

DOI: 10.51981/2588-0039.2024.47.028

ЭВОЛЮЦИЯ СТРОЕНИЯ ПОЛЯРНОЙ ИОНОСФЕРЫ В ХОДЕ ДРЕЙФА МАГНИТНЫХ ПОЛЮСОВ ЗЕМЛИ

В.М. Уваров

Петербургский государственный университет путей сообщения

Аннотация. С целью выяснить изменения в строении полярной ионосферы в ходе дрейфа магнитных полюсов Земли проведены расчеты электронной концентрации N_e для 1955 и 2024 годов. Результаты расчетов проиллюстрированы двумерными распределениями значений N_e в максимуме слоя F_2 . Графики изолиний $N_{e \max F_2}$, приведенные попарно для 1955 и 2024 годов для четырех моментов мирового времени, наглядно свидетельствуют о том, что впечатляющий дрейф магнитных полюсов не вызвал ожидаемых очень больших изменений в строении полярной ионосферы. Дано объяснение такой относительной устойчивости ионосферы к изменению положения магнитных полюсов Земли.

Впечатляющий дрейф магнитных полюсов Земли за несколько последних десятилетий стимулирует поиск соответствующих изменений в строении ионосферы Земли. С этой целью были проведены расчеты на основе численной модели полярной ионосферы [1]. Указанная модель ранее была верифицирована как путем сопоставления с опубликованными двумерными распределениями электронной концентрации в максимуме слоя F_2 , в частности, полученными с использованием данных ионозондов в северном полушарии, так и путем сопоставления рассчитанных высотных профилей N_e с данными некогерентного рассеяния.

С целью проиллюстрировать эволюцию структуры полярной ионосферы были проведены расчеты для 1955 и 2024 годов при одинаковых гелиогеофизических условиях.

Сопоставление полученных картин изолиний электронной концентрации в максимуме слоя F_2 не выявило ожидаемых значительных качественных и количественных расхождений несмотря на значительное перемещение магнитного полюса за этот период времени (его географическая коширота изменилась от 14.7 до 4.0 градуса, а географическая долгота от 101.1 до 142.0 градусов).

Полученный результат объясняется тем, что при численном моделировании используется дипольная аппроксимация магнитного поля. В данном случае следует принять во внимание дрейф не магнитных полюсов, а дрейф так называемых геомагнитных полюсов, характеризующих положение магнитного диполя, который выражен куда менее значительно (его географическая коширота изменилась от 11.5 до 9.2 градуса, а географическая долгота от -69.5 до -72.6 градусов). Ход дрейфа магнитного и геомагнитного полюсов проиллюстрирован на рис. 1, который опубликован на сайте японской обсерватории в Киото.

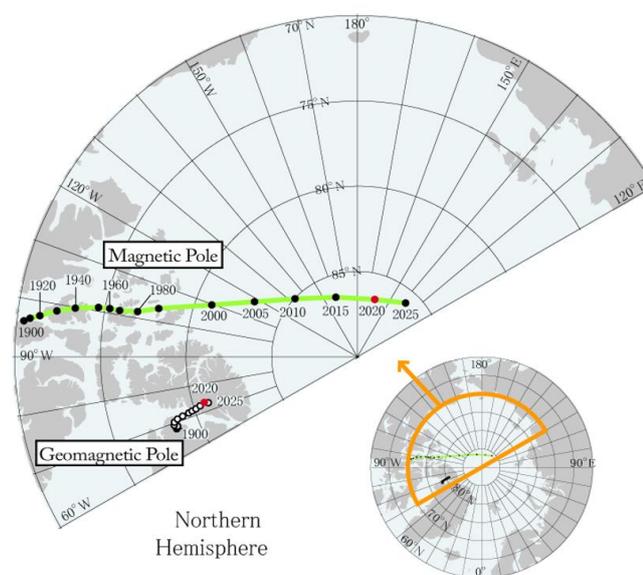


Рисунок 1. Траектории дрейфа магнитного и геомагнитного полюсов согласно [2].

В модели полярной ионосферы [1] использовались результаты методической работы [3]. В последней указывалось, в частности, на целесообразность введения, наряду с использованием географических и геомагнитных координат, еще одной системы координат, с целью более точного описания конвекции ионосферной плазмы, а также дано описание поля коротации с учетом зависимости от мирового времени.

Расчет траекторий конвекции плазмы в рамках модели полярной ионосферы [1] производится на основе численного решения системы двух динамических уравнений [4] при использовании непрерывной аналитической модели распределения электрических полей [5]. (На основе последней были не только воспроизведены все известные на то время типы распределения электрических полей вдоль утренне-вечернего меридиана, но и предсказано несколько новых типов, которые позднее были выявлены по спутниковым данным).

Ниже, на рисунке 2, приведены двумерные картины распределения электронной концентрации в максимуме слоя F2 для 1955 года (слева) и 2024 года (справа) для следующих гелиогеомагнитных условий: день года – 355, UT = 18, $F_{10.7} = 220$, $K_p = 0,3$. (Эти условия использовались ранее [6] при сопоставлении результатов расчетов с экспериментом).

Видно, что за период с 1955 по 2024 гг. качественных изменений в структуре изолиний не произошло, а количественные изменения незначительны. В распределении электронной концентрации с высотой также изменения незначительны.

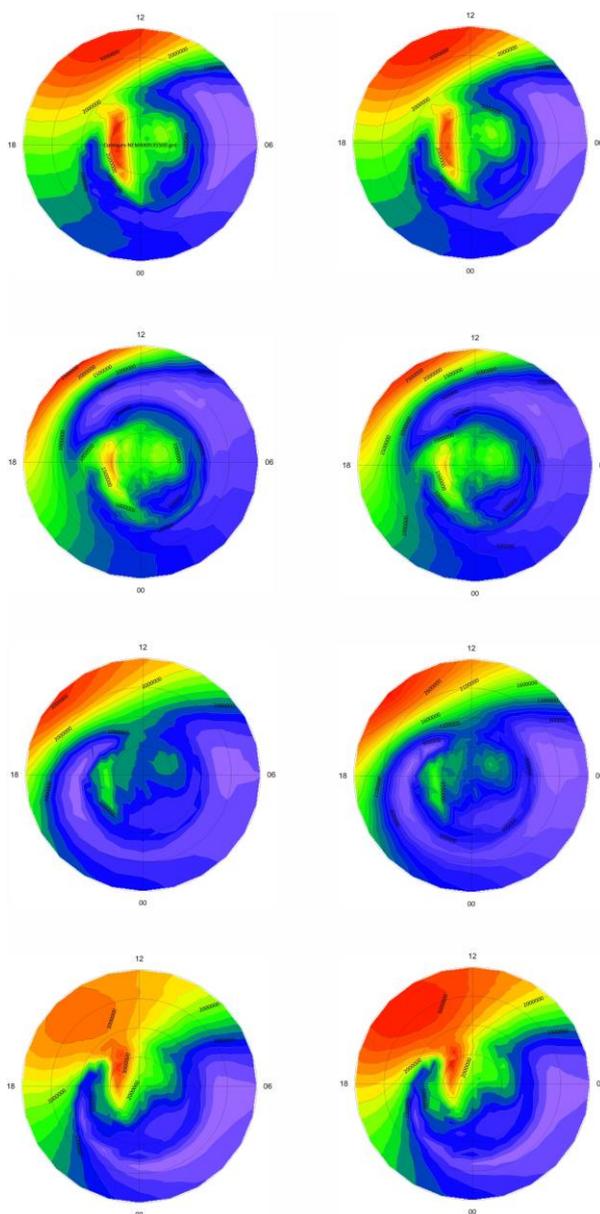


Рисунок 2. Изолинии $N_{\text{max}} F_2$ для 1955 (слева) и 2024 гг. для значений мирового времени UT = 00 (верхняя пара изолиний) и 06, 12 и 18 для ниже лежащих пар изолиний.

Данные исследования следует продолжить при учете более детальной модели геомагнитного поля Земли. Однако, это потребует и соответствующей разработки метода учета поля коротации, очевидно более сложного по сравнению с предложенным в [3], где использовалась дипольная аппроксимация.

Литература

1. Уваров В.М., Барашков П.Д., Захарова А.П. Модель полярной ионосферы с учетом влияния межпланетной среды. 1. Эффект азимутальной компоненты ММП // Геомагнетизм и аэрономия. 1992, Т. 32, № 3, с. 70 – 77.
2. wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp
3. Quegan S., Bailey G.J., Moffett R.J., Wilkinson L.C. Universal time effect on plasma convection in the geomagnetic frame // Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics. 1986, V. 48, №1, p. 25 – 40.
4. Крупицкая Т.М., Уваров В.М., Чернин К.Е. Пространственно-временная структура траекторий конвекции ионосферной плазмы // Геомагнетизм и аэрономия. 1981, Т. 21, № 1, с. 187 – 189.
5. Уваров В.М., Барашков П.Д. Типы распределения электрических полей и соответствующие им типы конвекции в полярной ионосфере. Модель // Геомагнетизм и аэрономия. 1989, Т. 25, № 4, с. 621 – 628.
6. Уваров В.М. Особенности структуры дневной полярной ионосферы // Геомагнетизм и аэрономия. 2000, Т. 40, №5, с. 45 – 51.