Zpráva o řešení studentského projektu

Název projektu: **Porovnání parametrů plazmatu přechodové oblasti s hydrodynamickým modelem**

Vedoucí projektu: **doc. RNDr. Jana Šafránková, DrSc.**

Charakter projektu: **experimentální práce**

Termín ukončení projektu: **30. září 2000**

Řešitel: **Petr Pišoft**, 3. ročník

Průběh řešení projektu

V průběhu uplynulého roku byly provedeny v oblasti *zpracování experimentálních dat* tyto konkrétní kroky:

1) digitalizace hydrodynamického modelu [*Spreiter et al., 1966*] v oblasti $5\,R_E \geq X_{GSE} \geq -15\,R_E$,

2) vypracování programu (v prostředí IDL) pro čtení dat z různých družic a výpočet jednotlivých parametrů z načtených dat,

3) implementace modelu pro předpověď polohy magnetopauzy [*Shue et al., 1997*] a modelu pro předpověď polohy rázové vlny [*Formisano, 1979*] do centrálního programu,

4) vývoj podprogramu pro normalizaci naměřených dat a souřadnic družice vzhledem k modelovým podmínkám,

5) vypracování *centrálního programu* pro zpracování dat z přechodové oblasti.

Završením této fáze řešení bylo vyhledání experimentálních dat z přechodové oblasti získaných z měření družice INTERBALL-1. Na základě měření Faradayových válců (přístroj VDP) byly vytvořeny dva rozsáhlé soubory dat pro hodnoty iontového toku: (1) pro $Y_{GSE} \geq 0$ (tj. měření leden - březen 1996, 1997, 1998) a (2) pro $Y_{GSE} \leq 0$ (tj. měření srpen - říjen 1995, 1996, 1997), které byly zpracovávány nezávisle, aby mohla být oceněna nesymetrie zemské magnetosféry.

Ke každému průchodu přes přechodovou oblast byly programově vyhledány jak parametry dráhy družice INTERBALL-1, tak i parametry slunečního větru (koncentrace slunečního větru, jeho rychlost a orientace a velikost interplanetárního magnetického pole), které byly

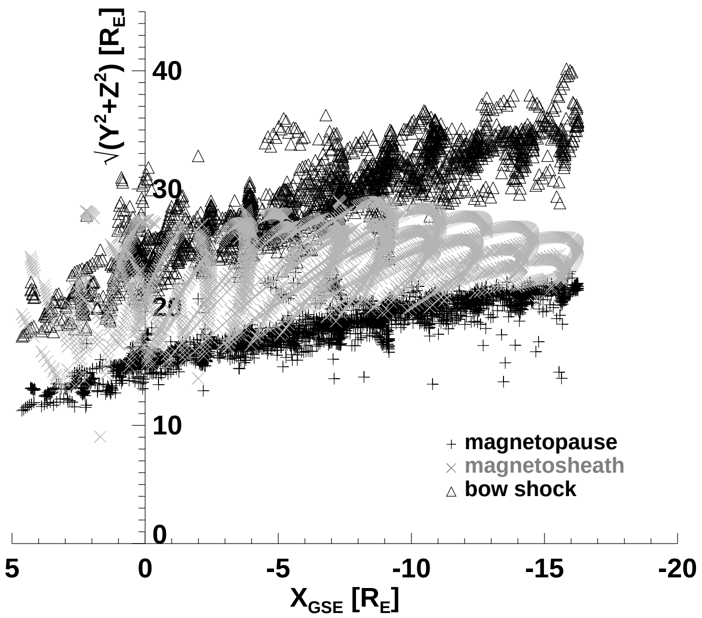

Figure 1: Dráhy družice INTERBALL-1 na večerní straně přechodové oblasti a polohy magnetopauzy a rázové vlny určené z modelů *Shue et al.* [1997], a *Formisano* [1979] (*převzato z* [8].

stanoveny na základě měření americké družice WIND, která obvykle sloužila jako monitor podmínek ve slunečním větru. Všechny tyto údaje byly doplněny do základní tabulky. Dále byly do centrálního programu implementovány již zmíněné modely magnetopauzy a rázové vlny a doplněna digitalizovaná forma *Spreiterova modelu* přechodové oblasti. V další etapě byly průchody přes přechodovou oblast normalizovány vzhledem k *Spreiterově modelu* a jejich souřadnice byly normalizovány vzhledem k poloze obou hranic přechodové oblasti na základě aktuálních podmínek ve slunečním větru. V poslední fázi byly vypočteny střední hodnoty hustoty iontového toku za 30 minut, které byly dále statisticky zpracovány a porovnávány s dosud známými výsledky jiných autorů.

Dosažené výsledky studentského projektu

Během roku byla vypracována studie, zabývající se **radiálním profilem parametrů plazmatu přechodové oblasti** a soustřeďující se na část přechodové oblasti v blízkosti terminátoru. Hlavním studovaným parametrem byla hodnota **iontového toku**. Na obrázku 1 je jako příklad zpracovaných dat demonstrováno pokrytí měřeními večerní strany přechodové oblasti, tj. od ledna do března 1996–1998 v oblasti $X_{GSE} = +5\ R_E \div -16\ R_E$. Shrneme-li výsledky, které byly postupně získány, můžeme konstatovat tyto nejdůležitější závěry:

1. Průměrný iontový tok je roven nebo nižší než hodnoty hydrodynamické aproximace (*Spreiter et al., 1966*), a to ve všech bodech přechodové oblasti.

2. V oblasti rázové vlny (od $\sim 50\%$ přechodové oblasti) dosahuje iontový tok saturace na rozdíl od hydrodynamického modelu, který předpokládá růst toku směrem k rázové vlně.
3. Rozdíl mezi průměrným radiálním iontovým profilem a předpovědí modelu se snižuje se zvyšující se hodnotou β a/nebo Alfvénickým Machovým číslem a se zvyšující se vzdáleností od subsolárního bodu.
4. B_Z složka interplanetárního magnetického pole výrazně ovlivňuje iontový proud na ranní straně, avšak vliv tohoto parametru na večerní straně je malý.

Další významný parametr, jehož závislosti a chování jsme věnovali pozornost, byl **profil fluktuací iontového toku** v přechodové oblasti. Z těchto studií vyplývá:

1. Fluktuace iontového toku ve slunečním větru pronikají do přechodové oblasti, avšak, proti očekávání, jejich zesilování není statisticky významné.
2. Úroveň fluktuací toku v přechodové oblasti se zvyšuje v blízkosti magnetopauzy.
3. Tyto fluktuace jsou částečně unášeny slunečním větrem ze subsolárního bodu, částečně se šíří napříč přechodovou oblastí (od rázové vlny) jako kompresní vlny. Fluktuace v této oblasti jsou ovlivňovány odklonem magnetického pole od směru na Slunce (tzv. *cone angle*).
4. Fluktuace iontového proudu v okolí rázové vlny jsou naopak závislé na typu rázové vlny (paralelní versus kolmé), tj. závisí na velikosti parametru θ_{BN}.
5. Průměrná úroveň fluktuací v přechodové oblasti se zvyšuje s rychlostí slunečního větru v_{SW}.

Nejvýznamější výsledek studie přechodové oblasti je však **nesymetrie mezi ranní a večerní stranou** této oblasti. Tento poznatek bude dále studován, především v okolí hranic přechodové oblasti – rázové vlny a magnetopauzy.

Využití výsledků projektu a jejich prezentace

První, ještě dílčí výsledky byly předneseny již na mezinárodním setkání v Kievě začátkem roku [**1**], pokračování pak na výročním zasedání Evropské geofyzikální unie [**3**] a na jarním zasedání Americké geofyzikální unie [**4**]. Novější výsledky byly prezentovány na 33^{rd} COSPAR Scientific Assembly v červenci ve Varšavě [**5**], přičemž tento příspěvek byl také připraven pro publikaci v Adv. Space Res. [**9**]. Během specializovaného setkání Intercomparative Magnetosheath Studies, které se konalo v Antalyi (Turecko) v září, byl přednesen referát [**6**], který byl věnován hlavně nesymetrii přechodové oblasti (publikace tohoto pozvaného referátu se předpokládá v časopise Planetary and Space Sciences). Rozšíření tohoto referátu je připravováno pro podzimní zasedání Americké geofyzikální unie [**7**]. Během roku vyšla jedna časopisecká publikace na téma studia radiálního profilu a porovnání s hydrodynamickým modelem [**8**], další, věnovaná fluktuacím iontového toku, byla poslána do tisku [**10**]. Publikace [**8**] je v příloze této zprávy.

Referáty a publikace

[**1**] Nemecek, Z., J. Safrankova, G. N. Zastenker, and **P. Pisoft**, Radial profile of the magnetosheath ion flux, *Proceed. of International Symposium, From Solar Corona Through Interplanetary Space, into Earth's Magnetosphere and Ionosphere: Intrball, ISTP Satellites, and Ground-based Observations*, February 1-4, 2000, Kyiv, Ukraine, 274.

[**2**] Shevyrev, N. N., G. N. Zastenker, J. Šafránková, Z. Němeček, and **P. Pišoft**, Statistical study of the fast ion flux variations in the magnetosheath and solar wind, *Proceedings of of Contribution Papers: Part II - Physics of Plasmas and Ionized Media*, ed. by J. Šafránková, Praha, Matfyzpress, 2000, 208-213.

[**3**] Nemecek, Z., J. Safrankova, G. N. Zastenker, and **P. Pisoft**, Statistics of the ion flux in the flank magnetosheath, **I**, *Geophys. Res. Abstracts*, **2**, 2000, 944.

[**4**] Nemecek, Z., J. Safrankova, G. Zastenker, **P. Pisoft**, K. I. Paularena, and J. D. Richardson, The Dawn - Dusk Assymmetry of the Magnetosheath, *EOS, Transactions, AGU 2000 Spring Meeting*, **81**, No.19, Suppl., 2000, S388.

[**5**] Nemecek, Z., J. Safrankova, G. N. Zastenker, **P. Pisoft**, and K. I. Paularena, Spatial distribution of the magnetosheath ion flux, 33^{rd} *COSPAR Scientific Assembly*, July 16-23, Warsaw, 2000, 803.

[**6**] Nemecek, Z., J. Safrankova, G. N. Zastenker, **P. Pisoft**, S. Dusik, K. I. Paularena, and J. Richardson, The magnetosphere asymmetry from Interball-1 magnetosheath observations, **I** *Intercomparative Magnetosheath studies*, September 4-8, Antalya, 2000, 29.

[**7**] Nemecek, Z., J. Safrankova, G. N. Zastenker, and **P. Pisoft**, Ion flux fluctuations in the dusk magnetosheath, *AGU 2000 Fall Meeting*, December 15-19, San Francisco, 2000, ?.

[**8**] Nemecek, Z., J. Safrankova, G. N. Zastenker, **P. Pisoft**, K. I. Paularena, and J. D. Richardson, Observations of the radial magnetosheath profile and a comparison with gasdynamic model predictions, *Geophys. Res. Lett.*, **27**, No.17, 2000, 2801-2804.

[**9**] Nemecek, Z., J. Safrankova, G. N. Zastenker, **P. Pisoft**, and K. I. Paularena, Spatial distribution of the magnetosheath ion flux, *Adv. Space Res.*, **submitted**.

[**10**] Nemecek, Z., J. Safrankova, G. N. Zastenker, and **P. Pisoft**, Statistical study of ion flux fluctuations in the magnetosheath, *Geophys. Res. Lett.*, **submitted**.

Literatura

Formisano V., Orientation and shape of the Earth's bow shock in three dimensions, *Planet. Space Sci.*, **27**, 1979, 1151.

Shue J.-H., Chao J.K., Fu H.C., Russell C.T., Song P., Khurana K.K., Singer H.J., A new functional form to study the solar wind control of the magnetopause size and shape, *J. Geophys. Res.*, **102**, 1997, 9497.

Spreiter, J. R., A. L. Summers, and A. Y. Alksne, Hydromagnetic flow arround the magnetosphere, *Planet. Space Sci.*, **14**, 1966, 223.