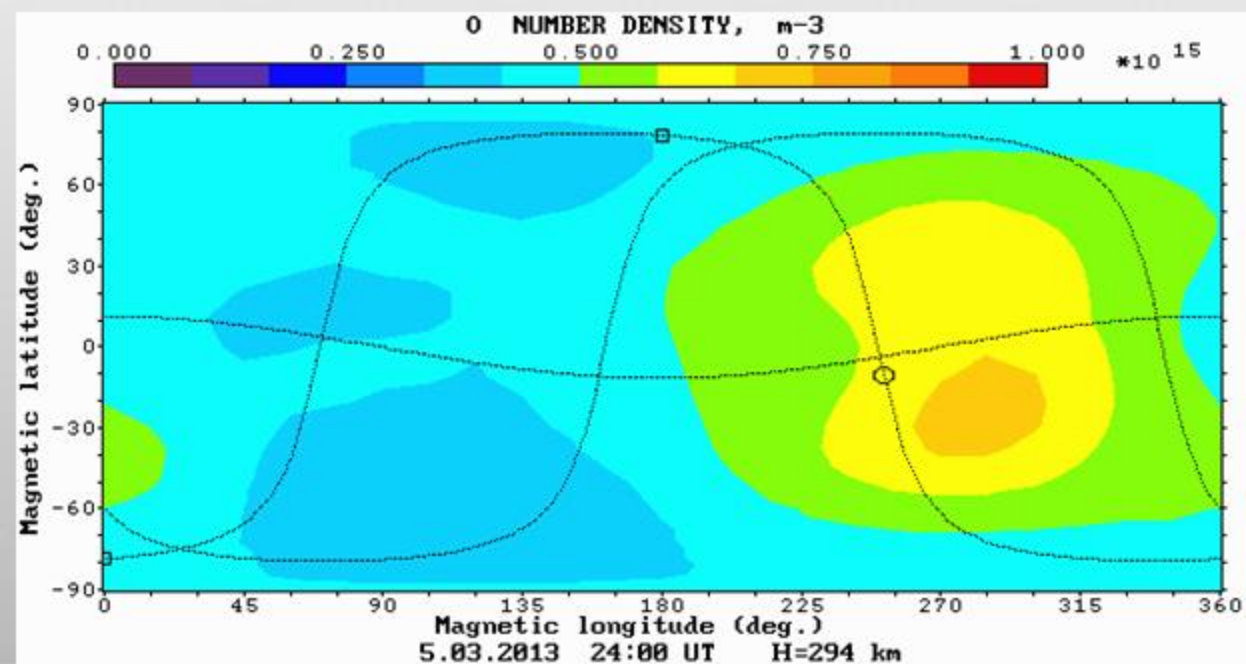
UAM-TT



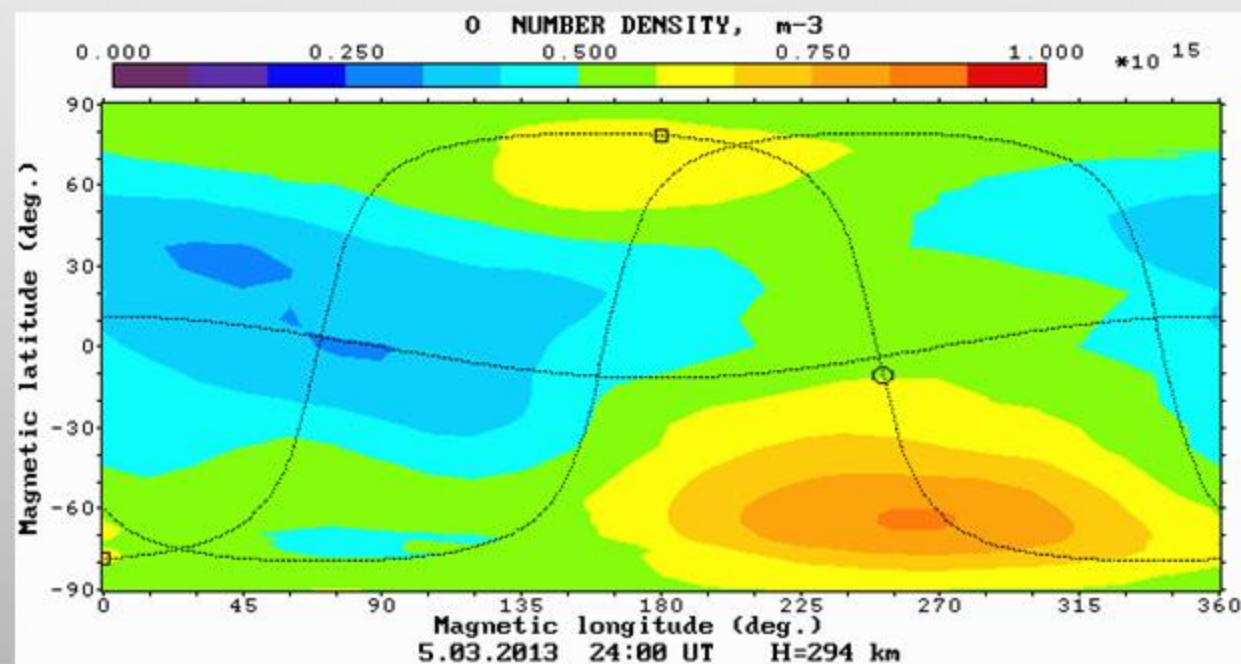


# Расчёты $n(O)$ , 05.03.2013, 24UT, 294 км

UAM-TM

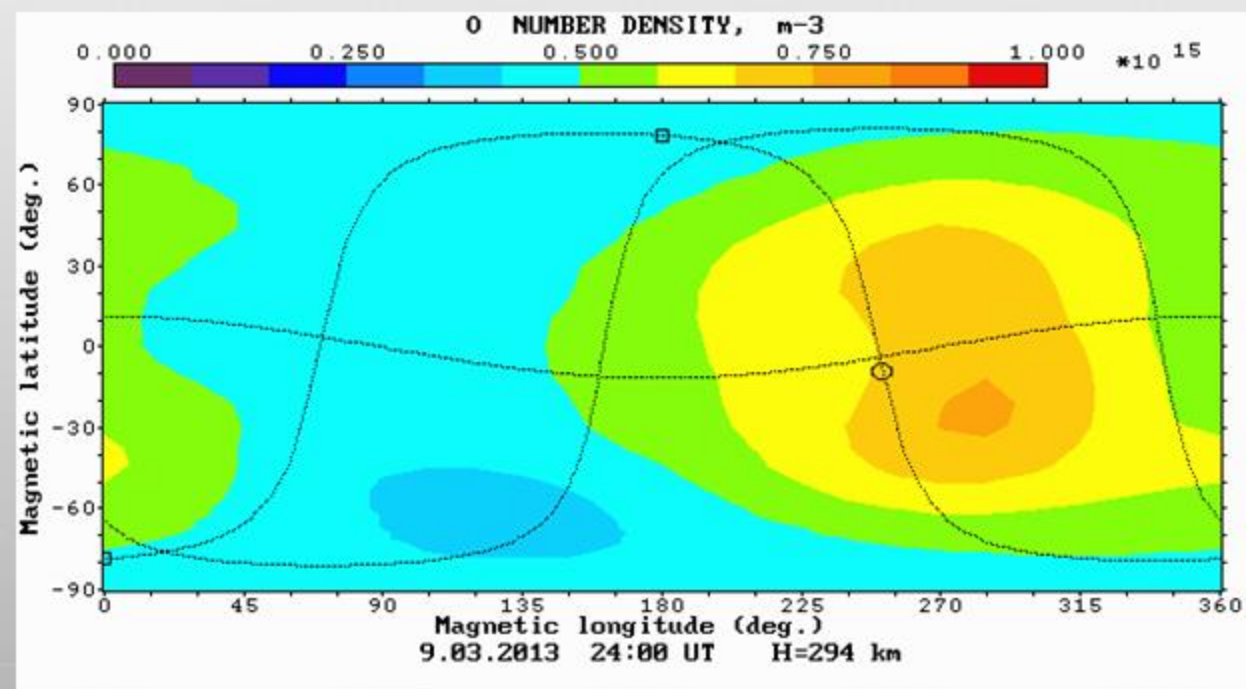


UAM-TT

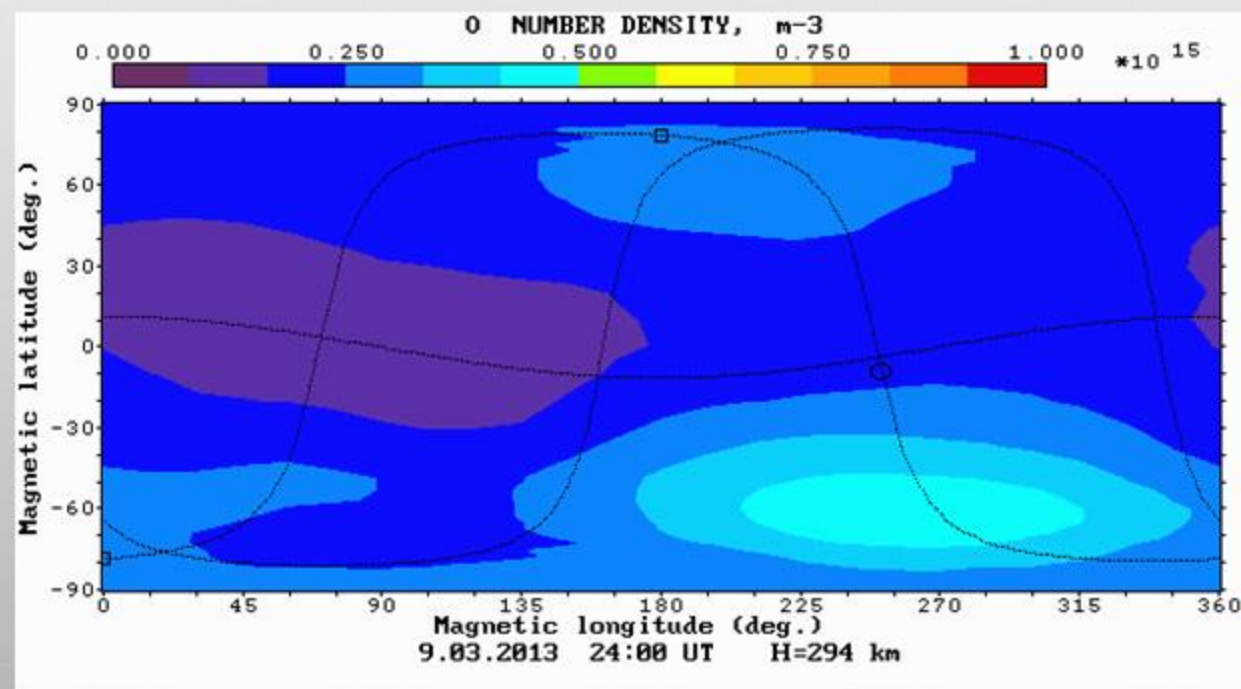


# Расчёты $n(O)$ , 09.03.2013, 24UT, 294 км

UAM-TM



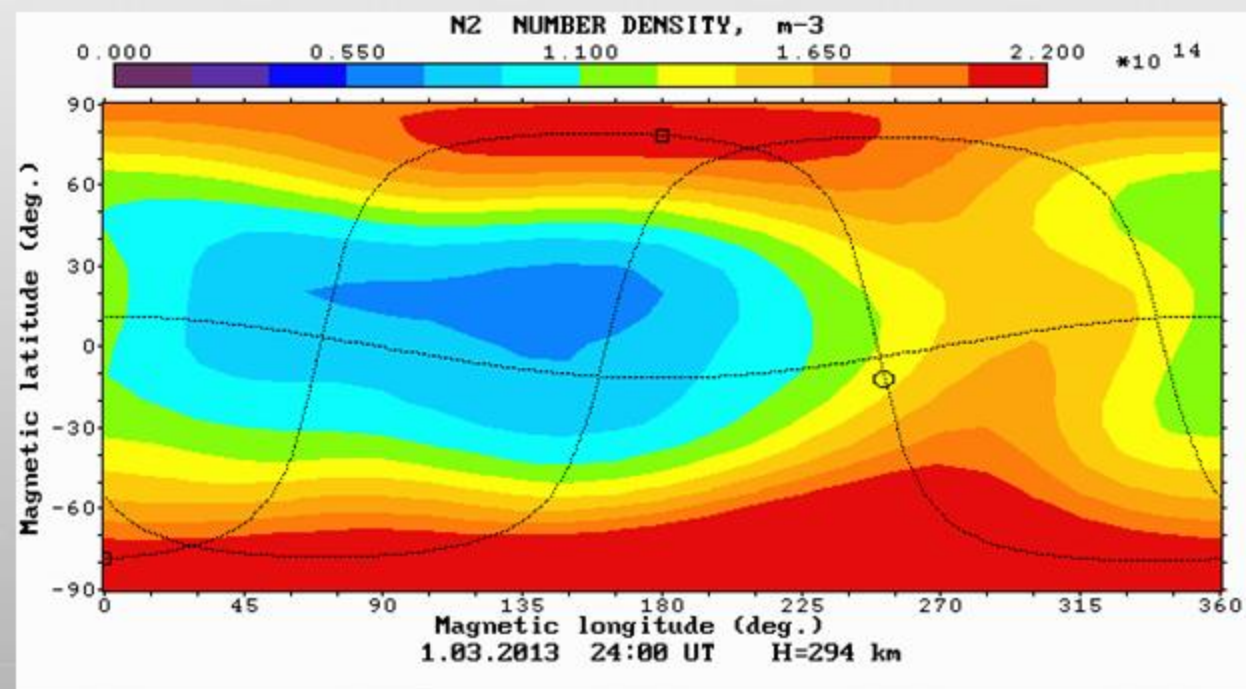
UAM-TT



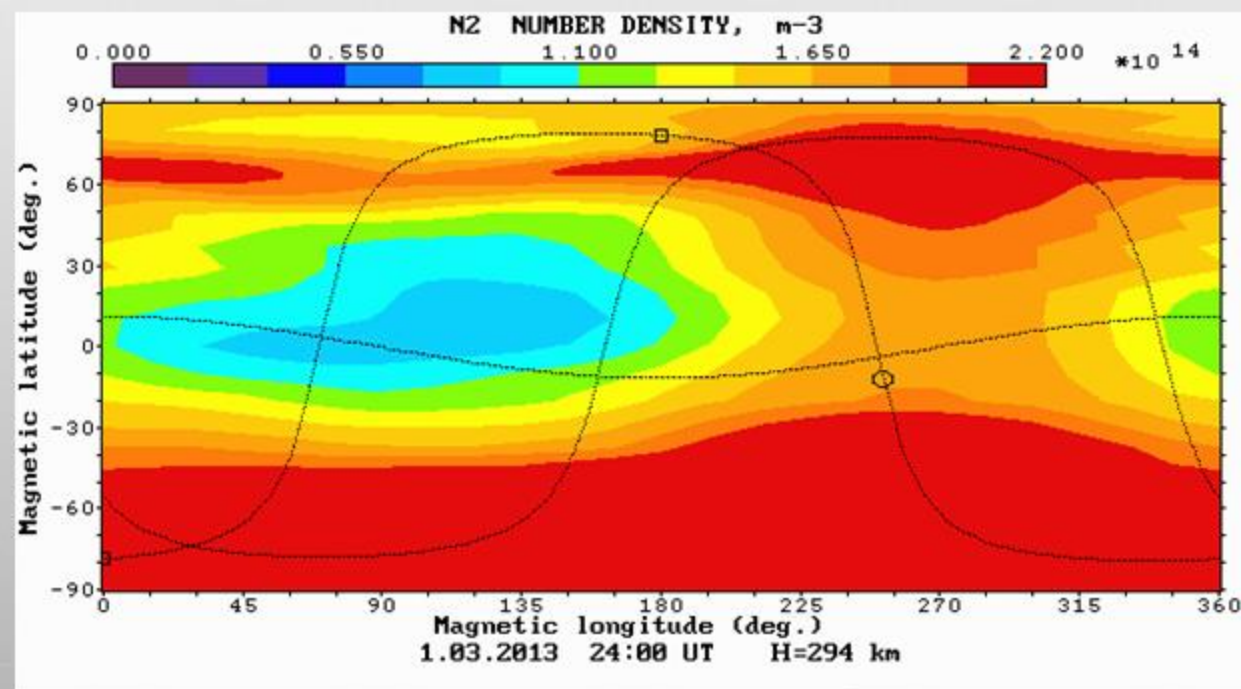


# Расчёты $n(N_2)$ , 01.03.2013, 24UT, 294 км

UAM-TM

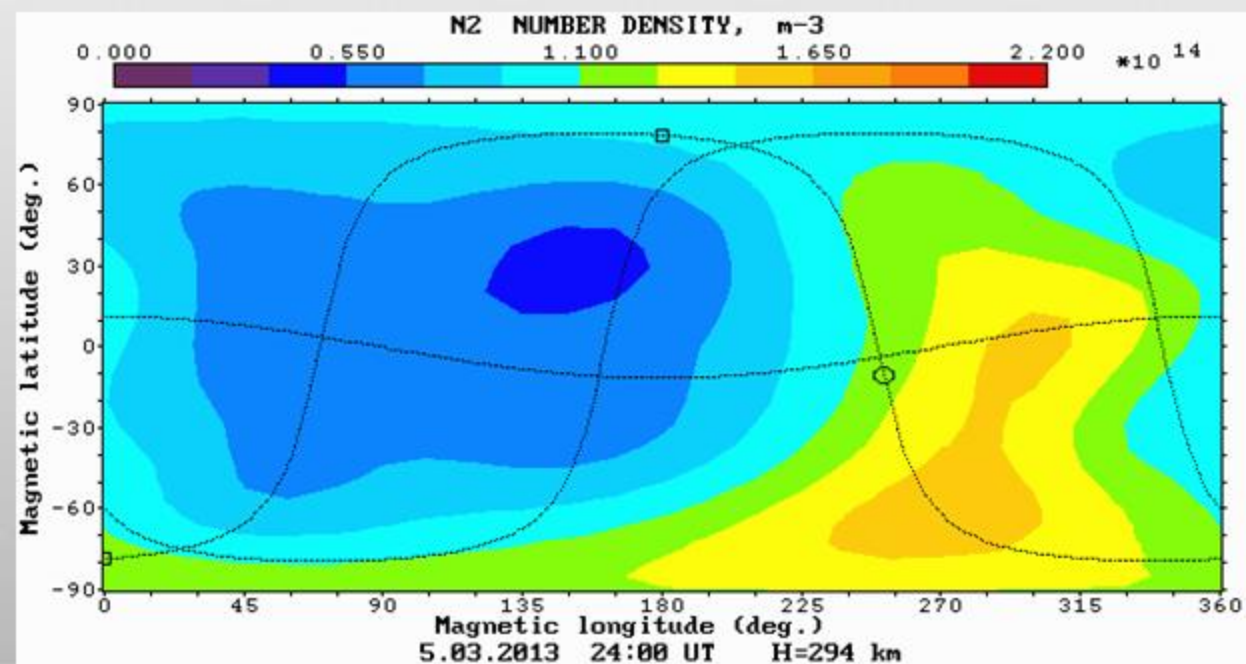


UAM-TT

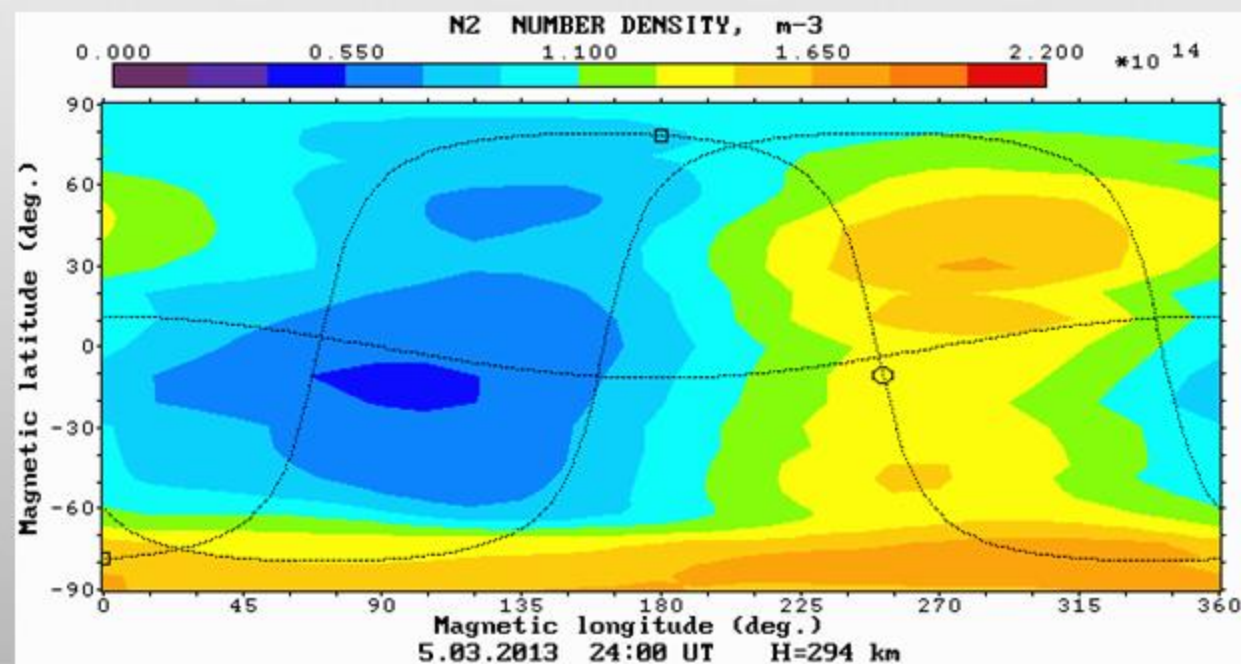


# Расчёты $n(N_2)$ , 05.03.2013, 24UT, 294 км

UAM-TM



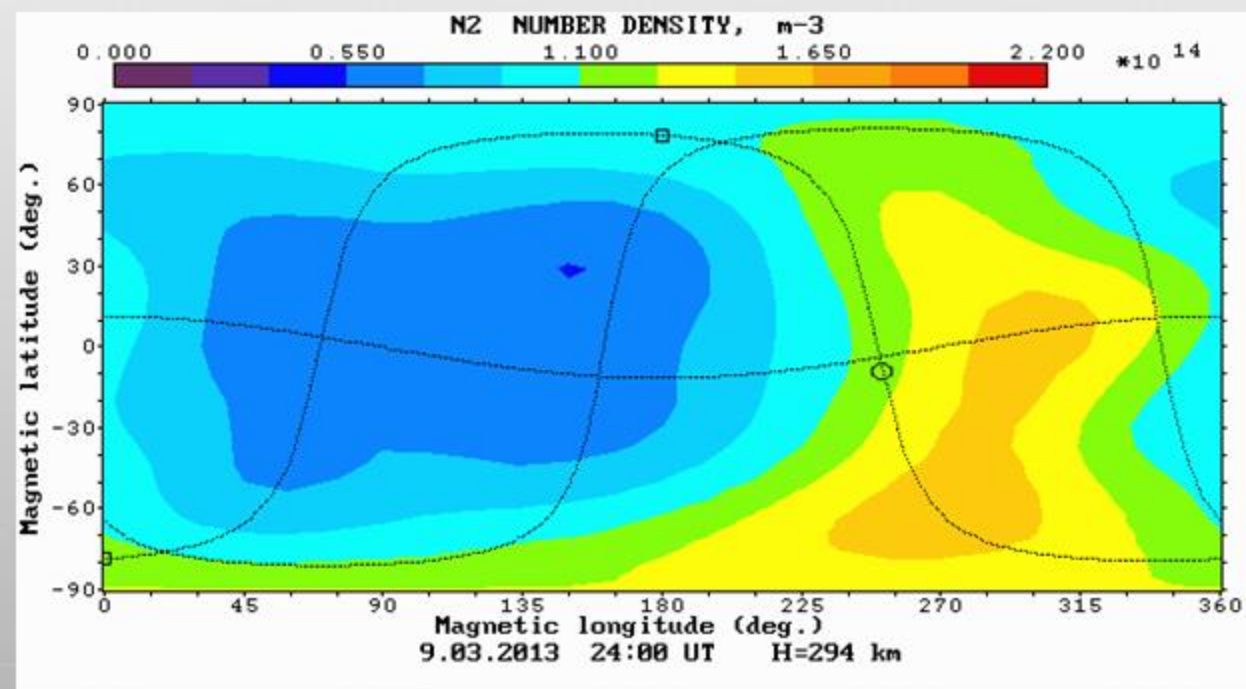
UAM-TT



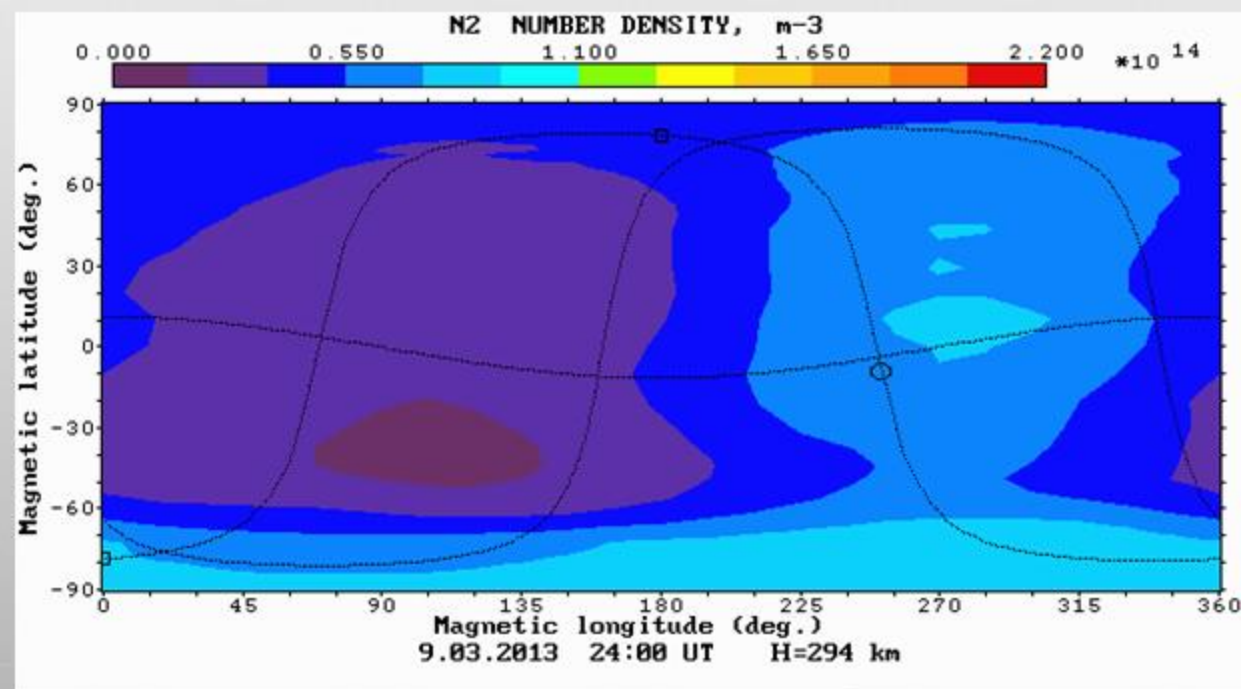


# Расчёты $n(N_2)$ , 09.03.2013, 24UT, 294 км

UAM-TM

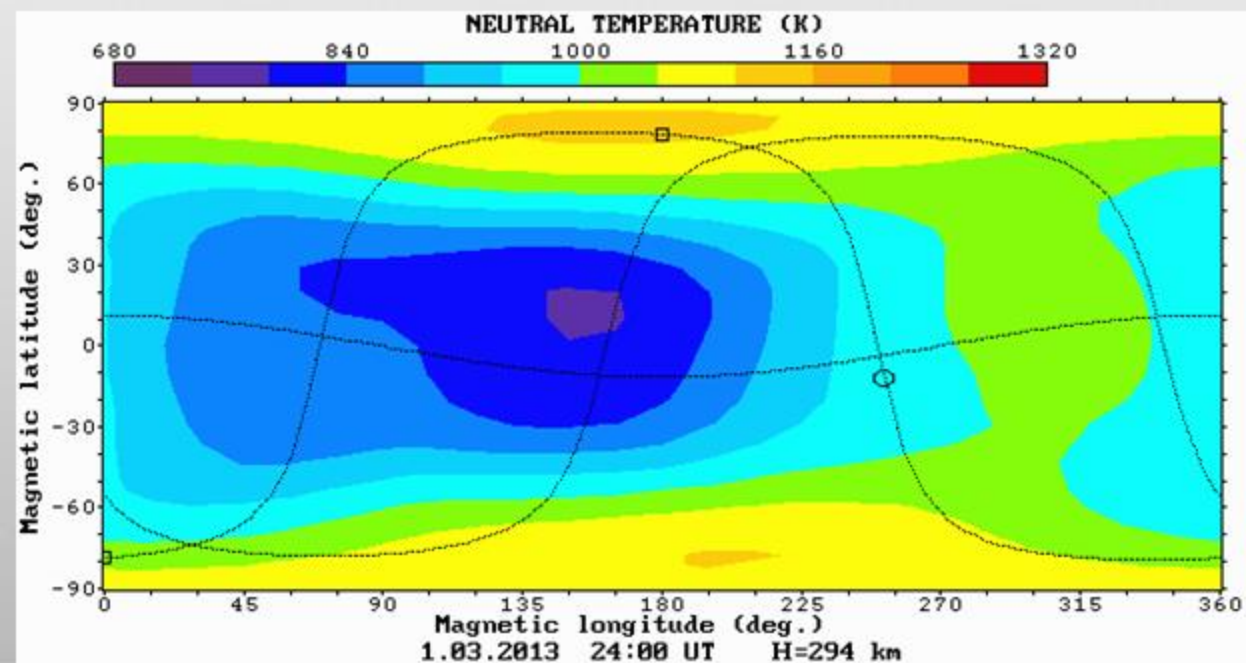


UAM-TT

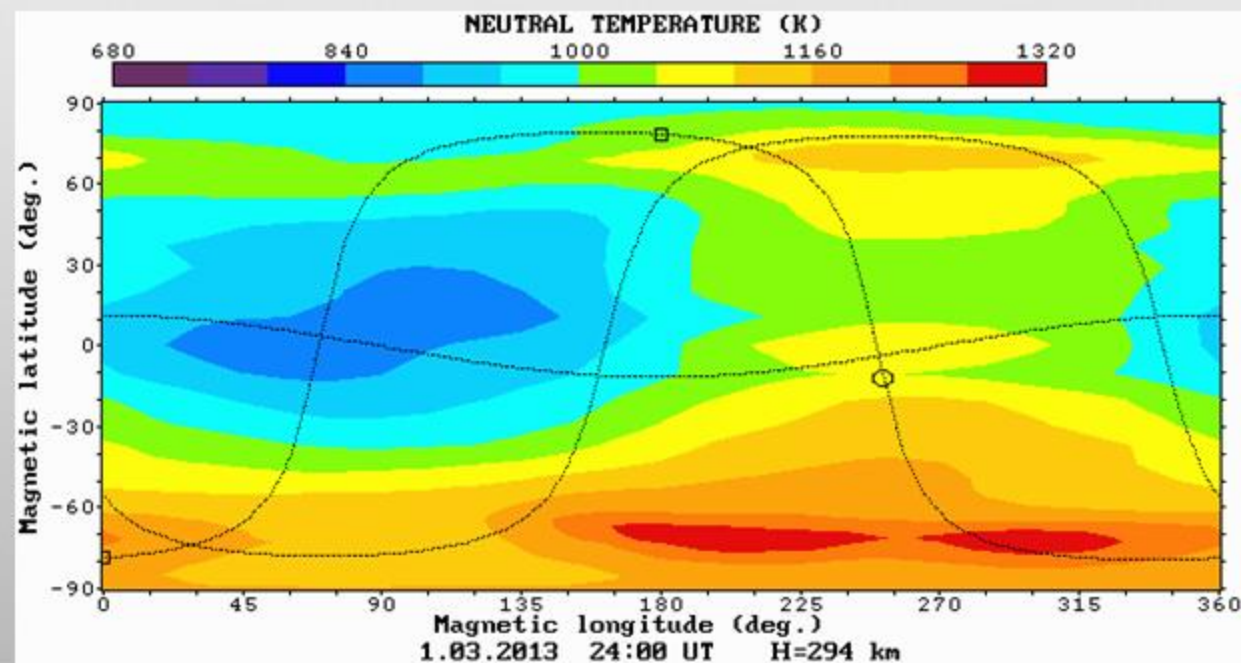


# Расчёты $T_n$ , 01.03.2013, 24UT, 294 км

UAM-TM



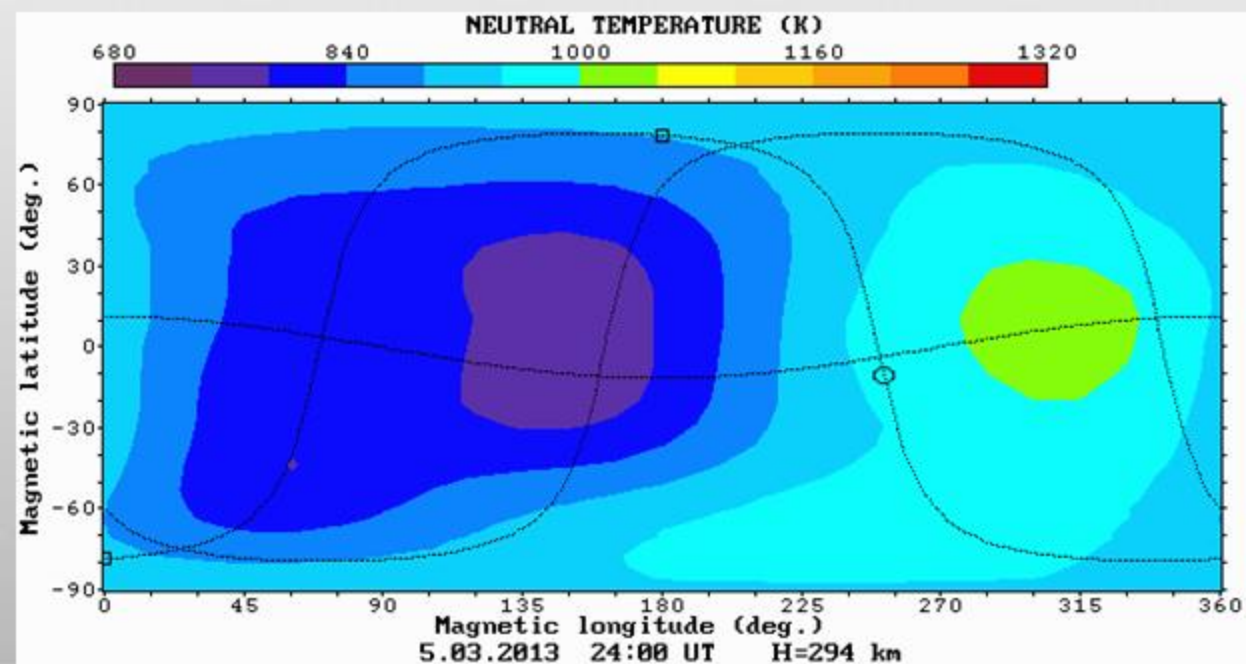
UAM-TT



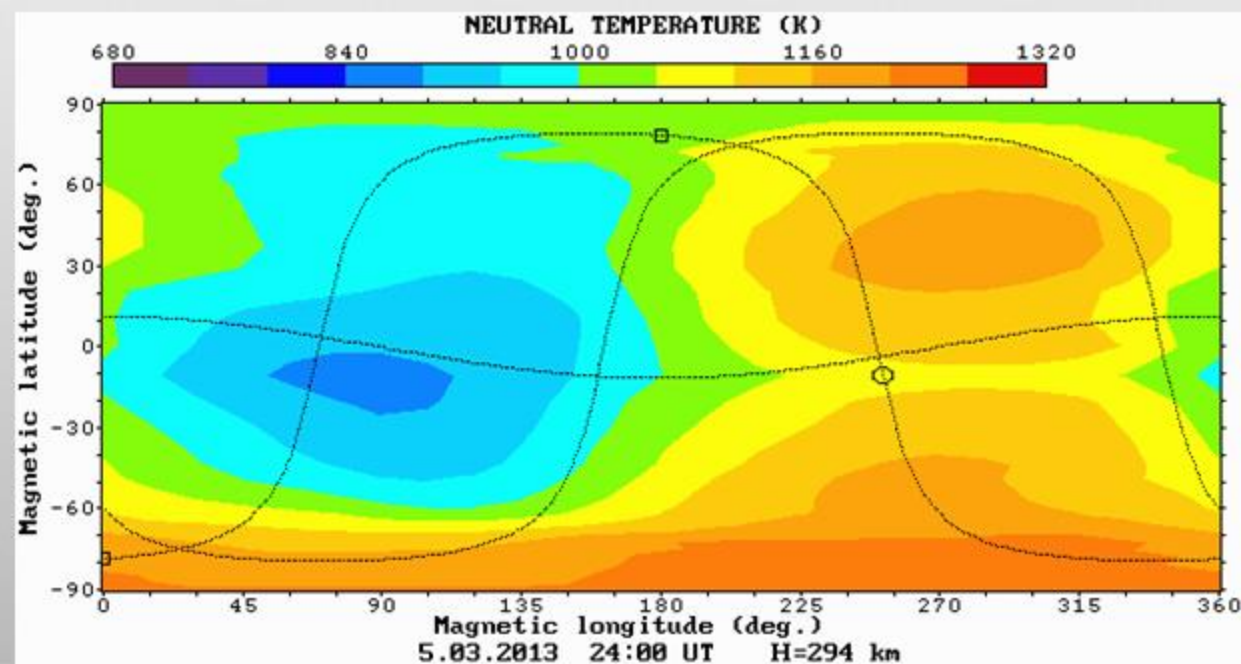


# Расчёты $T_n$ , 05.03.2013, 24UT, 294 км

UAM-TM

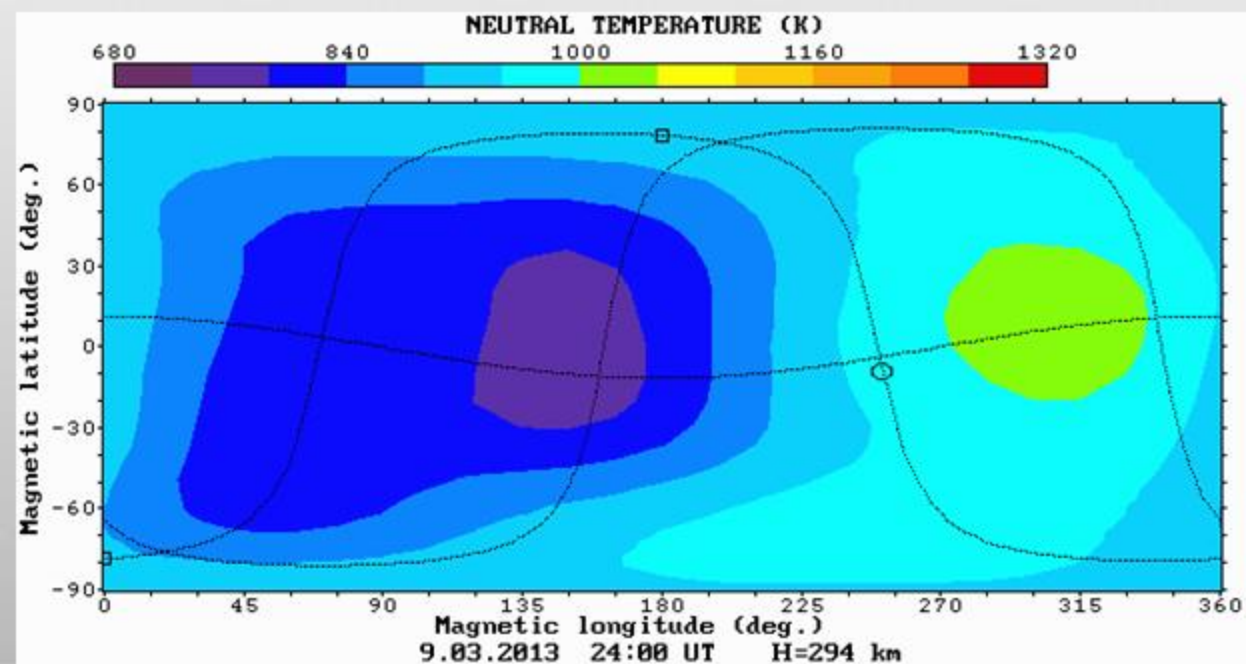


UAM-TT

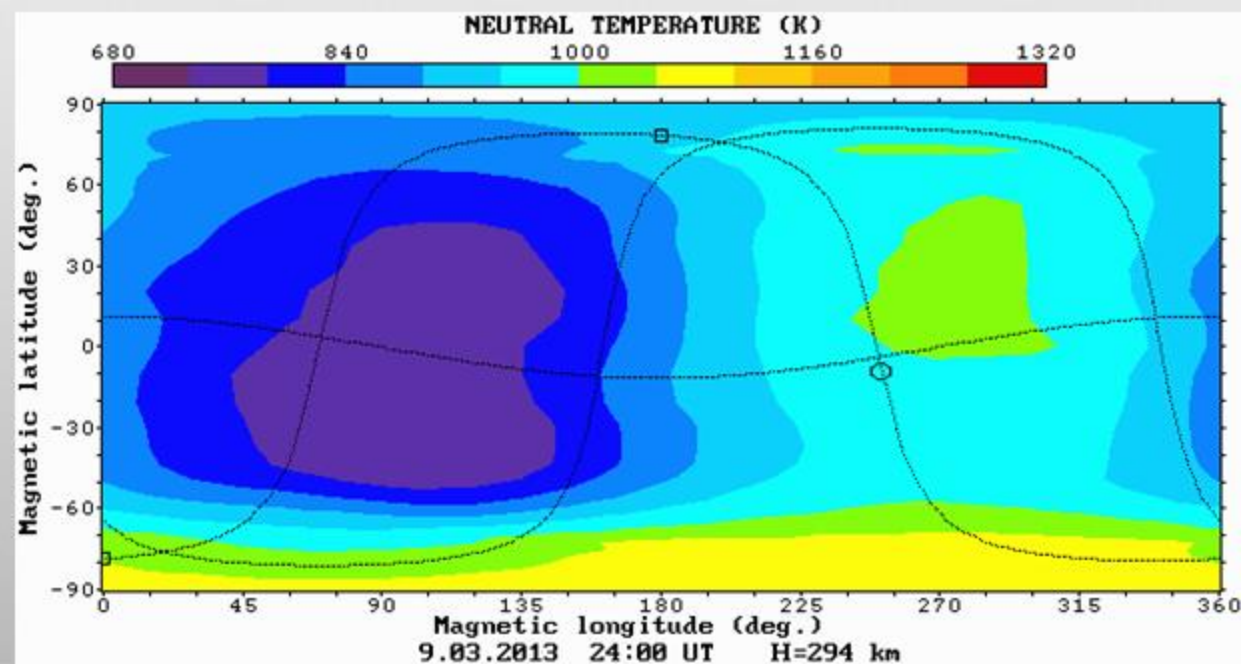


# Расчёты $T_n$ , 09.03.2013, 24UT, 294 км

UAM-TM



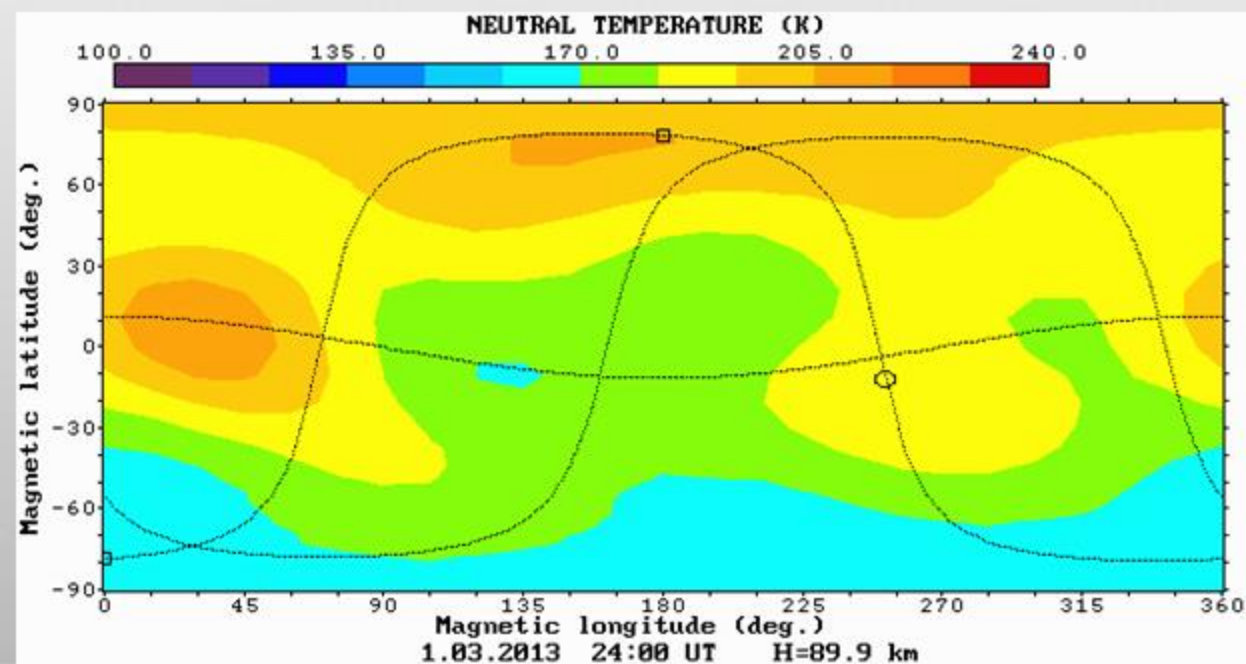
UAM-TT



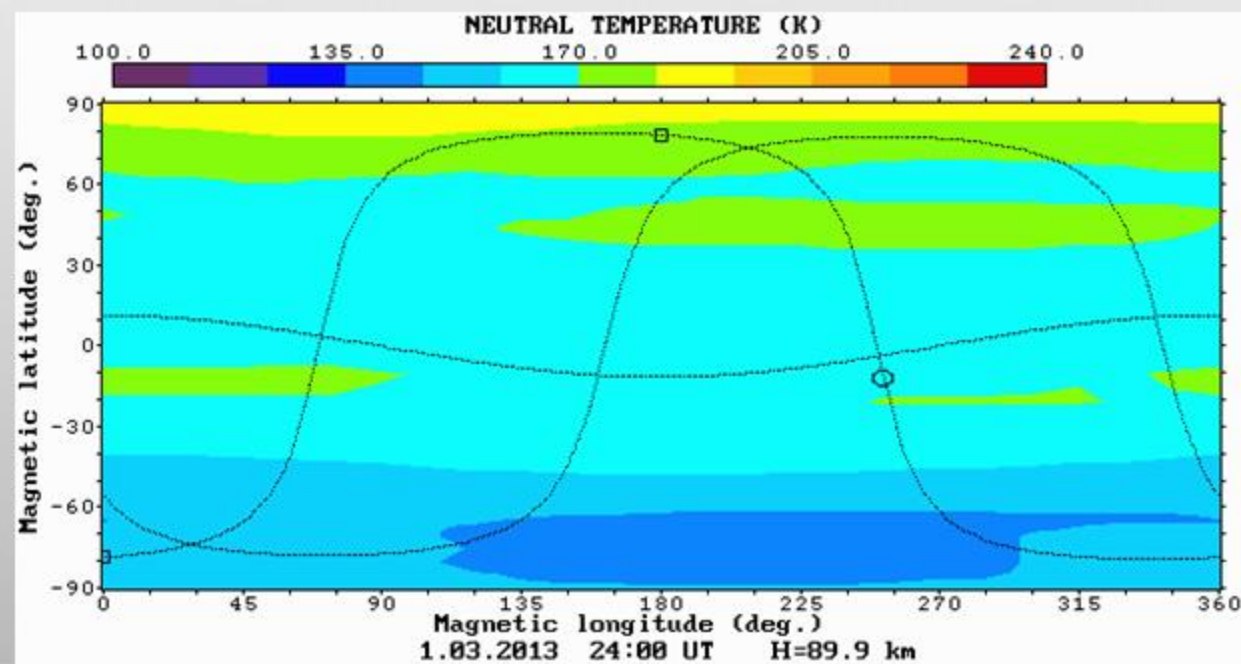


# Расчёты $T_n$ , 01.03.2013, 24UT, 90 км

UAM-TM

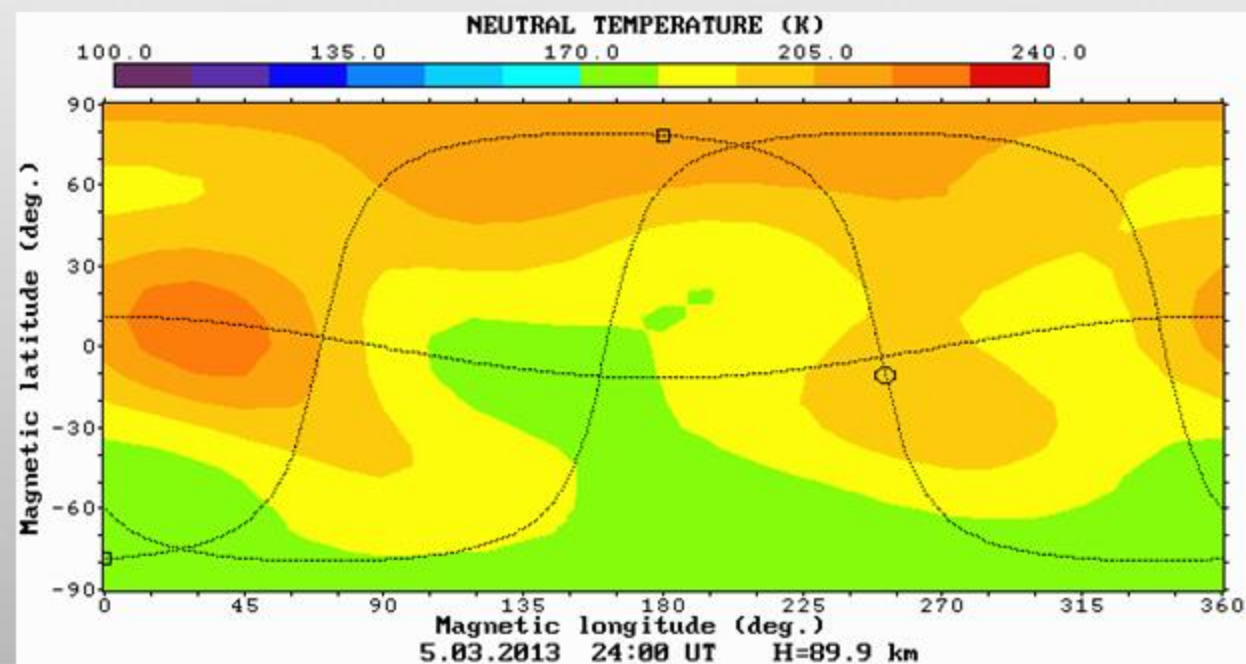


UAM-TT

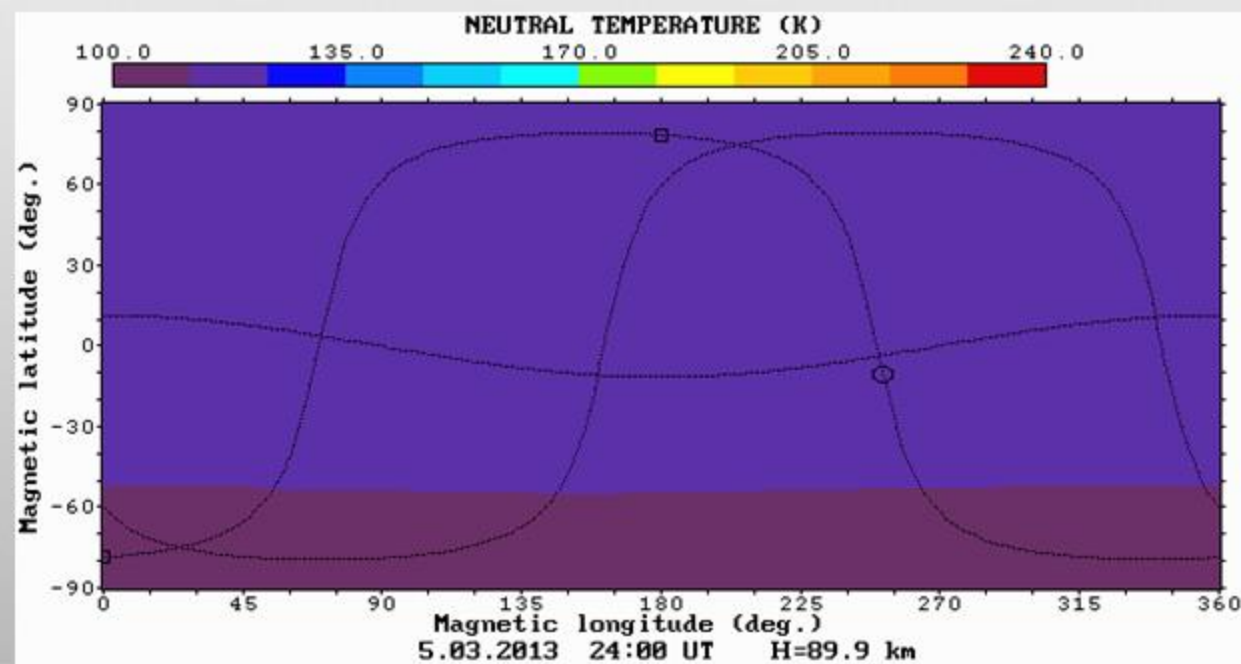


# Расчёты $T_n$ , 05.03.2013, 24UT, 90 км

UAM-TM



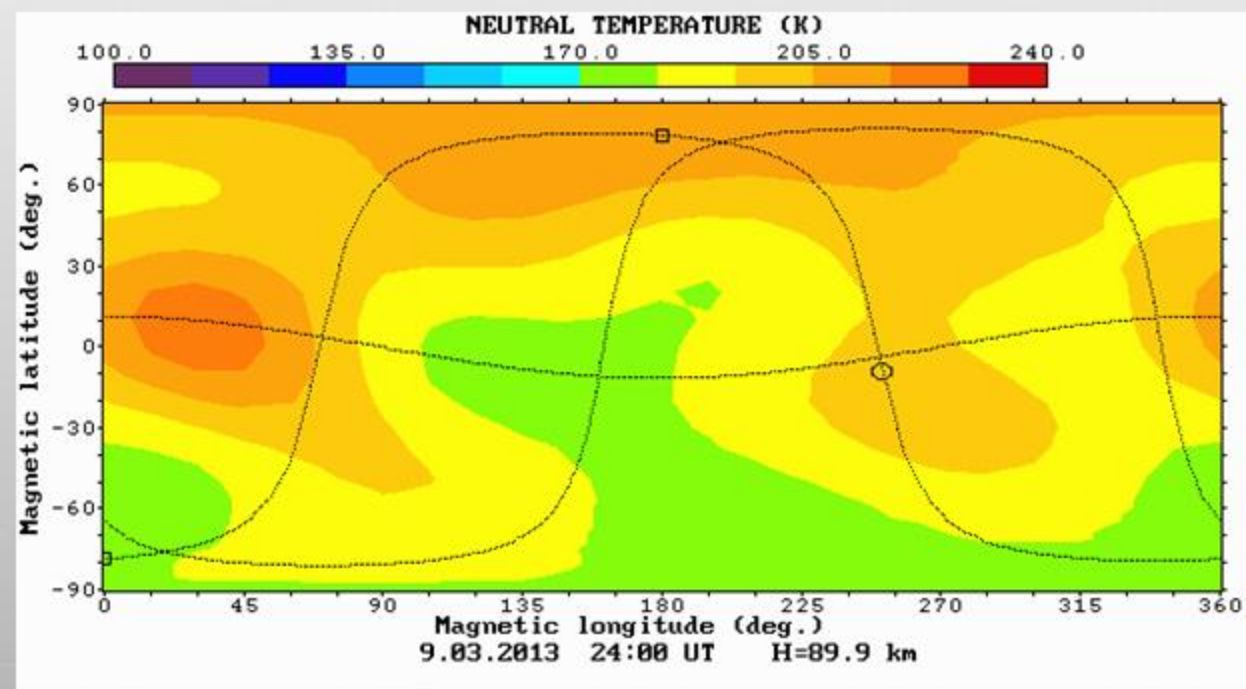
UAM-TT



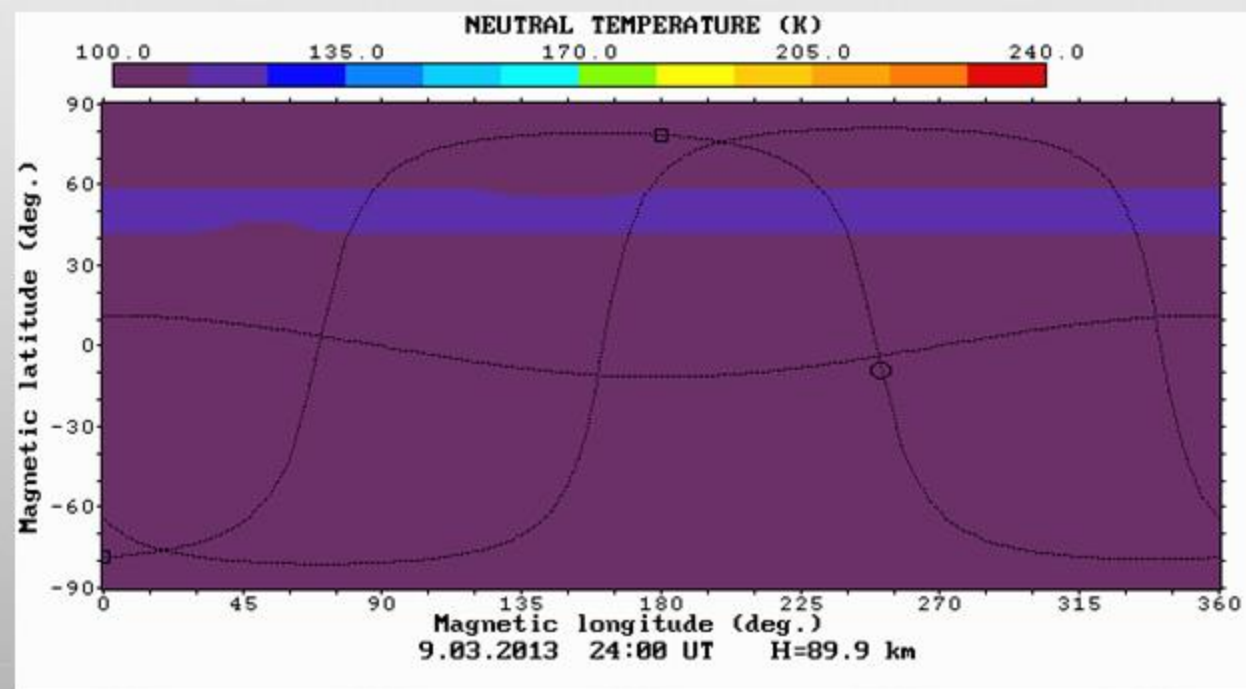


# Расчёты $T_n$ , 09.03.2013, 24UT, 90 км

UAM-TM

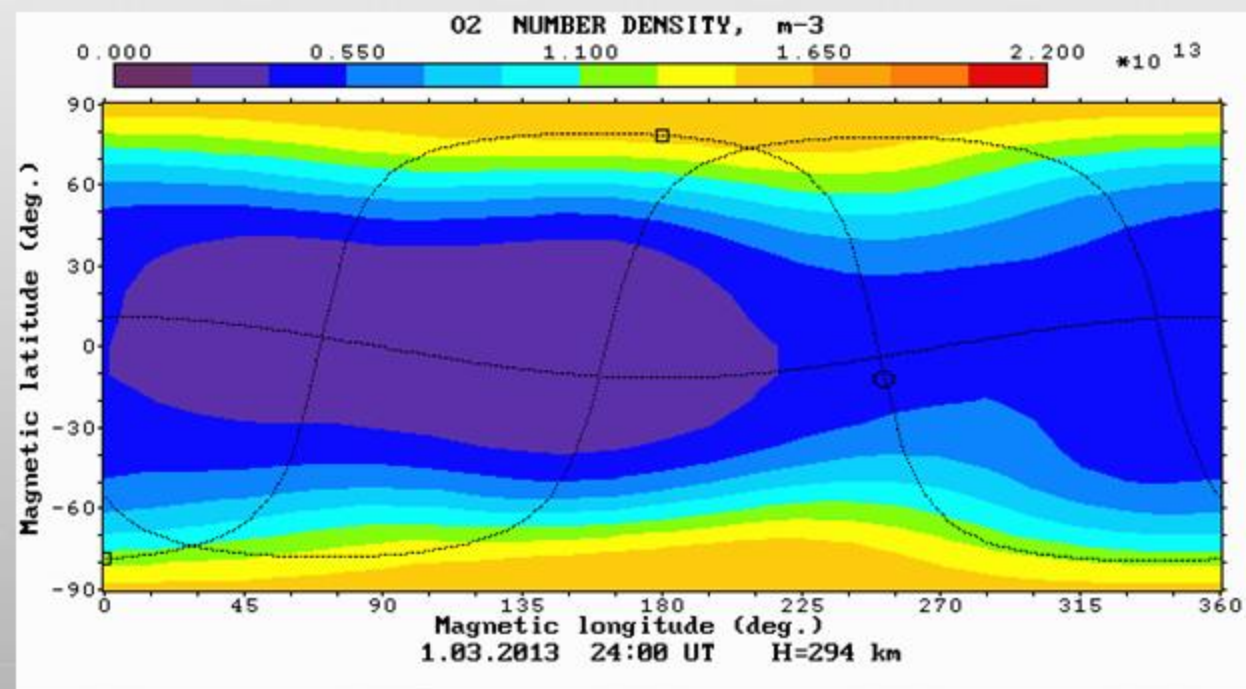


UAM-TT

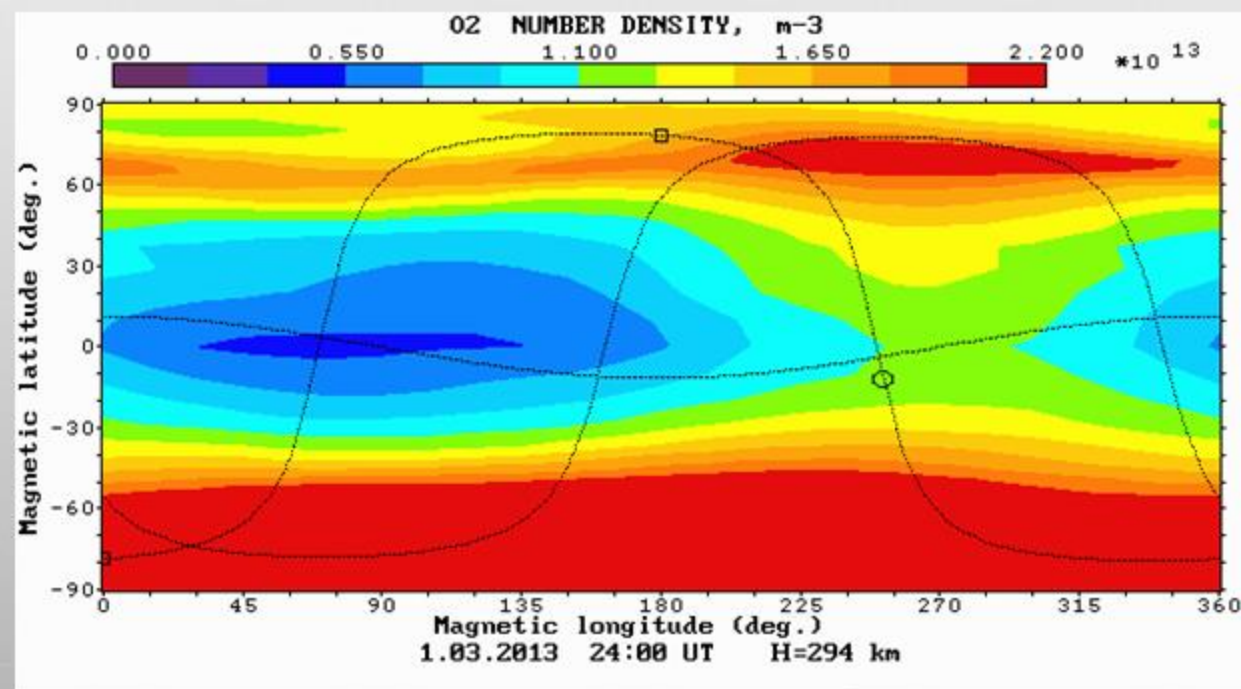


# Расчёты $n(\text{O}_2)$ , 01.03.2013, 24UT, 294 км

UAM-TM



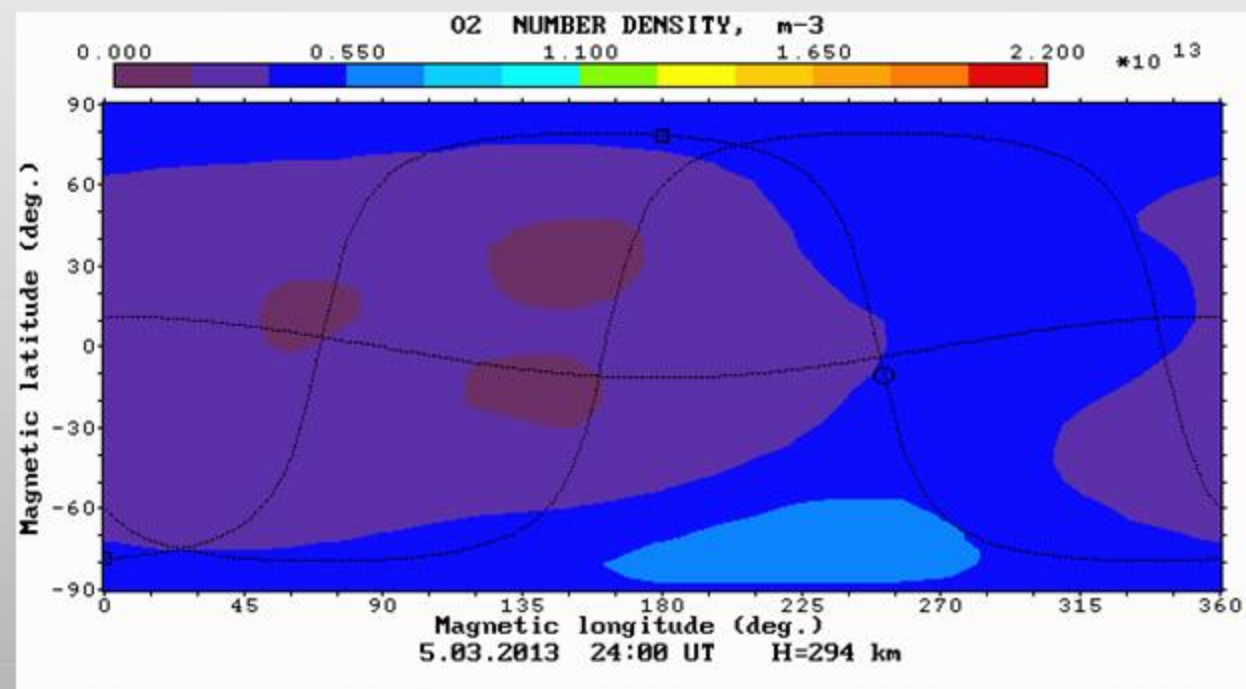
UAM-TT



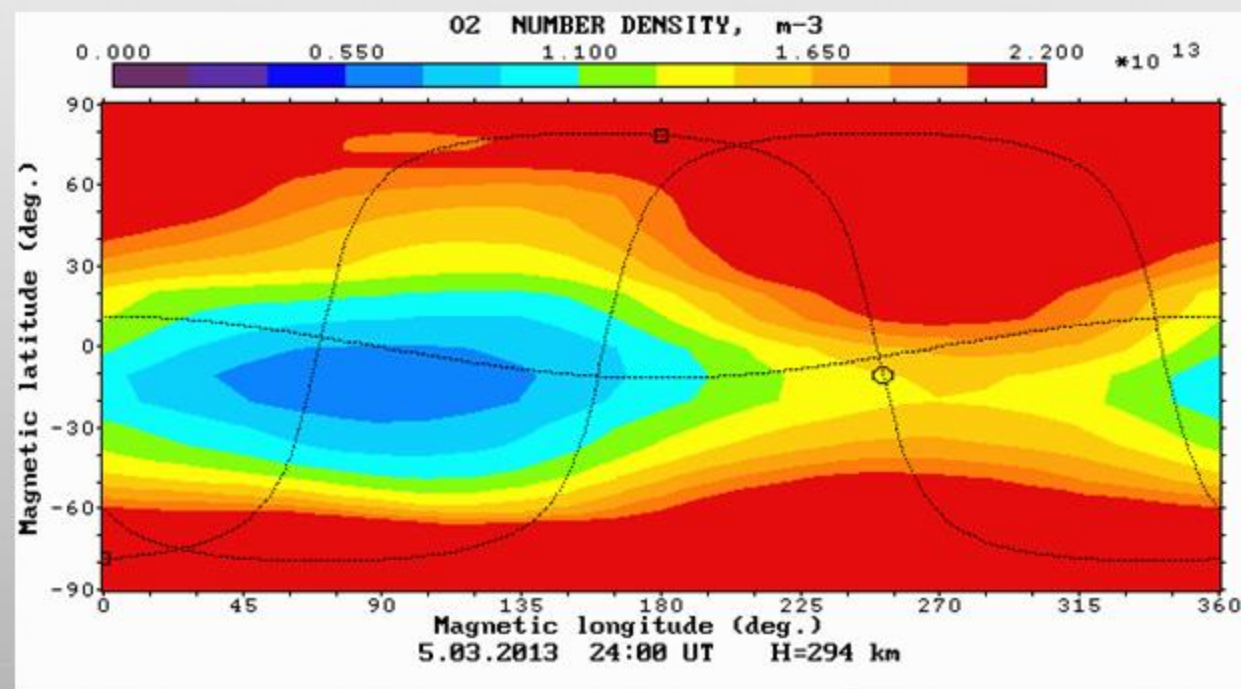


# Расчёты $n(\text{O}_2)$ , 05.03.2013, 24UT, 294 км

UAM-TM

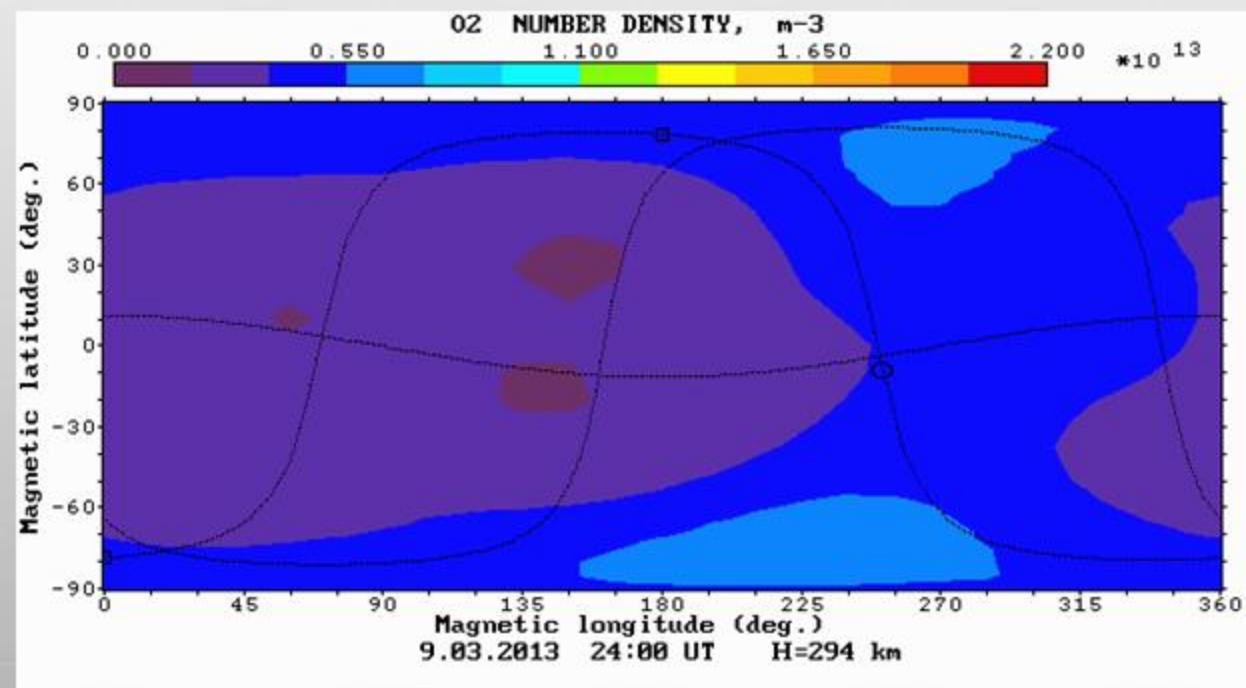


UAM-TT

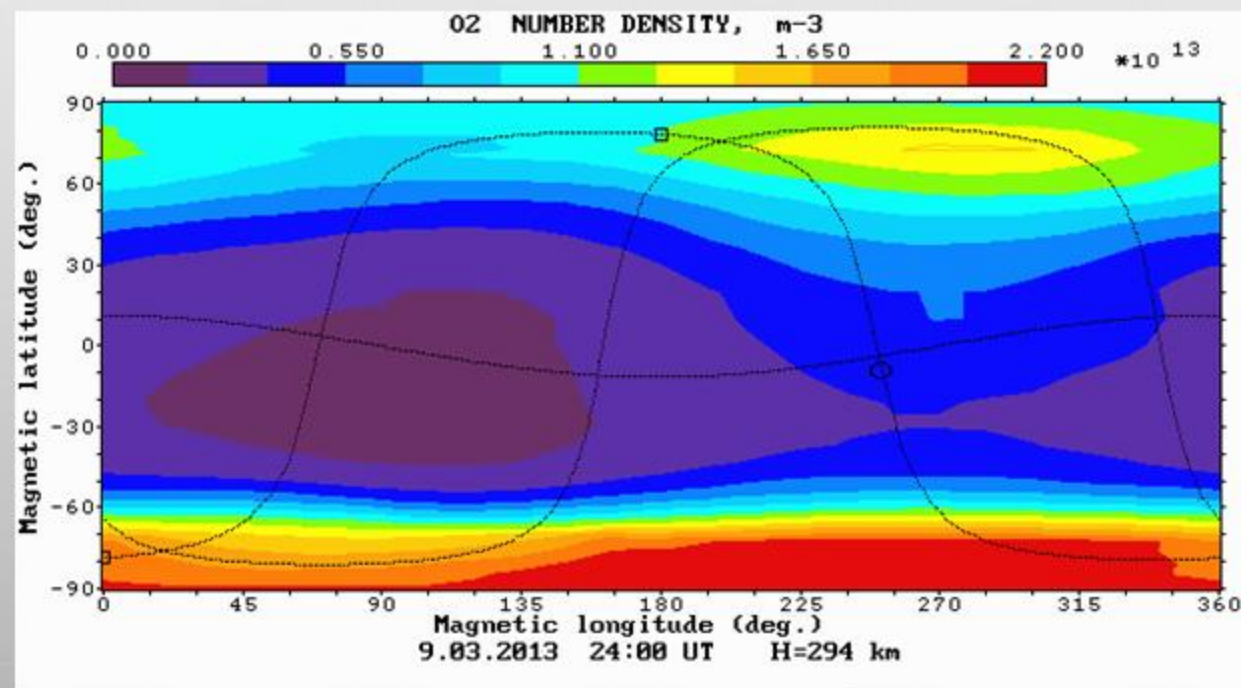


# Расчёты $n(O_2)$ , 09.03.2013, 24UT, 294 км

UAM-TM



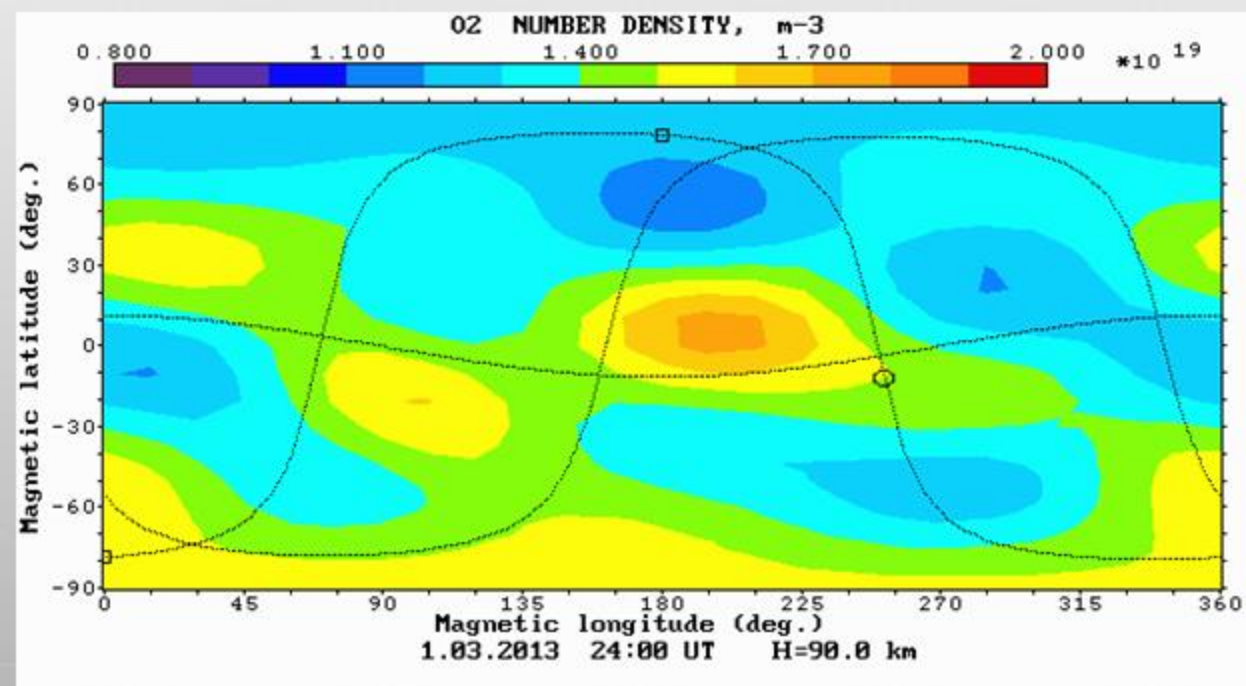
UAM-TT



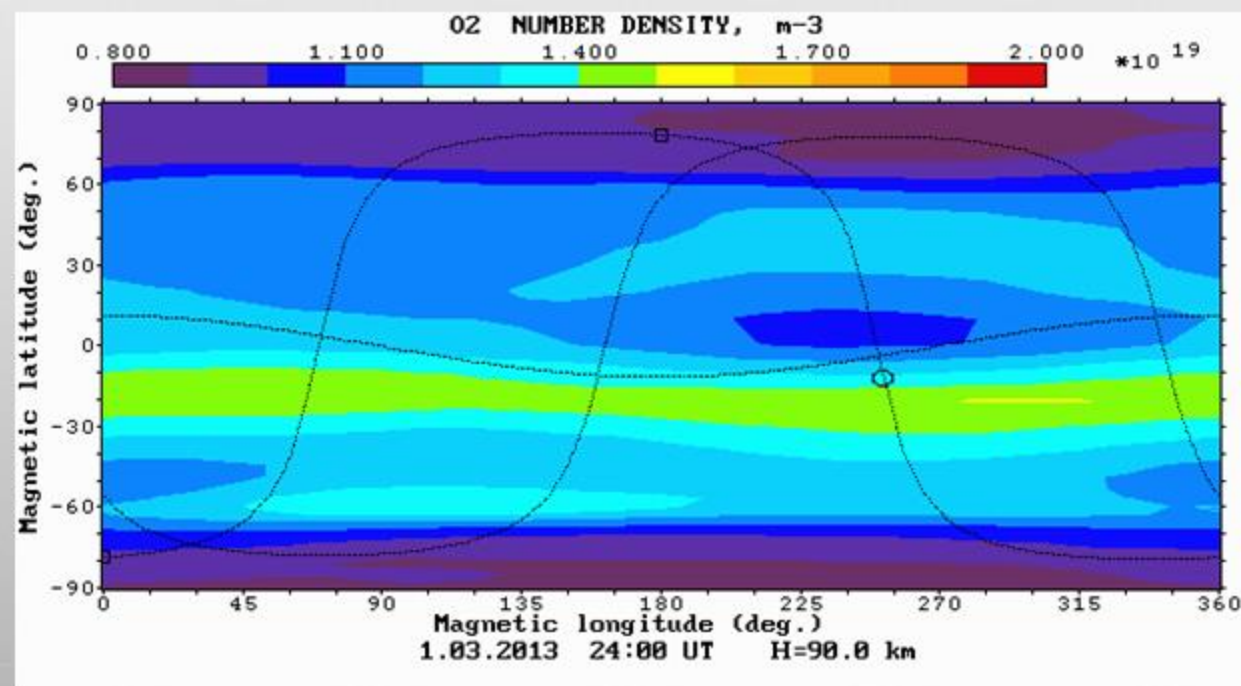


# Расчёты $n(\text{O}_2)$ , 01.03.2013, 24UT, 90 км

UAM-TM

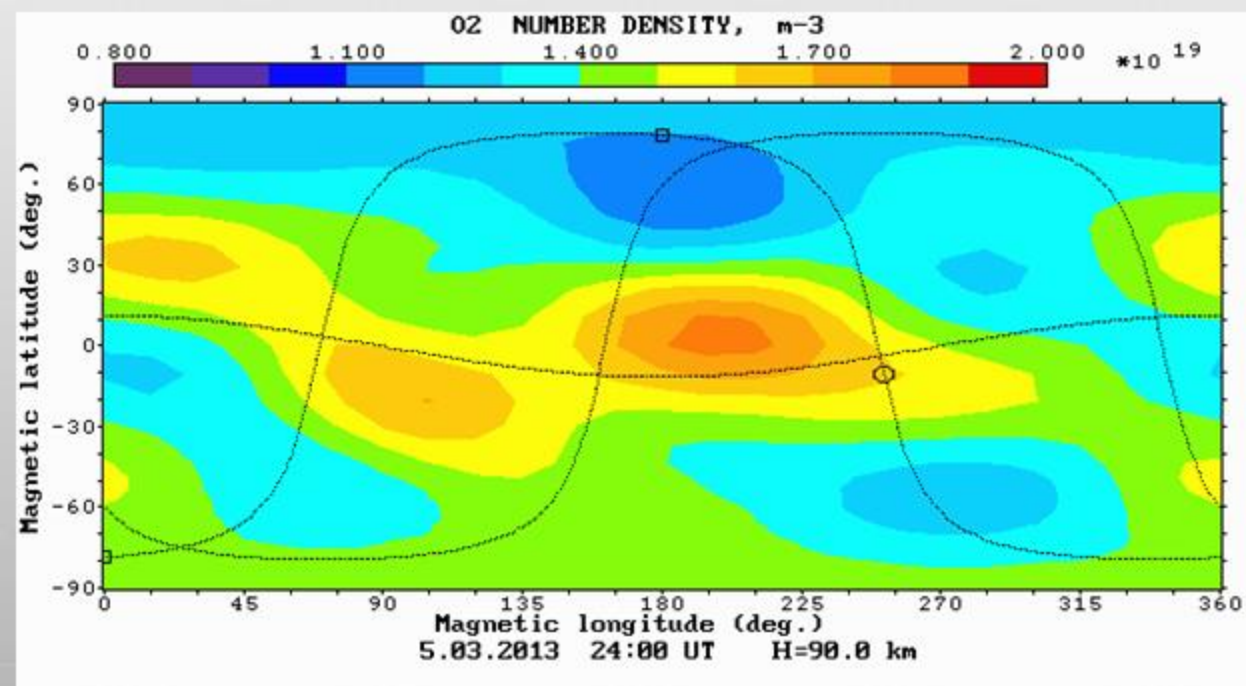


UAM-TT

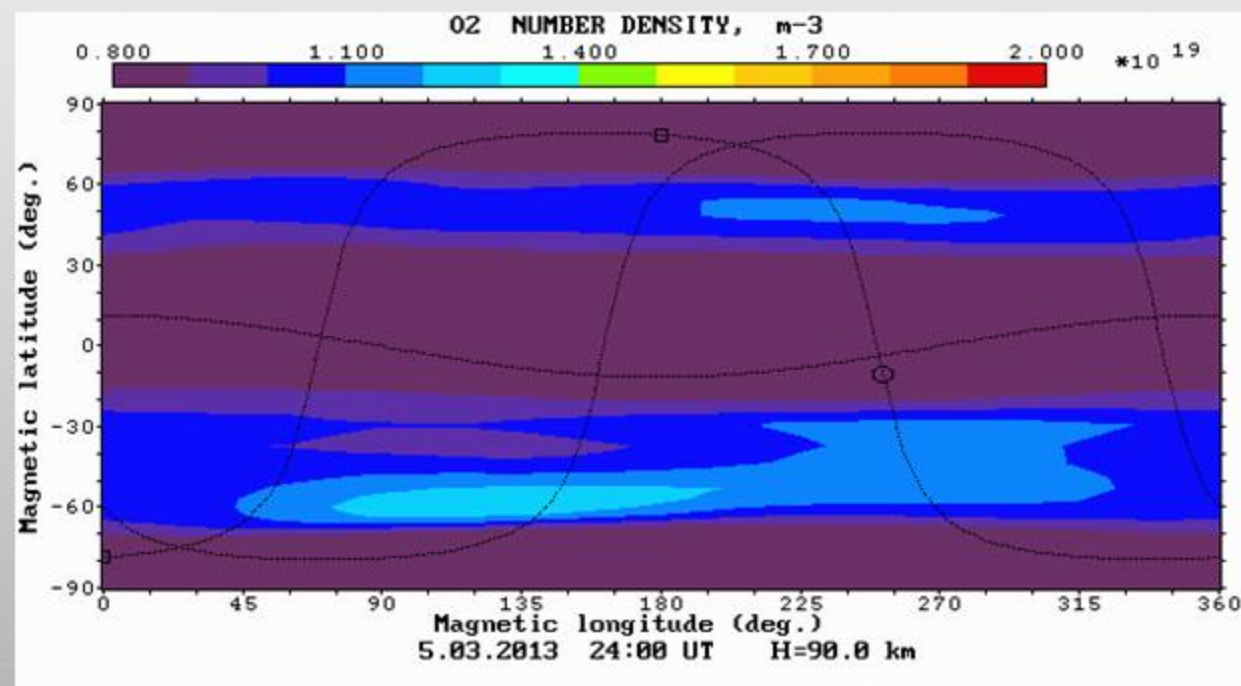


# Расчёты $n(\text{O}_2)$ , 05.03.2013, 24UT, 90 км

UAM-TM



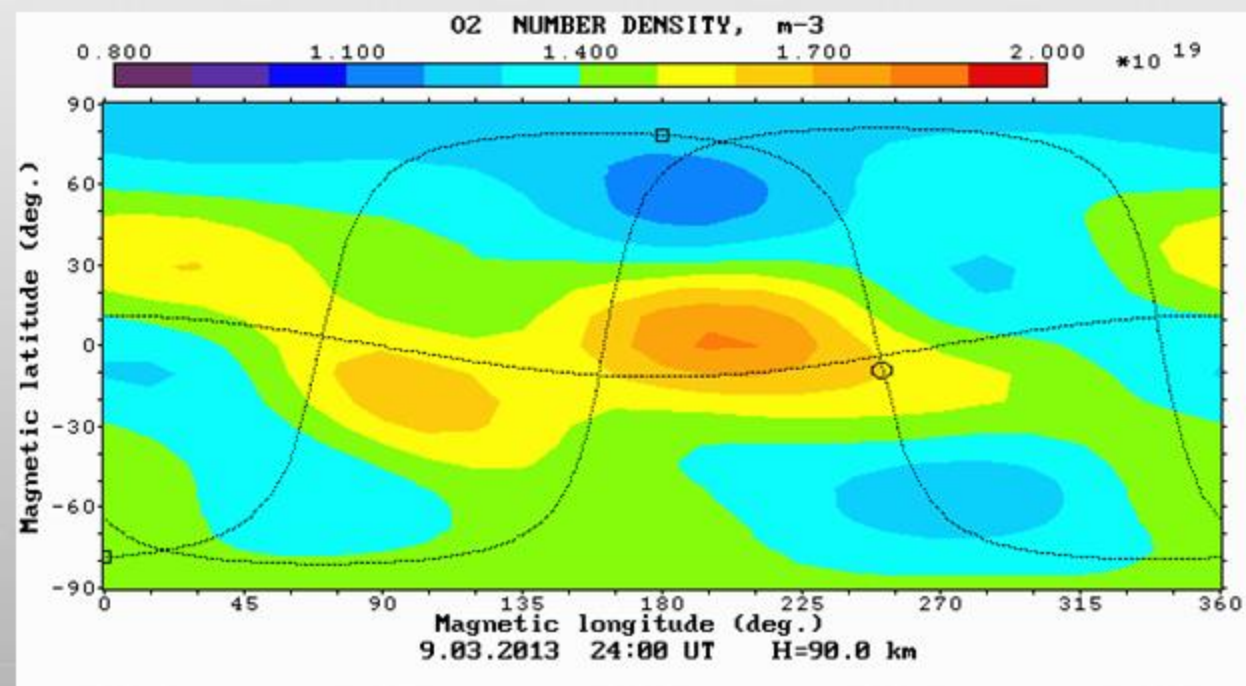
UAM-TT



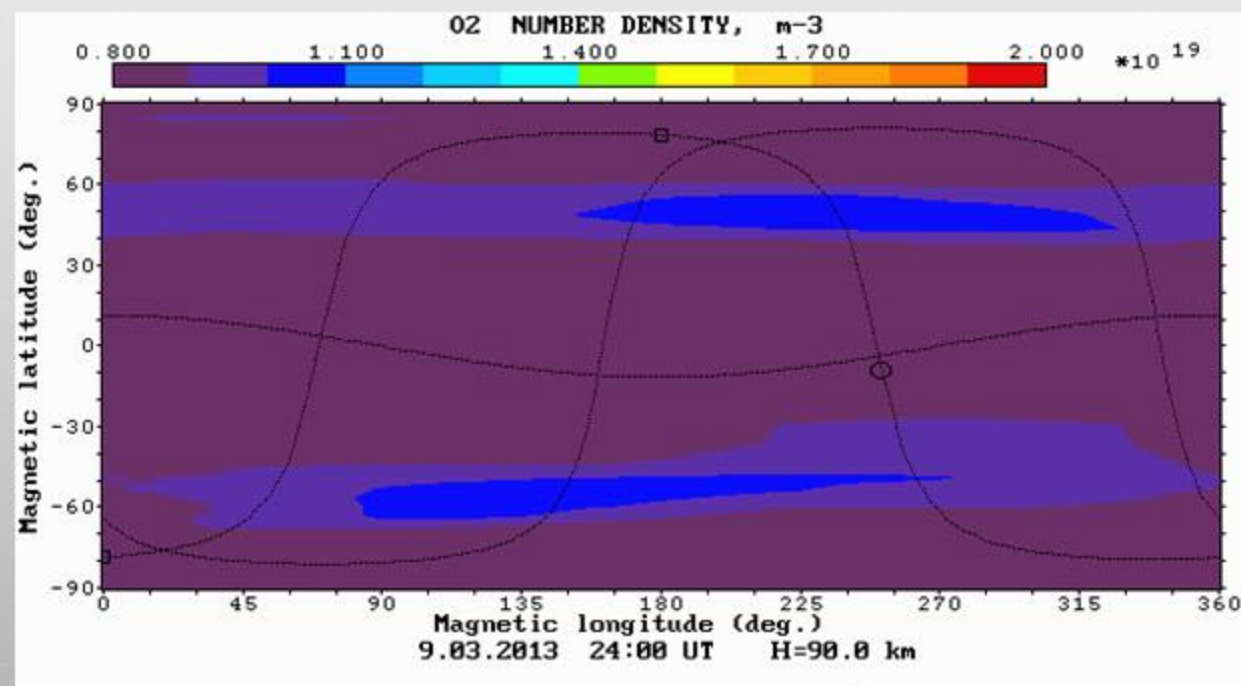


# Расчёты $n(\text{O}_2)$ , 09.03.2013, 24UT, 90 км

UAM-TM



UAM-TT



# Выводы

- Исследован длительный период аномального 24-го солнечного цикла
  - Обнаружены несоответствия с исследованным ранее периодом 23-го солнечного цикла
  - Самосогласованная версия UAM в течение первых пяти дней расчёта показывает умеренное падение концентрации электронов на высоте 300 км при достаточном согласии концентраций нейтральных компонент (кроме концентрации молекулярного кислорода)
  - В период после пяти дней до развития численной неустойчивости самосогласованная версия UAM демонстрирует продолжение падения концентрации электронов на фоне одновременного падения концентраций нейтральных компонент и нейтральной температуры
  - Требуется модификация блока нейтральной атмосферы и нижней ионосферы модели UAM в части добавления учета озона в уравнениях непрерывности для молекулярного и атомарного кислорода и в уравнении теплового баланса для нейтрального газа
-