

Prejavy aurorálnych procesov a ich súvislosti

A. Prigancová¹, Y. I. Feldstein²

¹Geofyzikálny ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 845 28 Bratislava ²IZMIRAN, Troitsk, Moscow Region, Russia

Úvod

Štúdium vývoja porušenia magnetosféry predpokladá predovšetkým analýzu aurorálnych procesov. Sú to procesy formovania a dynamiky aurorálnych elektrožetov, procesy precipitácie nabitých častíc do ionosféry, procesy dynamiky oblastí precipitácie, kde je potrebné sledovať dynamiku ich hraníc. Tento široký okruh procesov je predmetom detailnejšieho výskumu v ostatných desaťročiach. O niektorých novších výsledkoch sme už referovali v minulosti [napr. Prigancová, Feldstein, 2006]. V príspevku sa diskutujú ďalšie výsledky z uvedenej problematiky, získané na základe tak pozemských, ako aj družicových meraní.

Aurorálne elektrožety

Je známe, že aurorálna aktivita je kontrolovaná hlavne premennou intenzitou západného a východného elektrožetu (WE/EE – westward/ eastward electrojet), ktorých magnetický efekt sa kvantitatívne charakterizuje indexami magnetickej aktivity AL a AU, resp. $AE = AU - AL$. Väčšinou používame tieto indexy pri analýze subbúrkovej aktivity [Bruzek, Durrant, 1985]. Priebeh zmien AE indexu poskytuje informáciu aj o dynamike celkovej energetiky magnetosféry, t.j. analýza aurorálnej aktivity napomáha pochopeniu procesov formovania globálnej poruchy v magnetosfére, tzv. magnetickej búrky [Prigancová, Feldstein, 2002]. Preto je pochopiteľné, že štúdium dynamiky aurorálnych elektrožetov sa v súčasnosti zaraďuje medzi vyhľadávané smery výskumu fyziky magnetosféry [Feldstein et al., 2006]. Tento výskum sa v ostatnom čase opiera o merania rozloženia magnetických porúch pozdĺž reťazcov magnetických observatórií v aurorálnej oblasti. Údaje z reťazcov GWC pozdĺž 40° CGLo, (corrected geomagnetic longitude), IMAGE pozdĺž 110° CGLo a CANOPUS pozdĺž 330° CGLo zodpovedajú odlišným časovým pásmam a šírkovým intervalom [Prigancová, Feldstein, 2006]. Umožňujú reprodukovat' časovo-priestorové rozloženie elektrožetov v aurorálnej oblasti pri odlišnej hladine porušenia geomagnetického poľa. Na obr. 1 sú prezentované výsledky spracovania meraní porúch magnetického poľa na meridiálnych observatóriách IMAGE (Δ , resp. \blacktriangle), GWC–Greenland (\square , resp. \blacksquare), CANOPUS (\circ , resp. \bullet). Tieto poruchy sa interpretujú ako magnetický efekt elektrožetov v aurorálnej oblasti. Poruchy, ako to vyplýva z meraní, sú buď pozitívne alebo negatívne, v závislosti od smeru prúdenia (západný, resp. východný elektrožet).

Pojem elektrožetov zaviedol ešte Chapman [1935], keď uvažoval ekvivalentný 2D prúdový systém (tzv. DS systém) za magneticky porušených podmienok. Podľa Chapmana sú elektrožety lokalizované v aurorálnej oblasti, pritom maximum západného je 350 000 A o 0600 MLT (magnetic local time) a východného 200 000 A o 1800 MLT. Táto predstava zodpovedá len regulárnym magnetickým poruchám, t.j. nezohľadňuje irregulárnu zložku, ktorá je dosť podstatná pre pochopenie dynamiky elektrožetov. Už výsledky štúdia elektrožetov počas Medzinárodného geofyzikálneho roka viedli k záveru, že elektrožety tečú pozdĺž aurorálneho oválu [napr. Feldstein, 1963], ktorého geometria je funkciou úrovne geomagnetickej aktivity.

Na základe použitia algoritmu pre výpočet ekvivalentných ionosférických prúdov (podľa ΔH a ΔZ variácií) [Popov et al., 2001] dostávame časovo-priestorové rozloženie elektrožetov na základe komplexnejších pozorovaní. Rozptyl bodov charakterizujúcich šírkovú lokalizáciu elektrožetov je v rozsahu málo stupňov pre jednotlivé reťazce. Podrobnejší popis dynamiky WE a EE je v [Prigancová, Feldstein 2006]. Vo vysokošírkovej oblasti existuje tiež polárny elektrožet (PE), v ktorom prúd tečie v západnom, resp. vo východnom smere. To súvisí, ako je známe, s orientáciou medziplanetárneho magnetického poľa (MMP). Pri MMP zložke $B_y < 0$ je PE v západnom smere, pri $B_y > 0$ vo východnom smere. Lokalizácia PE je zrejmá z údajov GWC–Greenland (PE₁ na šírkach $\Phi \sim 78 - 79^\circ$) a IMAGE (PE₂ na šírke $\Phi \sim 74^\circ$). Šírkový rozdiel pre PE₁ a PE₂ sa dá vysvetliť odlišnou úrovňou porušenia v rámci intervalu pozorovaní pozdĺž reťazcov IMAGE (08–13 UT, kedy AL ~ -250 nT, Dst = -28 nT) a GWC (11–15 UT, kedy AL ~ -135 nT, Dst = -18 nT).

Oblasti aurorálnej svietivosti

K oblastiam aurorálnej svietivosti patria hlavne oblasti polárnych žiar, ktoré sa sústreďujú pozdĺž aurorálneho oválu (AO). Hovoríme tiež aj o oblastiach difúznej svietivosti DAZ (diffuse auroral zone), ktoré sú južnejšie od AO. Ich lokalizácia je kontrolovaná úrovňou geomagnetickej aktivity charakterizovanej K_p indexom [Gussenhoven et al., 1983]. Uvedené oblasti aurorálnej svietivosti súvisia s precipitáciou častíc. Oblasti precipitácie sú znázornené na obr. 2 pri subbúrkovej aktivite dňa 24. 9. 1998. Pri D_{st} = -30 nT tieto oblasti sa posúvajú k rovníku na $\sim 1^\circ$ [Vorobjov and Yagodkina, 2005]. Na obr. 2 je zároveň znázornené priemerné

(podľa údajov GWC, IMAGE a CANOPUS) časovo-priestorové rozloženie WE a EE, ako aj lokalizácia PE₁ a PE₂. Je zrejماً súvislosť týchto oblastí s lokalizáciou elektrožetov. Prakticky v celom rozsahu MLT je WE lokalizovaný na šírkach AO, pričom sa posúva k polárnej hranici AO v neskorých ranných hodinách (~10 MLT). Na tých istých šírkach sa nachádza PE₂ okolo poludnia. Čo sa týka EE, jeho lokalizácia je zhodná s DAZP šírkami (v blízkosti polárnej hranice DAZP) v časovom sektore medzi neskorým večerom a popoludním. Len v blízkosti poludnia sa EE posúva k AO šírkam, kde sa napája na PE₂, ktorý sa nachádza pri polárnej hranici AO v prípade slabšej porušenia. Údaje zo satelitu DMSP ukazujú na súvislosť časovo-priestorovej lokalizácie elektrožetov s procesmi precipitácie častíc pozorovanými na šírkach AO a DAZ. Využitie tak pozemských, ako aj družicových meraní pre štúdium aurorálnych procesov je cestou na upresnenie našich predstáv o charaktere ionosférických prúdov vo vysokošírkových oblastiach. Ich interpretácia ukazuje, že východný a západný elektrožet sú nezávislé a viažu sa na odlišné typy aurorálnej svietivosti a precipitácie častíc. Pri búrkovej aktivite hore uvedené hranice sa posúvajú k rovníku.

Záver

V príspevku sa diskutujú niektoré aspekty dynamiky aurorálnych elektrožetov v súvislosti s procesmi precipitácie častíc a oblastami aurorálnej svietivosti. Podľa získaných výsledkov sú východný a západný elektrožet nezávislé.

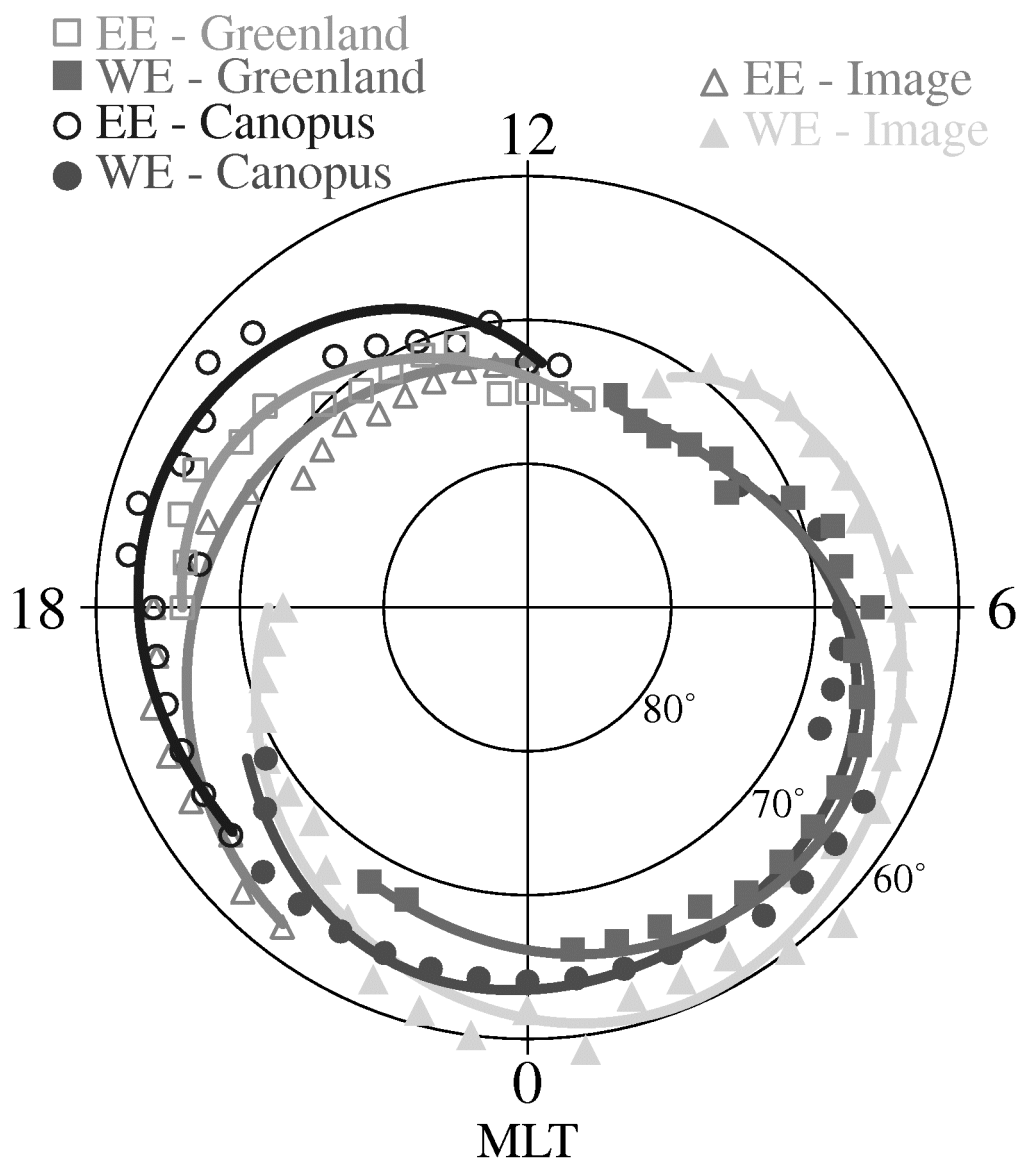
Podakovanie:

Príspevok bol pripravený hlavne v rámci grantu VEGA 2/5121.

Literatúra

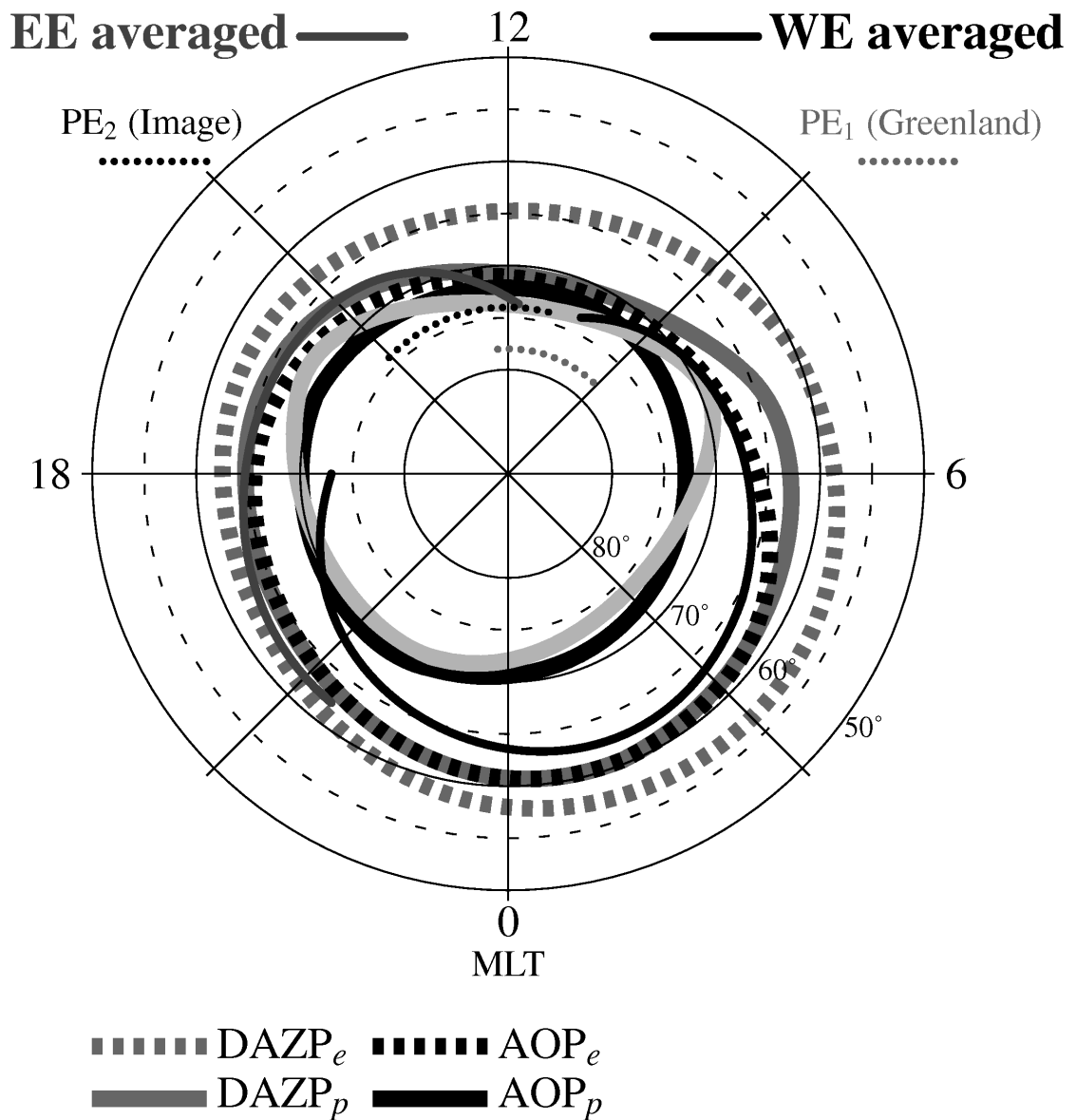
- Chapman, S., The electric current – system of magnetic storms, *Terr. Magn. Atmos. Electr.*, 40, 349-370, 1935.
- Bruzek, A., C.J., Durrant: *Illustrated glossary on solar-terrestrial physics*. D. Reidel Publ. Co., Dordrecht, 1985.
- Feldstein, Y.I., The morphology of the aurorae and geomagnetism, aurora and airglow, *Publ. House Academy of Science, Moscow*, N10, 121-125, 1963.
- Feldstein, Y.I., V.A. Popov, J.A. Cumnock, A. Prigancova, L.G. Blomberg, J.U. Kozyra, B.T. Tsurutani, L.I. Gromova, A.E. Levitin: Auroral electrojets and boundaries of plasma domains in the magnetosphere during magnetically disturbed intervals, *Ann. Geoph.*, 24, 2243-2276, 2006.
- Gussenhoven, M.S., D.A. Hardy, and N. Heinemann, Systematics of the equatorward diffuse auroral boundary, *J. Geophys. Res.*, 88, 5692-5704, 1983.
- Popov, V.A., V.O. Papitashvili, and J.F. Watermann, Modelling of equivalent ionospheric currents from meridian magnetometer chain data, *Earth, Planets & Space*, 53, 129-137, 2001.
- Prigancová, A., Y.I. Feldstein: Zákonitosti generovania magnetickej búrky. Zb. z 16. Celoštátneho slnečného seminára, ed. I. Dorotovič, SÚH, Hurbanovo, 196–200, 2002.
- Prigancová, A., Y.I. Feldstein: Prúdy v aurorálnej oblasti a ich dynamika. *Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí : zborník referátů. Úpice, 16.-18. května 2006*, ed. E.Marková, Hvězdárna Úpice, Úpice, 2006.
- Vorobjev, V.G., and O.I. Yagodkina, Effect of magnetic activity on the global distribution of auroral precipitation zones, *Geomagn. Aeron.*, 45, 438- 444, 2005.

Substorm



Obr. 1. Časovo-priestorové rozloženie aurorálnych elektrožetov podľa údajov IMAGE (\triangle , resp. \blacktriangle), GWC-Greenland (\square , resp. \blacksquare), CANOPUS (\circ , resp. \bullet).

Substorm



Obr. 2. Porovnanie časovo-priestorového rozloženia aurorálnych elektrožetov (spriemernených WE a EE, ako aj PE₁ a PE₂) a oblastí precipitácie aurorálnych častíc.