

АНОМАЛИИ ПОЛЯ ПЛОТНОСТИ ИОНА Н+ НА ВЫСОТЕ КА "МЕТЕОР"

•

А.В. Тертышников

На базе ФГБУ «Институт прикладной геофизики имени Академика Е.К. Федорова» (ФГБУ ИПГ) с 80-х годов прошлого века функционирует Ионосферно-магнитная служба Росгидромета (в рамках выполнения Постановления Правительства СССР от 1978 г.)

Для регулярного зондирования ионного состава верхней ионосферы с 2009 г. на КА серии «Метеор» использовался радиочастотный масс-спектрометр. Фактически ионозонд.

Первым ионозондом на КА серии «Метеор» был прибор РИМС-1 (2009г.). В 2014 г. его заменил РИМС-2. На смену ему с 2023 г. был запущен масс-спектрометр космический (МСК).

«Ионозонды» КК «Ионозонд» также прошли этап внешнего проектирования в ФГБУ ИПГ, но они не зондируют ионы.

Тертышников А.В.

Масс-спектрометр космический.

Патент № 2726186 по заявке № 2019121111/20(041262) в реестре ФИПС от 05.07.2019.

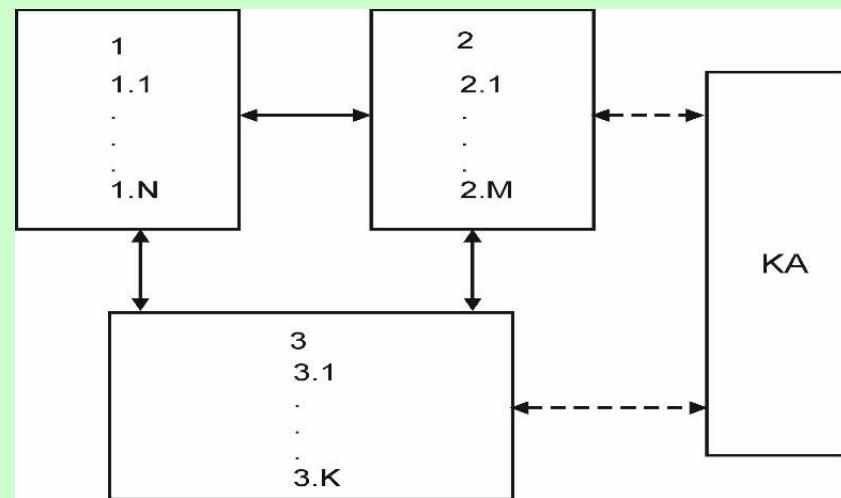


Схема МСК:

- 1 – блок анализатора,
- 2 – блок вспомогательных устройств,
- 3 – блок управления.

Особенностью блока управления 3, организующего взаимодействие устройств в блоках 1-3, является **миниатюрный процессор**, в котором записаны команды управления и программы.

Примеры использования данных зондирования.

Развитие исследований по использованию данных с ионозонда для зондирования границ аврорального овала и состояния магнитного поля Земли

Тертышников А.В. Патент на изобретение «Способ определения положения аврорального овала и состояния магнитного поля Земли». Заявка № 2015126532/28(041268) от 02.07.2015 г.

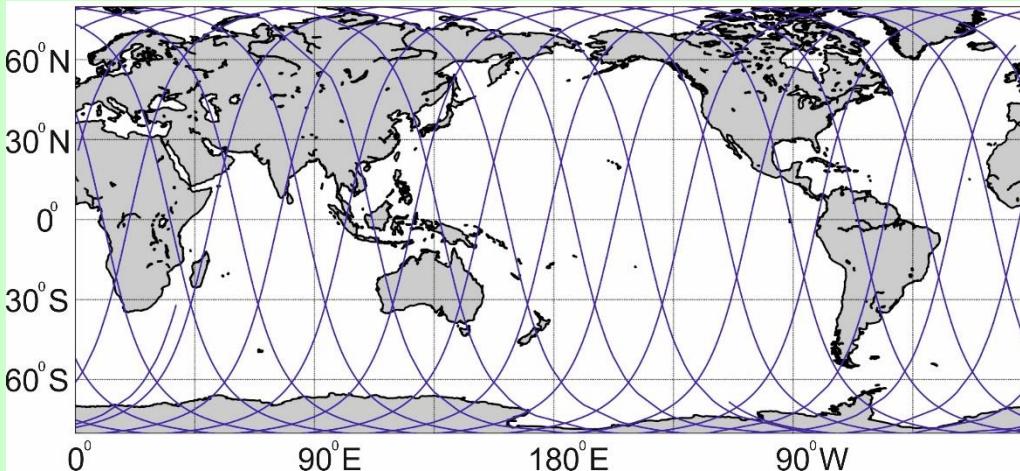
Тертышников А.В. Патент на изобретение № 2683113 «Способ определения характеристик аврорального овала и состояния магнитного поля Земли»/ Заявка 2018110604, 26.03.2018. Бюл. № 9.

Тертышников А.В. Масс-спектрометр космический. Патент на изобретение № 2726186. Заявка № 2019121111/20(041262) от 05.07.2019 г. Опубликовано: 10.07.2020 Бюл. № 19.

Тертышников А.В. Патент на изобретение «Способ определения положения магнитного полюса Земли». Заявка 2020134228/28(062757) от 19.10.2020.

Тертышников А.В. Патент на изобретение «Способ зондирования границ аврорального овала и состояния магнитного поля Земли».
Заявка № 2023111370/28(024305) в реестре ФИПС от 02.05.2023 г.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПРЕРЫВНОГО РЕЖИМА ИЗМЕРЕНИЙ



Восстановление разреженной матрицы (поля)

разложением в ряд по сферическим функциям по всем измерениям плотности иона H⁺ за сутки и алгоритмом LSQR (Least Squares, QR разложение). Итерационный численный метод основан на процессе бидиагонализации Голуба-Кахана с формированием последовательности приближённых решений с постепенным улучшением нижней бидиагональной матрицы. Использование такого подхода обусловлено высокой чувствительностью аналогово-цифрового преобразователя МСК и необходимостью фильтрации аномальных осцилляций измеряемой характеристики. Решалась система линейных уравнений

$$\begin{cases} x_0 P_0^0 + x_1 P_1^0(\theta_1) + x_2 P_1^1(\theta_1)\cos(\lambda_1) + x_3 P_1^1(\theta_1)\sin(\lambda_1) + \dots + x_k P_N^N(\theta_1)\sin(N\lambda_1) = H_1 \\ x_0 P_0^0 + x_1 P_1^0(\theta_2) + x_2 P_1^1(\theta_2)\cos(\lambda_2) + x_3 P_1^1(\theta_2)\sin(\lambda_2) + \dots + x_k P_N^N(\theta_2)\sin(N\lambda_2) = H_2 \\ \dots \\ x_0 P_0^0 + x_1 P_1^0(\theta_M) + x_2 P_1^1(\theta_M)\cos(\lambda_M) + x_3 P_1^1(\theta_M)\sin(\lambda_M) + \dots + x_k P_N^N(\theta_M)\sin(N\lambda_M) = H_M \end{cases}$$

θ_i, λ_i - широта и долгота в i-й точке измерения

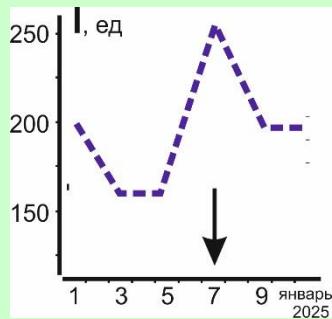
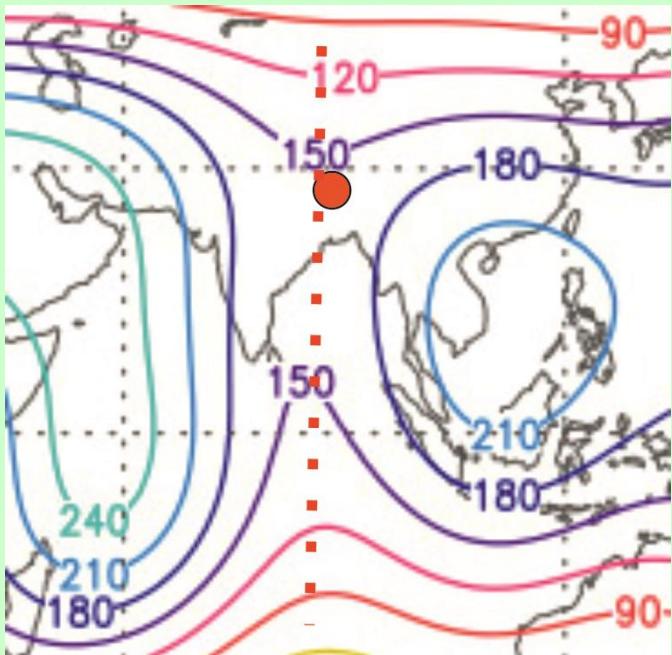
H_i -результат измерения H⁺ в точке θ_i, λ_i

$P_n^m(\theta)$ - присоединенные полиномы Лежандра; n=0,...N; m=0,...n

M - число уравнений (= числу измерений за сутки ≈ 9000)

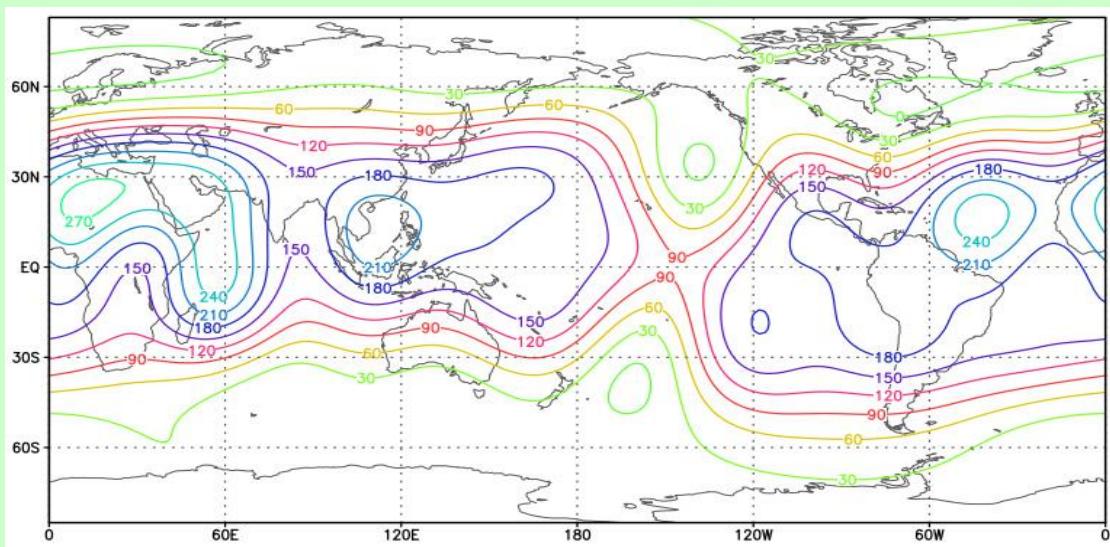
$x_i, i=1\dots k$ - неизвестные коэффициенты (при N = 12 k=N*(N+2)+1=169)

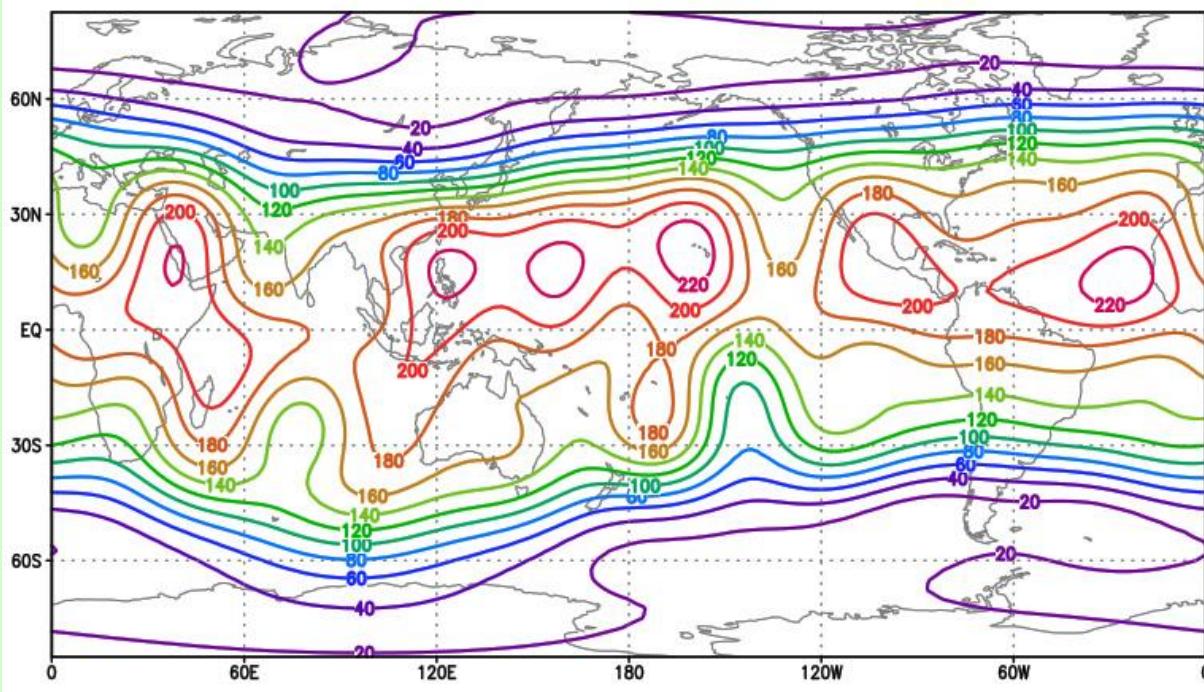
Пример восстановленной карты



Седловина над Тибетом - по месту и времени она может быть связана с подготовкой сильного землетрясения с магнитудой $M=7,1$ в Тибете (широта эпицентра 28.62° , долгота 87.46° , глубина гипоцентра около 10 км, 07.01.2025 г., время 01:05:16 UGS [12] со множеством афтершоков в эти сутки). Эпицентр землетрясения находился в Тибетском автономном районе КНР у границы с Непалом и Индией в 87 км северо-восточнее Эвереста.

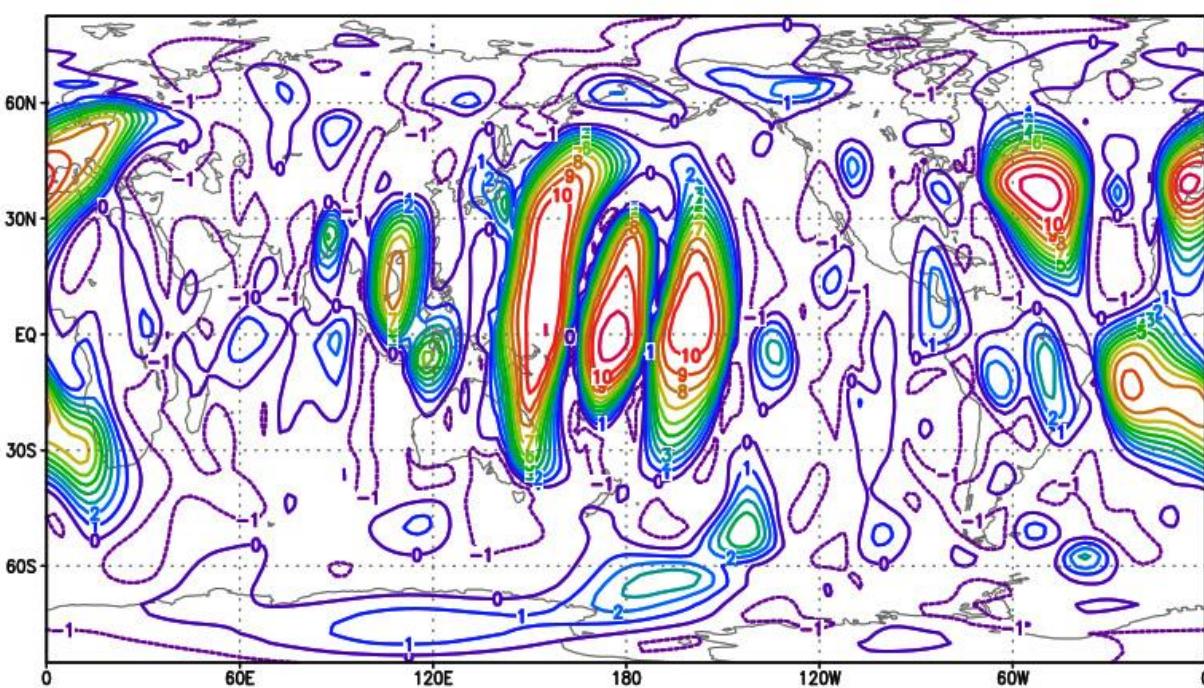
Проявление сейсмогенных эффектов на высотах КА «Метеор» обосновано сопоставимостью высоты орбиты и размеров (масштабов) сейсмотектонической аномалии: $R=10^{0,43}M$, км, M – магнитуда землетрясения. В подтверждении взаимодействия на фрагменте, сформированном по картам, выделяется аномальный всплеск плотности иона H^+ над эпицентральной зоной в сутки с землетрясением.





Осредненные оценки
плотности иона H^+ во
второй половине
января 2025 г.

ВОДОРОДНЫЙ ПОЯС
ЗЕМЛИ.



Оценки коэффициента
экспоненса восстановленных
карт
для второй половины
января 2025 г.

Основные итоги.

За 15 лет функционирования ионозондов ФГБУ «ИПГ» на солнечно-синхронной орбите накоплены огромные объемы измерений.

Проблемные вопросы: а что с **отрицательными ионами?** - Можно адаптировать новый ионозонд под диагностику отрицательных ионов.

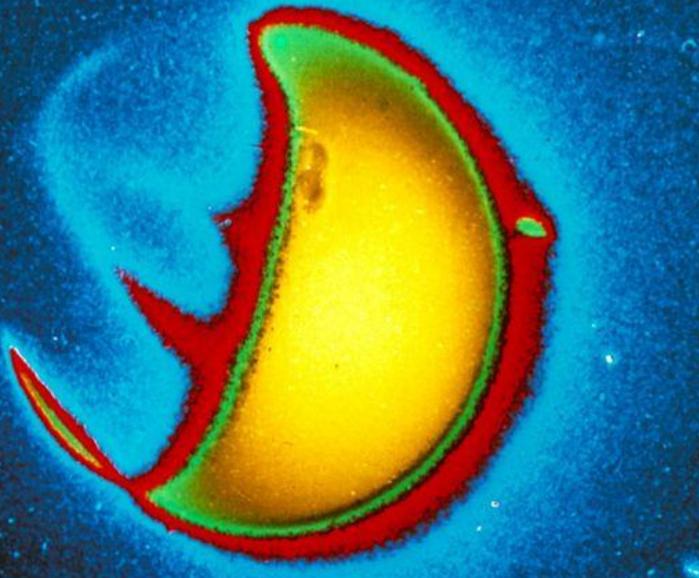
Приложения.

Зачем все это нужно?

- 1. Ошибка позиционирования за счет внешней ионосферы (материалы Ю.Ясюкевича, до 75% от общей ошибки).**

- 2. Проекты NASA.**

Вид Земли с Луны в ультрафиолетовом диапазоне 21 апреля 1972 г. (Миссия Аполлон-16). Видны звезды.



Для съемки использовался 22-килограммовый телескоп со штативом. Оставлен на Луне. Фото с Джоржем Каррутерсом (1939-2020).



13-14

APOLLO 16 PRELIMINARY SCIENCE REPORT

(ref. 13-14) toward the northwest seems to reverse itself down to the star clouds southwest of the bar. The 2-arc-min resolution of the far UV camera gives the impression of emission nebulosity in the six major LMC star clouds (Shapley's constellations) but the evidence, as Karl Henize points out, is just the opposite. The northeastern crescent-shaped constellation centered on N55 in Henize's list (ref. 13-13) at RA $5^{\text{h}}32^{\text{m}}$, dec $-66^{\circ}4$) shows little or no Balmer (atomic hydrogen) emission on ground-based photographs, yet shows very high far UV luminosity in figures 13-19 to 13-21.

SUMMARY OF PRELIMINARY RESULTS

The far UV camera/spectrograph obtained imagery and spectra in the 58- to 160-nm wavelength range in 10 different regions of the sky, each approximately 20° in diameter. The most extensive results to date have come from visual inspection of copy negatives and prints of frames showing the geocorona and the Earth upper atmosphere on both sunlit and dark hemispheres. In addition to day airglow and polar auroral zones, two equatorial airglow belts are shown inclined approximately 15° to the magnetic-dip equator. The geocorona is roughly spherical and extends more than 15 Earth radii up-Sun. Twelve emission lines have been identified in the spectra, including helium at 58.4 nm, ionized oxygen at 83.4 nm, and hydrogen at 102.6 nm, which had not been previously observed. The helium line also appears in spectra of the solar wind and of an unidentified region in the constellation Grus.

Over 550 star images appear on the imagery frames. Quantitative analyses of density scans will yield accurate celestial coordinates and a far UV flux for each such star, some of which are nebulae and galaxies. Parts of the Cygnus Loop and North America nebulae are already identified. The accurate scan analyses will also refine preliminary estimates of Lyman-alpha background showing the solar wind, the solar bow cloud, and probably lunar atmospheric hydrogen.

Far UV imagery of the LMC, the nearest of external galaxies, gives no evidence of Lyman-alpha emission but does provide a very graphic mapping of the hot blue stars, thus allowing the detection of new associations (regions of star formation) in that galaxy.

The identification of diffuse background emissions and the search for faint intergalactic hydrogen emission in clusters of galaxies will require at least 6 months of data analyses on the 178 frames of flight film.

Из отчета.

REFERENCES

- 13-1. Code, Arthur, D.; and Savage, Blair D.: Orbiting Astronomical Observatory: Review of Scientific Results. *Science*, vol. 177, no. 4045, July 21, 1972, pp. 213-221.
- 13-2. Davis, Robert J.: The Celestial Catalog of Ultraviolet Observations. The Scientific Results From the Orbiting Astronomical Observatory (OAO-2), Author D. Code, ed. NASA SP-310, 1972, pp. 321-345.
- 13-3. Carruthers, George R.: Electronic Imaging Devices in Astronomy. *Astrophys. and Space Sci.*, vol. 14, 1971, pp. 332-377.
- 13-4. Carruthers, George R.; and Page, Thornton: Apollo 16 Far-Ultraviolet Camera/Spectrograph: Earth Observations. *Science*, vol. 177, no. 4051, Sept. 1, 1972, pp. 788-791.
- 13-5. Hanson, W. B.: Radiative Recombination of Atomic Oxygen Ions in the Nighttime F Region. *J. Geophys. Res.*, vol. 74, no. 14, July 1, 1969, pp. 3720-3722.
- 13-6. Hanson, W. B.: A Comparison of the Oxygen Ion-Ion Neutralization and Radiative Recombination Mechanisms for Producing the Ultraviolet Nightglow. *J. Geophys. Res.*, vol. 75, no. 22, Aug. 1, 1970, pp. 4343-4346.
- 13-7. Knudsen, William C.: Tropical Ultraviolet Nightglow From Oxygen Ion-Ion Neutralization. *J. Geophys. Res.*, vol. 75, no. 19, July 1, 1970, pp. 3862-3866.
- 13-8. Olson, Ronald E.; Peterson, James R.; and Moseley, John: Oxygen Ion-Ion Neutralization Reaction as Related to Tropical Ultraviolet Nightglow. *J. Geophys. Res.*, vol. 76, no. 10, Apr. 1, 1971, pp. 2516-2519.
- 13-9. Hicks, G. T.; and Chubb, T. A.: Equatorial Aurora/Airglow in the Far Ultraviolet. *J. Geophys. Res.*, vol. 75, no. 31, Nov. 1, 1970, pp. 6233-6248.
- 13-10. Tinsley, Brian A.; Christensen, Andrew B.; Gouveira, Hermano: Comparison of OI7774 and Ionosonde Data From Brazil and the Excitation of TROPES. *Trans. Am. Geophys. Union*, vol. 53, no. 7, July 1972, p. 730.
- 13-11. Gott, J. Richard, III; and Potter, A. E., Jr.: Lunar Atomic Hydrogen and Its Possible Detection by Scattered Lyman- α Radiation. *Icarus*, vol. 13, 1970, pp. 202-206.
- 13-12. Anon.: Digital Image Data Systems, Short Form Catalog. DICOMED Corp. (Minneapolis, Minn.), Mar. 1972.
- 13-13. Henize, Karl G.: Catalogues of H-Alpha Emission Stars and Nebulae in Magellanic Clouds. *Astrophys. J. Suppl. No. 22*, vol. II, Sept. 1956, pp. 315-364.
- 13-14. De Vaucouleurs, G.: Magellanic Clouds and the Galaxy II. *The Observatory*, vol. 74, 1954, pp. 158-164.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!!!

**АНОМАЛИИ ПОЛЯ ПЛОТНОСТИ ИОНА Н+
НА ВЫСОТЕ КА "МЕТЕОР"**

А.В. ТЕРТЫШНИКОВ