



научная конференция
**БАЗЫ ДАННЫХ, ИНСТРУМЕНТЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ОСНОВЫ ПОЛЯРНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**
22–26 мая 2012г.
ИЗМИРАН, г.Троицк



Исследование магнитосферного поля коротации по измерениям электрического поля атмосферы В ВЫСОКИХ ШИРОТАХ

Ю. В. Думин

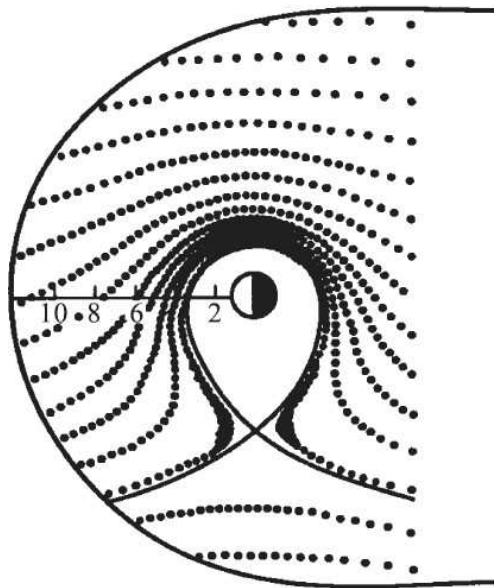
*Геофизический факультет,
Российский Государственный
Геологоразведочный Университет
им. С. Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ)
117997 Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23*



*Теоретический отдел,
Институт земного магнетизма, ионосферы и
распространения радиоволн им. Н.С. Пушкова
Российской Академии Наук (ИЗМИРАН)
142190 г.Троицк Московской обл.*

Введение - 1

Два типа крупномасштабных электрических полей во внутренней магнитосфере Земли:



экваториальная
плоскость

M.G. Kivelson & C.T. Russell (Eds.). *Introduction to Space Physics*. NY: Cambridge Univ. Press, 1995

1. Поле конвекции (возникает при взаимодействии солнечного ветра с границами магнитосферы)

$$\phi_{conv} = A \left(\frac{r}{R_E} \right)^2 \sin \varphi, \quad A = \frac{0.045}{\left(1 - 0.159 K_p + 0.0093 K_p^2 \right)^3} kV$$

$$\vec{E}_{conv} = -\nabla \phi_{conv} = -\frac{2A}{R_E} \left(\frac{r}{R_E} \right) \sin \varphi \hat{e}_r - \frac{A}{R_E} \left(\frac{r}{R_E} \right) \cos \varphi \hat{e}_\varphi$$

2. Поле коротации (возникает при вращении намагниченного земного шара в окружающей плазме)

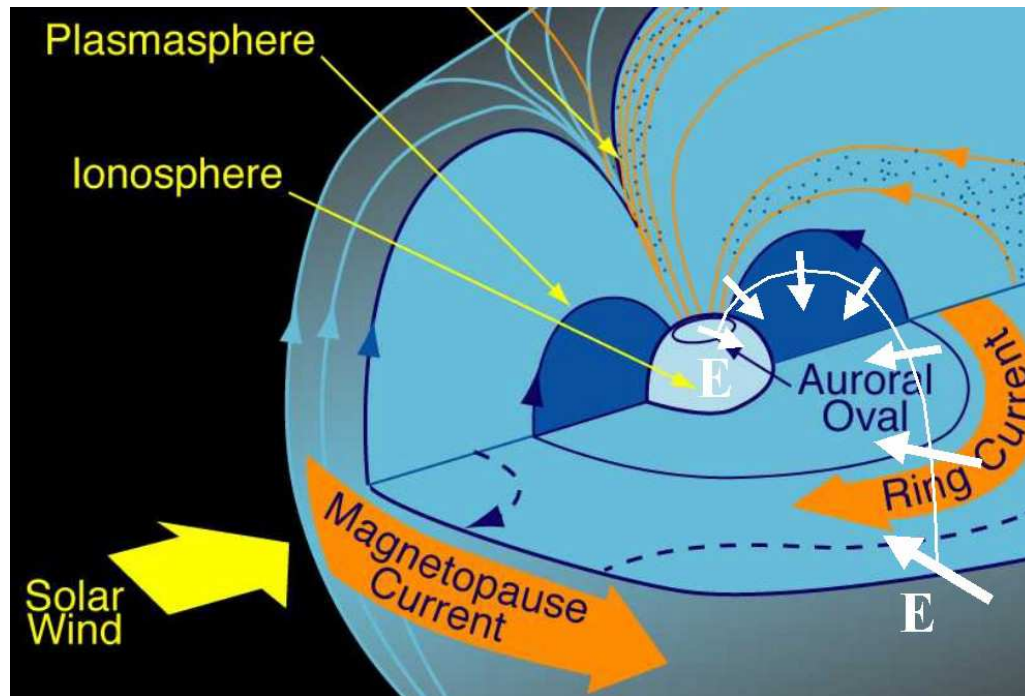
$$\phi_{cor} = \frac{C}{r/R_E} \Rightarrow \vec{E}_{cor} = -\nabla \phi_{cor} = \frac{-\omega_E R_E B_0}{r^2/R_E^2} = \frac{C/R_E}{(r/R_E)^2}$$

$$C = -\omega_E R_E^2 B_0 = -\frac{2\pi}{24h} \times (63712 km)^2 \times 3.1 \cdot 10^{-5} T = -92 kV$$

Суперпозиция этих двух полей определяет распределение холодной плазмы во внутренней магнитосфере, т.е. структуру плазмосферы.

Введение - 2

Эффект проецирования магнитосферной разности потенциалов на поверхность Земли и усиления электрического поля в нижней атмосфере:



Согласно уравнению непрерывности электрического тока

$$j = \sigma E \approx \text{const}$$

Так как в нижней атмосфере

$$\sigma \rightarrow 0,$$

то $E \rightarrow \infty,$

т.е. напряженность электрического поля значительно возрастает.

- Эффекты поля магнитосферной конвекции в нижней атмосфере на авроральных широтах могут составлять (в зависимости от уровня геомагнитной активности) десятки В/м. Они достаточно широко изучались, начиная с 1980-х гг.
- Эффектам поля коротации никогда не уделялось должного внимания, т.к. считалось, что они очень малы (поскольку поле коротации внутри Земли непрерывно переходит в поле коротации магнитосферы).

Уточненная модель поля коротации

[Yu.V. Dumin. *Adv. Space Res.*, v.30, p.2209 (2002)]

$$\varphi_I = \varphi^* \left\{ \left(\frac{R}{r} \right) \sin^2 \theta - \frac{2}{3} (1 - \cos^3 \theta_0) \right\},$$

$$\begin{pmatrix} \tilde{\varphi}_{IIa} \\ \tilde{\varphi}_{IIb} \end{pmatrix} = \varphi^* \left\{ \left[\begin{pmatrix} \cos^2 \theta_0 \\ \cos^2 \theta \end{pmatrix} - \frac{1}{3} (1 + 2 \cos^3 \theta_0) \right] \frac{\tilde{R}(z)}{\tilde{R}(\infty)} + \sin^2 \theta - \frac{2}{3} (1 - \cos^3 \theta_0) \right\},$$

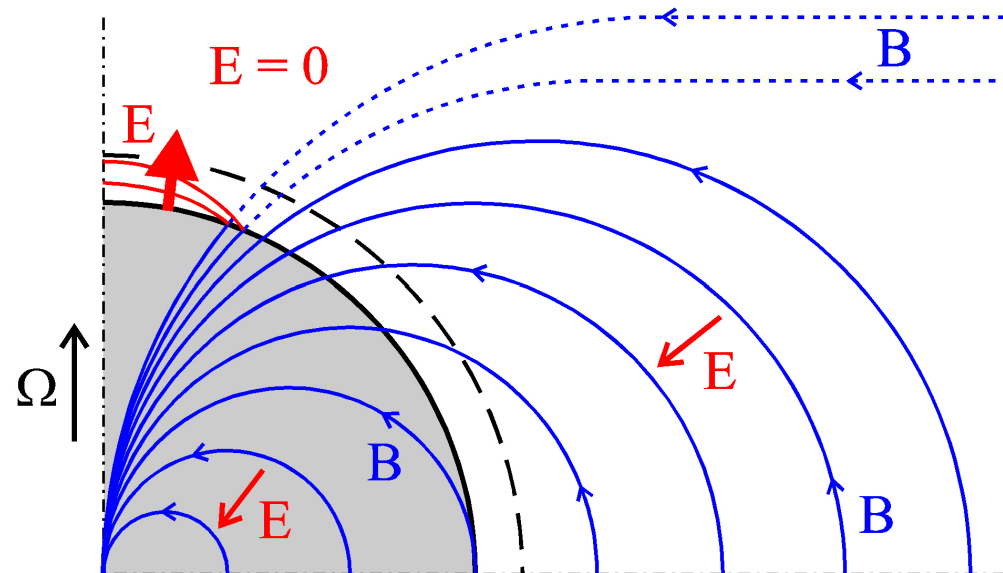
$$\varphi_{IIIa} = \varphi^* \left\{ \left(\frac{R}{r} \right) \sin^2 \theta - 1 + \cos^2 \theta_0 \right\}, \quad \varphi_{IIIb} \equiv 0,$$

где

$$\varphi^* = - \frac{\Omega B_p R^2}{2c} \quad \text{потенциал уни-полярной индукции}$$

$$\tilde{R}(z) = \int_0^z \frac{dz'}{\sigma(z')} \quad \text{сопротивление столба атмосферы}$$

$$z = r - R \quad \text{локальная вертикальная координата}$$



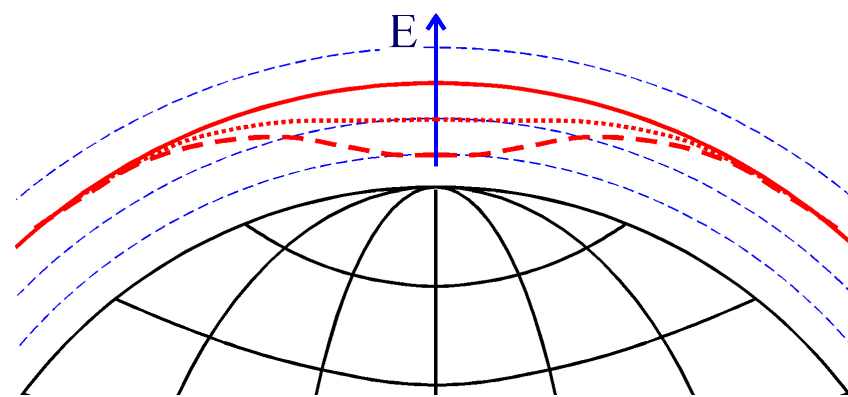
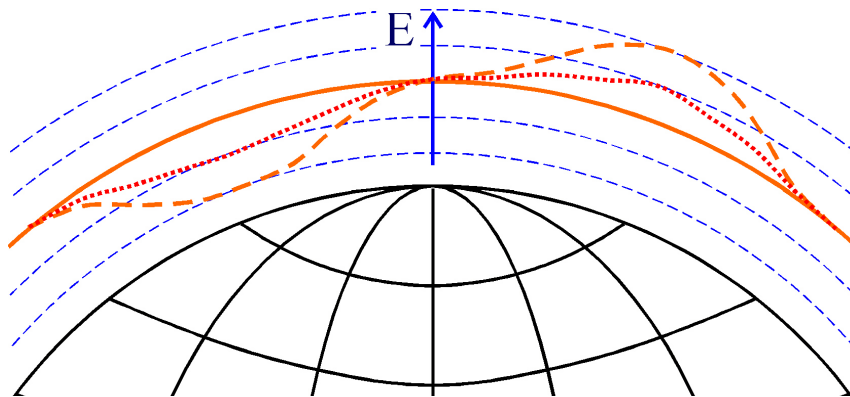
Разделение эффектов конвекции и коротации

Вклад магнитосферной коротации в электрическое поле нижней атмосферы:

$$\Delta E_z^{(\text{cor})}(z, \theta)|_{z=0} = E_z^* \left[\left(\frac{\cos^2 \theta}{\cos^2 \theta_0} \right) - \frac{1}{3} (1 + 2 \cos^3 \theta_0) \right]$$

поле конвекции \lesssim **100** В/м

поле коротации \lesssim **10** В/м



- Амплитуда поля коротации в нижней атмосфере на порядок меньше, чем поля конвекции.
- Тем не менее, поле коротации может быть легко отделено от поля конвекции по типу симметрии относительно плоскости полуденно-полуночного меридиана (т.к. для фиксированной на поверхности Земли станции оно не усредняется при суточном вращении).
- Кроме того, поле конвекции проявляется, в основном, на авроральных широтах, а поле коротации – на полярных.

Обсуждение и выводы:

- Представляет большой интерес, используя уже имеющиеся или будущие данные наблюдений в высоких широтах, произвести поиск зависимости **средней (по многим оборотам Земли) напряженности атмосферно-электрического поля от уровня магнитной возмущенности** :

$$\langle \Delta E_z \rangle (\Delta \mathbf{B}) = ?$$

- Выявление нетривиальной зависимости такого вида стало бы первым непосредственным измерением эффектов магнитосферного поля коротации в нижней атмосфере, а также могло бы послужить дополнительным средством диагностики внутренней магнитосферы Земли.
- Особенности исследования атмосферно-электрических эффектов поля коротации, в отличие от поля конвекции:
 - необходимо проведение наблюдений на длинных (многолетних) временных интервалах, при этом не требуется высокое разрешение по времени;
 - предпочтительно использование данных не для авроральных, а для полярных широт (например, станция “Восток” в Антарктиде).