

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ИОНОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ СТАНЦИИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АВРОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ЗА ДЛИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД

Долгачева С.А., Егорова Л.В.

*Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,
Санкт-Петербург, Россия*

ANALYSIS OF IONOSPHERIC PARAMETERS ACCORDING TO THE DATA OF THE VERTICAL SOUNDING STATION OF THE AURORAL ZONE FOR A LONG PERIOD

Dolgacheva S.A., Egorova L.V.

*Geophysics Department of Arctic and Antarctic Research Institute,
Saint-Petersburg, Russia*

<https://doi.org/10.31725/0552-5829-2023-99-102>

Statistical analysis methods were used to analyze the ionogram parameters of the auroral station Dixon for the years 1967–1986 and 2013–2023. A comparison was made between experimental data describing the ionosphere depending on the solar cycle number (20, 21, 24 and 25). The behavior features of individual ionospheric layers' parameters were identified depending on solar energy flux and geomagnetic activity indices. The results of the experiment were compared with model data, which showed the need for correction of input parameters.

Полярный геофизический центр института Арктики и Антарктики (ААНИИ) хранит и собирает данные сети мониторинга геофизической обстановки, в которую входят 11 станций Росгидромета и ФГБУ «ААНИИ» [1]. Для авроральной станции Диксон (ДК 73.54° N; 80.56° E) были оцифрованы исторические данные вертикального зондирования ионосферы с 1966 по 1986 года (рис. 1).

В данной работе проводится анализ критических частот E и F области ионосферы для всего временного ряда. Представляет интерес сравнение между собой параметров ионосферы в эпохи "пониженной" (24, 25 солнечных циклы) и "повышенной" (20, 21) солнечной активности.

Для анализа временного ряда использовались относительное число солнечных пятен W и индексы геомагнитной активности Kp, AE, Dst. Так же был проведен расчет параметров ионосферы с помощью модели IRI. Данные разделялись по циклам солнечной активности и уровням возмущенности магнитного поля.

Среднегодовой тренд в дневные и ночные часы для 20 и 21 СЦ выше чем для 24-го СЦ, а среднегодовые тренды для текущего, 25-го цикла, на уровне 20-го СЦ (рис. 1). В расчётах модели IRI так же заметны изменения среднегодовых значений частот (рис. 2). Однако, часовые расчетные значе-

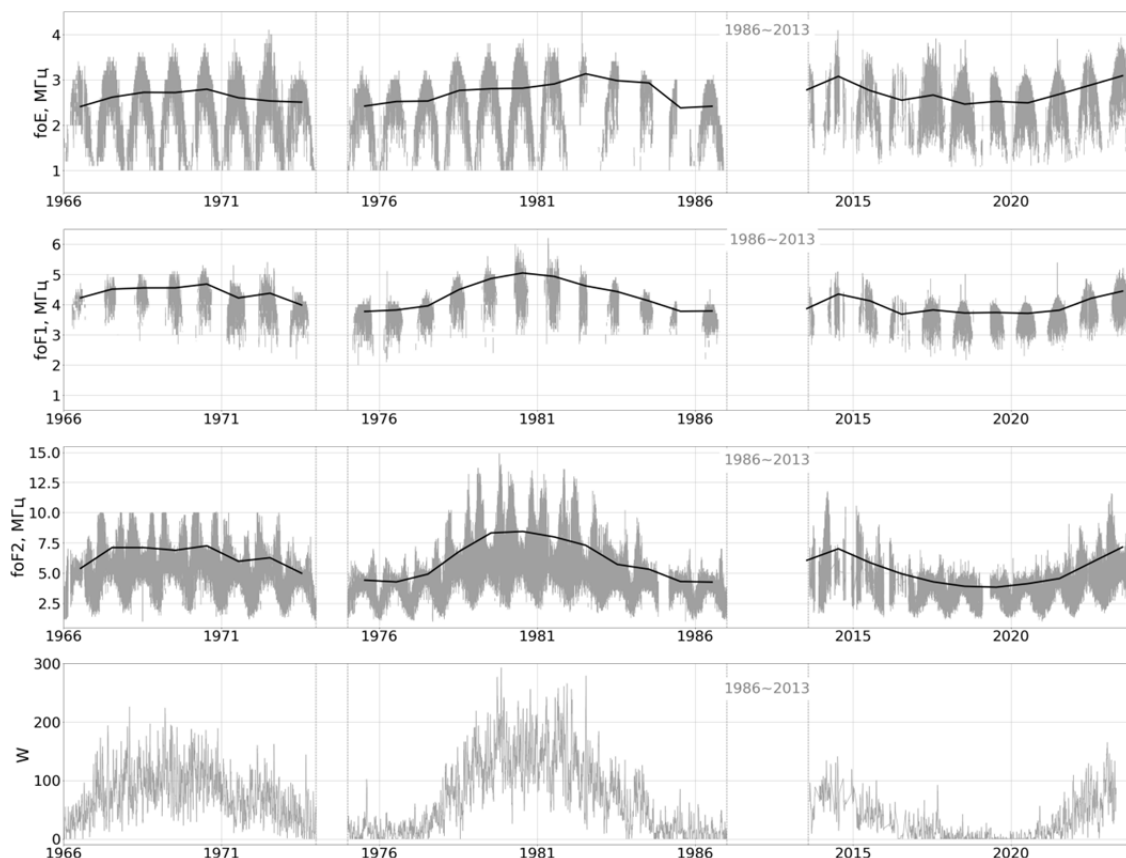


Рис. 1. Критические частоты для Е и F области ионосферы и число Вольфа за период 1966–2023 года. Часовые данные и среднегодовой тренд.

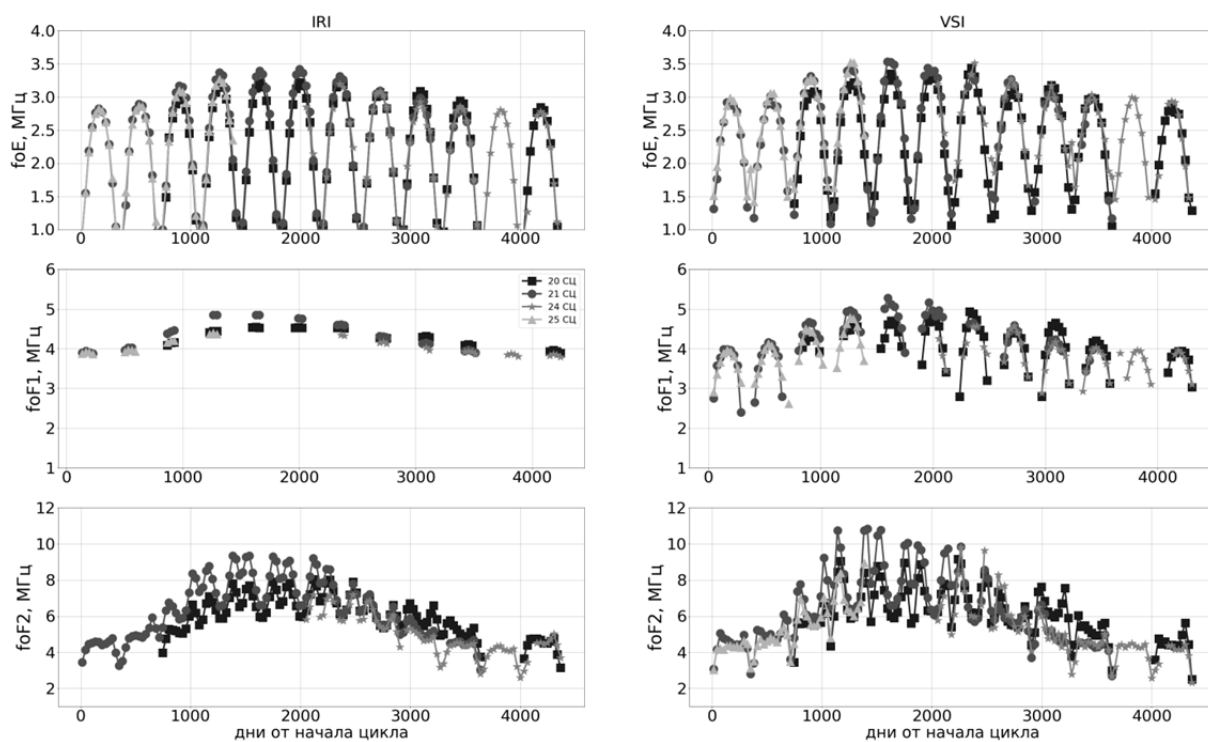


Рис. 2. Среднемесячные значения критических частот и числа Вольфа. Все имеющиеся циклы СА наложены друг на друга. Слева направо: расчёты модели IRI за дневные часы, экспериментальные данные дневные часы, экспериментальные данные ночные часы.

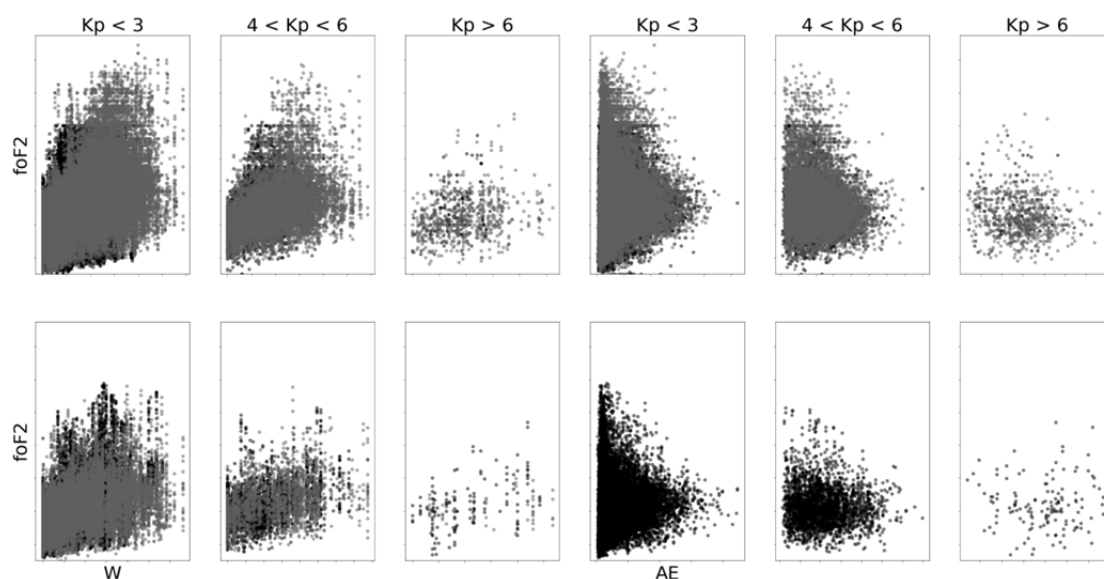


Рис. 3. Отношение критической частоты слоя F2 с числом Вольфа и AE-индексом. Сверху и снизу эпохи "пониженной" (24, 25 солнечных циклы) и "повышенной" (20, 21) солнечной активности. Чёрные точки – 20 и 24 СЦ, серые – 21 и 25.

ния частот ниже, чем экспериментальные данные, что подтверждается коэффициентами корреляции. Лучшие коэффициенты корреляции экспериментальных и расчетных критических частот – для среднемесячных значений [$foE = 0.98$, $foF1 = 0.99$, $foF2 = 0.93$ против 0.95, 0.85 и 0.67 для часовых значений].

При разделении на три уровня возмущенности магнитного поля по Kp, наилучшие результаты получились для среднего уровня возмущенности (рис. 3). Так же по рис. 3 заметно, что отношение между индексами и частотами не сильно меняются от цикла к циклу.

Уровень корреляции с числом Вольфа для среднегодовых трендов одинаково высок для критических частот всех трёх слоёв – от 0.92 до 0.99 для ночных и дневных часов. Корреляция с AE и Dst-индексами плохая.

Прослеживается зависимость среднегодового тренда критических частот E и F слоёв ионосферы на станции Диксон от среднегодового тренда количества солнечных пятен – в годы пониженной СА частоты ниже, чем в годы повышенной СА. Различается статистический разброс критической частоты F2 слоя в эпохи «пониженной» и «повышенной» СА, для слоёв E и F1 изменения не так выражены.

Acknowledgments

The results presented in this paper rely on geomagnetic indices calculated and made available by ISGI Collaborating Institutes from data collected at magnetic observatories. We thank the involved national institutes, the INTERMAGNET network, World Data Center for Geomagnetism, Kyoto, and ISGI (isgi.unistra.fr), National Centers for Environmental Information, NOAA U.S. Department of Commerce

"Simulation results have been provided by the Community Coordinated Modeling Center (CCMC) at Goddard Space Flight Center through their publicly available simulation services (<https://ccmc.gsfc.nasa.gov>). The IRI-2016 Model was developed by the D. Bilitza, Min-Yang Chou, Jia Yue at the NASA GSFC.", [git://github.com/timduly4/pyglow.git](https://github.com/timduly4/pyglow.git)

Литература

1. ФГБУ "ААНИИ". Геофизические исследования в высоких широтах / А.С. Калишин, Н.Ф. Благовещенская, О.А. Трошичев, А.В. Франк-Каменецкий // Вестник Российского фонда фундаментальных исследований. 2020. № 3-4(107-108). С. 60-78. DOI 10.22204/2410-4639-2020-106-107-3-4-60-78. – EDN CEQHWB.
2. Ишков В.Н. Периоды «пониженной» и «повышенной» солнечной активности: наблюдательные особенности и ключевые факты // Сб. «Солнечная и солнечно-земная физика – 2013», под ред. Ю.А. Наговицына, Изд. ВВМ, СПб, 2013, с. 111 – 114, http://www.gao.spb.ru/russian/publ-s/conf_2013/conf_2013.pdf
3. Вовк, В.Я. Эффекты солнечной и геомагнитной активности в долговременных вариациях ионосферных параметров авроральной зоны в 1963 - 1986 гг. / В.Я. Вовк, Л.В. Егорова // Геомагнетизм и аэрономия. 2010. Т. 50, № 4. С. 486-491. EDN MTJAJR.
4. Matzka, J., Stolle, C., Yamazaki, Y., et al. The geomagnetic Kp index and derived indices of geomagnetic activity // Space Weather, 2021. <https://doi.org/10.1029/2020SW002641>
5. Matzka, J., Bronkalla, O., Tornow, K., et al. || Geomagnetic Kp index. 2021. V. 1.0. GFZ Data Services, <https://doi.org/10.5880/Kp.0001>
6. Clette, F., Lefevre, L. The New Sunspot Number: assembling all corrections // Solar Physics, 2016, 291, <https://doi.org/10.1007/s11207-016-1014-y>
7. Tapping, K.F. The 10.7 cm solar radio flux (F10.7) // Space Weather, 2013, 11, 394-406, <https://doi.org/10.1002/swe.20064>